

Česká zemědělská univerzita v Praze



Technická fakulta

Využití solárních kolektorů v České republice

Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce: prof. Ing. Pavel Kic, DrSc.

Diplomant: Bc. Radek Ribka

PRAHA 2019

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Radek Ribka

Obchod a podnikání s technikou

Název práce

Využití solárních kolektorů v České republice

Název anglicky

The use of solar collectors in the Czech Republic

Cíle práce

Cílem diplomové práce je provést zhodnocení možností využití solárních kolektorů v klimatických podmínkách České republiky z hlediska technického a ekonomického. Zaměřit se na posouzení nákladů na investice, předpokládané úspory energie a ekonomická kritéria vhodnosti využití.

Na základě poznatků z literatury i vlastních úvah a měření provést rozbor možností využití systémů a konstrukčních prvků slunečních kolektorů a ověřit je. Navrhnout a doporučit vhodná opatření a řešení pro praktické aplikace.

Metodika

Úvod

Cíl práce

Metodika práce

Současný stav sledované problematiky

Vlastní řešení

Výsledky a diskuse

Závěr a doporučení

Seznam použitých zdrojů

Přílohy

Doporučený rozsah práce

50 až 60 stran textu

Klíčová slova

Konstrukce; náklady; rentabilita; sluneční záření; využití

Doporučené zdroje informací

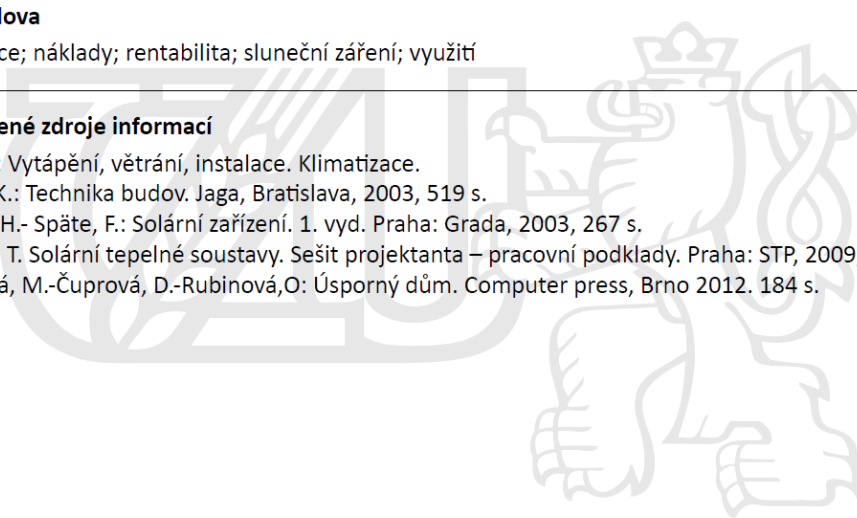
Časopisy: Vytápění, větrání, instalace. Klimatizace.

Daniels, K.: Technika budov. Jaga, Bratislava, 2003, 519 s.

Ladener, H.- Späthe, F.: Solární zařízení. 1. vyd. Praha: Grada, 2003, 267 s.

Matuška, T. Solární tepelné soustavy. Sešit projektanta – pracovní podklady. Praha: STP, 2009, 194 s.

Počinková, M.-Čuprová, D.-Rubinová, O: Úsporný dům. Computer press, Brno 2012. 184 s.



Předběžný termín obhajoby

2018/19 LS – TF

Vedoucí práce

prof. Ing. Pavel Kic, DrSc.

Garantující pracoviště

Katedra technologických zařízení staveb

Elektronicky schváleno dne 29. 1. 2018

doc. Ing. Jan Malaťák, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 30. 1. 2018

prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

Děkan

V Praze dne 16. 12. 2018

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: **Využití solárních kolektorů v České republice** vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom, že odevzdáním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 11/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Jsem si vědom, že moje diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí.

Jsem si vědom, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Prohlašuji, že tištěná i elektronická verze diplomové práce jsou totožné.

.....

Bc. Radek Ribka

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu mé diplomové práce, panu prof. Ing. Pavel Kicovi, DrSc., za vedení diplomové práce, ochotu, trpělivost a cenné rady, které mi poskytl během konzultací. Závěrem patří poděkování mé rodině za duševní podporu při psaní diplomové práce, jakožto i podporu při celém studiu.

Abstrakt: Diplomová práce se zabývá problematikou využívání solárních kolektorů v ČR. Tato diplomová práce je rozdělena do dvou hlavních částí – teoretické a praktické. V teoretické části je úvod věnován seznámením se s poznatky o slunečním záření a jeho energetickém využití. Dále se zabývá solárními kolektory a dalšími technickými prvky solárních systémů. Následující část se věnuje ekonomickému aspektu řešené problematiky. Praktická část se věnuje vytvořením projektu na vybudování fotovoltaické elektrárny pro rodinný dům v Malých Hořticích. Nejprve analyzuje výchozí stav objektu a jeho charakteristiku. Dále provádí ekonomické hodnocení projektu. Po výběru nejvhodnější varianty je přistoupeno k samotnému technickému řešení a stanovení postupu výstavby solárního systému. Závěr práce se zabývá vyhodnocením projektu a shrnutím celé problematiky.

Klíčová slova: Solární energie, konstrukce, náklady, rentabilita, využití

The use of solar collectors in the Czech Republic

Summary: This Diploma Thesis is dealing with the solar collector utilization in the Czech Republic and is divided into two main parts – theoretical and practical. In the theoretical part, there is an introduction to solar radiation knowledge and the utilization of solar energy. It deals further with solar collectors and other technical solar systems components. The next part gives an attention to an economic aspect of the solved questions. The practical part deals with creation of photovoltaic power plant project for a family house in the village of Malé Hořtice. First, there is an analysis of the initial condition of the property and it's characteristic. This work further focuses on the economical evaluation and profitability of the project. After selecting the most suitable solution, there is described the very technical solution and the construction procedure of the solar system is set. Conclusion of the thesis deals with the evaluation of the project and summarization of the whole theme.

Keywords: Solar energy, construction, cost, profitability, utilization

1	Úvod	1
2	Cíl práce	2
3	Metodika práce	2
4	Přehled řešené problematiky	3
4.1	Slunce jako zdroj energie.....	3
4.1.1	Přímé a difuzní záření.....	6
4.1.2	Měření veličin slunečního záření.....	7
4.1.3	Množství slunečního záření v ČR.....	7
4.1.4	Technické využití solární energie.....	9
4.1.5	Situace v ČR v oblasti výroby elektrické energie.....	11
4.2	Legislativa.....	13
4.3	Rozdělení systémů	14
4.3.1	Off-grid systém.....	14
4.3.2	Síťové systémy On-grid.....	15
4.3.3	Hybridní systémy.....	16
4.4	Solární kolektory.....	16
4.4.1	Termické solární panely	17
4.4.2	Fotovoltaické solární panely.....	18
4.5	Konstrukce solárních systémů	22
4.6	Ekonomika solárních soustav	24
4.6.1	Dotační podpora	24
4.6.2	Návratnost vložených investic.....	25
4.6.3	Cena elektrické energie	25
4.7	Ekologické aspekty solárních systémů	27
5	Praktická část práce	28
5.1	Základní parametry a data projektu	28
5.1.1	Lokalita a umístění	28

5.1.2	Klimatické podmínky v místě realizace projektu	30
5.1.3	Vstupní požadavky solárního systému	31
5.1.4	Energetická spotřeba domácnosti	31
5.1.5	Predikce předpokládané výroby elektrické energie	33
5.2	Hybridní fotovoltaický systém pro rodinný dům	35
5.2.1	Průzkum trhu	35
5.2.2	Popis vybraného řešení	37
5.3	Stavba hybridní fotovoltaické elektrárny	40
5.3.1	Realizace stavby	40
5.3.2	Revize	41
5.3.3	Přípojení do energetické sítě	43
5.4	Výpočet ekonomických ukazatelů	43
5.4.1	Dotace – zelená úsporám	44
5.4.2	Výpočet vyrobené energie a celkových příjmů	46
5.4.3	Výnosnost a doba návratnosti investice	48
6	Zhodnocení výsledků	53
6.1	Ekonomické vyhodnocení	54
6.2	Doporučení	55
7	Závěr	56
8	Seznam použitých zdrojů	58
9	Seznam obrázků a tabulek	61
10	Seznam příloh	63

1 Úvod

Celosvětová spotřeba energie má v průběhu následujících dvou dekád stoupnout zhruba o třetinu. Hlavním důvodem nárůstu poptávky po energii je rychlý růst světové populace a růst ekonomiky. Nastávají proto otázky, jakou energii budeme používat v budoucnosti. Důležitou roli hrají ekologické faktory, a tak fosilní paliva, která zvyšují emise oxidu uhličitého, nepřipadají v úvahu. Z energetických zdrojů mají přijatelné emise pouze obnovitelné zdroje a jaderná energie. Tyto zdroje mohou v nejbližší budoucnosti fungovat vzájemně, případně se doplňovat. Jednou z možností využití obnovitelných zdrojů, je využití energie dopadající ze Slunce. Malá fotovoltaická elektrárna s akumulací energie do baterie a teplé vody se časem stane běžným vybavením rodinných i bytových domů. Ceny potřebných technologií klesají a návratnost těchto zařízení se zkracuje. Státy se také snaží tyto způsoby výroby energie finančně podporovat. V ČR se jedná o program „Nová zelená úsporám.“ Příkladem může být i americký stát Kalifornie, který schválil povinnost od roku 2020 vybavit všechny nové domy solárními panely na střeších. Vzhledem k současné účinnosti solárních soustav je potřeba se vydat i druhou cestou, a to je snižování spotřeby energie. Proto je trend stavět nové domy s nízkou energetickou náročností, kdy solární systém s akumulací pokrývá veškerou spotřebu domácnosti a jen v případě delšího výpadku energetického příjmu energie ze slunce (vlivem počasí, v našich klimatických podmínkách v zimních měsících) je energie přijímána z distribuční sítě. Ideálem by bylo pokrýt vlastní spotřebu vlastní výrobou. Dalšímu rozvoji napomůže příchod nových druhů baterií s větší kapacitou, lepšími nabíjecími charakteristikami a delší životností.

Diplomová práce je zaměřena na problematiku využití solárních kolektorů v ČR. V teoretické části jsou popsány základní fakta o slunečním záření, jeho veličiny, a jakým způsobem lze tuto energii využít pro přeměnu v jiný druh energie (tepelnou, elektrickou). Následuje popis situace na území České republiky. V další části bude proveden popis jednotlivých prvků solárních systémů zejména fotovoltaických. Následující kapitola se bude zabývat ekonomickým a ekologickým hlediskem. V praktické části bude proveden kompletní návrh fotovoltaického systému pro rodinný dům. Projekt bude řešen komplexně, od analýzy výchozího stavu, přes výběr vhodného řešení, konstrukci a ekonomického zhodnocení případné investice včetně postupu pro získání dotace.

2 Cíl práce

Cílem diplomové práce je provést zhodnocení možností využití solárních kolektorů v klimatických podmínkách České republiky z hlediska technického a ekonomického. Na základě poznatků z odborné literatury, i vlastních úvah a výpočtů, provést rozbor možností využití solárních systémů. Navrhnout řešení pro praktickou aplikaci. Provést analýzu a charakteristiku výchozího stavu řešeného objektu. Zaměřit se na posouzení nákladů na investici, předpokládanou úsporu energie, předpokládanou životnost systému a posoudit návratnost investice v čase, včetně uvedení postupu při žádosti o získání případné dotace.

