



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra ekonomiky a řízení ve stavebnictví

**Ekonomicky efektivní návrh fotovoltaické elektrárny na
objektu jezdecké haly**

**Cost effective study of a photovoltaic system on a
riding hall**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Nikola Vorlíčková

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Management a ekonomika ve stavebnictví

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Petr Kalčev, Ph.D.

Praha, 2021



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Vorlíčková** Jméno: **Nikola** Osobní číslo: **476950**
Fakulta/ústav: **Fakulta stavební**
Zadávací katedra/ústav: **Katedra ekonomiky a řízení ve stavebnictví**
Studijní program: **Stavební inženýrství**
Studijní obor: **Management a ekonomika ve stavebnictví**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Ekonomicky efektivní návrh fotovoltaické elektrárny na objektu jezdecké haly

Název bakalářské práce anglicky:

Cost effective study of a photovoltaic system on a riding hall

Pokyny pro vypracování:

V rámci práce bude zpracován minimálně tento rozsah:

- 1) teoretická část bude popisovat aktuální trendy v ČR i ve světě z oblasti fotovoltaiky
- 2) praktická část se bude věnovat návrhu fotovoltaické elektrárny (více variant) z pohledu ekonomicky výhodné investice a to i s ohledem na životní cyklus

Seznam doporučené literatury:

RADOVÁ, Jarmila, Petr DVOŘÁK a Jiří MÁLEK. Finanční matematika pro každého, Praha: Grada, 2013, ISBN 9788024748313; 8024748312.
MATUŠKA, Tomáš. Solární zařízení v příkladech, Praha: Grada, 2012, ISBN 9788024780399.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

Ing. Petr Kalčev, Ph.D., katedra ekonomiky a řízení ve stavebnictví FSV

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

Datum zadání bakalářské práce: **18.02.2021** Termín odevzdání bakalářské práce: **16.05.2021**

Platnost zadání bakalářské práce: _____

Ing. Petr Kalčev, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce

prof. Ing. Renáta Schneiderová Heralová, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Ing. Jiří Máca, CSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

Datum převzetí zadání

Podpis studentky

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Ekonomicky efektivní návrh fotovoltaické elektrárny na objektu jezdecké haly** zpracovala samostatně za použití uvedené literatury a pramenů.

Dále prohlašuji, že nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne

.....
Nikola Vorlíčková

Poděkování

Ráda bych poděkovala vedoucímu bakalářské práce, panu Ing. Petru Kalčevovi, Ph.D., za jeho odborné vedení a užitečné a cenné rady při zpracování této práce.

Anotace

Tato práce je zaměřena na obnovitelné zdroje, zejména pak na solární energii a její využití při výrobě elektrické energie. V první části je práce zaměřena na teorii o fotovoltaice, princip získávání sluneční energie a její přeměna na elektrickou energii, popis komponentů potřebných pro provoz solární elektrárny, jaký je vývoj a trendy ve fotovoltaice, a nakonec hrubé nastínění dotací a legislativy pro fotovoltaiku v České republice.

Druhá část bakalářské práce se zabývá návrhem, výpočtem a zhodnocením investice do fotovoltaické elektrárny.

Klíčová slova:

Solární energie, fotovoltaika, solární panel, akumulace, návrh fotovoltaické elektrárny, hybridní systém, návratnost

Summary

This thesis is focused on renewable sources, especially solar energy and, its use in electricity generation. In the first part, the work focuses on the theory of photovoltaics, the principle of obtaining solar energy and its conversion into electricity, a description of components needed for solar power plant, something about the development and trends in photovoltaics, and in the end is text focused on subsidies and legislation for photovoltaics in the Czech Republic.

The second part of the bachelor thesis deals with the design, calculation, and evaluation of investments in photovoltaic power plants.

Key words:

Solar energy, photovoltaics, solar panel, accumulation, design of photovoltaic power plant, hybrid system, money return

Obsah

1. ÚVOD	6
2. ZÁKLADNÍ INFORMACE O FOTOVOLTAICE	7
2.1. FOTOVOLTAICKÝ PRINCIP	7
2.2. FOTOVOLTAICKÝ ČLÁNEK	7
2.3. FOTOVOLTAICKÁ ELEKTRÁRNA (FVE)	8
2.4. DRUHY SOLÁRNÍCH PANELŮ	10
2.4.1. Monokrystalické panely	10
2.4.2. Polykrystalické (multikrystalické) panely	10
2.4.3. Amorfni fotovoltaické panely	11
2.4.4. Další typy fotovoltaických panelů	11
2.5. STŘÍDAČ	12
2.5.1. Druhy střídačů	12
2.6. AKUMULACE VYROBENÉ ELEKTRICKÉ ENERGIE	13
2.6.1. Tepelné zásobníky	13
2.6.2. Akumulace do baterií	14
2.6.3. Druhy baterií	15
2.6.4. Další možnosti akumulace přebytků	17
2.7. DALŠÍ KOMPONENTY FVE	18
2.7.1. Typy konstrukcí pro osazení panelů	18
3. FOTOVOLTAICKÁ ELEKTRÁRNA	20
3.1. DRUHY FOTOVOLTAICKÝCH SYSTÉMŮ	20
3.1.1. On-grid systém (tzv. síťový systém)	20
3.1.2. Off-grid systém (tzv. ostrovní)	21
3.1.3. Hybridní systém	22
3.2. FOTOVOLTAIKA V ČR A VE SVĚTĚ	23
3.2.1. Rozvoj FV v ČR	23
3.2.2. Instalace FVE ve světě	24
3.3. SLUNEČNÍ PODMÍNKY V ČESKÉ REPUBLICE	24
3.4. ORIENTACE A OPTIMÁLNÍ SKLON KOLEKTOROVÉ PLOCHY	25
3.5. VÝKON SOLÁRNÍCH PANELŮ	26
3.6. TRENDY VE FOTOVOLTAICE	26
4. DOTACE A LEGISLATIVA	28
4.1. NOVÁ ZELENÁ ÚSPORÁM	28
4.1.1. Podpora od NZÚ	28
4.1.2. Požadavky pro získání dotací od NZÚ	29

4.2.	LEGISLATIVA	31
5.	PRAKTICKÁ ČÁST – NÁVRH ELEKTRÁRNY	33
5.1.	ÚVOD	33
5.2.	POPIS OBJEKTU	33
5.2.1.	<i>Návrh spotřebičů.....</i>	<i>33</i>
5.3.	NÁVRH SOLÁRNÍ ELEKTRÁRNY	36
5.3.1.	<i>Navržené komponenty.....</i>	<i>36</i>
5.3.2.	<i>Podmínky instalace elektrárny.....</i>	<i>37</i>
5.3.3.	<i>Ceny variant.....</i>	<i>38</i>
5.3.4.	<i>Předpoklady pro výpočty</i>	<i>39</i>
5.3.5.	<i>Výpočty návratnosti</i>	<i>39</i>
5.3.6.	<i>Výsledky</i>	<i>40</i>
5.3.7.	<i>Energetická soběstačnost.....</i>	<i>44</i>
5.3.8.	<i>Vyhodnocení</i>	<i>45</i>
5.4.	MOŽNOSTI RYCHLEJŠÍ NÁVRATNOSTI INVESTICE.....	45
5.4.1.	<i>Analýza akumulátorů</i>	<i>46</i>
6.	ZÁVĚR.....	48
7.	SEZNAM TABULEK.....	51
8.	SEZNAM OBRÁZKŮ	52
9.	LITERATURA	53
10.	SEZNAM POUŽITÝCH ZKTRATEK	58
11.	PŘÍLOHA Č. 2.....	59

1. ÚVOD

Stále většímu zájmu se těší výroba elektrické energie z obnovitelných zdrojů, zvláště pak z větrné a solární energie. V poslední době se spousta velkých firem a společností snaží přejít na co nejekologičtější způsoby výroby produktů, obalů a nebo, aby výsledný produkt co nejméně znečišťoval životní prostředí. Jedním z příkladů je teď už stále rozšířenější výměna plastových brček za papírová nebo snaha o zmenšení množství vyprodukovaného odpadu.

K celkovému zlepšení životního prostředí může přispět každý, jak menšími, tak většími skutky. Ať už je to přinesením si vlastního sáčku na pečivo do obchodu nebo například postavením lokální elektrárny na výrobu elektrické energie z obnovitelných zdrojů, o čemž bude pojednávat tato práce.

V posledních letech stále více stoupá zájem o obnovitelné zdroje energie, respektive jejich využití v oblasti výroby elektrické energie. Je to hlavně kvůli nižší uhlíkové stopě nebo alespoň částečné energetické soběstačnosti.

Cílem této práce je návrh a ekonomické zhodnocení investice do fotovoltaické elektrárny na objekt jezdecké haly. Dílčími cíli budou návrhy několika variant solárních elektráren, tzn. simulace elektrárny, výpočet vstupní investice, dále vyhodnocení návratnosti investice, prozkoumání možností variant bez a s bateriovým úložištěm, optimální množství akumulátorů a závěrečné shrnutí, vyplatí-li se v takovýchto projektech vůbec investovat do obnovitelných zdrojů energie.

2. ZÁKLADNÍ INFORMACE O FOTOVOLTAICE

2.1. Fotovoltaický princip

Fotovoltaický princip je fyzikální jev objevený v 19. století, při kterém dochází k vytvoření elektrického náboje na povrchu kovů, při ozáření fotony, které jsou součástí slunečního záření. Přestože je jev tedy znám poměrně dlouho, byl dlouho využíván s ohledem na vysokou cenu výroby převážně jen v kosmonautice. Teprve v posledních letech byly vyvinuty technologie založené na polovodičích umožňující efektivní průmyslovou výrobu panelů a tím i širší využití. Důležitým faktorem vývoje byla podpora obnovitelných zdrojů a snahy na omezení znečišťování životního prostředí v důsledku spalování zejména uhlí, ropy i plynu.

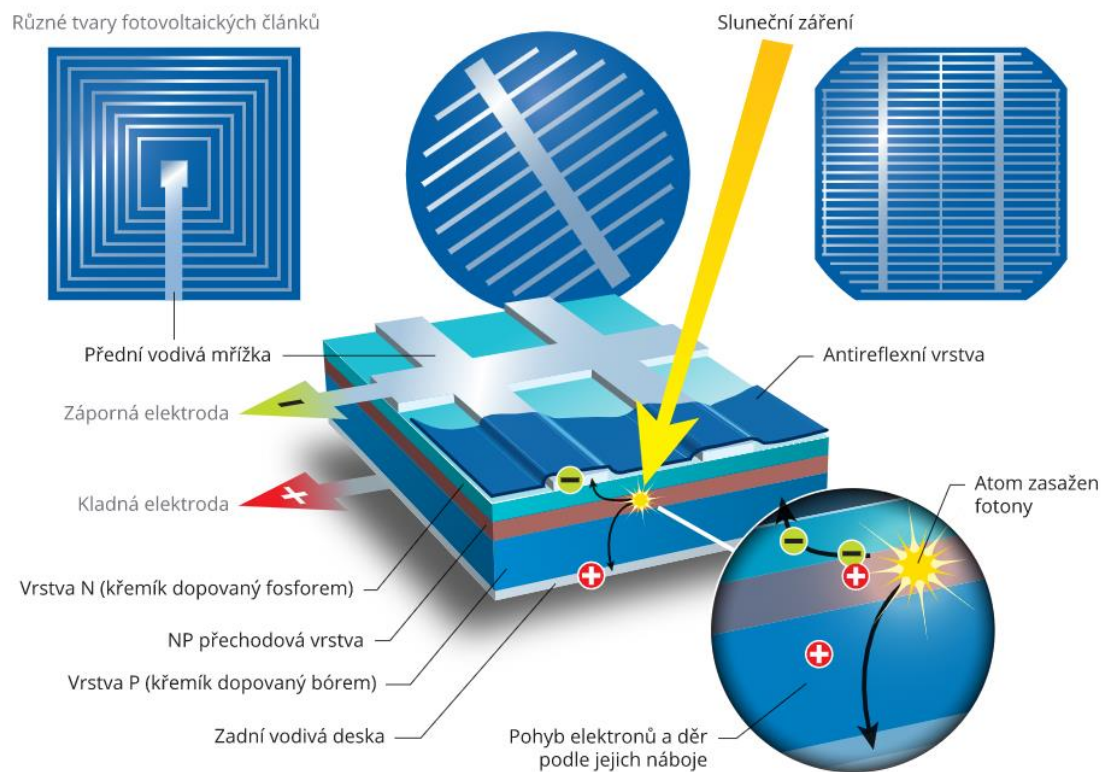
Jedná se o výrobu elektřiny z obnovitelného zdroje přeměnou ze sluneční energie přímo na elektrickou energii pomocí fotovoltaického jevu. [1]

Výroba elektřiny probíhá ve fotovoltaických článcích a z nich vytvořených fotovoltaických panelech. K výrobě není potřeba žádné palivo a u většiny druhů panelů zde nejsou pohyblivé části, čímž je snížena cena za pravidelnou údržbu. Tuto technologii lze používat všude, kde je dostatečný zdroj slunečního světla. Ať už v malém článku v kalkulačce nebo na střechách rodinných domů, či na vesmírné družici a nebo ve velkých solárních farmách s megawattovými výkony. [19]

2.2. Fotovoltaický článek

Fotovoltaický článek funguje na principu fotovoltaického jevu v polovodičích. Je to zařízení z krystalického křemíku schopné měnit světelnou energii na stejnosměrné napětí. [12]

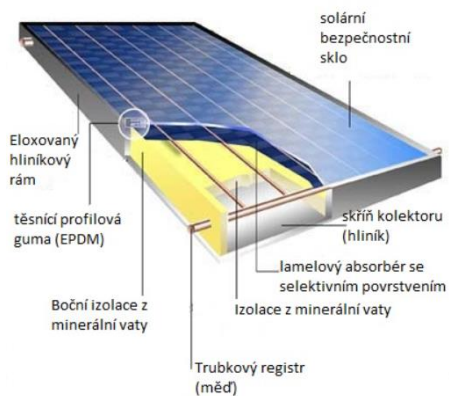
Článek se skládá ze spodní vrstvy P, která je tvořena plátkem krystalického křemíku s příměsí boru a vrchní vrstvy, na jejíž straně je nanášena vrstva polovodiče typu N, například křemík dotovaný indiem. Na rozhraní vrstev vzniká PN přechod, který umožňuje jednosměrný průchod volných elektronů. V horní vrstvě N se pak hromadí elektrony, uvolněné dopadajícími fotony, a tvoří napěťový potenciál mezi vrstvami, který se připojením vhodných elektrod, může využít jako stejnosměrné napětí. [12]



Obrázek 1: Princip práce fotovoltaického článku generující stejnosměrný proud, zdroj: ČEZ [12]

2.3. Fotovoltaická elektrárna (FVE)

Solární elektrárny se rozlišují na fotovoltaické a solárně-termické. Obě technologie využívají solárních panelů a kolektorů, ale mají různé účely. Solárně-termické kolektory přetváří sluneční energii na tepelnou energii a tím ohřívají například vodu v bazénech, nebo slouží k přípravě teplé užitkové vody (TUV) a nebo mohou částečně vytápět objekt. Princip solárního kolektoru je takový, že sluneční paprsky prochází skleněným krytem kolektoru a jsou pohlcovány do absorbéru. Ten je tvořen trubkami, které bývají natřeny selektivním nátěrem a jsou umístěny těsně vedle sebe, kvůli lepšímu šíření tepla. V trubkách pak proudí teplotná kapalina, vedoucí z absorbéru do výměníku, kde se teplá voda uchovává pro další využití. [43]



Obrázek 2: Konstrukce solárního kolektoru pro tepelnou energii, zdroj: CNE

Umístění solárně termické elektrárny se rozděluje na letní a zimní období. Kolektorová zařízení pro ohřev vody v bazénu nebo pro přípravu TUV by měla být umístěná tak, aby zachytávala co největší množství slunečních paprsků v letní polovině roku. Naopak elektrárny pro vytápění objektů by se měly navrhovat tak, aby zachytily co největší množství sluneční energie v zimním období. Množství zachycené energie v letním období pak bohatě stačí na pokrytí potřebných ohřevů TUV a občasného vytápění. Na době provozu kolektorů je také závislý sklon. Pro celoroční provoz je optimální sklon mezi $40^\circ - 45^\circ$, při sezónním letním provozu stačí sklon mezi $25^\circ - 35^\circ$ a pro zimní provoz je naopak potřeba sklon minimálně $60^\circ - 90^\circ$. [43]

Dalším druhem solárních elektráren jsou fotovoltaické, sloužící na přeměnu sluneční energie na elektrickou energii pomocí fotovoltaických článků. [20] Jedním z komponentů FVE jsou solární panely na bázi křemíku přetvářející sluneční energii na elektrickou, kterou můžeme následně využít nebo prodat. Celá elektrárna se skládá ze solárních panelů, střídače, potřebné kabeláže, jistících prvků, akumulátorů (použití pouze u některých systémů, viz kap. 3.1.3) a dalších komponentů.

V České republice vyrobí solární panely o špičkovém výkonu 1kWp přibližně 980 kWh/rok. Výkon jednotlivých panelů se pohybuje od 270 – 450 Wp, takže 4 panely o výkonu 270 Wp vyrobí 1080 Wp což je přibližně 1058 kWh/rok. [36]

2.4. Druhy solárních panelů

Výroba elektrické energie z obnovitelných zdrojů, hlavně pak ze slunce, je stále více populární nejen na průmyslových objektech, ale poslední dobou hlavně i v domácnostech na rodinných domech či chatách nebo chalupách. Výběr správného typu fotovoltaického panelu je tedy pro funkci elektrárny zásadní. Většina nabízených panelů spadá do tří základních kategorií.

2.4.1. Monokrystalické panely

Tento typ panelu se vyrábí z jediného kusu krystalu křemíku řezáním tenkých plátků (waferů) a je charakteristický černou barvou. Tento způsob výroby jim propůjčuje některé výhodné vlastnosti, ale také to znamená náročnější výrobu, tedy i vyšší cenu. [11]

Tento druh panelu má největší efektivitu v porovnání cena vs. efektivita. Za ideálního osvětlení a ve správném úhlu je účinnost kolem 20 %. Monokrystalické panely jsou vhodné pro střechy s omezenou plochou, které mají velmi dobrou orientaci vůči slunci. [11]

V Evropě se nejčastěji používají monokrystalické a polykrystalické panely, které mají podobnou roční výrobu. [11]

Krystaly křemíku chrání ochranné sklo a laminační fólie. Horní sklo má ještě antireflexní vrstvu, aby se světlo od panelu odrazilo co nejméně. [13]

2.4.2. Polykrystalické (multikrystalické) panely

Tento typ panelu se na první pohled pozná podle modré barvy. Vyrábí se řezáním z bloku, ve kterém je srostlé větší množství menších křemíkových krystalů. K výrobě se dají využít i odřezky z monokrystalických panelů, zhotovení není tedy tak náročné jako u předchozího druhu. [11]

Polykrystalický panel má při ideálním osvětlení efektivitu zhruba 15-17 %, ale jeho výhodou je, že díky komplikovanější struktuře zachytí lépe světlo přicházející z ostřejších úhlů. Tyto panely dokážou lépe zpracovat rozptýlené světlo za špatného počasí nebo odražené světlo v hustší zástavbě právě díky velkému množství různě orientovaných křemíkových krystalků a poskytují stabilnější výkon během dne. [11]

2.4.3. Amorfni fotovoltaické panely

Další skupinu fotovoltaických panelů tvoří takzvané „tenké vrstvy“, z nichž nejznámější je amorfni křemíkový panel. Na pevný povrch (sklo, plast, kovy) se nanáší polovodivé látky (řečené amorfni křemík, slitina kadmium – telur nebo slitina měď – indium – galium – selen), díky kterým má panel minimální tloušťku a hmotnost. Nejlépe se hodí do velkých průmyslových objektů, kde by krystalické verze kvůli větší hmotnosti příliš zatěžovaly lehké konstrukce střech výrobních hal. [11]

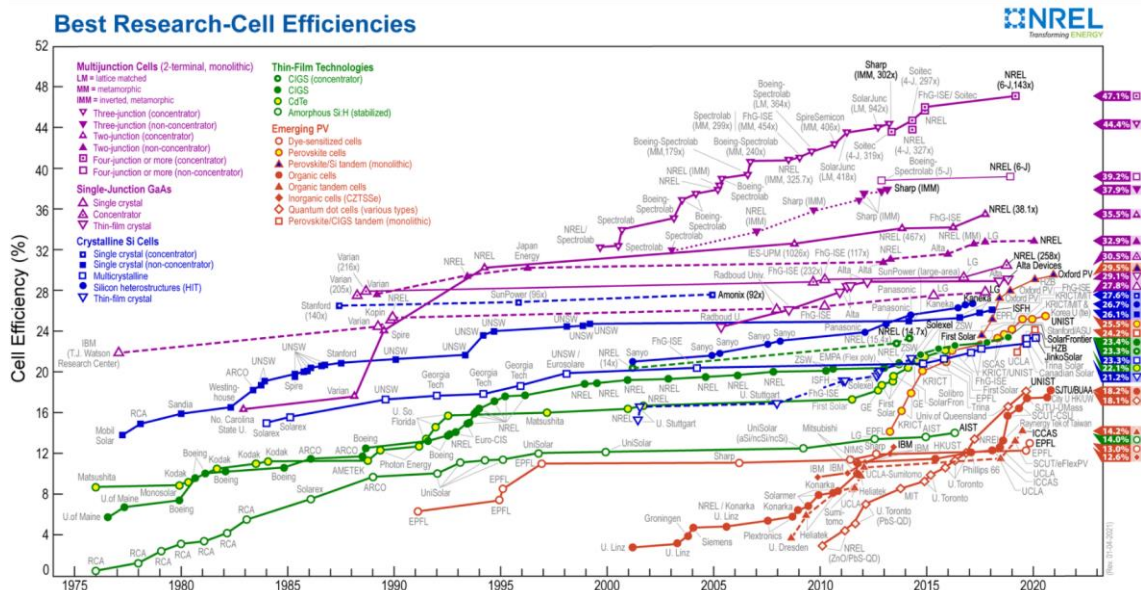
Výhodou je, že se dají tyto transparentní amorfni panely vrstvit na sebe tak, že každý z nich zachytí jinou vlnovou délku světla, a proto jsou vhodné i na střechy objektů, které neposkytují ideální orientaci vůči slunci. Další výhodou je jejich nízká hmotnost a tím pádem lehká instalace. Nevýhodou je jejich malá efektivita, která se pohybuje kolem 11 %. [11]

2.4.4. Další typy fotovoltaických panelů

-> Pervoskitové FV panely – Tvoří je sloučeniny halogenů jako je chlor s olovem. Cena tohoto typu je o dost nižší než u křemíkových druhů a účinnost by měla být podobná. Ale také by měly tyto panely být průhledné. [13]

-> Organické solární panely – Tyto panely jsou teprve ve fázi vývinu a měly by fungovat na bázi fotosyntézy. Tato technologie využívá geneticky upravené bílkoviny a nanotechnologie, které výzkumníci umí vytisknout na pružné podklady. [13]

Na následujícím obrázku je zobrazen vývoj efektivity velkého množství typů solárních panelů od různých výrobců od roku 1976.



Obrázek 3: Vývoj solárních panelů, zdroj: NREL

2.5. Střídač

K fotovoltaické elektrárně patří mimo jiné střídač (jiné označení bývá měnič nebo inverter), jehož funkcí je přeměna stejnosměrného proudu, který vyrábějí solární panely, na střídavý proud elektrické sítě. Kromě této hlavní funkce může mít měnič i doplňkové funkce, jako například monitorování sítě a provozních údajů, popř. ochranné funkce. [14]

Dnešní měniče mají funkci MPPT (maximum power point tracking), která sleduje bod maximálního výkonu elektrárny. Slunce v průběhu dne svítí různým výkonem a na různou část panelů. Tato funkce zajišťuje optimální zatížení panelů, ale s maximálním možným výkonem. Dnes už na trhu prakticky nebývají měniče bez této technologie, bez které může být výkon panelů snížen až o 30-50 %. [47]

2.5.1. Druhy střídačů

Hlavní rozdělení střídačů je na symetrický a asymetrický. Výběr vhodného invertoru je pro fotovoltaickou elektrárnu zásadní. Je to kvůli druhům rozvodů v objektu (jednofázový, dvoufázový, třífázový), na kterém je elektrárna instalována. Další druhy střídačů jsou pak podle instalované elektrárny (hybridní, On-grid). [15]

Symetrické střídače posílají do více fázových rozvodů elektřinu rovnoměrně, což může být problém u objektů, které mají různé odběry na různých fázích, jelikož v roce 2011 se v České republice přestala měřit spotřebovaná elektřina jako celek a měří se teď po fázích. Jejich výhodou je nižší cena (od 20 000 – 40 000 Kč) oproti asymetrickým měničům. [14]

Naopak asymetrické střídače posílají elektřinu vždy tam, kde je to potřeba nejvíce, až do jedné třetiny výkonu měniče, snižuje se tím tedy případný odběr (u On-grid a hybridních systémů) z distribuční sítě. Nevýhodou těchto střídačů je jejich poměrně vysoká cena, která začíná na 30 000 korunách. [14]

„Podruhem“ asymetrických invertorů jsou hybridní asymetrické střídače. Hybridní znamená, že se dají připojit k baterii, tudíž se používají pro hybridní systém. Střídač si sám podle aktuální situace určuje, odkud se bude čerpat elektřina, jestli to bude přímo z fotovoltaických panelů, baterií nebo z distribuční sítě, přičemž prioritou je vždy čerpat z vlastních zdrojů. [16]

U některých měničů jdou nastavit priority, jak zacházet s přebytky. Přetoky může řídit multifunkční relé, které je součástí střídače, nebo se dají optimalizovat instalací chytré řídicí jednotky. [16]

2.6. Akumulace vyrobené elektrické energie

U Off-grid a hybridního systému se dá přebytečná energie ukládat dvěma způsoby. První je přímá akumulace, kdy se přebytky ukládají do instalovaných baterií. Druhá možnost je nepřímá přeměna elektrické energie na tepelnou v zásobníku teplé užitkové vody (TUV). Uskladnění elektrické energie napomáhá zefektivnit výrobu a tím využití vyrobené energie v co největším rozsahu pro vlastní spotřebu. Akumulace také vyrovnává výkyvy při výrobě elektrické energie, které způsobuje málo slunečního svitu nebo noc. [17]

2.6.1. Tepelné zásobníky

Nepřímá možnost ukládání vyrobené elektrické energie je přeměnou do tepelné energie v tzv. tepelných zásobnících. V nich se nachází elektrická odporová spirála, která přeměňuje elektrickou energii na tepelnou a teplá voda se pak akumuluje v samotném zásobníku. Odporová elektrická spirála

(zajišťující přeměnu el. energie na teplo) může být konstruována na napájení přímo stejnosměrným napětím nebo standardně střídavým napětím, ke kterému je ale potřeba i střídač. [17]

Pokud elektrárna vyrobí více energie, než kolik objekt spotřebovává, jsou přebytky automaticky přesměrovány do zásobníku. Naopak, pokud je nedostatek elektrické energie, je ohřev vody opět automaticky odpojen a energie se prioritně dodává do objektu. [17]

V případě dostatečně velké elektrárny a zásobníku je možné naakumulovanou teplou vodou přechodně zajišťovat vytápění objektu. Díky navinutým spirálám v zásobníku (spirála pro vstup a výstup ohřevu teplé užitkové vody a spirála pro ohřev vytápěcí vody) a při dostatečně velkém naakumulovaném množství tepla, je možné ohřátou vodu využívat nejen jako užitkovou, ale také na vytápění. [17]

Nevýhodou tohoto způsobu akumulace energie je nemožnost přeměny tepelné energie zpět na elektrickou a větší prostorové nároky v závislosti na tepelné zásobníky. [17]

Zásobníky tepla jsou pak také rozděleny na nízkoteplotní (40 – 60°C) nebo vysokoteplotní (60 - 90°C) systémy. U vysokoteplotních zásobníků je nutné dodržet teplotní rozvrstvení a následně ho dodržovat. Zařízeno je to například pomocí solárního výměníku na dně zásobníku, který vede ohřátou vodu vestavbami do vyšších teplotních úrovní. Naopak nízkoteplotní systémy nejsou tolik citlivé na teplotní rozvrstvení, jelikož rozdíl teplot uvnitř je nízký, a proto vestavby nejsou nutné. [18]

2.6.2. Akumulace do baterií

Druhým způsobem je přímé ukládání přebytků el. energie z přetvořené sluneční energie do baterií. Výhodou je maximální využití vyrobené energie, tzn. přebytky nejdou do distribuční sítě, ale mohou se využít později. Nevýhodou je omezená životnost baterií, která se pohybuje od 5–15 let. Závisí hlavně na typu použitého akumulátoru, druhu regulátoru nabíjení a klimatických podmínkách, ve kterých se baterie nachází (čím vyšší je okolní teplota, tím nižší je životnost). [17]

Při akumulaci do baterií jsou s panely spojeny přes tzv. regulátor nabíjení, který zajišťuje optimální nabíjení akumulátoru tak, aby měl co největší životnost. V případě nedostatku elektrické energie v domácnosti, například při nedostatečné intenzitě slunečního záření nebo v noci, mohou baterie naopak do objektu dodávat naakumulovanou energii. V bateriích je stejnosměrné napětí, takže pokud je v domácnosti instalován samostatný rozvod 12 V, respektive 24 V, je možné energii dodávat přímo z baterie. Obvykle ale v domě takový rozvod není, a tudíž je k elektrárně potřeba instalovat i invertor (viz kap. 2.5), který převede stejnosměrné napětí z baterie na standardní střídavé napětí 230 V. [17]

2.6.3. Druhy baterií

Na následujících řádcích jsou popsány nejznámější a nejpoužívanější druhy baterií pro solární systémy.

- > **Olověné akumulátory** – Je to jeden z nejrozšířenějších typů baterií. Jejich hlavní výhodou je cena, dále je to dobrá recyklovatelnost, a navíc jsou používány mnoho desítek let, takže jsou ověřené. Ovšem nevýhodou v porovnání s lithium iontovými bateriemi je kratší životnost, zhruba 600 cyklů. Také se používá pouze polovina kapacity, kvůli větší výdrži není baterii možné vybit pod 50 %. Do akumulátorů je také potřeba dolévat elektrolyt a jsou náročnější na údržbu. [22]

Baterie se skládá z několika spojených galvanických elektrochemických článků s olovněnými elektrodami, které jsou uloženy v elektrolytu. Ten může být v bateriích v několika formách například jako tekutina, gel nebo kyselinou nasáklá skelná vata (AGM). Pro solární systémy jsou k dostání v podobě monobloků o napětí 2 V, 6 V a 12 V. Potřebného napětí akumulátorové sestavy je dosaženo pomocí sériového zapojení jednotlivých baterií a musí odpovídat napětí, ve kterém jsou napojené i ostatní prvky solárního systému, hlavně regulátor nabíjení a střídač. Cena akumulátorů se odvíjí od typu elektrolytu, nejlevnější jsou baterie s tekutým elektrolytem, dražší je typ AGM a nejdražší jsou gelové akumulátory. [23]

> **Lithium iontové baterie (Li-Ion)** – Tento typ baterie je velmi oblíbený hlavně díky kladům oproti olovněným bateriím. Hlavními výhodami jsou malá velikost a hmotnost a zároveň větší kapacita a životnost. Nevýhodou je ovšem vyšší pořizovací cena, která se ale díky těmto lepším schopnostem snadno vrátí. Existuje několik typů baterií, které se rozdělují podle chemického složení.