Dílčí cíle:

- vytvořit teoretický přehled řešené problematiky,
- analyzovat výchozí stav řešeného projektu (rodinného domu),
- navrhnout řešení projektu,
- zhodnotit ekonomické faktory (náklady, úspory).

3 Metodika práce

Teoretická část této diplomové práce bude vycházet především z knižních publikací, odborných článků a z internetových zdrojů. Po prostudování těchto podkladů, bude vypracována literární rešerše, která se bude zabývat problematikou využívání solárních kolektorů na území České republiky. Půjde o poznatky o Slunci a jeho záření dopadající na zemský povrch. Následně bude popsáno využití této energie a jeho přeměna v jiný druh energie (tepelná, elektrický proud). V další části budou popsány solární systémy, jejich druhy a jednotlivé komponenty. Termické systémy budou zmíněny jen okrajově. Práce bude zaměřena na problematiku využití fotovoltaických systémů. Závěrem bude oblast posouzena po stránce ekonomické a ekologické. V praktické části bude vypracován projekt využití solární energie pro rodinný dům v katastru obce Malé Hoštice. Po analýze výchozího stavu objektu bude vybrána nejvhodnější varianta solárního systému. V této fázi budou osloveny firmy, které se touto problematikou zabývají. Zřetel bude dáván i na možnost získání dotace ze státního fondu životního prostředí. Vybrané technické řešení bude následně podrobně popsáno a navržena praktická realizace. Na základě výše vstupních investic a sumy nákladů na provoz a údržbu bude vypočtena teoretická návratnost investice.

4 Přehled řešené problematiky

Sluneční energie je příčinou koloběhu vody a vzniku větrů. Je nezbytnou podmínkou pro vznik a udržení života na Zemi. Sluneční energii využívaly už první rostliny a živočichové během svého života a tato energie nepřišla nazmar ani po jejich smrti. Před stovkami milionů let začala z mrtvých organismů vznikat fosilní paliva - uhlí, ropa nebo zemní plyn. V lidské historii byla tradičním a velmi dlouhou dobu jediným zdrojem energie právě sluneční energie. Využívání fosilních a jaderných paliv je z hlediska jejich časové posloupnosti pouhým přechodným obdobím. V dnešní době se způsoby zajištění energetických potřeb lidstva stávají celospolečenským tématem a návrat k základnímu zdroji energie je krokem správným směrem. [1,7]

4.1 Slunce jako zdroj energie

Slunce je hvězda, kolem které obíhá kromě Země ještě sedm dalších planet, a pak další menší tělesa, jako planetky, komety a jiné objekty. Společně pak tvoří sluneční soustavu. Slunce je nám nejbližší a nejdůležitější hvězdou. Je trvalým zdrojem veškeré energie pro naši planetu. Slunce má tvar koule o průměru 1,39 milionů kilometrů. To je asi 109krát větší než je průměr Země. Průměrná vzdálenost je asi 150 milionů km. Při dané rychlosti světla ve vakuu $300\,000\text{ km}\cdot\text{s}^{-1}$ se k nám světelné záření dostane za cca 8 min. Obsahem přílohy č. 1 je tabulka, která popisuje detailní informace o Slunci.

Zdrojem energie Slunce je termonukleární fúze, která probíhá v centrální oblasti Slunce. V jádru hvězdy je teplota kolem 14 milionů °C a tlak přibližně $20\cdot 10^{10}$ MPa. V těchto podmínkách dochází k reakcím, při kterých se přeměňují lehčí jádra vodíku na těžší jádra helia. Každou sekundu se přemění 564 milionů tun vodíku na 560 milionu tun helia. [1,7]

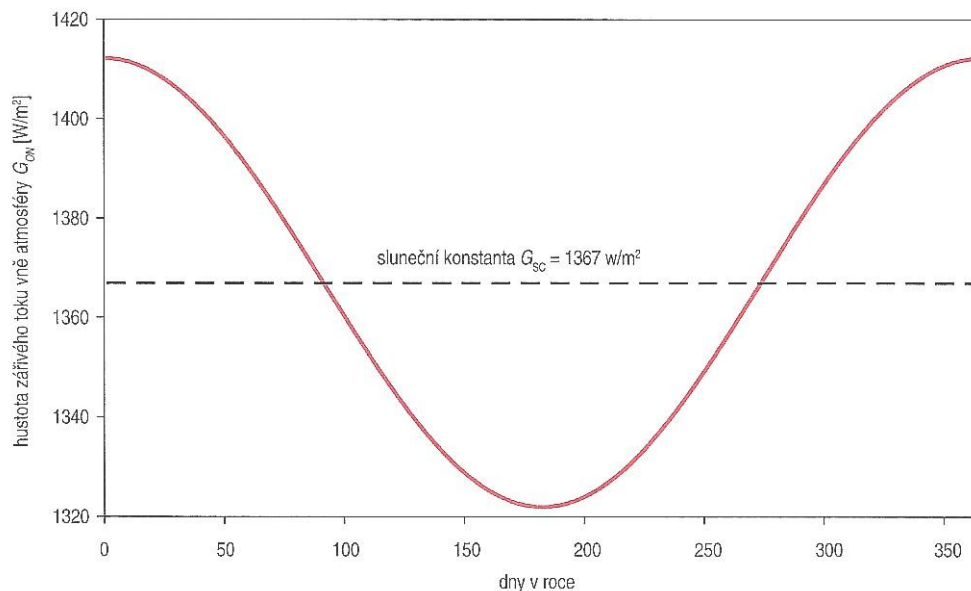
Záření vzniklé při termonukleární reakci postupně proniká sluneční hmotou, až se dostane na povrch ve formě tepelného, světelného, ultrafialového a rentgenového záření. Největší podíl vyzářené energie připadá na viditelné světlo (asi 60 %), podíl dlouhovlnného tepelného záření činí asi 30 %. Zbytek vyzářené energie připadá na krátkovlnné ultrafialové a rentgenové záření. Rozložení energie odpovídá záření tělesa, rozžhaveného na teplotu zhruba 5 780 K. [7]

Síla slunečního záření při teplotě 5 500 °C činí asi 63 000 kW.m⁻². Z tohoto množství energie získá Země pouze malou, ale přesto významnou část. Pohybuje se okolo 219 000 000 miliard kWh.rok⁻¹ a odpovídá asi 2 000 násobku světových energetických potřeb. Na vnějším povrchu zemské atmosféry dosahuje průměrná hustota zářivého toku sluneční energie 1 367 W.m⁻². Tato hodnota se nazývá solární konstanta. [6]

Sluneční konstantu se pokoušeli vědci určit již koncem 19. a začátkem 20. století. Z pozemských pozorování byla sluneční konstanta určena s nepřesností 2 %, protože zemská atmosféra nepropouští sluneční záření v celém rozsahu a kromě toho se podmínky v atmosféře rychle mění. Přesnější hodnoty poskytly pozdější měření, vykonaná v balónech ve velkých výškách. Podmínky měření sluneční konstanty nad zemskou atmosférou byly splněny, až když byly k dispozici umělé satelity Země s potřebným přístrojovým vybavením. Za těchto podmínek bylo možné registrovat 99,9 % spektrálního rozsahu slunečního záření. Protože Země mění v průběhu roku svojí vzdálenost od Slunce, při oběhu po svojí eliptické dráze, mění se i hodnota sluneční konstanty, jak je zobrazeno na obrázku č. 1. [9]

Sluneční konstanta (K) představuje měřitelné množství slunečního záření na plošnou jednotku (A): $K = P/A$

Obrázek č. 1 – Sluneční konstanta v průběhu roku



Zdroj: MATUŠKA, Tomáš. Solární zařízení v příkladech Praha: Grada, 2013. (str. 13)

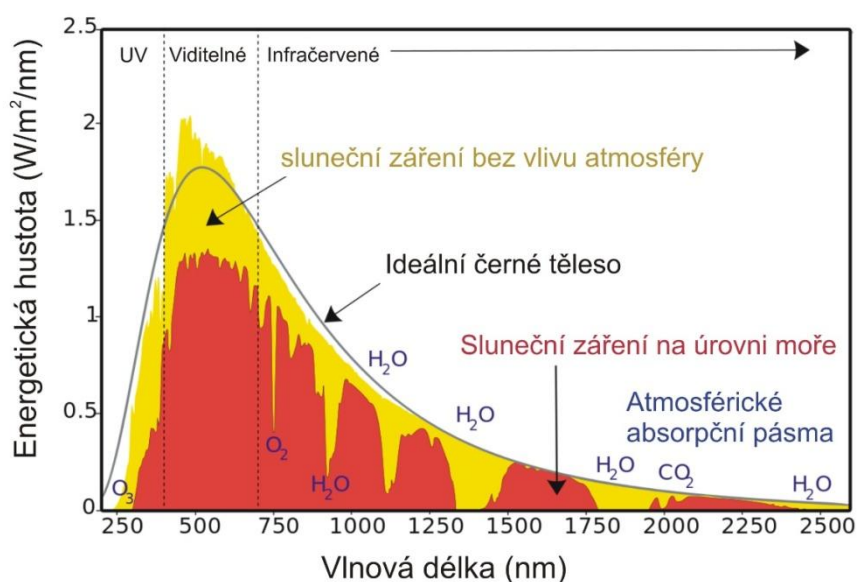
Průchodem atmosférou se část energie odráží zpět do vesmírného prostoru, část se pohltí a rozptýlí. Zbývající část dopadá na zemský povrch a je jím pohlcena nebo odrážena. [7]

Přibližná bilance:

- 34 % se od atmosféry a mraků odráží do vesmíru,
- 19 % je atmosférou pohlceno a zahřívá ji,
- 47 % dopadá na povrch země a je jím pohlceno,
- 4 % se odráží od zemského povrchu do atmosféry.

Sluneční záření vstupuje do atmosféry ve výšce 60 km nad zemským povrchem. Atmosféra se skládá převážně z dvojjatomových plynů dusíku a kyslíku. Ve vysokých vrstvách atmosféry (ionosféře) pohlcují přicházející ultrafialové a rentgenové záření. V ozonoféře je dále pohlcována zbývající část ultrafialového záření, která je pro život nebezpečná. V nejnižších vrstvách (v troposféře) dochází k pohlcování různých vlnových délek spektra slunečního záření vodní parou, oxidem uhličitým, prachem a aerosoly. Na zemský povrch se pak dostává neškodná část ultrafialového záření, viditelné světlo, infračervené záření a rádiové vlny. [1] Na obrázku č. 2 je zobrazena spektrální charakteristika slunečního záření vně atmosféry, ale také po jejím průchodu.