- Lithium – mangan oxid (LMO)
- Lithium – nikl – mangan – kobalt oxid (NMC)
- Lithium – nikl – kobalt – hliník oxid (NCA)
- Lithium – železo – fosfát (LiFePO₄)

U NMC a NCA je nevýhoda použití vzácných a ekologicky problematických prvků, u LMO je nevýhoda o něco kratší životnosti oproti ostatním druhům a u LiFePO₄ je potřeba zabudovaného ochranného obvodu proti přehřívání. To je ale konstrukčně ošetřené, a proto LiFePO₄ patří u nových instalací k nejrozšířenějším. [22]

LiFePO₄ baterie jsou nejpoužívanější u nově instalovaných solárních elektráren. Oproti olovněným bateriím mají velkou výhodu například při vybíjecím cyklech, které mají souvislost s životností baterie. Zatímco olovněné baterie se můžou vybit pouze do 50 %, aby byla jejich životnost, co nejdelší, LiFePO₄ se mohou vybit až do 80 % své kapacity. To velmi snižuje náklady na zařízení. Dále mají tyto baterie velmi krátkou dobu nabíjení, která je za normálních podmínek 3 hodiny, ale také to může být kratší doba, záleží na aktuálním výkonu elektrárny. Také má tento typ baterie nízké samovybíjení, které je stanovené na méně než 2 % měsíčně. V neposlední řadě jsou tyto baterie i šetrné k životnímu prostředí, protože neobsahují žádné toxické nebo těžké kovy. [48]

Lithium iontové baterie mají i nízkou míru samovybíjení, ale mají nižší vodivost. To znamená, že při odběru velkého množství energie najednou může nastat problém a zároveň se tím zkracuje jejich životnost. [24]

> **Průtokové baterie (flow)** – Tento typ baterií se uplatňuje spíše ve velkoobjemových úložištích. Baterie využívají roztok bromidu zinku jako elektrolyt, který je uložen v oddělených nádržích, kdy se v případě

potřeby el. energie vhání do příslušných segmentů. Oproti Li-Ion akumulátorům nejsou tak efektivní, ale mají vysokou životnost a kapacita se dá navýšit tím, že se zvýší objem elektrolytu. [22]

Po skončení činnosti se dá téměř 100 % aktivního materiálu přepracovat a vpustit znovu do oběhu. [25]

- > **Virtuální baterie** – Jak z názvu vyplívá, nejedná se o fyzickou baterii, ale o virtuální. Je možné ji získat pouze od distributora sítě, od kterého si majitel elektrárny pořizuje i solární systém a se kterým má majitel elektrárny platnou smlouvu na odběr elektřiny. Výhodou je, že objekt skutečně spotřebuje všechnu energii, kterou sám vyrobil a až poté si bere nedostatky z distribuční sítě. Další výhodou je, že díky nepořizování fyzické baterie jsou náklady na zařízení a následnou údržbu elektrárny nižší. Ale za využívání této virtuální baterie si distributor účtuje měsíční poplatky na základě kapacity. [26]

Akumulace funguje na základě smlouvy o zápůjčce, kterou distributor uzavře s majitelem. Znamená to, že distributor si „zapůjčí“ přebytek z elektrárny a ve stejném množství ho následně vrátí majiteli, když energii potřebuje. [26]

Ovšem „ukládání“ energie do distribuční sítě není nikdy tak výhodné, jako ukládání energie do fyzických baterií. Protože ať už vypadá nabídka od distributora jakkoliv dobře, vždy je to výhodnější pro dodavatele a ne pro majitele elektrárny. Je to proto, že u virtuální baterie jsou vždy paušální poplatky za kapacitu, ale pokud majitel elektrárny své přebytky, které poslal do sítě, nevyčerpá za určité období, tak mu propadnou, a tím o ně přijde. [27]

2.6.4. Další možnosti akumulace přebytků

Další možností ukládání elektrické energie je ve formě vodíku. Je to obdoba baterie s oddělenými elektrolyty (viz flow baterie). Přebytky se použijí na elektrolýzu vody a vzniklý vodík se ukládá do vhodného zásobníku. Když je pak energie opět potřeba, z vodíku se vyrobí elektřina v palivovém článku, k jehož anodě je přiváděno palivo (vodík) a ke katodě proudí oksličovadlo

(kyslík). Hlavní nevýhodou je poměrně malá účinnost, ale také problém se skladováním vodíku, který může unikat i velmi malými netěsnostmi a tvoří se vzduchem výbušnou směs. [28]

Dále se může přebytečná elektrická energie ukládat například v supravodivé cívce, v setrvačnicku, pomocí stlačeného vzduchu nebo v přečerpávací elektrárně ve formě potenciální energie vody. [28]

2.7. Další komponenty FVE

K fotovoltaické elektrárně, kromě panelů, střídače, případně baterií, patří i konstrukce, pomocí které jsou panely ukotvené, ať už na střechách či na zemi. Výběr konstrukce na střechy je zásadní z několika důvodů. První věc při výběru, na kterou je potřeba se zaměřit, je typ střechy (šikmá x plochá), další je typ krytiny, umístění panelů na střeše (kvůli odvětrání, komín, klimatizace, vzduchotechnika atd.) a také jestli konstrukce splňuje statické požadavky budovy.

Materiál konstrukce a přichytek panelů je hliník, další příslušenství, jako jsou různé střešní háky či spojovací materiál, jsou z nerez. Životnost konstrukce by tak měla být větší, než je životnost samotných panelů. Existuje takzvané systémové řešení pro střešní aplikace, které se může instalovat jak na ploché, tak na šikmé střechy. Výhodou je jednoduchá a rychlá montáž. [29]

2.7.1. Typy konstrukcí pro osazení panelů

- ➔ Konstrukce pro sedlové střechy – Vhodné pro menší objekty, například rodinné domy, s vhodným sklonem (jih, jihozápad, jihovýchod) a orientací střechy (od 35-45°). Nosným prvkem jsou hliníkové profily, které jsou přichyceny speciálními háky ke konstrukci střechy. Na profily jsou připevněny panely. [30]
- ➔ Konstrukce pro ploché střechy – Jsou většinou tvořeny ocelovými pozinkovanými profily trojúhelníkového tvaru a jsou vzájemně „zavětrované“ a podélně spojené hliníkovým profilem pro uchycení FV panelů. Konstrukce se připevňuje buď pomocí chemických kotev a nebo se zatěžují betonovými bloky, dlaždicemi nebo i pískem. Ovšem střecha by po instalování této konstrukce nemusela splňovat statické podmínky, a

proto existují speciální odlehčené konstrukce, které se méně přitěžují. Je to díky využívání podtlakového efektu pro pevnou pozici konstrukce. [30]

- ➔ Konstrukce pro volná prostranství – Používá se stejné řešení jako u plochých střech (trojúhelníková konstrukce) jen s tím rozdílem, že konstrukce je pevně spojena se zemí. Buď zavrtanými šrouby, betonovými základy nebo jsou pozinkované profily zatlačeny do země. Tyto konstrukce jsou velmi nákladné a komplikované hlavně kvůli vlivům povětrnostních podmínek, tlaku podzemní vody a silnému větru. [30]
- ➔ Polohovatelné systémy – Jak z názvu vyplívá, jedná se o systém, který se automaticky otáčí (polohuje) a naklání panely ke slunci podle jeho astronomické dráhy. Nárůst maximální výtěžnosti FVE oproti pevným instalacím je díky tomuto systému okolo 30-35 %. Nevýhodou jsou větší počáteční náklady a nutná a pravidelná údržba. [30]

3. FOTOVOLTAICKÁ ELEKTRÁRNA

3.1. Druhy fotovoltaických systémů

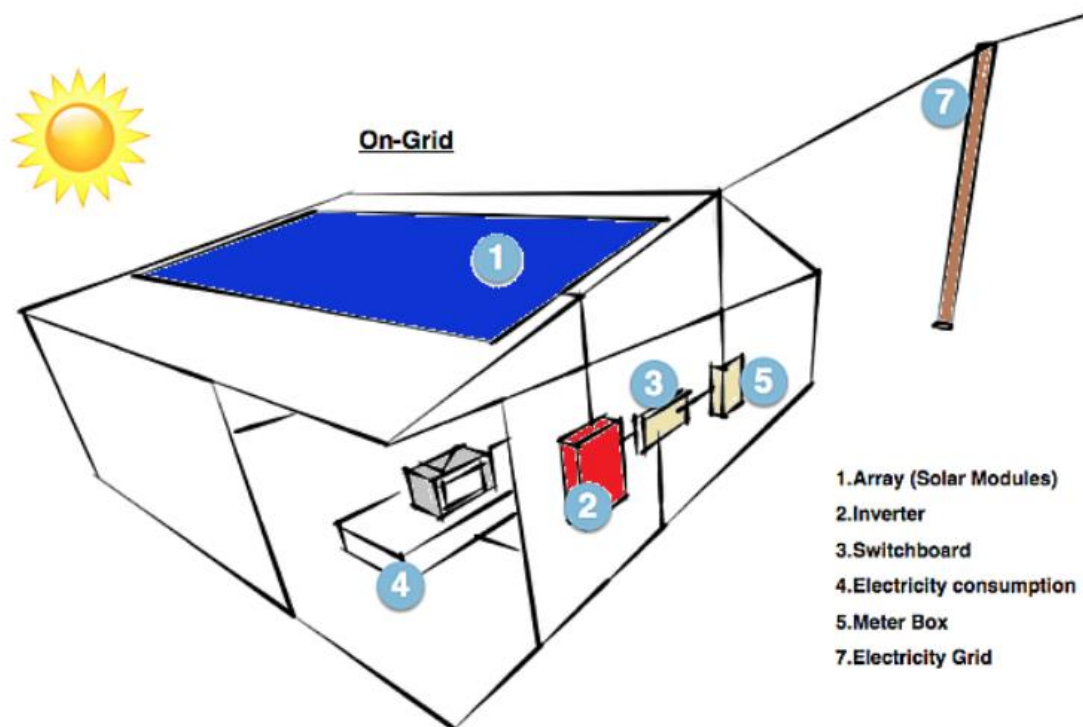
Solární elektrárny se rozdělují podle připojení k distribuční síti nebo podle toho, jestli mají nainstalovanou akumulaci přebytků. Rozdělují se na On-grid, Off-grid a hybridní systémy.

3.1.1. On-grid systém (tzv. síťový systém)

On-grid systém je nejpoužívanějším systémem solárních elektráren jak v rodinných domech, tak i na průmyslových objektech. K tomuto druhu elektrárny se neinstalují baterie na uchování přebytečné energie. [2]

Všechna vyrobená energie se spotřebuje majitelem elektrárny a přebytky se, pomocí střídače (viz kap 3.3), odvedou do distribuční sítě, na kterou je systém připojený. Za přebytky zaplatí distributor majiteli smluvenou částku. [2] Ceny za přebytky jsou různé a pohybují se kolem 0,25-0,8 Kč/Wh. [3]

Nevýhodou tohoto systému je, že pokud vypadne proud, nemůže systém fungovat ani generovat další elektřinu. Je to z důvodu bezpečnosti, jelikož výpadek většinou způsobí porucha na elektrickém vedení. Pokud by střídač stále dotoval veřejnou síť elektřinou, mohlo by to ohrozit lidi, kteří síť zrovna opravují. [2]



Obrázek 4: Schéma On-grid systému, zdroj: Clean energy reviews

U tohoto typu systému je nutnost mít licenci udělenou Energetickým regulačním úřadem (ERÚ) a povolení od distributora sítě (ČEZ, E.ON, PRE). Pokud je požadavek na připojení do sítě schválen, může se elektrárna postavit. Potřeba licence je u elektráren s výkonem vyšším než 10 kWp. [3] Elektrárna se skládá z hliníkové konstrukce, fotovoltaických panelů, střídače, elektro prvků a měřidla. Je možné připojit i regulátor, který měří přebytky z výroby a ty následně směřuje např. do bojleru s topnou tyčí. [3]

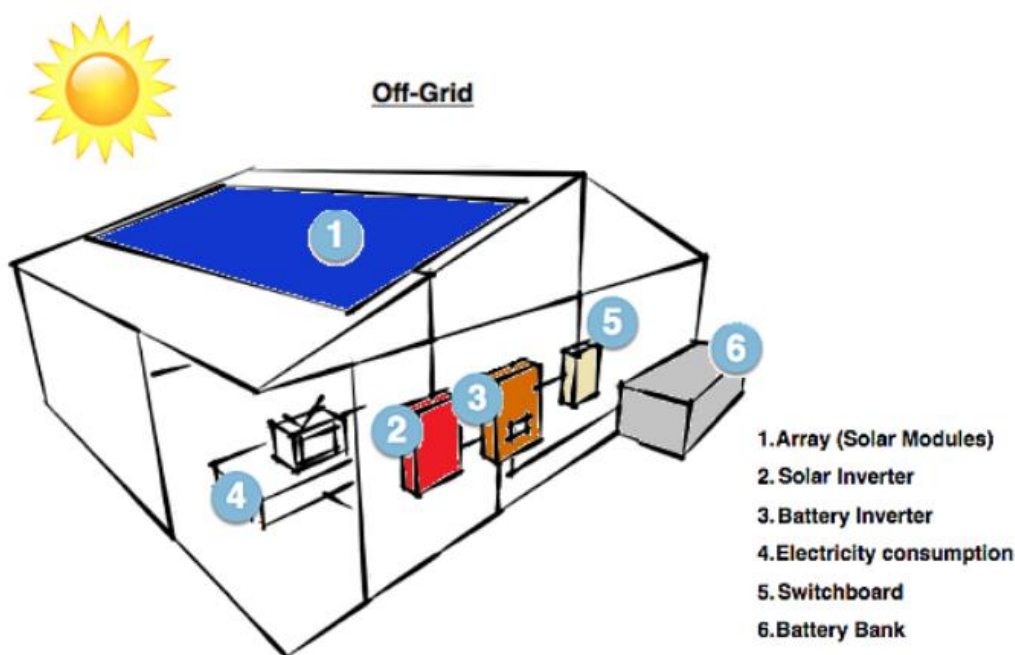
3.1.2. Off-grid systém (tzv. ostrovní)

Na rozdíl od On-grid systému, není tento připojený do distribuční soustavy, ale má bateriové úložiště (viz kap. 2.6.3). Proto se tento systém musí navrhnut tak, aby vyráběl dostatek elektrické energie a měl dostatečnou kapacitu baterií pro zásobování elektrickou energií i například přes zimní období, kdy je méně slunečného záření. [2]

Veškerá nespotřebovaná energie se akumuluje v bateriích (viz kap. 2.6.3) a spotřebovává se, až když je odběr elektřiny vyšší, než kolik se jí stihne vyrobit (například v noci nebo když je zataženo). [2]

Pro zimní období, kdy elektrárna nevyrábí dostatek elektřiny a baterie jsou málo nabité, je nezbytné mít záložní generátor elektrického proudu, zpravidla poháněný spalovacím motorem. [2]

Kvůli vysokým cenám akumulátorů a střídačů se tato soustava navrhuje hlavně v oblastech, kde se dá hůře připojit k distribuční síti. [2]

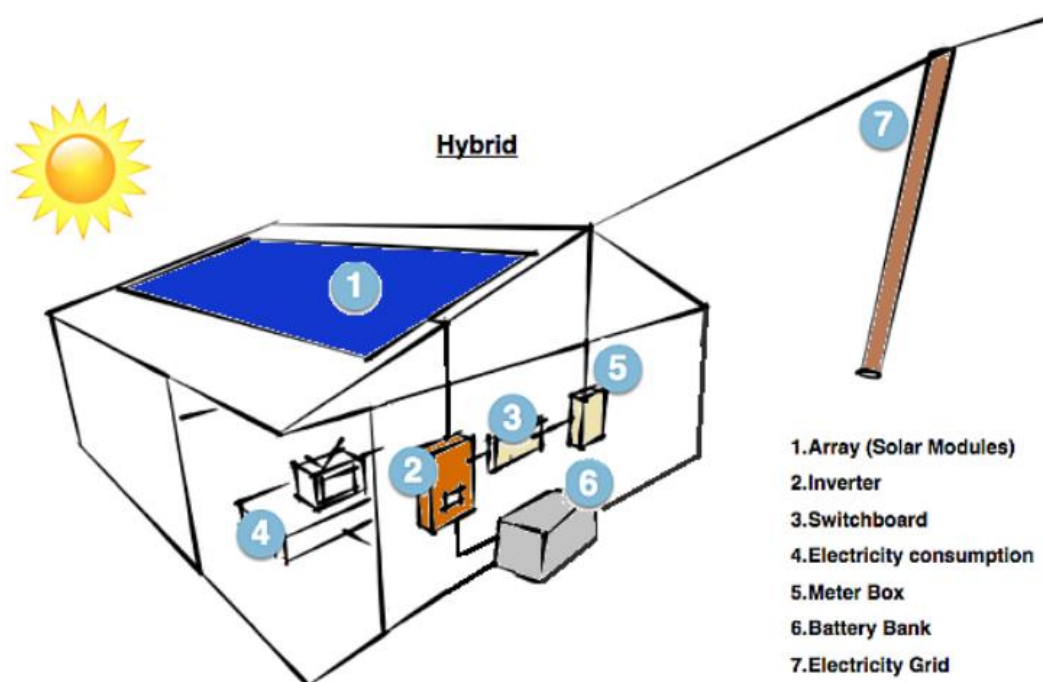


Obrázek 5: Schéma Off-grid systému, zdroj: Clean energy reviews

Výhodou tohoto systému je, že není potřeba licence od ERÚ na provoz této elektrárny, protože je celý systém nezávislý na veřejné elektrické síti.

3.1.3. Hybridní systém

Hybridní fotovoltaická elektrárna (HFVE) je spojení On-grid a Off-grid systémů. Jedná se o fotovoltaickou elektrárnu s bateriovým úložištěm, jež je připojena do distribuční sítě, která zde plní pouze funkci zálohování. Veškerá vyrobená energie se spotřebovává majitelem elektrárny a přebytky se ukládají do baterií.[2]



Obrázek 6: Schéma hybridního systému, zdroj: Clean energy reviews

Pokud jsou i přes to nějaké přebytky, hybridní střídač (viz kap. 3.3.1) je pošle do veřejné sítě, ale distributor za přebytky majiteli neplatí. Elektrárna tak výrobou elektřiny nemůže vydělávat, což se může považovat za nevýhodu. Ovšem výhodou je, že budoucí majitel elektrárny nemusí získávat žádná povolení od ERÚ. [4]

Pokud není zrovna elektrárna schopná dodávat energii a akumulátory nejsou dostatečně nabitě, přepne hybridní střídač na odběr elektřiny z distribuční sítě, ale za standartní úhradu odběru elektřiny od distributora. [4]

3.2. Fotovoltaika v ČR a ve světě

3.2.1. Rozvoj FV v ČR

V letech 2002-2008 byla instalace solárních elektráren v ČR spíše vzácností, pak ale nastal tzv. „fotovoltaický boom“ (v letech 2009-2010), kdy počet instalací solárních systémů vzrostl z několika stovek na tisíce. Bylo to způsobeno výrazným snížením pořizovacích nákladů a větší dostupností fotovoltaických panelů, ale také podporou od státu, který chtěl dostat závazku

vyrábět 13% energie z obnovitelných zdrojů do roku 2020. [5] Tento závazek se mimochodem splnil už v roce 2013. [6]

Za poslední rok se i přes pandemii Covid-19 počet instalovaných elektráren na území České republiky téměř zdvojnásobil. V roce 2020 bylo v ČR instalováno 6293 nových elektráren s výkonem 51,4 MW. Dále se také objevují inovativní projekty spojené s akumulací či solárními panely na fasádách nebo jako střešní krytina. [21]

3.2.2. Instalace FVE ve světě

Největší solární elektrárna na světě, Nur Abú Dhabi, je momentálně ve Spojených arabských emirátech s kapacitou 1200 MW a více než 3 miliony solárních panelů. [10] V poslední době se fotovoltaika rozmáhá také v Asii, tři z největších solárních elektráren jsou v Číně a další v Indii. Ještě do roku 2017 ale byli za lídry fotovoltaiky označováni USA spolu s Evropou. [9]

Navzdory pandemii Covid-19 v loňském roce se ale počet instalovaných fotovoltaických elektráren zvětšil na rekordních 132 GW. Nejvíce instalované kapacity ve výši 48,2 GW měla pak právě Čína. [8]

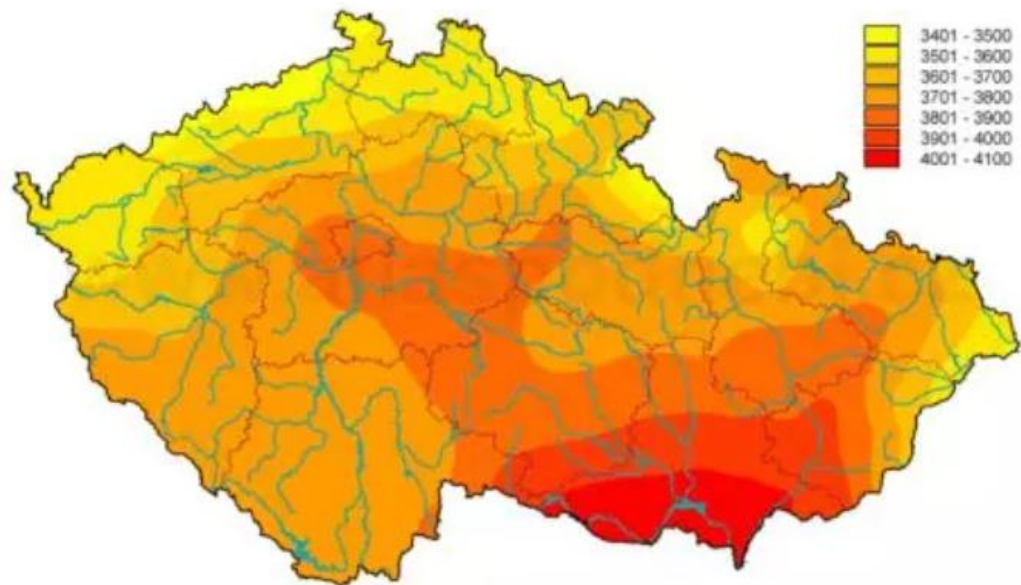
Rozkvět solární energetiky značí i počet instalované kapacity v roce 2010 – cca 18 GW. Největší růst byl v Evropě, například v Německu se instalovalo zhruba 7 GW kapacity. V ČR byla v roce 2010 nainstalovaná kapacita asi 1 GW. [8]

Podle analýzy společnosti Bloomberg new energy finance (BNEF) by mělo být letos instalováno celosvětově až 209 GW nových solárních elektráren a až 240 GW v roce 2023. Důvodem je prudký rozvoj fotovoltaiky na asijských trzích. [8]

3.3. Sluneční podmínky v české republice

Roční úhrn sluneční energie, která dopadá na vodorovnou plochu ČR se v průměru pohybuje mezi 1000 až 1200 kWh/(m²*rok), tzn. 3600 až 4300 MJ/(m²*rok). Podobné hodnoty lze uvažovat i pro optimálně skloněné plochy orientované na jih. Sluneční energie, která dopadá na fasády (sklon 90 stupňů), dosahuje zhruba 70% hodnoty při optimálním sklonu. [7]

Mapa slunečního záření



Obrázek 7: Roční úhrn slunečního záření v ČR v MJ/(m²*rok), zdroj: ČHMÚ

Z mapy je zřejmé, že fotovoltaické elektrárny se mohou instalovat v podstatě kdekoli na území České republiky, hlavně pak na jihu Čech.

3.4. Orientace a optimální sklon kolektorové plochy

Jak uvádí Matuška ve své knize Solární zařízení v příkladech: „Sluneční energie, která dopadne na plochu za určitý časový úsek, je závislá na sklonu plochy a její orientaci neboli azimutu. Optimální orientace plochy kolektorů je z hlediska roční dopadající sluneční energie jižní. Při odchylce azimutu plochy od jižního směru do 45° (jihovýchod, jihozápad) se roční úhrn dopadající energie nemění o více než 10 %, nicméně pro provoz solárních tepelných kolektorů je příznivější orientace na jihozápad vzhledem k hlavní době provozu za vyšších odpoledních teplot vzduchu znamenajících menší tepelné ztráty kolektoru a vyšší účinnost celé soustavy. Při orientaci na východ či západ dochází již k významnému poklesu dopadající energie o více než 20 % a tomu odpovídají i nižší zisky.“ [7]

Optimální sklon plochy kolektorů, s ohledem na nejvyšší úhrn dopadlé energie za rok v podmínkách ČR, je okolo 35°. Kvůli počátečním nákladům je lepší panely instalovat rovnoběžně se sklonem šikmé střechy. Ztráty kvůli jinému sklonu nebo horší orientaci nejsou tak velké, pokud je sklon od 20° –

55° je ztráta kolem 5 %. Orientace od jihu je možná do 45° a pokles je opět kolem 5 %, nebo pokud jsou panely otočené od jihu dokonce až o 70°, je celoroční ztráta kolem 10 %. Horší je, když na panely dopadají stíny například okolních stromů, budov nebo samotných panelů navzájem (například u zemních instalací, tam se volí sklon raději nižší právě kvůli stínění).

3.5. Výkon solárních panelů

Výkon panelů se udává v jednotkách Wp (Wattpeak), což znamená, že uvedený okamžitý výkon, například 300 Wp, vyrobí 300 W za ideálních podmínek, tzn. při osvětlení, který odpovídá přímému ozáření při jasném dni bez mraků. Test špičkového (peak) výkonu se dělá takzvaným standardním testem (STC), který se provádí zdrojem světla při energii ozáření 1000 W/m² a teplotě 25°C. [44]

Výkon panelu ovlivňují dva faktory. Prvním je oslunění a druhým teplota. Tyto faktory se vzájemně trochu vylučují. V České republice jsou standardizované ideální podmínky pro oslunění 1000 W/m², což je i při optimálních sklonech jen na některých územích republiky. Naopak teplota výkon panelů snižuje, ideální podmínky jsou kolem 25°C. Dalšími faktory, které ovlivňují výkon solárního panelu jsou orientace a sklon panelu (viz kap. 3.4). [31]

3.6. Trendy ve fotovoltaice

Technologie ve fotovoltaice se neustále vyvíjí a zrychluje a cena komponentů se naopak snižuje. Novými trendy v dalších letech bude zvyšování výkonu solárních panelů, velikost a formát článků a výrobní kapacita. Na trhu byly a stále budou dominovat články PERC (technologie pro zvýšení výkonu článku) za účelem neustálého zlepšování účinnosti. Díky tomu se zvýší výkon solárních modulů. Někteří hlavní výrobci nabízejí ve svém portfoliu panely, které mohou vyrobít i přes 600 Wp. Různé společnosti se snaží udržet krok s poptávkou, která se každý rok zvyšuje. Výrobní kapacita od roku 2018 se ze 107,205 GW zdvojnásobila na 241,09 GW do roku 2020. Například společnost Canadian Solar plánuje zdvojnásobit svoji výrobní kapacitu v roce 2021 oproti roku 2019. [38]

Další vývoj se ubírá k bifaciálním modulům, které začínají být stále populárnější díky možnosti většího výtěžku z výroby, navíc se jejich cena, spolu s monofaciálními panely, stále snižuje. Bifaciální (oboustranný) fotovoltaický panel přijímá světlo z obou stran a zvyšuje výtěžek vůči normální hodnotě o 10-25 %. Tento trend volá po modernizaci montážní struktury, sledovacího systému a výkonnějšího střídače, aby se využil celý energetický potenciál dané elektrárny. [38]

Další trend je v oblasti střídačů. Mnoho výrobců nabízí kromě klasických střídačů i hybridní (viz kap. 2.5.1), které mohou být napojené na bateriové úložiště. Instalace fotovoltaiky s baterií tak bude stále oblíbenějším řešením s účelem získání energetické nezávislosti a maximalizace potenciálu fotovoltaického systému. [38]

Vývoj také směřuje na elektrická vozidla a zejména pak na jejich nabíjení. Domácí nástěnné nabíječky přicházejí s konceptem nabíjení střídavým proudem (s výkonem 3,6 – 22 kW), což automobil nabije od jedné do osmi hodin. Firma SolarEdge představila jednofázový nabíjecí střídač pro elektromobily, který umožňuje nabíjení elektromobilu solární energií přímo ze solárního systému. [38]

4. DOTACE A LEGISLATIVA

4.1. Nová zelená úsporám

Je program v České republice od Ministerstva životního prostředí, financovaný z výnosů prodeje tzv. emisních povolenek EUA (European Union Allowance) a EUAA (European Union Aviation Allowance). Program je zaměřený na úspory energií v rodinných a bytových domech. Cílem projektu je zlepšení stavu životního prostředí snížením produkce emisí znečišťujících látek a skleníkových plynů. Záměrem je dosažení úspory energie v konečné spotřebě a další sociální přínosy, jako například zvýšení kvality bydlení občanů, lepší vzhled měst a obcí a nastartování dlouhodobých progresivních trendů. [35]

4.1.1. Podpora od NZÚ

Podpora pro fotovoltaické systémy je označena jako C.3.1-C.3.9. Nová zelená úsporám podporuje projekty typu zateplení fasády, střechy, stropů, výměny oken a dveří, stavby pasivních domů, nákup rodinných domů a bytů s velmi nízkou energetickou náročností, termické a fotovoltaické systémy, výměny zdroje tepla za tepelné čerpadlo nebo kotel na biomasu a další. Výše podpory může být až 50 % z celkové počáteční investice. [33]

O dotaci mohou zažádat vlastníci či stavebníci rodinných domů, jak fyzické, tak právnické osoby. Výše dotace se odvíjí od druhu a kapacity výroby z OZE a částka bývá jednorázová. Základní podmínky při žádosti je splnění požadavku na tzv. ekodesign a dokončení do 12 měsíců ode dne akceptování žádosti. Žádost se vyplňuje elektronicky a žadatel jí může podat před, v průběhu i po dokončení prací. [33]

Kromě žádostí na nové instalace je možné zažádat i o dotaci na rozšíření solárního systému (pokud dojde ke zvýšení využitelného zisku o 20 % nebo se zvýší míra využití vyrobené elektřiny o 10 %), zpracování odborného posudku a měření průvzdušnosti obálky budovy, využití tepla z odpadních vod (částka 5000 Kč na jeden decentrální systém s tím, že podpořeny mohou být až 3 ks těchto zařízení nebo podpora centrálního systému, kde je výše

dotace až 35000 Kč) a nebo na využití materiálů s vydaným environmentálním prohlášením. [33]

4.1.2. Požadavky pro získání dotací od NZÚ

Základní podmínkou je, že žádost o dotaci na solární elektrárny musí být pro rodinné domy, či bytové domy nebo i pro jednu bytovou jednotku v rodinném domě. Podmínkou je, že minimálně 50 % zastavěné plochy musí být obytné. Dotace pro různé druhy fotovoltaických systémů a solárně termických kolektorů označuje NZÚ C.3. Podmínky pro získání podpory pro solární termické systémy C.3.1 a C.3.2 je splnění následujících parametrů:

Sledovaný parametr	Označení [jednotky]	C.3.1	C.3.2
Vypočtený celkový využitelný zisk solární soustavy	$Q_{ss,u}$ [kWh.rok ⁻¹]	bez požadavku	≥ 2200
Vypočtený měrný využitelný zisk solární soustavy	$q_{ss,u}$ [kWh.m ⁻² .rok ⁻¹]	≥ 350	≥ 280
Minimální pokrytí potřeby tepla na přípravu teplé vody	[%]	50	bez požadavku
Minimální měrný objem akumulčního zásobníku tepla vztahený k celkové ploše apertury	[l.m ⁻²]	45	45

Obrázek 8: Požadované parametry v podoblastech podpory C.3.1 a C.3.2, Zdroj: NZÚ

Podmínky pro fotovoltaické systémy pro přípravu teplé vody s přímým ohřevem (C.3.3) zní, že instalovaný systém musí být vybaven technologií pro účinnou optimalizaci systému v závislosti na zátěži, minimální účinnost je 15 % pro monokrystalické a polykrystalické panely, 10 % pro panely z tenkovrstvých amorfních článků a pro solární střešní krytiny nebo fasádní systémy je minimální účinnost bez požadavku. Další podmínkou je, že instalovaná elektrárna nesmí být připojena do distribuční sítě. Systém musí být instalovaný na stavbě evidované v katastru nemovitostí nebo na jiné stavbě, která se nachází na pozemku náležícím k řešenému rodinnému domu. Podmínkou pro dosažení dotace je také splnění parametrů vypsanych na následujícím obrázku: [37]

Sledovaný parametr	Označení [Jednotky]	C.3.3
Minimální pokrytí potřeby tepla na přípravu teplé vody	[%]	50
Minimální měrný objem akumulačního zásobníku tepla vztahený k instalovanému výkonu solárního systému	[l-kWp ⁻¹]	≥ 80

Obrázek 9: Požadované parametry v oblasti podpory C.3.3, zdroj: NZÚ

Podmínky pro oblasti C.3.4, C.3.5, C.3.6, C.3.7, C.3.8 a C.3.9 pro fotovoltaické systémy propojené s distribuční soustavou jsou například, že maximální instalovaný výkon elektrárny nesmí být vyšší než 10 kWp, míra využití vyrobené elektřiny pro krytí spotřeby musí být alespoň 70 % z celkového teoretického zisku systému, nebo že systém musí zajistit automatické řízení systému v závislosti na aktuální výrobě a spotřebě elektrické energie s prioritním využitím pro krytí okamžité spotřeby elektrické energie (zařízení pro optimalizace vlastní spotřeby vyrobené elektrické energie) a akumulaci přebytků energie a další podmínky uvedené v dokumentu od NZÚ. [37]

Podoblast podpory	Typ systému	Výše podpory [Kč/dům nebo b.j.]
C.3.1	Solární termický systém na přípravu teplé vody	35 000
C.3.2	Solární termický systém na přípravu teplé vody a přítápění	50 000
C.3.3	FV systém pro přípravu teplé vody s přímým ohřevem	35 000
C.3.4	FV systém bez akumulace elektrické energie s tepelným využitím přebytků a celkovým využitelným ziskem $\geq 1\,700 \text{ kWh}\cdot\text{rok}^{-1}$	55 000
C.3.5	FV systém s akumulací elektrické energie a celkovým využitelným ziskem $\geq 1\,700 \text{ kWh}\cdot\text{rok}^{-1}$	70 000
C.3.6	FV systém s akumulací elektrické energie a celkovým využitelným ziskem $\geq 3\,000 \text{ kWh}\cdot\text{rok}^{-1}$	100 000
C.3.7	FV systém s akumulací elektrické energie a celkovým využitelným ziskem $\geq 4\,000 \text{ kWh}\cdot\text{rok}^{-1}$	150 000
C.3.8	FV systém efektivně spolupracující se systémem vytápění a přípravy teplé vody s tepelným čerpadlem	150 000
C.3.9	FV systém bez akumulace elektrické energie s tepelným využitím přebytků a celkovým využitelným ziskem $\geq 3\,000 \text{ kWh}\cdot\text{rok}^{-1}$	80 000

Obrázek 10: Výše dotační podpory od NZÚ, Zdroj: NZÚ

Na obrázku č. 10 jsou uvedené výše podpory podoblastí C.3 pro fotovoltaické a solárně termické systémy.