Obrázek č. 2 – Spektrální charakteristika zářivého toku sluneční energie

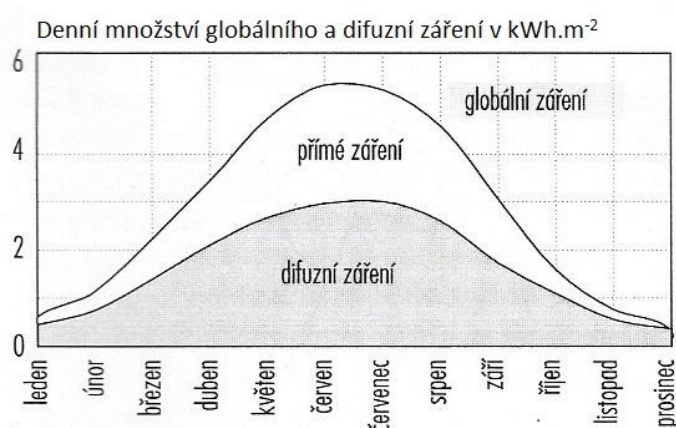


Zdroj: <https://en.wikipedia.org/>

4.1.1 Přímé a difuzní záření

Při jasné, bezmračné obloze dopadá největší část záření na Zemi, aniž by změnilo směr. Toto přímé záření lze soustřeďovat např. zrcadly nebo čočkami. Rozptylem přímého záření v mracích a na částech v atmosféře dochází k difuznímu záření, které na zemi dochází ze všech směrů. Součet těchto záření nám pak udává globální záření G. [3] Na obrázku č. 3 je znázorněn podíl difuzního záření na globálním záření v našich zeměpisných šířkách podle ročního období.

Obrázek č. 3 – Podíl přímého a difuzního záření



Zdroj: LADENER, Heinz a Frank SPÄTE. Solární zařízení. Praha: Grada, 2003(str. 13)

Výkonová hustota přímého slunečního záření je oproti difuznímu značně závislá na úhlu dopadu. K difuznímu se počítá i záření odražené od okolních ploch, zvláště od terénu. [1] V tabulce č. 1 jsou uvedené typické hodnoty celkového slunečního záření G pro různé stavy povětrnostních podmínek. Úrovně slunečního záření jsou ovlivňovány nejvíce aktuální oblačností a sklonem přijímací plochy.

Tabulka č. 1 – Výkony zářivé energie při různých povětrnostních podmínkách

Podmínky	Záření (W.m ⁻²)	Difuzní podíl (%)
Modré nebe	800 - 1000	10
Zamlžené nebe	600 - 900	až 50
Mlhavý podzimní den	100 - 300	100
Zamračený zimní den	50	100
Celoroční průměr	600	50 až 60

Zdroj: LADENER, Heinz a Frank SPÄTE. Solární zařízení. Praha: Grada, 2003

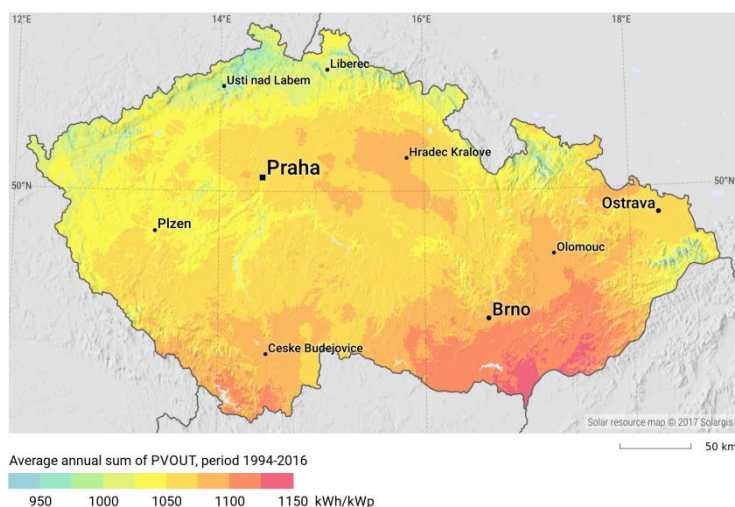
4.1.2 Měření veličin slunečního záření

Informace o úrovni slunečního záření jsou potřebné pro návrhové výpočty a hodnocení projektovaných nebo realizovaných solárních soustav. Veličiny v oblasti solární energie jsou normovány v EN ISO 9488. Tato mezinárodní norma definuje základní termíny vztahující se k solární energii. Pro navrhování solárních soustav jsou však nejzajímavější dvě hodnoty, které jsou měřeny na meteorologických stanicích v celém světě, a to je délka slunečního svitu měřená v hodinách za měsíc, nebo rok a zářivá energie na vodorovnou plochu. Vzhledem ke změnám počasí, kterých jsme zvláště v posledních letech svědky, jsou měřená data průměrována za víceleté období. Popisují tak průměrné počasí či průměrnou nabídku záření v daném místě. Střední hodnoty desetiletých měření pak udávají TRY (Test Reference Year = Referenční rok). [10]

4.1.3 Množství slunečního záření v ČR

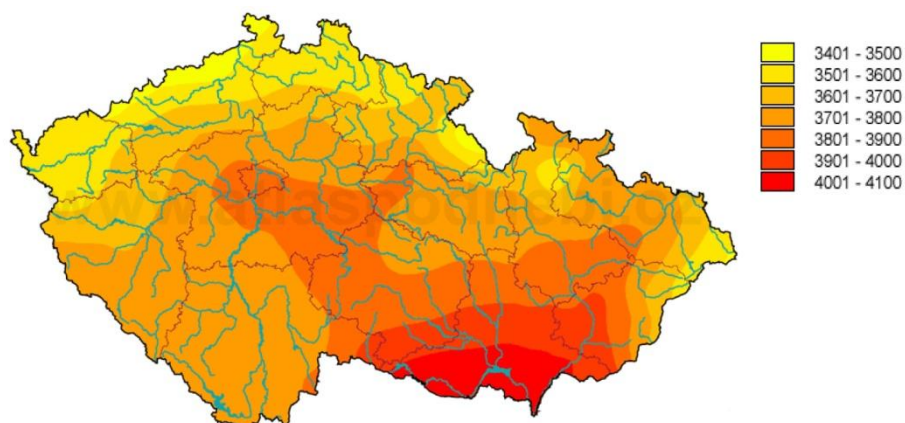
V České republice se roční úhrny sluneční energie dopadající na vodorovnou rovinu v průměru pohybují v hodnotách od cca 1 000 do 1 200 kWh.m⁻² za rok, jak je patrné na obrázku č. 4, který ukazuje potenciál využití solární energie v ČR. [11] Na obrázku č. 5 je mapa ročních dávek ozáření na našem území vycházející z měření Českého hydrometeorologického ústavu, který z těchto naměřených dat sestavuje Referenční klimatické roky pro území ČR. Z údajů ČMHÚ lze vyčíst, že průměrné roční dávky ozáření v ČR se pohybují v rozmezí 3 400–4 000 MJ.m⁻² za kalendářní rok.

Obrázek č. 4 – Potenciál využití solární energie v ČR



Zdroj: SolarGIS 2017

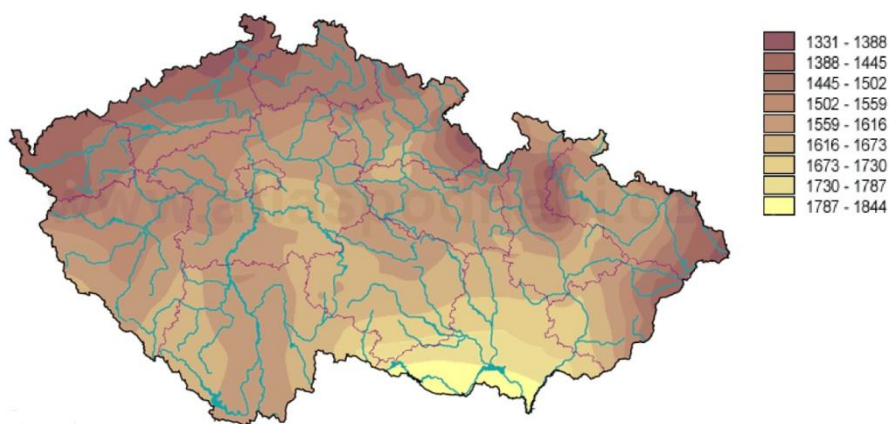
Obrázek č. 5 – Roční dávky ozáření v ČR ($MJ.m^{-2}$)



Zdroj: Český hydrometeorologický ústav

Skutečná doba trvání slunečního svitu je pomocným parametrem pro určení charakteristik slunečního záření. Je to doba přímého slunečního záření udávaná v hodinách za rok. Průměrnou dobu slunečního záření v ČR můžeme vyčíst z obrázku č. 6. Ta se na našem území pohybuje od 1 331 do 1 844 hodin za rok.

Obrázek č. 6 – Skutečná doba slunečního svitu v ČR (h)



Zdroj: Český hydrometeorologický ústav

Porovnáním map z různých zdrojů i jiných charakteristik záření, jsou patrné rozdíly mezi jižní částí Moravy a severní částí Čech. Rozdíly jsou však $\pm 10\%$ proti průměru. V letních měsících dopadá 75 % celkového záření (750 kWh.m^{-2}).

Pro porovnání s ČR, nejvyšší hodnota záření na Zemi je cca $2\,200 \text{ kWh.m}^{-2}$. Tyto hodnoty jsou dosahovány v pouštních oblastech (Sahara, Kalifornie, Austrálie). Jsou tedy dvakrát vyšší. [3]

4.1.4 Technické využití solární energie

Energii ze slunce lze využít dvojím způsobem a to buď aktivně, nebo pasivně. Na obrázku č. 7 je zobrazeno schéma využitelnosti slunečního záření.

Při pasivním využití se využívá skleníkového jevu. Problematikou pasivního využití sluneční energie k vytápění, případně k chlazení budov se zabývá zvláštní obor, nazývaný solární architektura. Tzv. sluneční domy jsou navrhovány tak, aby bylo k jejich provozu (hlavně k vytápění) potřeba co nejméně energie, a aby se co nejvíce potřebné energie získalo ze slunečního záření. Energie se zachycuje hlavně na jižních stěnách a částech střechy. Tomu musí odpovídat i tvar, rozměry a umístění budovy v terénu. Jižní strana fasády je prosklená a zachycené teplo se akumuluje do stěn a stropů. Zahřáté stěny pak v případě potřeby ohřívají vzduch, sloužící k vytápění místností. [7]

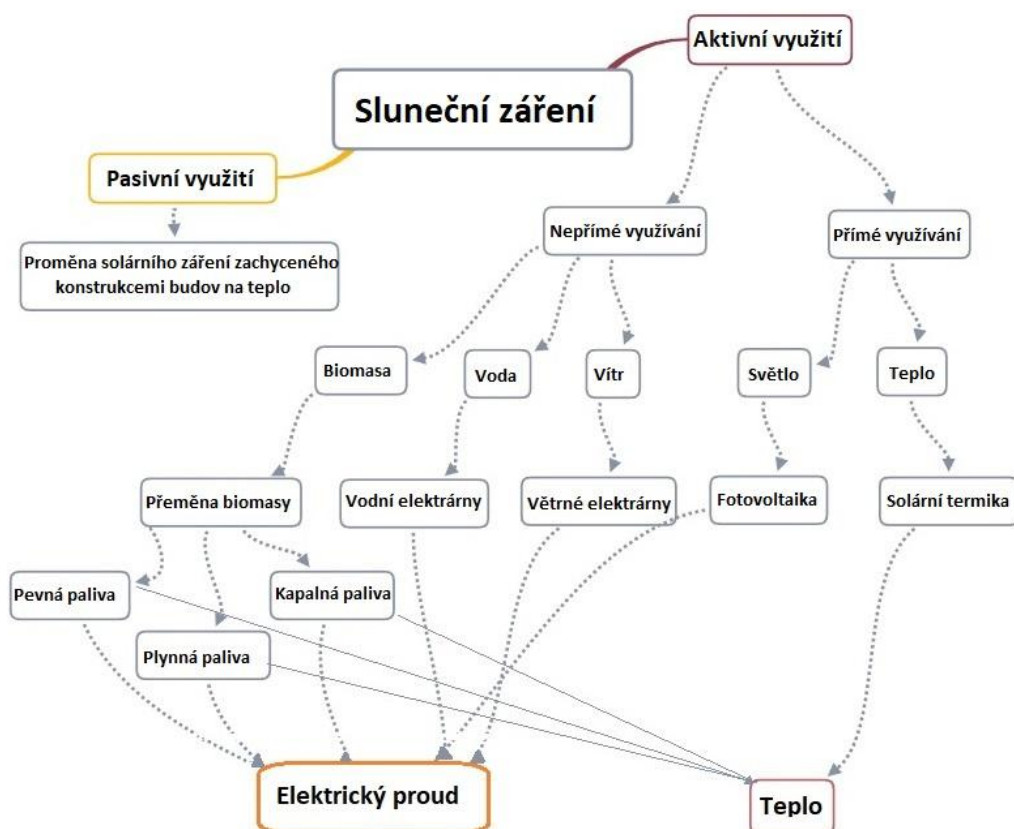
Aktivní využití slunečního záření přímou formou, lze realizovat pomocí speciálních zařízení, ve kterých se sluneční záření přemění na jinou formu energie. Sestavu prvků, které slouží k přeměně energie slunečního záření na teplo nebo elektřinu, nazýváme solární systém.