4.2. Legislativa

Při realizaci elektrárny je v určitých případech potřebná licence od ERÚ, která udává oprávnění k provozu fotovoltaické elektrárny. Licence se neuděluje na FVE, která vyrábí elektřinu pro vlastní spotřebu a její výkon je maximálně 10 kWp včetně. Od 10 – 20 kWp výkonu elektrárny už licence potřeba je a od 20 – 30 kWp je pro instalaci elektrárny, kromě licence, potřeba i stavební povolení. [39]

License se může udělit jak fyzické osobě, tak právnické osobě. Je nutná bezúhonnost žadatele, od 20 kWp je potřeba odborná způsobilost, která může být splněna ukončeným vysokoškolským vzděláním s technickým zaměřením a minimálně třemi lety praxe v oborou nebo úplným středním odborným vzděláním technického směru s maturitou a min. šesti roky praxe v oboru. Další náležitosti pro získání licence jsou uvedeny v zákoně č. 458/2000 Sb. část první. [42]

Dále je potřeba u všech typů elektráren (kromě ostrovních) žádost o připojení k distribuční síti. Do žádosti je potřeba vyplnit kontaktní údaje investora, velikost jističe, počet fází, příkon spotřebičů a u nových staveb katastrální mapu s vyznačením zamýšlené stavby. Po posouzení žádosti o připojení distributorem je budoucímu majiteli zaslán návrh Smlouvy o připojení obsahující návrh technického řešení, podmínky pro připojení odběrného místa, podíl oprávněných nákladů za připojení a mezní termín pro připojení. Tuto smlouvu musí majitel do 30. dnů podepsat a vrátit zpět, aby smlouva nabyla platnosti. [40]

Před zapojením elektrárny do sítě je nutné udělat tzv. první paralelní připojení výroby k distribuční soustavě. Povinné doklady pro toto připojení jsou:

- Uzavřená smlouva o připojení nebo podaná žádost o její uzavření a doklad o uhrazení plateb podle smlouvy o připojení,
- dokumentace skutečného provedení stavby v jednom vyhotovení,
- jednopólové schéma zapojení zdroje,
- zpráva o výchozí revizi elektrického zařízení výroby,
- protokol o nastavení ochran,

- zpráva o výchozí revizi elektrického zařízení – přípojky ve vlastnictví výrobce, popř. potvrzený Protokol o kontrole bezpečnosti a provozuschopnosti el. zařízení připojovaného k distribuční soustavě,
- protokoly o úředním ověření MTP/MTN a místní provozní předpisy. [41]

Kromě smlouvy o připojení s distributorem je potřeba smlouva s obchodníkem o dodávkách elektřiny. Po uzavření této smlouvy zažádá vybraný dodavatel o instalaci nebo výměnu elektroměru, který musí být čtyřkvadrantní. Tento elektroměr dokáže měřit a účtovat obousměrný tok elektřiny. [40]

5. PRAKTICKÁ ČÁST – NÁVRH ELEKTRÁRNY

5.1. Úvod

Tématem praktické části této bakalářské práce bude návrh fotovoltaické elektrárny na objektu jezdecké haly a posouzení ekonomických hledisek realizace a vyhodnocení návratnosti investice. Navrhovat a vyhodnocovat se bude šest variant hybridního systému a jedna varianta On-grid systému. Také se v této části bude popisovat objekt, na který bude systém instalován a spotřebiče, které bude elektrárna zásobovat, dále budou popsány simulace pro různé varianty a nakonec zhodnocení efektivnosti investice. Všechny výpočty budou v Příloze č. 1 a v této bakalářské práci bude popsáno, jak se k výpočtům dospělo.

5.2. Popis objektu

Elektrárna bude navrhovaná na střechu objektu jezdecké haly umístěné poblíž města Slaný v obci Břešřany. Střecha je orientována na jih, sklon 20°, šířka haly je 20 m a délka 40 m. U objektu se nachází ještě jeden menší, který bude také zásobován elektřinou z vlastní výroby. V menším objektu je sociální zařízení, šatna a sedlovna pro jezdecké vybavení¹.

5.2.1. Návrh spotřebičů

Pro určení roční spotřeby a nákladů na elektřinu v hale a přilehlém objektu se nejdříve navrhly spotřebiče, které jsou v budovách nainstalované. V tabulce č. 1 jsou rozepsané jednotlivé spotřebiče, jejich příkon, počet kusů a celkový příkon spotřebičů.

¹ Údaje o objektech a spotřebičích jsou smyšlené, kvůli účelům této bakalářské práce.

	Návrh spotřebičů	Příkon (kW)	Počet (ks)	Příkon celkem (kW)
Hala	Halová LED světla	0,15	18	2,70
	Rádio	0,03	1	0,03
	Reproduktory	0,06	2	0,12
Sedlovna	Světla	0,01	5	0,06
	El. podlah. Vytápění	0,20	1	0,20
Šatna/WC	Světla	0,01	7	0,08
	El. podlah. Vytápění	0,30	1	0,30
	Přímotop	1,00	3	3,00
	Průtokový ohřívač	2,00	2	4,00
	Celkem	3,76		10,48

Tabulka 1: Návrh spotřebičů, zdroj: vlastní

Spotřebiče byly navrženy podle předpokládaného využití objektů. Hlavním důvodem pro instalaci elektrárny na objekt bylo pro investora pokrytí alespoň části nákladů za elektřinu na halová světla a elektrické podlahové vytápění, jelikož tyto spotřebiče spotřebovávají nejvíce energie (v závislosti na době používání). Lépe rozepsané spotřebiče i s denní spotřebou v zimním a letním období jsou v Příloze č. 1, list „Spotřebiče“.

Po konzultaci s investorem byly vybrány spotřebiče s těmito příkony. Počty kusů světel jsou navrženy podle potřebného světelného toku v daných místnostech. Pro sociální zařízení, šatny a sedlovnu je potřeba světelný tok alespoň 200 luxů na m². Při vynásobení plochy s minimální potřebou luxů vyjde svítivost, podle které se určí počet kusů žárovek. Při návrhu světel v šatně a sedlovně jsou uvažovány klasické žárovky s příkonem 11 Wattů se svítivostí 600 lumenů. Uvažovaná velikost sedlovny je 15 m² a šatny se soc. zařízením 20 m². Potřebná svítivost pro osvětlení sedlovny je tedy 15 x 200 = 3000 lm, potřeba žárovek je 3000/600 = 5 ks. Obdobným výpočtem byla zjištěna i potřeba žárovek v šatně se sociálním zařízením.

K osvětlení haly je také potřeba minimálně 200 lx/m², tudíž 20x40x200 = 160 000 lm. Ale zde je ještě potřeba zohlednit výšku světel, která by měla být minimálně 5 metrů nad podlahou, takže je potřeba zhruba dvojnásobná svítivost než v místnostech se světloú výškou mezi 2,5-3,0 m. Výsledná svítivost by tedy měla být 320 000 lm na celou halu. Svítivost navržených halových LED světel je 18 000 lm, takže potřeba těchto světel je 320000/18000 = 17,7 -> 18 ks. Počty přímotopů, reproduktorů a elektrických průtokových ohřívačů jsou odhady.

Celková roční spotřeba energie se odvíjí od celkového počtu hodin, kdy je spotřebič zapnutý. Pro zjištění roční spotřeby bylo třeba nejdřív určit denní spotřebu pro letní a zimní období, viz. tab. 2 a 3.

Letní období	Spotřebič	Halová LED světla	Rádio	Reproduktory	Světla	Elektrické podlahové vytápění	Přímo top	Průtokový ohřívač	Celkem
hodiny	Příkon (kWh)	2,70	0,03	0,12	0,13	0,50	3,00	4,00	kWh
0:00									0,000
1:00									0,000
2:00									0,000
3:00									0,000
4:00									0,000
5:00						0,50		4,00	4,500
6:00		2,70			0,13	0,50	3,00		6,332
7:00						0,50			0,500
8:00			0,03	0,12		0,50			0,648
9:00			0,03	0,12		0,50			0,648
10:00			0,03	0,12		0,50			0,648
11:00			0,03	0,12					0,148
12:00			0,03	0,12					0,148
13:00			0,03	0,12					0,148
14:00			0,03	0,12					0,148
15:00			0,03	0,12					0,148
16:00			0,03	0,12		0,50			0,648
17:00			0,03	0,12		0,50		4,00	4,648
18:00			0,03	0,12		0,50			0,648
19:00			0,03	0,12					0,148
20:00		2,70	0,03	0,12	0,13				2,980
21:00		2,70							2,700
22:00		2,70			0,13		3,00		5,832
23:00									0,000

Tabulka 2: Denní spotřeba v letním období, zdroj: vlastní

S touto spotřebou se v simulaci počítá od dubna do září.

Zimní období	Spotřebič	Halová LED světla	Rádio	Reproduktory	Světla	Elektrické podlahové vytápění	Přímo top	Průtokový ohřivač	Celkem
hodiny	Příkon (kWh)	2,70	0,03	0,12	0,13	3,50	4,50	4,00	kWh
0:00									0,00
1:00									0,00
2:00									0,00
3:00									0,00
4:00									0,00
5:00								4,00	4,00
6:00		2,70	0,03	0,12	0,13		4,50		7,48
7:00		2,70	0,03	0,12	0,13	3,50			6,48
8:00		2,70	0,03	0,12		3,50			6,35
9:00		2,70	0,03	0,12		3,50			6,35
10:00			0,03	0,12		3,50			3,65
11:00			0,03	0,12		3,50			3,65
12:00			0,03	0,12		3,50			3,65
13:00			0,03	0,12		3,50			3,65
14:00			0,03	0,12		3,50			3,65
15:00			0,03	0,12		3,50	4,50		8,15
16:00		2,70	0,03	0,12		3,50			6,35
17:00		2,70	0,03	0,12		3,50		4,00	10,35
18:00		2,70	0,03	0,12					2,85
19:00		2,70	0,03	0,12	0,13				2,98
20:00		2,70							2,70
21:00		2,70					4,50		7,20
22:00		2,70			0,13				2,83
23:00									0,00

Tabulka 3: Denní spotřeba energie v zimním období, zdroj: vlastní

Příkon elektrického podlahového vytápění je v zimním období uvažován větší, aby udržoval v sedlovně a v šatně teploty nad 0° C. Tato spotřeba se v simulaci variant uvažuje od října do března.

5.3. Návrh solární elektrárny

5.3.1. Navržené komponenty

Fotovoltaická elektrárna bude nasimulována v programu PV*SOL, od společnosti Valentin Software GmbH a oficiálním distributorem v ČR a na Slovensku je Česká fotovoltaická asociace (ČFA). Tento program vypočítá roční produkci elektrárny v hodinovém kroku, v šesti variantách pro hybridní systém s těmito výkony elektrárny 5, 10, 15, 20, 25 a 30 kWp. Navržený

fotovoltaický panel bude od společnosti Canadian Solar Inc., model CS3W – 400P, modul se skládá ze 144 článků, je polykrystalický a jeho výkon je 400 Wp. Cena jednoho panelu je 2 936 Kč bez DPH.

Vybraný střídač bude GW10K-ET od společnosti GoodWe Solar, který je hybridní asymetrický, takže se může použít pro varianty hybridních systémů. Cena jednoho střídače je 65 900,- Kč bez DPH. Počet měničů bude v závislosti na velikosti elektrárny.

Baterie do solární elektrárny budou moduly s kapacitou 2,4 kWh, počet baterií bude záviset na velikosti výroby vs. spotřeba, cena za modul je 25 000,- Kč bez DPH. Ke každé elektrárně s bateriovým úložištěm je potřeba nainstalovat i tzv. regulátor nabíjení (BMS - battery management systém), cena zařízení je také 25 000,- Kč bez DPH.

Počty jednotlivých komponentů byly navrženy programem PV*SOL, náhled jedné simulace (FVE o výkonu 10 kWp) je znázorněn v Příloze č. 2.

5.3.2. Podmínky instalace elektrárny

Pro výběr vhodné varianty investor požaduje tyto podmínky:

1. Návratnost investice do 15. roku od instalace
2. Alespoň 50 % vyrobené energie bude spotřebováno jezdeckou halou a přilehlým objektem.

Pokud tyto podmínky splní více variant, bude investor vybírat podle velikosti konečného zisku.

5.3.3. Ceny variant

Cena elektrárny	Hybridní systém 5 kWp	Hybridní systém 10 kWp	Hybridní systém 15 kWp	Hybridní systém 20 kWp	Hybridní systém 25 kWp	Hybridní systém 30 kWp	On-grid systém 15 kWp
Počet FV modulů	13	25	38	50	63	75	38
Cena panelu	2 936 Kč	2 936 Kč	2 936 Kč	2 936 Kč	2 936 Kč	2 936 Kč	2 936 Kč
Cena panelů celkem	38 173 Kč	73 409 Kč	111 581 Kč	146 818 Kč	184 990 Kč	220 226 Kč	111 581 Kč
Cena střídače	65 900 Kč	65 900 Kč	131 800 Kč	131 800 Kč	197 700 Kč	197 700 Kč	126 600 Kč
Počet modulů pro akumulaci	4 Kč	6 Kč	8 Kč	12 Kč	13 Kč	18 Kč	-
Cena modulů a bms	25 000 Kč	25 000 Kč	25 000 Kč	25 000 Kč	25 000 Kč	25 000 Kč	-
Cena za baterie celkem	125 000 Kč	175 000 Kč	225 000 Kč	325 000 Kč	350 000 Kč	475 000 Kč	-
Cena za materiál celkem	229 073 Kč	314 309 Kč	468 381 Kč	603 618 Kč	732 690 Kč	892 926 Kč	238 181 Kč
Montáž	100 000 Kč	140 000 Kč	215 000 Kč	330 000 Kč	395 000 Kč	510 000 Kč	130 000 Kč
Celková cena elektrárny	329 073 Kč	454 309 Kč	683 381 Kč	933 618 Kč	1 127 690 Kč	1 402 926 Kč	368 181 Kč
Ušetřené peníze za vyrobenou elektřinu (Kč/rok)	19 307 Kč	31 611 Kč	43 308 Kč	54 106 Kč	59 426 Kč	65 652 Kč	23 777 Kč
Výkup elektřiny (1Kč/kWh/rok)	1 758 Kč	4 523 Kč	7 852 Kč	10 933 Kč	15 580 Kč	19 610 Kč	11 878 Kč
Revize + servis (jednou za 3 roky)	3 500 Kč	3 500 Kč	3 500 Kč	6 500 Kč	6 500 Kč	6 500 Kč	3 500 Kč

Tabulka 4: Výpočet cen jednotlivých variant, zdroj: vlastní

Optimální množství panelů a střídačů bylo navrženo programem PV*SOL podle výkonu elektrárny, viz Příloha č. 2. Množství baterií bylo vypočítáno empiricky: $\text{výkon elektrárny} * 1,25 = \text{ideální velikost kapacity baterie}$. Další analýza baterií viz dále.

Různé instalační firmy nabízejí cenu celé elektrárny od 25 000 do 50 000 Kč/kWp bez DPH, z čehož se odvíjí výsledná cena. Ta se skládá z cen za materiál a montáž. Materiál byl vybrán investorem s cenami uvedenými v tabulce č. 4, tedy montáž se odvíjí od celkové ceny (například elektrárna s výkonem 10 kWp by měla stát kolem 500 000 Kč bez DPH). Od celkové předpokládané ceny za instalaci se odečetla cena za materiál a z toho vznikla cena za montáž.