Možnosti využití solárních systémů:

- ohřev teplé vody,
- ohřev vody ve venkovních a vnitřních bazénech,
- kombinace ohřevu teplé vody a přitápění,
- solární chlazení,
- výroba elektřiny (fotovoltaika) s možností akumulace energie.

Sluneční energii lze aktivně využívat i pro nepřímé aplikace. Rostliny ke svému životu potřebují přijímat sluneční energii. Následně je můžeme využít pro přeměnu v biomasu. Biomasa lze pak energeticky využít a to v pevné, kapalné, i plynné formě. Koloběh vody na zemi a proudění vzduchu v atmosféře, to jsou síly, které roztáčí turbíny elektráren (vodní, větrná). Ty také potřebují ke svému vzniku sluneční energii. Všechny tyto přeměny slunečního záření bychom měli co nejvíce na Zemi využívat, z důvodu zastavení trvalého poškození prostředí a klimatu. [7]

Obrázek č. 7 – Využití energie ze slunce

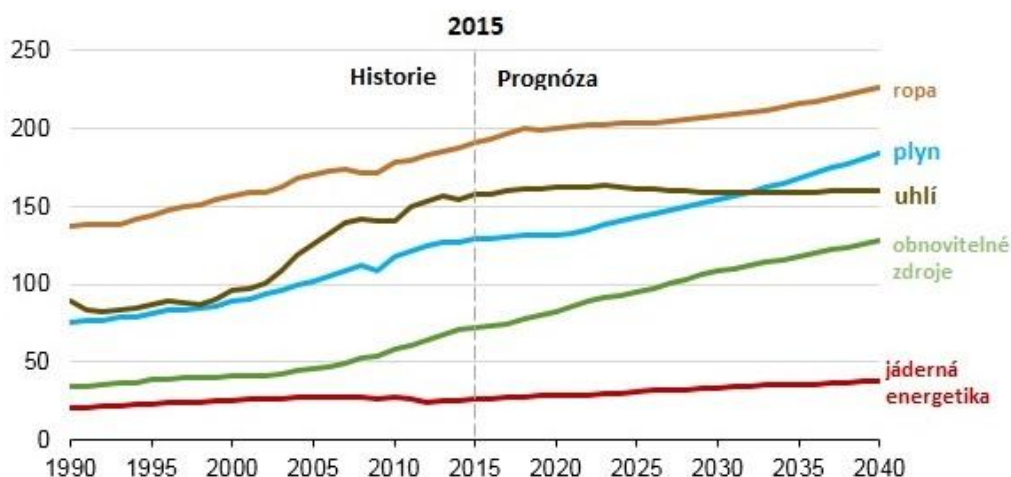


Zdroj: Vlastní tvorba

Vzhledem k růstu lidské populace a technickému pokroku raketově roste poptávka po energii. Tato poptávka je v posledních desetiletích uspokojována výrobou energie zejména z fosilních surovin (uhlí, ropa, zemní plyn). Fosilní paliva jsou také ukládané zásoby energie ze slunce a vytvářely se po miliony let a během pár desítek let jsme je spotřebovali. [7] Proto je právě nutné hledat alternativy. Jednak technologickým rozvojem snížit spotřeby energie a dále co nejvíce využívat obnovitelné zdroje.

Podle nejnovější zprávy International Energy Outlook 2017 v USA se uvádí, že celosvětová spotřeba energie mezi lety 2015–2040 vzroste o 28 %. Většina tohoto růstu by měla pocházet ze zemí, které nejsou v Organizaci pro hospodářskou spolupráci a rozvoj a zejména ze zemí, kde je poptávka motivována silným ekonomickým růstem, zejména v Asii. Nezahrnující země OECD (včetně Číny a Indie) tvoří více než 60 % celosvětového zvýšení spotřeby energie v letech 2015 až 2040. [12] Na obrázku č. 8 je zobrazena historie a prognóza vývoje spotřeby a podíl jednotlivých zdrojů. Hodnoty jsou zadány v jednotkách 10^{15} BTU (britská tepelná jednotka). 1 BTU je přibližně 1,054 kJ.

Obrázek č. 8 – Vývoj spotřeby elektrické energie ve světě (10^{15} BTU)

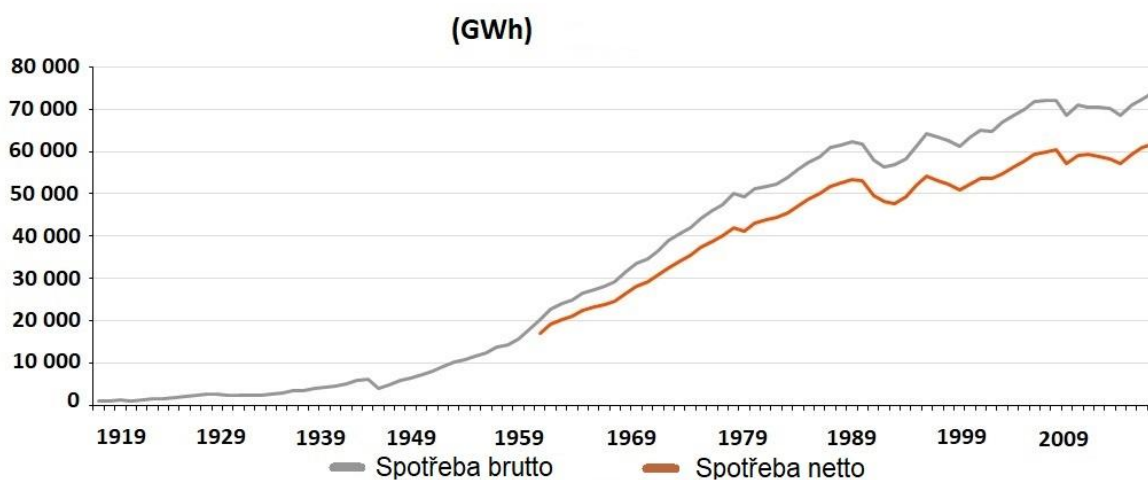


Zdroj: U. S. Energy Information Administration, International Energy Outlook 2017

4.1.5 Situace v ČR v oblasti výroby elektrické energie

Tuzemská spotřeba elektřiny stále stoupá. Ač se jedná o velmi pozvolný trend, v roce 2017 spotřeba elektřiny dosáhla nejvyšší hodnoty za celé sledované období od roku 1919, jak je zobrazeno na obrázku č. 9. Z dosavadního vrcholu v roce 2008 (60 478 GWh) došlo k poklesu mezi lety 2000–2014, kdy se spotřeba pohybovala pod 60 TWh s minimem v roce 2009. Nicméně v roce 2016 se spotřeba vrátila na předkrizovou úroveň (6 0881 GWh) a v roce 2017 všechny předchozí roky překonala (6 1881 GWh). Růst ekonomiky přitom nedosahuje takových hodnot jako v předkrizovém období. [16]

Obrázek č. 9 – Dlouhodobý vývoj spotřeby elektřiny v ČR (1919 - 2017)

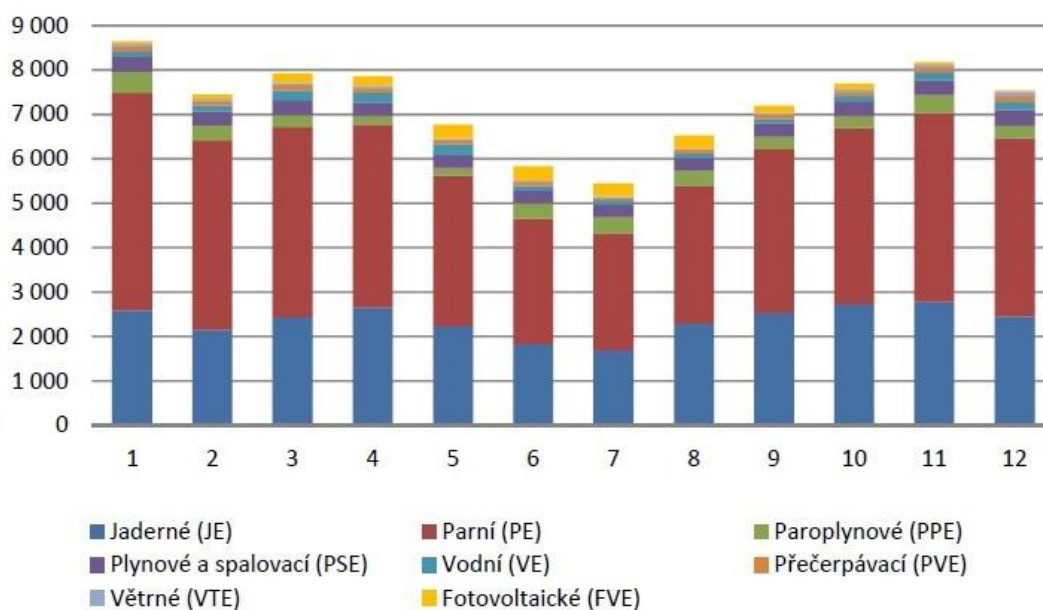


Zdroj: <https://www.cez.cz/>

Oproti letům 2014 – 2016 rostla také výroba elektřiny na celkových 87 038 GWh v roce 2017. Historicky nejvíce bylo vyrobeno v roce 2012 (87 574 GWh). Nárůst oproti předchozím rokům je přičítán hlavně skončením plánovaných i neplánovaných odstávek jaderných elektráren. Vyšší výroba jaderných elektráren se projevila také na zvýšení vývozu elektřiny, který v roce 2017 vzrostl na 13 TWh, což představuje meziroční nárůst o 18,8 %. [16]

Významně narostla také výroba elektřiny z větru a to o téměř 20 %. O tento nárůst se postaralo kromě počasí také připojení třinácti nových zdrojů o výkonu 26 MW ke konci roku 2017. Jednalo se o první nové větrné elektrárny v ČR připojené od roku 2014. Přestože vzrostla výroba obnovitelných zdrojů o 223 GWh, jejich podíl na spotřebě elektřiny zůstává 13 %. [16] Na obrázku č. 10 je zobrazena výše výroby elektrické energie na území ČR v jednotlivých měsících roku 2017. Na obrázku č. 11 jsou znázorněny jednotlivé podíly paliv a technologií při výrobě elektrické energie v České republice