5.3.4. Předpoklady pro výpočty

Ve výpočtech se neuvažuje s poklesem, respektive s nárůstem cen elektřiny ve sledovaných letech provozu elektrárny. Cena za elektřinu je 4,83 Kč a je platná pro rok 2021. Výkup přebytků bude zároveň od dodavatele elektrické energie Nano Energies [45], který garantuje 1000 Kč za 1000 kWh, pokles nebo nárůst této ceny výkupu se ve výpočtech rovněž neuvažuje. Pokud by měl investor smlouvu s jiným dodavatelem a firmě Nano Energies by jenom prodával přebytky, cena za 1000 kWh by byla pouze 500 Kč, proto si majitel elektrárny zvolil právě tuto společnost jako dodavatele.

Další předpoklad ve výpočtech je životnost elektrárny, respektive panelů, která se uvažuje 25 let. Baterie, BMS a střídač mají životnost kolem 18 let, proto je ve výpočtech započítána jejich výměna v 18. roku od uvedení do provozu. Jelikož cena baterií stále klesá, uvažuje se po 18. letech třetinová. [46]

Po 25 letech provozu elektrárny se bude, na základě porovnání zisku z vlastní výroby elektřiny vs. cena za měněný materiál a montáž, vyhodnocovat případná výměna panelů, opravy na konstrukci, budou-li nutné, a další provoz elektrárny nebo její likvidace. Náklady na ekologickou likvidaci elektrárny jsou již částečně započítány v pořizovací ceně. Pokud by se investor po 25 letech rozhodl místo pokračování v provozu pro demolici, cena by byla pouze za demontáž konstrukce a panelů a ostatních prvků náležících k fotovoltaické elektrárně. S tímto výdajem se ve výpočtech neuvažuje, protože se předpokládá provoz FVE i po sledovaném období.

Dále je ve výpočtech zahrnuta snižující se účinnost fotovoltaických panelů, která je stanovená na 0,7 % ročně, ve výpočtech se tento předpoklad objeví snižováním ušetřených peněz za spotřebu energie z vlastní elektřiny a snížení peněz za výkup přebytků (protože každý rok bude nižší výroba a tím pádem i nižší příjmy). Veškeré ceny uvedené v této práci jsou uvažovány bez DPH.

5.3.5. Výpočty návratnosti

Návratnost elektrárny bude vypočítána z ušetřených peněz, které by jinak majitel elektrárny musel ročně zaplatit za spotřebu elektřiny dodavateli, se

kterým má smlouvu. Pro co nejrychlejší možnou návratnost investice do realizace elektrárny se přebytky, které nebudou moci být uloženy do akumulátorů (kvůli dosažení maximální kapacity akumulátoru v daný okamžik), přeprodají dodavateli elektrické energie za smlouvenou částku, viz kap. 5.3.4.

Jak už bylo výše napsáno navrhovat se bude 6 variant hybridních systémů a jeden On-grid systém. V Příloze č. 1 je v hodinovém kroku, pro každou variantu výroby, rozpočítána produkce FVE (vypočítána programem PV*SOL), okamžitá spotřeba, celková roční spotřeba, potřeba energie z baterií, uložení do baterií, potřeba elektřiny z distribuční sítě a přetoky. Z těchto údajů je vypočtená návratnost jednotlivých variant, včetně varianty On-grid systému.

Do výdajů se započítává celková cena elektrárny, výměna komponentů po určitém období (18 let) a pravidelná revize a servis, které jsou vykonávány jednou za tři roky. Poplatky a čas, kdy je nutný pravidelný servis, jsou určeny instalační firmou a s ohledem na velikost elektrárny. Pro varianty do 15 kWp včetně je cena revize 2 500 Kč a cena za servis je 1 000 Kč, poplatky u elektráren s výkonem 15 kWp a více jsou 4 500 Kč za revizi a 2 000 Kč za servis.

5.3.6. Výsledky

Podrobně rozepsané výpočty po letech jsou v Příloze č. 1, pro lepší přehlednost zde budou uvedeny výpočty pro 1., 5., 10., 15., 20. a 25. rok a rok před bodem zlomu a v bodě zlomu.

1. Varianta, výkon elektrárny 5 kWp

Náklady a výnosy pro výkon el. 5 kWp/roky		1	5	10	15	20	23	24	25
Výdaje	Vstupní investice	-329 073 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč
	Revize + servis (jednou za 3 roky)	0 Kč	0 Kč	0 Kč	-3 500 Kč	0 Kč	0 Kč	-3 500 Kč	0 Kč
	Výměna komponentů (po 18. letech od instalace)	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč
Příjmy	Ušetřené peníze	19 307 Kč	18 772 Kč	18 124 Kč	17 499 Kč	16 895 Kč	16 543 Kč	16 427 Kč	16 312 Kč
	Výkup	1 758 Kč	1 709 Kč	1 650 Kč	1 593 Kč	1 538 Kč	1 506 Kč	1 495 Kč	1 485 Kč
	CF	-308 008 Kč	20 481 Kč	19 774 Kč	15 592 Kč	18 433 Kč	18 049 Kč	14 422 Kč	17 797 Kč
	Kumulované CF	-308 008 Kč	-228 712 Kč	-135 437 Kč	-45 622 Kč	-63 215 Kč	-12 187 Kč	2 235 Kč	20 032 Kč

Tabulka 5: Výpočet návratnosti investice do elektrárny o výkonu 5 kWp, zdroj: vlastní

Z tabulky č. 5 je zřejmé, že investice do této elektrárny by se měla vrátit až ve 24. roce.

2. Varianta, výkon elektrárny 10 kWp

Náklady a výnosy pro výkon el. 10 kWp/roky		1	5	10	13	14	15	20	25
Výdaje	Vstupní investice	-454 309 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč
	Revize + servis (jednou za 3 roky)	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	-3 500 Kč	0 Kč	0 Kč
	Výměna komponentů (po 18. letech od instalace)	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč
Příjmy	Ušetřené peníze	31 611 Kč	30 735 Kč	29 675 Kč	29 056 Kč	28 852 Kč	28 650 Kč	27 662 Kč	26 707 Kč
	Výkup	4 523 Kč	4 397 Kč	4 246 Kč	4 157 Kč	4 128 Kč	4 099 Kč	3 958 Kč	3 821 Kč
	CF	-418 175 Kč	35 133 Kč	33 920 Kč	33 213 Kč	32 980 Kč	29 250 Kč	31 619 Kč	30 528 Kč
	Kumulované CF	-418 175 Kč	-279 651 Kč	-114 641 Kč	-17 799 Kč	15 182 Kč	44 431 Kč	77 039 Kč	224 846 Kč

Tabulka 6: Výpočet návratnosti investice do elektrárny o výkonu 10 kWp, zdroj: vlastní

Tato varianta se navrátí už ve 14. roce provozu a výtěžek bude natolik velký, že v 18. roce (po výměně komponentů) bude kumulované CF stále kladné.

3. Varianta, výkon elektrárny 15 kWp

Náklady a výnosy pro výkon el. 15 kWp/roky		1	5	10	14	15	18	20	25
Výdaje	Vstupní investice	-683 381 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč
	Revize + servis (jednou za 3 roky)	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	-3 500 Kč	-3 500 Kč	0 Kč	0 Kč
	Výměna komponentů (po 18. letech od instalace)	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	-206 800 Kč	0 Kč	0 Kč
Příjmy	Ušetřené peníze	43 308 Kč	42 108 Kč	40 654 Kč	39 528 Kč	39 251 Kč	38 433 Kč	37 896 Kč	36 589 Kč
	Výkup	7 852 Kč	7 635 Kč	7 371 Kč	7 167 Kč	7 117 Kč	6 968 Kč	6 871 Kč	6 634 Kč
	CF	-632 222 Kč	49 742 Kč	48 025 Kč	46 695 Kč	42 868 Kč	-164 899 Kč	44 767 Kč	43 222 Kč
	Kumulované CF	-632 222 Kč	-434 640 Kč	-198 103 Kč	-12 841 Kč	30 027 Kč	-43 108 Kč	46 743 Kč	258 923 Kč

Tabulka 7: Výpočet návratnosti investice do elektrárny o výkonu 15 kWp, zdroj: vlastní

Návratnost oproti předchozí variantě je u této o rok později, ale výdělek nebude dostatečně velký, aby pokryl cenu za výměnu komponentů v 18. roce, ale od 19. roku je kumulované CF opět kladné, což pokračuje až do 25. roku.

4. Varianta, výkon elektrárny 20 kWp

Náklady a výnosy pro výkon el. 20 kWp/roky		1	5	10	15	16	18	19	20	25
Výdaje	Vstupní investice	-933 618 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč
	Revize + servis (jednou za 3 roky)	0 Kč	0 Kč	0 Kč	-6 500 Kč	0 Kč	-6 500 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč
	Výměna komponentů (po 18. letech od instalace)	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	-240 133 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč
Příjmy	Ušetřené peníze	54 106 Kč	52 607 Kč	50 791 Kč	49 038 Kč	48 695 Kč	48 016 Kč	47 680 Kč	47 346 Kč	45 712 Kč
	Výkup	10 933 Kč	10 630 Kč	10 263 Kč	9 909 Kč	9 840 Kč	9 702 Kč	9 634 Kč	9 567 Kč	9 237 Kč
	CF	-868 578 Kč	63 237 Kč	61 054 Kč	52 447 Kč	58 535 Kč	-188 915 Kč	57 314 Kč	56 913 Kč	54 949 Kč
	Kumulované CF	-868 578 Kč	-619 443 Kč	-322 837 Kč	-36 916 Kč	21 619 Kč	-109 172 Kč	-51 858 Kč	5 055 Kč	270 698 Kč

Tabulka 8: Výpočet návratnosti investice do elektrárny o výkonu 20 kWp, zdroj: vlastní

Návratnost této varianty je v 16. roce, ale po výměně komponentů v 18. roce je kumulované CF na dva roky opět záporné, tudíž skutečný zisk z výroby začíná až ve 20. roce provozu a opět je kladný až do konce sledovaného období.

5. Varianta, výkon elektrárny 25 kWp

Náklady a výnosy pro výkon el. 25 kWp/roky		1	5	10	15	17	20	21	22	25
Výdaje	Vstupní investice	-1 127 690 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč
	Revize + servis (jednou za 3 roky)	0 Kč	0 Kč	0 Kč	-6 500 Kč	0 Kč	0 Kč	-6 500 Kč	0 Kč	0 Kč
	Výměna komponentů (po 18. letech od instalace)	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč
Příjmy	Ušetřené peníze	59 426 Kč	57 780 Kč	55 785 Kč	53 860 Kč	53 109 Kč	52 001 Kč	51 637 Kč	51 276 Kč	50 206 Kč
	Výkup	15 580 Kč	15 149 Kč	14 626 Kč	14 121 Kč	13 924 Kč	13 634 Kč	13 538 Kč	13 443 Kč	13 163 Kč
	CF	-1 052 684 Kč	72 928 Kč	70 411 Kč	61 481 Kč	67 033 Kč	65 635 Kč	58 675 Kč	64 719 Kč	63 370 Kč
	Kumulované CF	-1 052 684 Kč	-764 372 Kč	-420 317 Kč	-88 586 Kč	45 952 Kč	-76 619 Kč	-17 944 Kč	46 775 Kč	231 727 Kč

Tabulka 9: Výpočet návratnosti investice do elektrárny o výkonu 25 kWp, zdroj: vlastní

Stejně jako v předchozí variantě, i zde by bez nutné výměny komponentů mohla být návratnost už v 17. roce, ale po výměně komponentů v 18. roce je kumulované CF další tři roky záporné. Skutečný výdělek tedy začíná až ve 22. roce provozu elektrárny.

6. Varianta, výkon elektrárny 30 kWp

Náklady a výnosy pro výkon el. 30 kWp/roky		1	5	10	15	20	22	23	25
Výdaje	Vstupní investice	-1 402 926 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč
	Revize + servis (jednou za 3 roky)	0 Kč	0 Kč	0 Kč	-6 500 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč
	Výměna komponentů (po 18. letech od instalace)	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč
Příjmy	Ušetřené peníze	65 652 Kč	63 833 Kč	61 630 Kč	59 503 Kč	57 449 Kč	56 648 Kč	56 251 Kč	55 466 Kč
	Výkup	19 610 Kč	19 067 Kč	18 409 Kč	17 773 Kč	17 160 Kč	16 920 Kč	16 802 Kč	16 568 Kč
	CF	-1 317 664 Kč	82 900 Kč	80 039 Kč	70 776 Kč	74 609 Kč	73 568 Kč	73 053 Kč	72 034 Kč
	Kumulované CF	-1 317 664 Kč	-989 042 Kč	-596 167 Kč	-217 300 Kč	-201 491 Kč	-60 336 Kč	12 717 Kč	150 793 Kč

Tabulka 10: Výpočet návratnosti investice do elektrárny o výkonu 30 kWp, zdroj: vlastní

Z tabulky vyplývá, že investice do této elektrárny by se měla vrátit až ve 23. roce.

Dále je v Příloze č. 1 varianta On-grid systému, která nemá bateriové úložiště, tudíž vyrobená energie jde buď přímo do spotřebičů, které ji ihned spotřebují, nebo do distribuční sítě. Návratnost se u této varianty počítá stejně jako u předešlých, příjmy zde jsou ušetřené peníze za neodebranou elektřinu ze sítě (respektive to, co objekt ihned spotřeboval) a peníze za výkup přebytků.

7. Varianta On-grid systému, výkon je 15 kWp

Náklady a výnosy On-grid syst. Výkon 15 kWp/roky		1	5	10	11	15	20	25
Výdaje	Vstupní investice	-368 181 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč
	Revize + servis (jednou za 3 roky)	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	-3 500 Kč	0 Kč	0 Kč
	Výměna komponentů (po 18. letech od instalace)	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč
Příjmy	Ušetřené peníze	23 777 Kč	23 118 Kč	22 320 Kč	22 164 Kč	21 550 Kč	20 806 Kč	20 088 Kč
	Výkup	11 878 Kč	11 549 Kč	11 151 Kč	11 073 Kč	10 766 Kč	10 394 Kč	10 036 Kč
	CF	-332 526 Kč	34 667 Kč	33 471 Kč	33 236 Kč	28 816 Kč	31 200 Kč	30 123 Kč
	Kumulované CF	-332 526 Kč	-195 884 Kč	-33 154 Kč	83 Kč	123 718 Kč	151 835 Kč	297 590 Kč

Tabulka 11: Výpočet návratnosti investice do On-grid syst. o výkonu 15 kWp, zdroj: vlastní
Tato investice se díky sníženým počátečním nákladům (které neobsahují náklady na baterie) vrátí už v 11. roce provozu.

5.3.7. Energetická soběstačnost

Pro vyhodnocení, do které varianty je vhodné investovat, je potřeba ještě zjistit, kolik se využilo elektrické energie na spotřebu v objektech z vlastní výroby.

Varianta (kWp)	5	10	15	20	25	30	On-grid - 15 kWp
Celková produkce	5746	11055	16801	22109	27856	33164	16801
Ihned spotřebovaná energie	2520	3859	4923	5714	6381	6881	4923
Využito z baterie	1477	2686	4044	5488	5923	6711	-
Celkem (%)	70%	59%	53%	51%	44%	41%	29%

Tabulka 12: Množství využití elektrické energie z vlastní výroby, zdroj: vlastní

Podmínku investora o spotřebě minimálně 50 % z vlastní výroby podle tabulky 12 splňují varianty elektráren o výkonu 5, 10, 15 a 20 kWp.

V tab. č. 13 je uvedeno procentuální využití vlastní vyrobené elektřiny z každé varianty v závislosti na roční spotřebě.

Varianta (kWp)	5	10	15	20	25	30	On-grid - 15 kWp
Celková spotřeba	22585	22585	22585	22585	22585	22585	22585
ed spotřebovaná ener	2520	3859	4923	5714	6381	6881	4923
Využito z baterie	1477	2686	4044	5488	5923	6711	-
Celkem (%)	18%	29%	40%	50%	54%	60%	22%

Tabulka 13: Využití vyrobené energie v závislosti na roční spotřebě, zdroj: vlastní

Tabulka 13 je pouze informativní, vyjadřuje celkové využití vyrobené energie na celkovou spotřebu. Například v první variantě spotřebuje 70 % vyrobené energie majitel elektrárny, ale v závislosti na celkové spotřebě je to pouze 18 %.