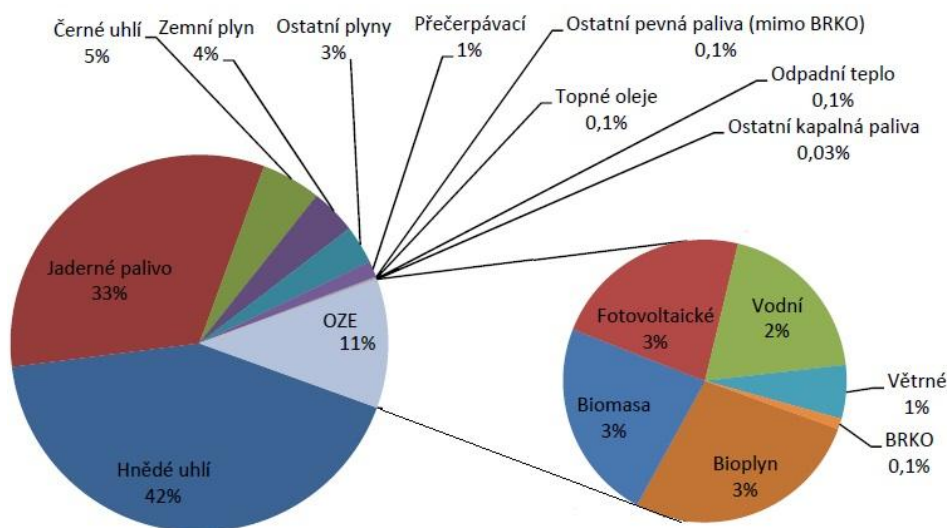
Obrázek č. 10 – Výroba elektřiny v ČR jednotlivé měsíce 2017 (GWh)



Zdroj: Energetický regulační úřad- Roční zpráva o provozu ES

Podpora obnovitelných zdrojů v České republice sice zahrnuje také větrnou či vodní energii, nicméně do centra pozornosti se nejvíc dostala podpora výroby elektřiny ze slunečního záření. Státní podporu výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie zavedl speciální zákon č. 180/2005 Sb., ve kterém byly také vyhlášeny dotační podmínky a garantované výkupní ceny pro solární elektrárny. [15] V roce 2012 byl zrušen a nahrazen zákonem č. 165/2012 Sb.

Obrázek č. 11 – Podíl paliv a technologií na výrobě elektřiny v ČR



Zdroj: Energetický regulační úřad- Roční zpráva o provozu ES

4.2 Legislativní podmínky v ČR

Základní zákonný rámec upravující podmínky podnikání v energetických odvětvích a podporu výroby elektrické energie z obnovitelných zdrojů řeší dva klíčové zákony č. 458/2000 Sb. a č. 165/2012 Sb. společně s vyhláškami Energetického regulačního úřadu ERÚ. [18]

Zákon č. 458/2000 Sb., o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích upravuje podmínky podnikání, výkon státní správy a regulaci v energetických odvětvích, kterými jsou elektroenergetika, plynárenství a teplárenství, definuje i práva a povinnosti fyzických a právnických osob s tím spojené.

Zákon č. 165/2012 Sb., o podporovaných zdrojích energie upravuje podporu elektřiny a tepla z obnovitelných zdrojů energie, druhotných energetických a vysoko účinné kombinované výroby elektřiny a tepla, výkon státní správy a práva a povinnosti fyzických a právnických osob s tím spojené,

Vyhláška č. 16/2016 Sb., stanovující podmínky pro připojení zařízení k elektrizační soustavě stanoví podmínky připojení výroben elektřiny, distribučních soustav a odběrných míst zákazníků k elektrizační soustavě, způsob stanovení podílu nákladů spojených s připojením a se zajištěním požadovaného příkonu nebo výkonu elektřiny a pravidla pro posuzování souběžných požadavků na připojení.

Vyhláška č. 8/2016 Sb., o podrobnostech udělování licencí pro podnikání v energetických odvětvích stanoví způsoby prokazování finančních a technických předpokladů a odborné způsobilosti pro jednotlivé druhy licencí, způsoby určení vymezeného území a provozovny, prokázání vlastnického nebo užívacího práva k užívání energetického zařízení, náležitosti prohlášení odpovědného zástupce a vzory žádostí k udělení, změně a rušení licence a vzory žádostí o uznání oprávnění k podnikání uděleného v jiném členském státě Evropské unie.

Vyhláška č. 296/2015 Sb., o technickoekonomických parametrech pro stanovení výkupních cen pro výrobu elektřiny a zelených bonusů na teplo a o stanovení doby životnosti výroben elektřiny a výroben tepla z obnovitelných zdrojů energie (vyhláška o technickoekonomických parametrech).

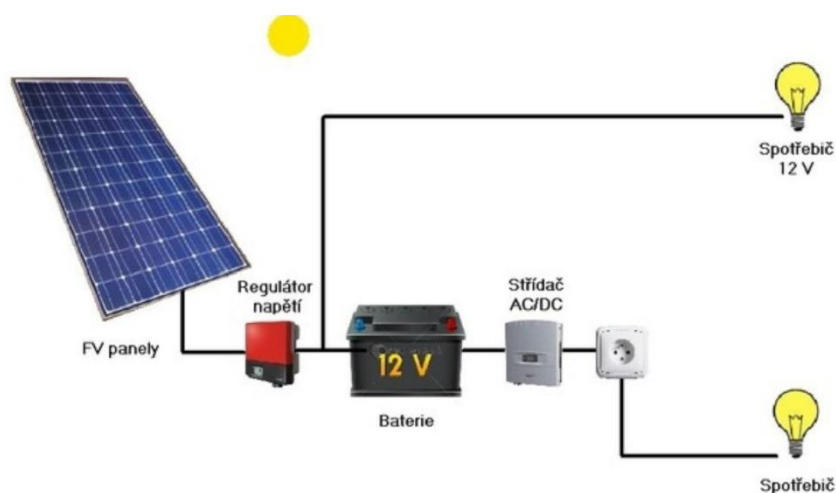
4.3 Rozdělení systémů

Solární systémy, pokud se budeme zabývat problematikou přeměny sluneční energie v energii elektrickou, se dají rozdělit podle toho, zda jsou připojeny k energetické distribuční síti, anebo podle toho, jakých technologických prvků využívají. Velký význam pro rozdělení má akumulace vyrobené energie.

4.3.1 Off-grid systém

Off-grid neboli „ostrovní systém“ není připojený k rozvodné síti. Pro své fungování využívá pouze vyrobenou elektřinu. Z důvodu kolísání spotřeby energie během dne, musí být jeho součástí také akumulací systém, který vyrobenou energii uloží na dobu, kdy panely nejsou schopné pokrýt výrobou aktuální spotřebu. Nesmí chybět také regulace, která má za úkol zajistit nabíjení a vybíjení baterie bez toho, aby byla negativně ovlivněna její životnost. Ostrovní systém se využívá zejména na odlehlých místech, která by jinak byla zcela bez elektřiny. [19] Ostrovní systémy jsou tedy vhodné na místa, kde není žádná elektrická přípojka nebo na místa, kam není možné elektřinu přivést. V našich podmínkách jsou takovými místy například odlehlé chaty, horské sruby, skautské tábory, zahrádkářské osady, obytné přívěsy, karavany, cestovní lodě, jachty a podobně. Na obrázku č. 12 je zobrazeno schéma s prvky ostrovního systému.

Obrázek č. 12 – Ostrovní systém Off-grid

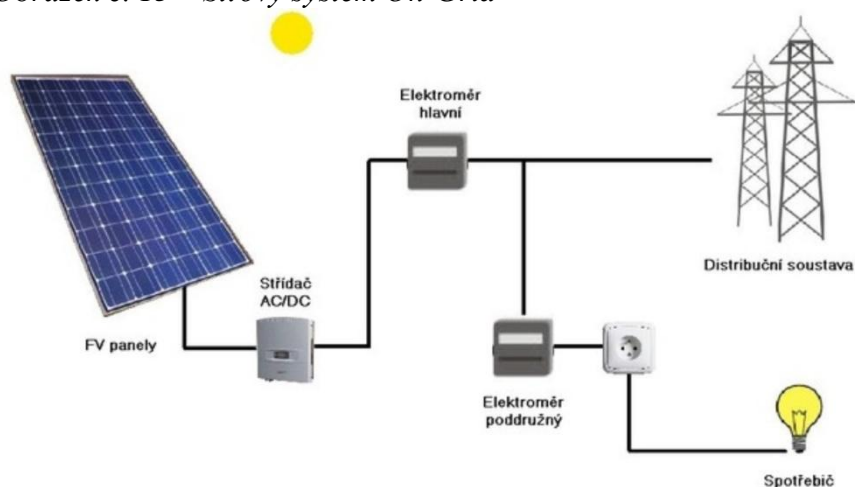


Zdroj: www.tzb-energ.cz/fotovoltaika.html

4.3.2 Síťové systémy On-grid

Příkladem On-grid systémů jsou vybudované fotovoltaické elektrárny realizované na velkých plochách, které vyrobenou energii dodávají přímo do rozvodné sítě. V nedávné době byl obrovský rozmach těchto systémů zejména kvůli vysoké výkupní ceně elektřiny v podobě tzv. „Zeleného bonusu.“ Výkupní cena byla nasazena neúměrně vysoko a zafixována na dobu 20 let, což přivedlo mnoho investorů. Vláda a ERÚ se následně snažil situaci uvést do normálu dodatečnými zdaněními. V dnešní době se už prakticky nestaví. [5,20] Schéma On-grid systému je zobrazeno na obrázku č. 13.

Obrázek č. 13 – Síťový systém On-Grid

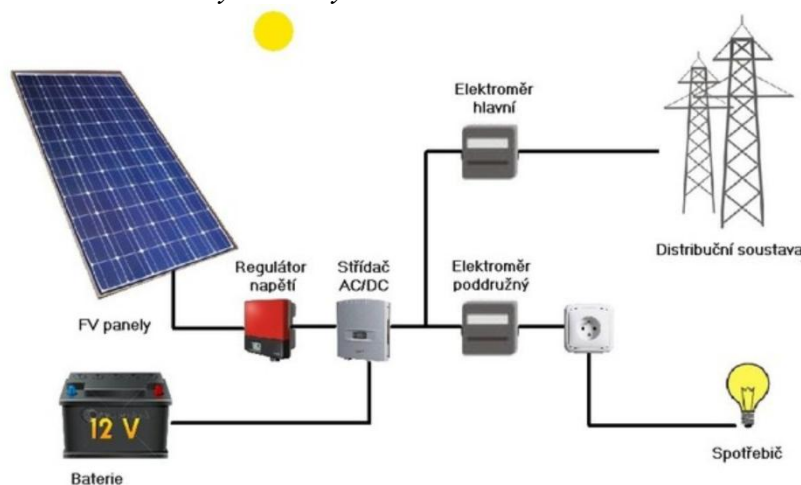


Zdroj: www.tzb-energ.cz/fotovoltaika.html

4.3.3 Hybridní systémy

Hybridní systém je v současnosti asi nejrozšířenější. Oproti klasickým fotovoltaickým elektrárnám hybridní systém dokáže fungovat i bez funkční sítě v ostrovním režimu. Pracuje se systémem akumulace energie a zároveň je připojený na rozvodnou distribuční síť. Je navrhován tak, aby bylo možné spotřebovat veškerou energii, kterou lze z fotovoltaických panelů vyrobit. Primárně jsou dobíjeny baterie, a po úplném nabití je elektřina směřována do prioritních spotřebičů, jako je vytápění nebo ohřev teplé užitkové vody. V případě schváleného připojení distributorem, může být přebytek dodáván i do distribuční sítě za výkupní cenu se zelenými bonusy. Cenu stanoví metodika Energetického regulačního úřadu ČR. Hybridní systémy jsou levnější oproti ostrovnímu systému a nevyžadují záložní elektrocentrálu. Jsou zatím ještě stále dražší než fotovoltaické systémy připojené k síti bez baterie. Přináší však částečnou nezávislost a záložní zdroj v případě selhání přenosové soustavy. [20] Na obrázku č. 14 je zobrazeno možné schéma hybridního systému.

Obrázek č. 14 – Hybridní systém



Zdroj: www.tzb-energ.cz/fotovoltaika.html

4.4 Solární kolektory

Solární kolektor v nejširším významu znamená „Zařízení pro zachycení a přeměnu sluneční energie na jiné formy energie.“ Když vycházíme z tohoto faktu pak lze solární kolektory rozdělit do dvou základních typů:

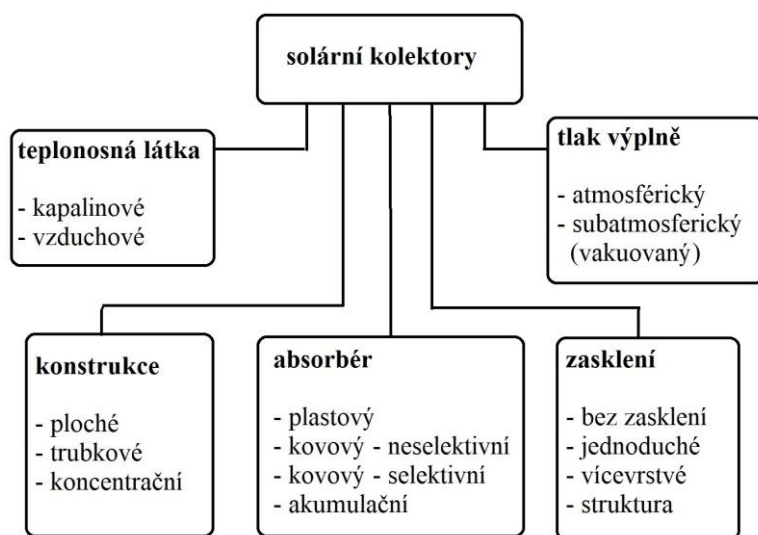
- **fototermický kolektor** - přeměňuje sluneční záření na tepelnou energii,
- **fotovoltaický kolektor (panel)** - vyrábí ze sluneční energie energii elektrickou.

Solární kolektory (fototermické, neboli tepelné) mění sluneční energii na tepelnou energii v normálním provozu s účinností 40–60 %. Solární panely (fotovoltaické) přeměňují sluneční energii na elektrickou energii s účinností kolem 5–18 %.

4.4.1 Termické solární panely

Solární tepelný kolektor je zařízení určené k pohlcení slunečního záření a jeho přeměně na tepelnou energii, která je předávána teplotonosné látce, protékající kolektorem. Kritériem pro základní rozlišení se používá druh teplotonosné látky (např. voda, nemrzoucí směs vody a propylen glykolu). [8] Základní rozdělení termických kolektorů jde vyčíst z obrázku č. 15.

Obrázek č. 15 – Rozdělení termických kolektorů

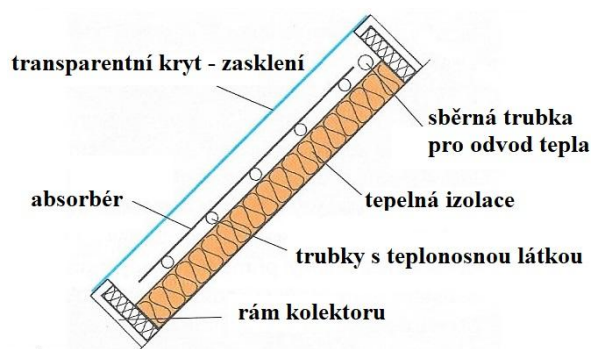


Zdroj: MATUŠKA, Tomáš. Solární zařízení v příkladech Praha: Grada, 2013. (str. 34)

Popis a charakteristiky solárních kolektorů

Základním prvkem kolektoru je černá deska uvnitř, která se nazývá absorbér. Na jeho povrchu se solární záření, a to jak přímé, tak i difúzní, mění na teplo. Povrch má za úkol co nejvíce dopadajícího záření pohltit a přitom z něj minimum vyzářit zpět. [3] Tepelná energie se z absorpčního povrchu odvádí různými teplotonosnými látkami potrubím do dalších prvků systému. Absorbér i trubky musí vykazovat dobrou tepelnou vodivost. Nejčastějším použitým materiálem konstrukce je hliník nebo měď. Pro snížení tepelných ztrát z absorbéru se využívá na přední straně kolektoru zasklení propouštějící sluneční záření. Zasklení omezuje jednak tepelné ztráty sáláním a zároveň vytváří před absorbérem vzduchovou vrstvu, která izoluje. [1,4] Pro další minimalizaci tepelných ztrát je absorbér vestavěn do skříně. Zjednodušené schéma termického solárního kolektoru je uvedeno na obrázku č. 16.

Obrázek č. 16 – Základní schéma termického kolektoru



Zdroj: MATUŠKA, Tomáš. *Solární zařízení v příkladech Praha: Grada, 2013. (str. 33)*

4.4.2 Fotovoltaické solární panely

Fotovoltaický jev

Již v roce 1839 pozoroval Edmond Becquerel vznik elektrického napětí mezi osvětlenými elektrodami, v té době neměl představu o významu tohoto objevu. V roce 1887 Heinrich Rudolf Hertz objevil další závislost elektřiny a světla, a sice že elektrický výboj ve vzduchu vznikne snadněji mezi elektrodami, na které dopadá ultrafialové záření. Fyzikální princip fotoelektrického jevu teoreticky popsal Albert Einstein. Z Einsteinova vysvětlení vyplývá, že energie uvolněného elektronu závisí pouze na frekvenci záření a počet elektronů na intenzitě záření. Všechny uvedené experimenty a teorie se vztahují k fotoelektrickému jevu vnějšímu, neboli k fotoemisi, kdy se elektrony z vodivostního pásu z ozařovaného kovu uvolňují do okolí. Kromě toho existují další dvě formy fotoelektrického jevu, kdy elektrony zůstávají v materiálu – Fotovoltaický jev. [23]

Fotovoltaický jev vzniká v polovodičích, když foton s dostatečnou energií uvolní elektron z valenčního pásu do pásu vodivostního. Ve valenčním pásu zůstane „chybějící elektron,“ tzv. díra, kterou lze považovat za elementární kladný náboj. Zjednodušeně lze prohlásit, že dopadem fotonu se vytvoří pár pohyblivých nábojů elektron-díra. Tyto náboje se difúzí nebo působením elektrického pole v okolí přechodu pohybují ve směru k elektrodě se stejnou polaritou – elektron k záporné a díra ke kladné. Při propojení elektrod vnějším obvodem putují elektrony k opačné elektrodě, kde rekombinují s děrami – vnějším obvodem prochází elektrický proud. [23]

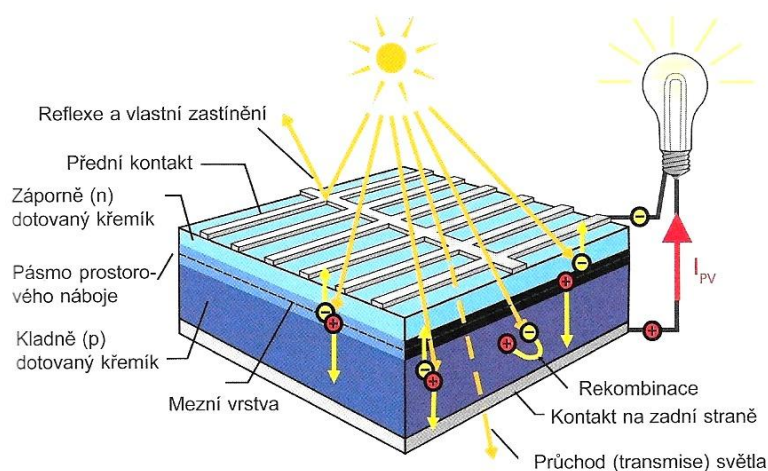
Polovodiče jsou takové látky, které se při určitých vlastnostech chovají jako izolanty a při změně podmínek jako vodiče. Právě toho se využívá při výrobě elektrické energie.

Nejčastějším polovodičem používaným v solárních panelech je křemík srovnaný v mřížce. Základ tvoří čtyřmocný křemík a kolem jsou valenční elektrony. Ty jsou ve tmě a při nízké teplotě pevně připoutány ke křemíku. V případě osvětlení a zvýšení teploty dojde k uvolnění těchto záporných elektronů a vznikají tak kladné díry. Tuto díru může zaplnit zase jiný uvolněný elektron a vzniká dojem, že se tyto díry stěhují. Vznik a stěhování těchto děr je podstatou fotovoltaického jevu. [24]

Solární článek – základní popis

Krystalický solární článek se skládá ze dvou rozdílných stran. Křemíková vrstva obrácená směrem ke slunečnímu světlu je záporně dotována fosforem a vrstva ležící pod ní je kladně dotována borem. Na obou stranách jsou umístěny kovové elektrody, pomocí níž můžeme odebírat vzniklý elektrický proud. Zadní strana je koncipována jako celoplošná elektroda. Přední strana je konstruována tak, aby co nejvíce propouštěla světlo. Kontakty se skládají z tenké mřížky. Na povrch článku se umísťuje antireflexní vrstva, která zabezpečí co nejmenší odraz. Tato vrstva dává šedým křemíkovým článkům jejich typickou černou barvu u monokrystalických článků a modrou u článků polykrystalických. [22] Konstrukce a přeměna energie v krystalickém křemíkovém článku je znázorněna na obrázku č. 17.

Obrázek č. 17 – Konstrukce solárního článku



Zdroj: HASELHUHN, Ralf. *Fotovoltaika: budovy jako zdroj proudu* (str. 15)

Jednotkou výkonu fotovoltaických panelů je Wp (Watt peak). Wp je jednotkou špičkového výkonu dodávaného solárním zařízením za ideálních podmínek. Ideální podmínky jsou definovány jako „STC = Standard Test Conditions.“ Podmínky jsou stanoveny jako bezoblačný letní den s intenzitou záření $1000 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$, teplota článku je $25 \text{ }^\circ\text{C}$ a sluneční záření dopadá na panel kolmo. Výkon běžně budovaných solárních elektráren je udáván v kWp.

Instalovaný výkon 1 kWp vyrobí přibližně 1 000 kWh elektřiny ročně. Výkon je závislý na několika faktorech. Důležitá je teplota panelu. Čím vyšší teplota, tím nižší výkon. Vztah mezi instalovaným špičkovým výkonem a skutečně vyrobenou energií je komplikovaný. Závisí na místě a způsobu instalace a na klimatických podmínkách.