5.3.8. Vyhodnocení

1. podmínku investora splňují navržené varianty hybridních elektráren o výkonu 10 a 15 kWp a On-grid systém o výkonu 15 kWp.

2. podmínku splňují návrhy hybridních systémů o výkonu 5, 10, 15 a 20 kWp. Jelikož obě podmínky splňují elektrárny o velikosti 10 a 15 kWp, rozhodnutí investora o investici do určité varianty ovlivní výsledný zisk. U elektrárny s výkonem 10 kWp by byl zisk necelých 50 %, u druhé varianty (výkon 15 kWp) by byl zisk necelých 38 %. Investor si tedy nejspíš vybere variantu hybridní elektrárny s výkonem 10 kWp.

Jak už je zmíněno v kapitole 5.3.4, po sledovaném období se očekává výměna panelů a dalších komponentů a pokračující provoz elektrárny nebo její likvidace. Investor se tedy rozhodne, která z těchto variant je finančně přijatelnější a vzniklý zisk použije na ní.

5.4. Možnosti rychlejší návratnosti investice

Dalšími možnostmi, jak zvýšit návratnost a tím pádem i zisk, by mohly být dotace. Ty se bohužel neschvalují pro sledovaný typ objektu, jelikož nesplňuje důležitou podmínku a to, že tato budova není typ rodinného či obytného domu a ani není 50 % zastavěné plochy bráno jako obytná.

Další možností je zvolit si On-grid variantu, která se navrátí už v 11. roce a její zisk je 80 %. Nehledě na to, že tato varianta nesplňuje jednu z investorových podmínek pro investici, je zde ještě problém v úplné závislosti na distribuční síti. Což byl jeden z důvodů, proč chtěl investor bateriové úložiště.

5.4.1. Analýza akumulátorů

Možnost, jak ještě zrychlit návratnost dané investice, je v určení optimálního množství baterií u hybridních systémů. V následujících tabulkách bude porovnání stávajícího počtu baterií a varianty s doplněním o jednu a dvě baterie navíc.

Varianty (kWp)	5	10	15	20	25	30
Návratnost v roce	24	14	15	16	22	23
Zisk	6%	49%	38%	29%	21%	11%
Počet baterií	4	6	8	12	13	18

Tabulka 14: Stávající počet baterií, zdroj: vlastní

Varianty (kWp)	5	10	15	20	25	30
Návratnost v roce	25	14	15	21	22	24
Zisk	4%	47%	37%	26%	18%	9%
Počet baterií (+1)	5	7	9	13	14	19

Tabulka 15: Zvýšení počtu akumulátorů o 1, zdroj: vlastní

Varianty (kWp)	5	10	15	20	25	30
Návratnost v roce	25	14	15	21	23	24
Zisk	1%	44%	35%	22%	15%	7%
Počet baterií (+2)	6	8	10	14	15	20

Tabulka 16: Zvýšení počtu akumulátorů o 2, zdroj: vlastní

Navýšení počtů akumulátorů návratnosti prodloužilo a zisk zmenšilo. V dalších dvou tabulkách jsou varianty se snížením počtu akumulátorů.

Varianty (kWp)	5	10	15	20	25	30
Návratnost v roce	24	14	15	20	23	23
Zisk	6%	52%	39%	32%	23%	13%
Počet baterií (-1)	4	5	7	11	12	17

Tabulka 17: Snížení počtu akumulátorů o 1, zdroj: vlastní

U varianty elektrárny s výkonem 5 kWp není již možné snížit počet akumulátorů, protože by se pak k tomuto systému nemohl nainstalovat regulátor nabití. U ostatních variant se počet baterií snížil o 1 a to spíše zvětšilo zisk, návratnosti zůstaly téměř stejné. V další tabulce se počty baterií snížily nerovnoměrně, viz tabulka č. 18

Varianty (kWp)	5	10	15	20	25	30
Návratnost v roce	24	14	15	20	23	23
Zisk	6%	55%	39%	37%	29%	27%
Počet baterií (počet různý)	4	4	6	8	9	10

Tabulka 18: Snížení počtu akumulátorů, zdroj: vlastní

Při větším snižování počtu akumulátorů se zvyšuje téměř u všech variant zisk, jen u elektrárny s výkonem 15 kWp je stejný.

Varianta zvýšení zisku pomocí optimalizace akumulátorů by se samozřejmě mohla použít, ale potom by to bylo v rozporu s podmínkou investora o částečné soběstačnosti. Ovšem pro jiný projekt, který by měl spíše za cíl co největší zisk, a kde by nebyla podmínka o určité velikosti ekonomické soběstačnosti, by se dala tato možnost využít.

6. ZÁVĚR

Tato bakalářská práce se zabývala návrhem fotovoltaické elektrárny na objekt jezdecké haly a solární energií a její využitím jako takové. Teoretická část práce byla rozdělena na celkové základní informace o fotovoltaike, jak se ze sluneční energie získává elektrická, případně tepelná, jaké jsou druhy solárních panelů a jejich další vývoj efektivnosti. Dále se v této kapitole probíraly ostatní komponenty potřebné pro správnou funkčnost fotovoltaických elektráren. V neposlední řadě této kapitoly se probíraly možnosti akumulace přebytečné elektrické energie, například do akumulátorů.

V další části se práce zabývala druhy systémů, způsob (ne)připojení k distribuční síti a jejich výhody a nevýhody. Dále se v této části probíral další rozvoj fotovoltaiky a velikosti instalací po světě. Pak zde byly zmíněny potřebné podmínky pro správnou funkčnost elektrárny, jako například orientace a sklon panelů, jejich umístění (střecha/pozemní instalace), dále výkon panelů a jak se provádí a nakonec trendy, které se ve fotovoltaike v nejbližší době očekávají.

V další kapitole se řešila potřebná legislativa před zřízením solární elektrárny a způsob podpory od státu na instalace fotovoltaiky či solárně termických kolektorů.

Následovala praktická část práce, kde je nejdříve popsán objekt, na který by měla být instalace umístěna, a také návrh spotřebičů, které by měla elektrárna zásobit elektrickou energií. V další části už je samotný návrh elektrárny, jsou zde rozepsány navržené komponenty a jejich ceny. Poté jsou zde rozepsané podmínky, které si určil investor, a které se musely dodržet při výběru vhodné varianty.

Dále jsou zde rozepsané výpočty, kterými se k daným částkám došlo a jaké vycházejí návratnosti. Z výsledků výpočtů vyplývá, že investice do obnovitelných zdrojů energie se určitě vyplatí hned z několika hledisek. První je určitě snížení uhlíkové stopy a tím pádem zlepšení životního prostředí. Další je alespoň částečná energetická soběstačnost a po navrácení investice i značné zisky.

Poté je v této kapitole vyhodnocení a zvolení vhodné varianty při uvážení požadavků investora. Nakonec jsou zde uvedeny další možnosti rychlejší návratnosti investice, například optimalizací akumulátorů.

Konkrétně u tohoto projektu by stálo za to uvažovat, jestli je v blízkosti rodinný dům či objekt s minimálně poloviční zastavěnou plochou branou jako obytnou, který by investor také vlastnil a na který by se zvolená varianta mohla nainstalovat. Investor by si tak mohl zažádat o dotace a návratnost by byla opět rychlejší.

Dále by bylo vhodnější, při skutečné realizaci, udělat poptávku na určitou variantu elektrárny tzv. „na klíč“. To znamená, že celou realizaci, od projektu, přes případné stavební povolení, vyřízení dotací, až po nainstalování a uvedení elektrárny do provozu, by vyřídil zhotovitel systému. Toto řešení je vhodné pro každého budoucího majitele, který by si chtěl pořídit vlastní fotovoltaickou elektrárnu.

Jak je v úvodu napsáno, záměrem práce byl návrh FVE na střechu jezdecké haly a vyhodnocení návratnosti investice. Tento cíl byl splněn a navíc jsou výsledky velmi příznivé, jelikož návratnost vybrané varianty elektrárny o výkonu 10 kWp bude ve 14. roce a od té doby půjde investorovi pouze zisk. Také vstupní investice je proti ostatním variantám nižší.

V práci je možné pokračovat následujícími způsoby. Všechny varianty by se mohly navrhovat na rodinný dům, kde by se dalo už počítat s dotacemi, které by zrychlily návratnost investice. Další varianta pokračování by mohla být na ještě nezrealizovaný projekt, který by byl už od začátku koncipovaný jako pasivní dům nebo nízkoenergetický a tudíž by na spotřebu elektřiny vystačila pouze vlastní vyrobená energie, jejíž přebytky by se mohly ukládat například do ohřevu teplé vody. Další možnost rozšíření práce by mohl být návrh několika variant FVE bez akumulace.

Při zpracování této práce jsem se seznámila s potřebnou legislativou, která se týká fotovoltaiky. Rozšířila jsem si dosavadní znalosti o principy přetvoření solární energie na elektrickou či tepelnou, druhy komponentů potřebných pro vlastní elektrárnu nebo druhy elektráren jako takových. Dále jsem zjistila, kam se ubírá další vývoj a trendy v „solárním“ světě. Díky návrhům

v praktické části práce a jejich vyhodnocením, jsem zjistila, jaká může být ve skutečnosti návratnost do této investice a její následný zisk.

Na obnovitelných zdrojích energie se mi líbí jejich „čistá“ forma výroby energie, která má potenciál rozšířit se mezi jednotlivce (rodiny), či menší firmy a tím napomoci k menší závislosti na dodávané elektrické energii a ke zlepšení životního prostředí.

7. SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Návrh spotřebičů, zdroj: vlastní.....	34
Tabulka 2: Denní spotřeba v letním období, zdroj: vlastní.....	35
Tabulka 3: Denní spotřeba energie v zimním období, zdroj: vlastní.....	36
Tabulka 4: Výpočet cen jednotlivých variant, zdroj: vlastní.....	38
Tabulka 5: Výpočet návratnosti investice do elektrárny o výkonu 5 kWp, zdroj: vlastní.....	41
Tabulka 6: Výpočet návratnosti investice do elektrárny o výkonu 10 kWp, zdroj: vlastní.....	41
Tabulka 7: Výpočet návratnosti investice do elektrárny o výkonu 15 kWp, zdroj: vlastní.....	42
Tabulka 8: Výpočet návratnosti investice do elektrárny o výkonu 20 kWp, zdroj: vlastní.....	42
Tabulka 9: Výpočet návratnosti investice do elektrárny o výkonu 25 kWp, zdroj: vlastní.....	43
Tabulka 10: Výpočet návratnosti investice do elektrárny o výkonu 30 kWp, zdroj: vlastní.....	43
Tabulka 11: Výpočet návratnosti investice do On-grid syst. o výkonu 15 kWp, zdroj: vlastní.....	44
Tabulka 12: Množství využití elektrické energie z vlastní výroby, zdroj: vlastní ..	44
Tabulka 13: Využití vyrobené energie v závislosti na roční spotřebě, zdroj: vlastní.....	45
Tabulka 14: Stávající počet baterií, zdroj: vlastní.....	46
Tabulka 15: Zvýšení počtu akumulátorů o 1, zdroj: vlastní.....	46
Tabulka 16: Zvýšení počtu akumulátorů o 2, zdroj: vlastní.....	46
Tabulka 17: Snížení počtu akumulátorů o 1, zdroj: vlastní.....	46
Tabulka 18: Snížení počtu akumulátorů, zdroj: vlastní.....	46

8. SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Princip práce fotovoltaického článku generující stejnosměrný proud, zdroj: ČEZ [12]	8
Obrázek 2: Konstrukce solárního kolektoru pro tepelnou energii, zdroj: CNE	9
Obrázek 3: Vývoj solárních panelů, zdroj: NREL	12
Obrázek 4: Schéma On-grid systému, zdroj: Clean energy reviews.....	21
Obrázek 5: Schéma Off-grid systému, zdroj: Clean energy reviews	22
Obrázek 6: Schéma hybridního systému, zdroj: Clean energy reviews.....	23
Obrázek 7: Roční úhrn slunečního záření v ČR v MJ/(m ² *rok), zdroj: ČHMÚ	25
Obrázek 8: Požadované parametry v podoblastech podpory C.3.1 a C.3.2, Zdroj: NZÚ	29
Obrázek 9: Požadované parametry v oblasti podpory C.3.3, zdroj: NZÚ	30
Obrázek 10: Výše dotační podpory od NZÚ, Zdroj: NZÚ	30

9. LITERATURA

- [1] *Fotovoltaický jev* [online]. ČEZ ©2006 [cit. 4.4.2021]. Dostupné z: [SOLÁRNÍ ENERGIE \(cez.cz\)](http://www.cez.cz)
- [2] *How solar power works – On-grid, Off-grid and Hybrid systems* [online]. Clean energy reviews ©2016 [cit. 10.3.2021]. Dostupné z: [How solar power works - on-grid, off-grid and hybrid systems — Clean Energy Reviews](http://www.cleanenergyreviews.info)
- [3] *Síťové elektrárny On-GRID* [online]. David Štíčka fotovoltaické systémy ©2015 [cit. 10.3.2021]. Dostupné z: [Síťové fotovoltaické elektrárny \(sticka.cz\)](http://www.sticka.cz)
- [4] *Co je to hybridní solární elektrárna?* [online]. E.ON ©2019 [cit. 10.3.2021]. Dostupné z: [Co je to hybridní solární elektrárna? | E.ON](http://www.eon.cz)
- [5] *Jaký je vývoj fotovoltaiky v České republice? A jak si stojíme v Evropě?* [online]. ESTAV ©2018 [cit. 10.3.2021]. Dostupné z: [Jaký je vývoj fotovoltaiky v České republice? A jak si stojíme v Evropě? - ESTAV.cz](http://www.estav.cz)
- [6] *Rozvoj podporovaných zdrojů energie do roku 2030 (podkladový dokument NKEP)* [online]. Ministerstvo průmyslu a obchodu. Autor: Odbor 41100 ©2019 [cit. 10.3.2021]. Dostupné z: [Rozvoj podporovaných zdrojů energie do roku 2030 \(podkladový dokument NKEP\) | MPO](http://www.mpo.cz)
- [7] MATUŠKA, Tomáš. *Solární zařízení v příkladech*. Praha: Grada, 2013. Stavitel. ISBN 978-80-247-3525-2.
- [8] *209 GW: V roce 2021 čeká solární energetiku ve světě obří boom* [online]. Solární novinky ©2021 [cit. 4.4.2021]. Dostupné z: [209 GW: V roce 2021 čeká solární energetiku ve světě obří boom — Solární Novinky \(solarninovinky.cz\)](http://www.solarninovinky.cz)
- [9] *Top 5 největších solárních elektráren na světě* [online]. If TECH ©2017 [cit. 4.4.2021]. Dostupné z: [Top 5 největších solárních elektráren na světě - ifTECH s.r.o.](http://www.iftech.cz)
- [10] *1200 MW: Největší solární elektrárna světa začala vyrábět energii za rekordně nízkou cenu* [online]. Solární novinky ©2019 [cit. 4.4.2021]. Dostupné z: [1200 MW: Největší solární elektrárna světa začala](http://www.solarninovinky.cz)

[vyrábět energii za rekordně nízkou cenu — Solární Novinky \(solarninovinky.cz\)](#)

- [11] *3 typy fotovoltaických panelů – jaké jsou jejich výhody?* [online]. bce ©2019 [cit. 11.4.2021]. Dostupné z: [Fotovoltaické panely – 3 základní typy | BCE.cz](#)
- [12] *Fotovoltaické články a panely* [online]. ČEZ ©2020 [cit. 11.4.2021]. Dostupné z: [Výklad - Energetika zblízka - Svět energie.cz \(svetenergie.cz\)](#)
- [13] *Typy solárních panelů: Znáte křemíkový, tenkovrstvý nebo organický?* [online]. E.ON Solar ©2018 [cit. 12.4.2021]. Dostupné z: [Typy solárních panelů: Znáte křemíkový, tenkovrstvý nebo organický? \(eon-solar.cz\)](#)
- [14] *Střídače do fotovoltaické elektrárny: Jak vybrat ten nejvhodnější?* [online]. Elektrina.cz ©2020 [cit. 15.4.2021]. Dostupné z: [Střídače do fotovoltaické elektrárny: Jak vybrat ten nejvhodnější? | Elektrina.cz \(elektrina.cz\)](#)
- [15] *Jaký střídač pro novou sluneční elektrárnu* [online]. nemakej.cz ©2020 [cit. 15.4.2021]. Dostupné z: [fotovoltaika - Jaký střídač pro novou sluneční elektrárnu \(nemakej.cz\)](#)
- [16] *Zařízení, které rozhoduje o návratnosti fotovoltaiky* [online]. TZB-info ©2020 [cit. 17.4.2021]. Dostupné z: [Zařízení, které rozhoduje o návratnosti fotovoltaiky - TZB-info \(tzb-info.cz\)](#)
- [17] *Možnosti skladování energie u fotovoltaiky (baterie a TUV)* [online]. Viessmann, spol. s r.o. ©2020 [cit. 17.4.2021]. Dostupné z: [Možnosti skladování energie ve fotovoltaice \(viessmann.cz\)](#)
- [18] *Zásobníky tepla* [online]. TZB-info ©2004 [cit. 21.4.2021]. Dostupné z: [Zásobníky tepla - TZB-info \(tzb-info.cz\)](#)
- [19] *Fotovoltaika* [online]. TZB-info ©2004 [cit. 24.4.2021]. Dostupné z: [Fotovoltaika - TZB-info](#)
- [20] *Jak fungují fotovoltaické elektrárny?* [online]. E.ON ©2015 [cit. 24.4.2021]. Dostupné z: [Jak fungují fotovoltaické elektrárny? | E.ON \(eon.cz\)](#)
- [21] *Solární rok 2020: Česká fotovoltaika roste i během pandemie, stále ale nevyužíváme její plný potenciál* [online]. Solární asociace ©2021