Rozdělení fotovoltaických panelů:



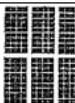
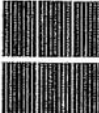
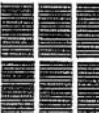


- **monokrystalické solární články** – skládají se z jednoho krystalu křemíku a jsou většinou čtvercové nebo čtvercové se zaoblenými rohy. Délka hrany může být 10–15 centimetrů. Dosahují účinnosti i přes 21 % v průměru však 15–17 %. Pro výrobu těchto článků je potřeba mít krystalický křemík s vysokou čistotou. Mezi přední výrobce monokrystalických solárních článků patří americká společnost SunPower a dále společnosti Q-Cell, Kyocera a Sharp. V našich zeměpisných šířkách je nejvíce rozšířený. Z hlediska poklesu účinnosti (degradace) výrobci většinou garantují průměrný pokles výkonu o 0,8 % ročně. V praxi se však prokázalo, že pokles výkonu je u monokrystalických panelů nižší,
- **polykrystalické solární články** – články skládající se z mnoha monokrystalických segmentů na sobě nezávisle orientovaných. Polykrystalický křemík se vyrábí jednodušeji a levněji. Z menších krystalů se vyrobí substrát, který se slisuje do jednoho celku. Mají typický modrý odstín. Solární elektrárna z těchto panelů má rovnoměrnější výkon a používají se tam, kde je určitá odchylka od ideální orientace k slunci. Účinnost se pohybuje mezi 13–16 %,
- **tenkovrstvé solární články** - neboli též amorfní. Amorfní látky jsou látky v pevném skupenství, které nemají pravidelnou krystalickou mřížku. Amorfní křemík netvoří pravidelnou krystalickou strukturu, ale uspořádanou síť. Vyrábí se chemickým odlučováním při teplotách jen 200 °C z plynného silanu. Základem amorfních fotovoltaických panelů je napařovaná křemíková vrstva, na sklo nebo fólii. Výhodou těchto solárních článků je vysoká absorpce světla. Nevýhodou amorfních článků je jejich malá účinnost. Pohybuje se v rozmezí 7–9 %. Největší nevýhodou je však velikost opotřebení v čase. Malé amorfní moduly se ze začátku používaly v zařízeních jako kalkulačky, hodinky nebo kapesní svítidla. Později se však začaly používat i ve velkých FV zařízeních. [21]

Tenkovrstvé články se začaly vyrábět z důvodu snížení výrobně technologických nákladů a snížení spotřeby surovinových materiálů a výrobní energie. V současné době jsou investiční náklady na FV zařízení se stejným jmenovitým výkonem v oblasti malých výkonů s tenkovrstvou technikou a krystalickou technikou srovnatelné. [22] Tenkostěnné články prošly vývojem a modifikacemi a tak v dnešní době se můžeme setkat i s dalšími druhy:

- mikromorfnní solární články,
- solární články CIS (Coper-Indium-diSelenid),
- solární články na bázi teluridu kademnatého.

Zajímavým technickým řešením jsou pak **Organické solární články**, které jsou jednoduché na výrobu, mimořádně ohebné a levné. Na rozdíl od anorganických polovodičů, jejichž základem jsou atomy, jsou organické polovodiče tvořeny molekulami, a jejich vlastnosti se mohou proto snáze modifikovat. Mohou se připravovat i z roztoků a jejich výroba navíc nevyžaduje vysokou „polovodičovou“ čistotu. [25] Účinnost je zatím velice nízká cca 6 %. Tyto technologie mohou být iniciátorem snížení ceny solárních panelů. Široké uplatnění těchto článků se předpokládá v architektuře, kde by mohly být aplikovány na povrchy velkých skleněných budov. [26] Srovnání účinnosti jednotlivých panelů je zobrazeno na obrázku č. 18.

Obrázek č. 18 – Srovnání účinnosti fotovoltaických panelů

Materiál solárních článků	Účinnost modulu	Potřebná plocha pro 1kW špičkového výkonu	
Vysoko výkonové křemíkové solární články	16-18 %	5-6 m ²	
Monokrystalický křemík	11-16 %	6-9 m ²	
Polykrystalický křemík	10-15 %	7-10 m ²	
Tenká vrstva dvojselenidu mědi-india (CIS)	6-11 %	9-17 m ²	
Tellurid kadmia (CDTe)	6-11 %	9-17 m ²	
Mikrokrystalický křemík	7-12 %	8,5-15 m ²	
Amorfní křemík	4-18 %	15-26 m ²	

Zdroj: HASELHUHN, Ralf. Fotovoltaika: budovy jako zdroj proudu (str. 46)

4.5 Konstrukce solárních systémů

Samotné kolektory však k přeměně sluneční energie na tepelnou nebo elektrickou energii nestačí. Pro správnou funkčnost celého solárního systému je zapotřebí dalších technických prvků a jejich vzájemné kompaktnosti. Poté může dojít k přesnému a výkonnému přenosu a přeměně sluneční energie. Mezi základní prvky fotovoltaických systémů kromě panelů patří střídač, konstrukční prvky a akumulace.

Střídače

Střídač také nazýván jako měnič nebo invertor, slouží k přeměně stejnosměrného napětí (AC) vyráběného fotovoltaickými panely na střídavé napětí elektrorozvodné sítě (DC). Střídače napětí tvoří srdce celé solární elektrárny. Může mít i další doplňkové funkce například monitoring sítě, monitoring provozních údajů, ochranné funkce. Aby střídač dodával do sítě maximální výkon, musí pracovat v bodě maximálního výkonu (MPP) solárního generátoru. Regulátor MPP ve střídači vyrovnává pracovní bod přizpůsobením napětím solárního generátoru. Parametr, který dobře popisuje účinnost střídače v reálném provozu je tzv. Evropská účinnost. Jedná se o průměrné účinnosti při různých stupních zatížení střídače. V současné době se účinnost střídačů pohybuje v rozmezí 94–98 %. [22]

Konstrukce

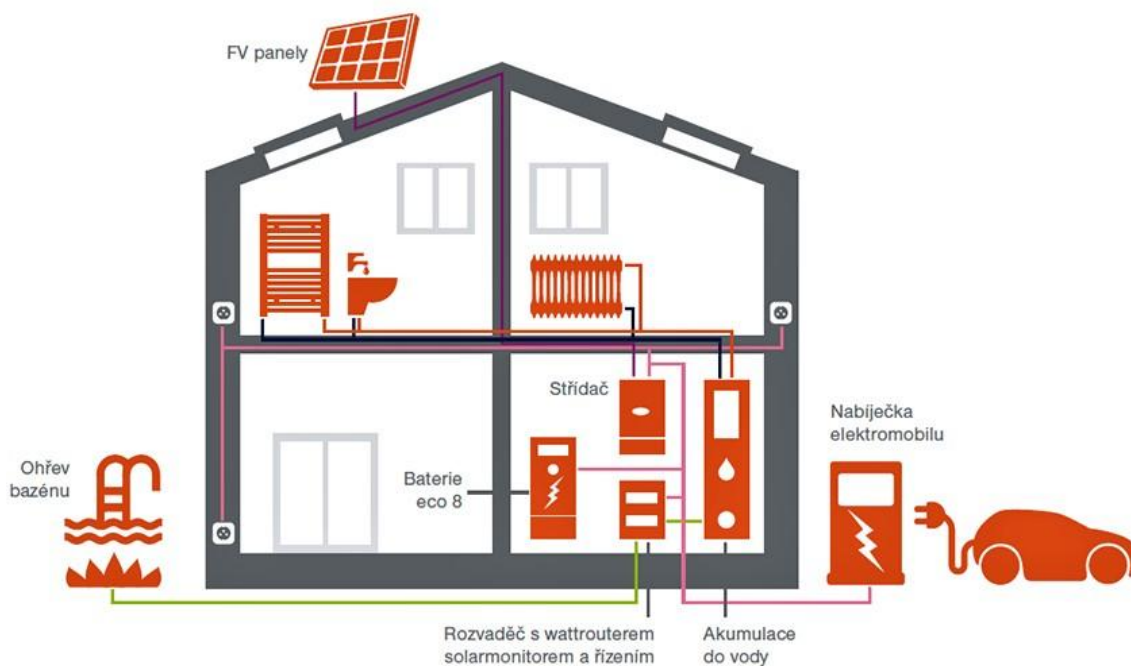
Nejčastěji se fotovoltaické zařízení montují na šikmých střeších, ale je možná montáž i na střechy rovné. Existuje k tomu řada standardních montážních systémů. Nejpoužívanějším systémem je upevnění panelů na kovové konstrukce nad krytinou střechy. Je to cenově nejpříznivější varianta. Kovová konstrukce pro uložení modulů se skládá ze tří hlavních částí: střešní háky pro upevnění na střechu, nosné montážní lišty a upevnění modulů. Pomocí upevňovacích prvků střechy se systém lišt ukotví skrze střešní krytinu a konstrukci střechy. Moduly se systémově přizpůsobenými upevňovacími prvky upevní na nosné lišty. Další variantou jsou integrované systémy, kde konstrukční díly střechy nebo fasády kompletně nahrazují solární moduly. Na trhu jsou například solární krytiny (tašky), které jsou k dostání v několika barvách. Poté se fotovoltaické zařízení stává součástí budovy. [22]

Akumulace

Energii z fotovoltaické elektrárny můžeme ukládat do baterií a případně do ohřevu teplé vody. Baterie fungují také jako ochrana proti výpadku elektrické sítě. Střídač automaticky během 10 ms přepne na záložní režim a dům je napájen z baterií nebo z baterií v kombinaci s fotovoltaickými panely. Přepnutí na záložní režim je dostatečně rychlé, aby udrželo v běhu počítače a elektroniku. Baterie se dobíjejí z fotovoltaických panelů během dne, kdy je dostatek slunečního záření. Z akumulátorů se pak čerpá především v noci, kdy Slunce na panely nesvítí. Základním parametrem při výběru baterie pro solární systém je její cyklická životnost, tedy počet nabití a vybití, které je schopna dosáhnout po celou dobu své životnosti.

Ukládání vyrobené energie do bateriové banky představuje optimální způsob hospodaření s vlastní vyrobenou energií, která pokrývá spotřebu domácnosti v požadovanou dobu. Novým trendem v této oblasti se stávají komplexní kompaktní systémy. Třífázové kompaktní řešení systému má kromě bateriového boxu, také zabudován střídač. Celý systém je pak umístěn v designovém šasi, které je podobné dnešním lednicím. Instalace takového systému je pak montážně jednodušší. Na obrázku č. 19 je znázorněno schéma možnosti využití solárního systému v rodinném domě.

Obrázek č. 19 – Schéma fotovoltaického systému rodinného domu



Zdroj: www.cez.cz (ČEZ, a.s.)

Výhody fotovoltaických systémů:

- částečná nezávislost na elektrické rozvodné síti,
- možnost akumulace do baterií nebo ohřev teplé užitkové vody,
- ekologicky čistý zdroj elektrické energie – bez emisí SO₂, CO₂, oxidy dusíku a prachových částic. Úspora fosilních paliv,
- zdroj elektřiny v odlehlých místech (možnost ostrovního režimu),
- vysoká a dlouhodobá stabilita parametrů fotovoltaických panelů (garance poklesu účinnosti o 0,8 % za rok),
- nízké provozní náklady, snadná údržba i správa.