- [cit. 24.4.2021]. Dostupné z: [Aktuality - Solární rok 2020: Česká fotovoltaika roste i během pandemie, stále ale nevyužíváme její plný potenciál - Solární asociace \(solarniasociace.cz\)](#)
- [22] *Baterie pro fotovoltaiku – typy, výhody, nedostatky* [online]. bohemia civil engineering ©2020 [cit. 27.4.2021]. Dostupné z: [Baterie pro fotovoltaiku – typy, výhody, nedostatky | BCE.cz](#)
- [23] *Olověné baterie pro ukládání solární energie* [online]. Solární experti ©2015 [cit. 27.4.2021]. Dostupné z: [Olověné trakční baterie pro solární systémy | Solární Experti \(solarniexpert.cz\)](#)
- [24] *Solární baterie* [online]. dTest ©2020 [cit. 27.4.2021]. Dostupné z: [dTest: Solární baterie - Nezávislé testy, víc než jen recenze](#)
- [25] *Průtokové baterie před prahem singularity: část 1* [online]. Hybrid.cz ©2019 [cit. 27.4.2021]. Dostupné z: [Průtokové baterie před prahem singularity: část 1 | Hybrid.cz](#)
- [26] *Solární systém s Virtuální baterií: váš krok k energetické soběstačnosti* [online]. E.ON Solar ©2018 [cit. 27.4.2021]. Dostupné z: [EON Virtualni baterie specifikace v18.pdf \(eon-solar.cz\)](#)
- [27] *Virtuální baterie: podvod nebo zázrak* [online]. Solární experti ©2020 [cit. 27.4.2021]. Dostupné z: [Virtuální baterie v ČR: podvod nebo zázrak? | Solární Experti \(solarniexpert.cz\)](#)
- [28] *Ukládání elektřiny z fotovoltaických a větrných elektráren* [online]. nazeleno.cz ©2011 [cit. 27.4.2021]. Dostupné z: [Ukládání elektřiny z fotovoltaických a větrných elektráren – Nazeleno.cz](#)
- [29] *Upevňovací konstrukce pro fotovoltaické panely* [online]. TZB-info ©2009 [cit. 29.4.2021]. Dostupné z: [Upevňovací konstrukce pro fotovoltaické panely - TZB-info](#)
- [30] *Fotovoltaické systémy pro výrobu elektřiny* [online]. Czech nature energy ©2021 [cit. 29.4.2021]. Dostupné z: [Úvod do FV systémů - CNE Czech Nature Energy, a. s.](#)
- [31] *Kolik vyrobí jeden 300 Wp solární panel* [online]. i4wifi ©2018 [cit. 29.4.2021]. Dostupné z: [i4wifi.cz | Kolik vyrobí jeden 300Wp solární panel](#)

- [32] *Optimální orientace a sklon fotovoltaických panelů* [online]. TZB-info ©2014 [cit. 29.4.2021]. Dostupné z: [Optimální orientace a sklon fotovoltaických panelů - TZB-info](#)
- [33] *Rodinné domy – zdroje energie* [online]. Nová zelená úsporám ©2021 [cit. 29.4.2021]. Dostupné z: [Rodinné domy – zdroje energie – Nová zelená úsporám \(novazelenausporam.cz\)](#)
- [34] *Splňujete podmínky dotace Nová zelená úsporám?* [online]. Solární experti ©2020 [cit. 29.4.2021]. Dostupné z: [Můžete získat dotaci Nová zelená úsporám? | Solární Experti \(solarniexpert.cz\)](#)
- [35] *O programu* [online]. Nová zelená úsporám ©2021 [cit. 29.4.2021]. Dostupné z: [O programu – Nová zelená úsporám \(novazelenausporam.cz\)](#)
- [36] *Jak velkou fotovoltaickou elektrárnu potřebujete?* [online]. Solární experti ©2020 [cit. 2.5.2021]. Dostupné z: [Jak velkou fotovoltaickou elektrárnu potřebujete? | Solární Experti \(solarniexpert.cz\)](#)
- [37] *Závazné pokyny pro žadatele RD* [online]. Nová zelená úsporám Autor: NZÚ ©2020 [cit. 3.5.2021]. Dostupné z: [Detail dokumentu – Nová zelená úsporám \(novazelenausporam.cz\)](#)
- [38] *FV technologické trendy a výroba* [online]. Solarity ©2021 [cit. 7.5.2021]. Dostupné z: [Hlavní trendy pro fotovoltaický průmysl v roce 2021 – kompletní seznam | Solarity](#)
- [39] Zákon č. 458/2000 Sb., o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon), § 3 odst. 3
- [40] *Žádost o připojení* [online]. ČEZ distribuce ©2021 [cit. 10.5.2021]. Dostupné z: [Žádost o připojení | ČEZ Distribuce \(cezdistribuce.cz\)](#)
- [41] *První paralelní připojení výroby a její uvedení do provozu* [online]. ČEZ distribuce ©2021 [cit. 10.5.2021]. Dostupné z: [První paralelní připojení výroby a její uvedení do provozu | ČEZ Distribuce \(cezdistribuce.cz\)](#)
- [42] *Udělení licence* [online]. Energetický regulační úřad ©2021 [cit. 10.5.2021]. Dostupné z: [ERÚ - Udělení licence \(eru.cz\)](#)

- [43] *Termické systémy pro ohřev vody a podporu vytápění* [online]. Czech nature energy CNE ©2021 [cit. 15.5.2021]. Dostupné z: [Úvod do termických systémů - CNE Czech Nature Energy, a. s.](#)
- [44] *Často kladené dotazy (FAQ) - fotovoltaika* [online]. Solární experti ©2018 [cit. 15.5.2021]. Dostupné z: [Často kladené dotazy \(FAQ\) fotovoltaika | Solární Experti \(solarniexperti.cz\)](#)
- [45] Dostupné z: [Elektřina Nazeleno – Elektřina Nazeleno \(elektrinanazeleno.cz\)](#)
- [46] *Kam zamíří ceny baterií a jaké technologie akumulace energie mají největší perspektivu?* [online]. TZB-info ©2019 [cit. 15.5.2021]. Dostupné z: [Kam zamíří ceny baterií a jaké technologie akumulace energie mají největší perspektivu? - TZB-info](#)
- [47] *Víte, co je to MPPT?* [online]. Solar Kerberos ©2019 [cit. 15.5.2021]. Dostupné z: [Víte, co je to MPPT? - SOLAR KERBEROS - solární ohřev vody \(solar-kerberos.cz\)](#)
- [48] *10 důvodů proč LiFEPO baterie nahrazují Pb baterie* [online]. prosolar ©2017 [cit. 15.5.2021]. Dostupné z: [10 důvodů proč LiFEPO baterie nahrazují Pb baterie | Prosolar](#)

10. SEZNAM POUŽITÝCH ZKTRATEK

FV	–	Fotovoltaika
FVE	–	Fotovoltaická elektrárna
HFVE	–	Hybridní fotovoltaická el.
ERÚ	–	Energetický regulační úřad
TUV	–	Teplá užitková voda
OZE	–	Obnovitelné zdroje energie
NZÚ	–	Nová zelená úsporám
MTP	–	Měřicí transformátory proudu
MTN	–	Měřicí transformátory napětí
BMS	-	Battery management system
MPPT	-	Maximum power point tracking


11. PŘÍLOHA Č. 2

Název projektu: PV na objektu jezdecké haly


11.05.2021

Váš FV systém

Adresa instalace
Bělčany 59
Zlonice 273 71



Popis projektu:
Návrh fotovoltaické elektrárny na střeše jezdecké haly, elektrárna bude dodávat elektřinu i spotřebičům mimo jezdeckou halu například světla a topení v sedlovně, a koupelně - ohřev teplé vody pomocí elektrického průtokového ohřevu.

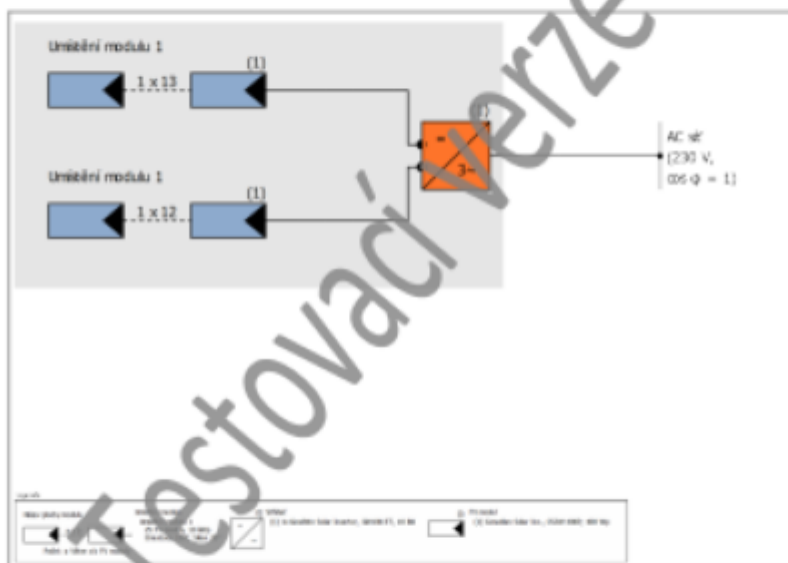
 Vytvořeno v PV*SOŁ 2021 (R&D) Technická verze
Valentin Software GmbH

Přehled projektu

FV zařízení

FV zařízení připojené do sítě

Klimatická data	Břežčany, CZE (1991 - 2010)
Instalovaný výkon	10 kWp
Plocha FV modulů	55,2 m ²
Počet FV modulů	25
Počet měřičů	1



Obrázek: Schéma zapojení

Roční výnos

Roční výnos	
Energetický výnos FVS (AC síť)	10 749 kWh
přívod měřky	10 749 kWh
Ztráta energie omezením přetoků do sítě	0 kWh
Podíl vlastní spotřeby	0,0 %
Podíl pokrytí solární energií	0,0 %
Spec. Roční výnos	1 074,10 kWh/kWp
Stupeň využití zařízení (PR)	90,4 %
Srážení emisí CO ₂	5 048 kg/rok

FVE na objektu jezdecké haly

Finanční analýza

Všš zisk

Celkové investiční náklady	0,00 Kč
Celková kapitálová rentita	268,57 %
Doba amortizace	0,0 roky
Vlastní výrobní náklady elektrické energie	0 Kč/kWh
Energetická bilance / Princip napájení	Plné napájení

Testovací verze

Výsledky byly zjištěny matematickým modelovým výpočtem firmy Valentin Software GmbH (algoritmy PV*SOI). Skutečné výnosy solární elektrárny se mohou lišit z důvodu výkyví počasí, stupně účinnosti modulů a mnoha dalších faktorů.

Konstrukce zařízení

Přehled

Data zařízení

Druh zařízení	FV zařízení připojené do sítě
Začátek provozu	01.01.2021

Klimatická data

Lokalita	Bečičany, CZE (1991 - 2010)
Řešení dat	1 h

Použité simulační modely:

- Dřívější záření na vodorovné rovině	Hofmann
- Ozařování na skloněnou plochu	Hay & Davies

Plochy modulů

1. Umístění modulu - Umístění modulu 1

FV generátor, 1. Umístění modulu - Umístění modulu 1

Jméno	Umístění modulu 1
FV moduly	25 x CS3W-400P (v2)
Výrobce	Canadian Solar Inc.
Sklon	20 °
Orientace	žh 180 °
Situace při vestavbě	Souběžně se střechou – dobře větráno zezadu
Plocha FV modulů	55,2 m ²

Konfigurace měničů

Propojení stringů 1

Umístění modulu	Umístění modulu 1
Střídač 1	
Model	GW10K-ET (v1)
Výrobce	GoodWe Solar Inverter
Počet	1
Faktor dimenzování střídače	100 %
Propojení stringů	MPP 1: 1 x 13 MPP 2: 1 x 12

AC síť

AC síť

Počet fází	3
Síťové napětí (jednofázové)	230 V
Účinník (cos phi)	+/- 1



Výsledky simulace

Výsledky Celkové zařízení

PV zařízení

Instalovaný výkon	10 kWp
Spec. Roční výnos	1 074,10 kWh/kWp
Stupeň využití zařízení (PR)	90,4 %
prívod mlíčky	10 749 kWh/rok
Síťové napájení v prvním roce (včetně degradace modulů)	10 749 kWh/rok
Spotřeba v provozní pohotovosti (Střídač)	8 kWh/rok
Snížení emise CO ₂	5 048 kg/rok

Tok energie grafika

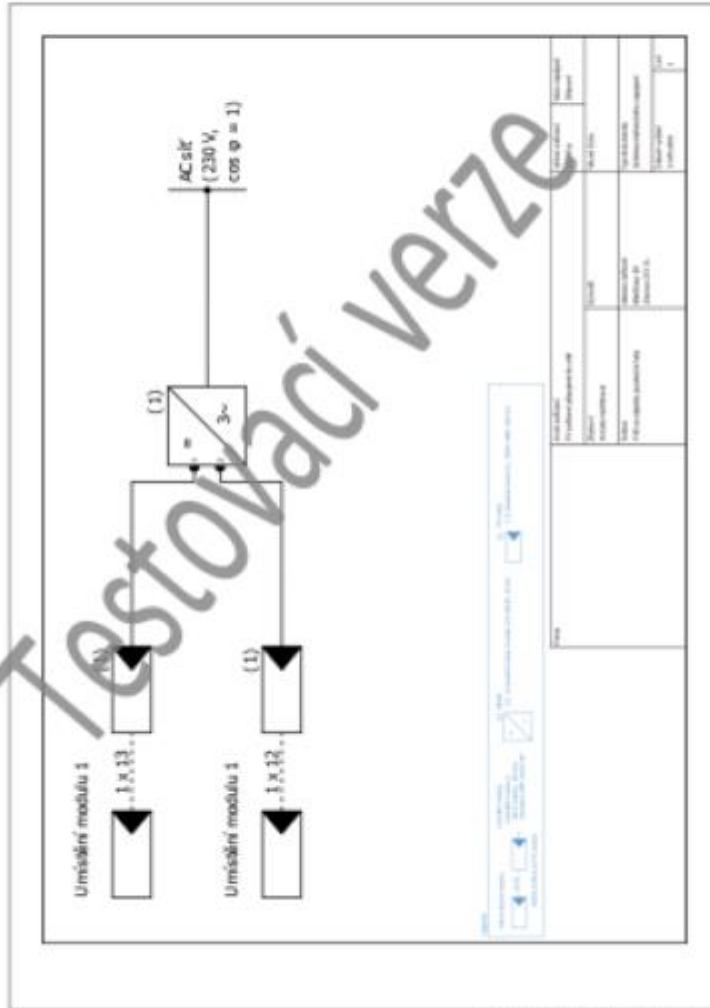
Projekt: FVE na objektu jezdecké haly



Obrázek: Tok energie grafika

Výkresy a kusovníky

Schéma elektrického zapojení



Obrázek: Schéma elektrického zapojení

FVE na objektu jezdecké haly

Kusovník

Kusovník

#	Typ	Číslo položky	Výrobce	Jméno	Množství	Jednotka
1	FV modul		Canadian Solar Inc.	CS3W-400P	25	Kus
2	Střídač		GoodWe Solar Inverter	GW10K-ET	1	Kus

Testovací verze