Mezi nevýhody patří poměrně vysoká počáteční finanční investice a nestabilní přísun slunečního záření (klimatické podmínky ČR).

4.6 Ekonomika solárních soustav

Ekonomika solárních soustav je v dnešní době hodně diskutovanou otázkou. Na první pohled je sluneční záření jako zdroj energie nevyčerpatelný, všude a zdarma dostupný, avšak je nutno vzít v potaz složitost technických zařízení pro přeměnu, uchování a využití této energie. Složitá technická řešení jsou obvykle investičně náročná. Při ekonomických analýzách investic do solárních soustav se hodnotí její prostá a reálná doba návratnosti. Tuto dobu snižuje státní dotační politika, která odvětví ztraktivňuje.

4.6.1 Dotační podpora

V České republice lze získat podporu na instalaci solárního systému na třech úrovních:

- **Evropská dotace** – Operační programy životního prostředí. Jsou určeny na velké a finančně značně náročné projekty. O dotaci mohou zažádat zejména obce a města, kraje, příspěvkové organizace, vysoké školy, neziskové organizace a obchodní společnosti vlastněné obcemi.
- **Národní dotace** – Nepodnikající fyzické osoby mohou získat dotace na solární systém u Státního fondu životního prostředí ČR. Dotace až ve výši 155 000 Kč mohou nyní lidé získat na instalaci solární elektrárny na střechu svého domu. Dotační program „Nová zelená úsporám“ nově podporuje i větší solární elektrárny a o příspěvek mohou

požádat také domácnosti, které se chystají stávající solární elektrárnu rozšiřovat. [17] Nabízená podpora se automaticky navyšuje o 10 % pro žadatele, jejichž rodinný dům je v Ústeckém nebo Moravskoslezském kraji. Tito žadatelé mohou na největší hybridní systém získat až 170 000 Kč.

- **Komunální dotace** – Instalaci solárních zařízení podporuje v současné době celkem 5 měst: Praha, Plzeň, Kladno, Litoměřice, Náchod a pouze 1 obec: Jindřichovice pod Smrkem.

4.6.2 Návratnost vložených investic

Návratnost investice do solárních systémů závisí na mnoha faktorech:

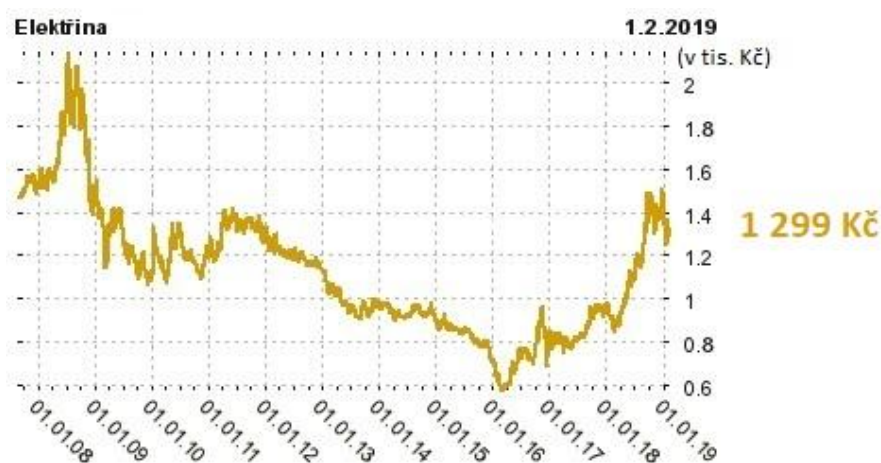
- celkové investiční náklady,
- výše dotace, která snižuje výši investičních nákladů,
- suma všech provozních nákladů,
- vývoj ceny elektrické energie,
- energetický přínos solární soustavy,
- životnost solárních kolektorů a jednotlivých komponentů systému,
- případný prodej vyrobené energie.

Základem pro správné ekonomické zhodnocení solární soustavy jsou především správné informace o vstupních podmínkách výpočtu, zejména o celkových investičních nákladech a očekávaných finančních výnosech. [2] Pro konečné vyhodnocení investice je nutno brát také v úvahu tempo růstu energie a skutečnost, že doba životnosti může být daleko vyšší než udávaná výrobcem. Dalším ekonomickým přínosem je navýšení hodnoty nemovitosti.

4.6.3 Cena elektrické energie

Zatímco ještě v roce 2017 se elektřina na Pražské energetické burze obchodovala zhruba za 750 Kč za MWh, na začátku měsíce února 2019 už cena vystoupala na hodnotu 1 299 Kč. Vývoj ceny elektřiny za posledních 10 let je zobrazen na obrázku č. 20.

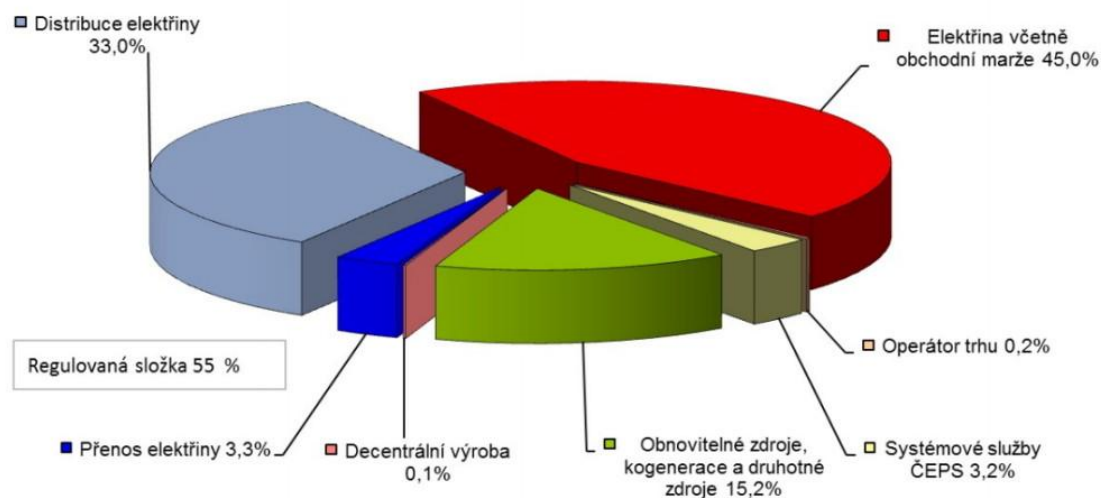
Obrázek č. 20 – Elektřina - aktuální a historické ceny elektřiny za MWh



Zdroj: www.kurzy.cz

Pro konečné zákazníky je cena elektřiny navýšena o další složky ceny. Složky ceny elektřiny jsou patrné na obrázku č. 21. Průměrná cena elektřiny pro domácnosti je začátkem roku 2019 zhruba 4,21 Kč za 1 kWh. V roce 2018 byla průměrná cena 3,79 Kč za 1kWh.

Obrázek č. 21 – Elektřina – jednotlivé složky ceny



Zdroj: Energetický regulační úřad

Při pohledu do budoucna lze očekávat trvalý růst ceny energií. Například podle prognózy Evropské komise v příštích desetiletích v Evropské unii ceny elektřiny porostou. Stane se tak prý bez ohledu na to, zda evropská energetická politika zůstane v současné podobě, nebo se vydá na cestu zbavování se závislosti na tradičních zdrojích, jako je třeba uhlí. Ceny by se mohly stabilizovat či začít klesat podle určitých scénářů až po roce 2030. Ceny elektřiny

v příštích letech podle odborníků porostou také v České republice. Bude ale také záležet na dalším rozvoji obnovitelných zdrojů. [16]

4.7 Ekologické aspekty solárních systémů

Životnost fotovoltaického panelu je definována poklesem výkonu o 20 %. Téměř všichni výrobci běžně dostupných krystalických a tenkovrstvých panelů garantují maximální pokles účinnosti o 20 % za 25 let. V praxi se na nejstarších instalacích pokles účinnosti po 25 letech pohybuje kolem 6–8 %. Skutečná životnost proto bude výrazně delší.

K recyklaci fotovoltaických panelů byl vytvořen systém PV Cycle. Jedná se o celoevropskou aktivitu výrobců a dodavatelů fotovoltaických panelů založenou na dobrovolné zodpovědnosti za výrobek v průběhu celého životního cyklu. V každém sběrném místě systému PV Cycle jsou instalovány dva kontejnery na fotovoltaické panely. Jeden kontejner je určen na krystalické křemíkové panely, druhý na panely tenkovrstvé. [27]

V Česku instalované solární elektrárny jsou z největší části tvořeny křemíkovými panely. Největší podíl na hmotnosti krystalických panelů (70 %) má sklo. Hliníkový rám má podíl 20 %. U tenkovrstvých panelů je podíl skla a hliníku přes 95 %. Zbývající podíl hmotnosti připadá především na plasty. Recyklací skla lze získat až 95 % skleněného materiálu s čistotou 99,99 %. Pro hliník tato hodnota dosahuje téměř 100 %. [27]

V současné době se recyklují panely, u kterých došlo k mechanickému poškození. Zejména jde o poškození při manipulaci, dopravě nebo montáži. Pro recyklaci panelů se používá termické nebo mechanicko-chemické metody, které si s recyklací fotovoltaických článků poradí. Je otázkou času, kdy budou metody recyklace ještě sofistikovanější.

Výskyt panelů, které obsahují sloučeniny těžkých toxických kovů, například kadmium, který může negativně ovlivňovat lidské zdraví, je velmi ojedinělý. [19] Panely jsou navíc navrhovány a konstruovány tak, aby na konci životnosti umožňovaly snadnou demontáž celých článků z panelu. [27]

5 Praktická část práce

Cílem praktické části diplomové práce je provést analýzu a charakteristiku výchozího stavu řešeného objektu. Zaměřit se na posouzení nákladů na investici, předpokládanou úsporu energie, předpokládanou životnost systému a posoudit návratnost investice v čase, včetně uvedení postupu při žádosti o získání případné dotace.

5.1 Základní parametry a data projektu

Záměrem této diplomové práce je připravení podkladů pro reálný investiční záměr. Zadavatelem pro projekt je fyzická osoba vlastníci rodinný dům, která uvažuje o instalaci střešního fotovoltaického systému. Velikost fotovoltaické elektrárny bude zvolena podle několika kritérií. Záleží na požadavcích investora a určení využití fotovoltaické elektrárny. Dále na vhodné poloze, orientaci, sklonu a velikosti střechy. Tento projekt bude navržen s ohledem na finanční možnosti investora. Projekt bude financován z ušetřených vlastních finančních prostředků. Cílem investice je úspora energetických nákladů na provoz rodinného domu. Dalším efektem investice je zodpovědný přístup k životnímu prostředí. Bude to malý příspěvek ke snižování emisí, protože nahrazuje neobnovitelné zdroje energie. Požadavkem investora je částečná energetická soběstačnost při výpadku rozvodné sítě. Z tohoto důvodu je projekt koncipován jako „Fotovoltaický systém s akumulací elektrické energie.“ Akumulace bude realizována formou bateriové banky. Po úplném nabití akumulátorů přijdou na řadu prioritní spotřebiče, zejména akumulční ohřev vody.

5.1.1 Lokalita a umístění

Rodinný dům se nachází v Moravskoslezském kraji v obci Malé Hoštice na parcele číslo 122 v katastrálním území Malé Hoštice (okres Opava); 7711870. GPS souřadnice umístění domu je 49°55'58.39"N, 17°56'40.88"E. Situační plánec zobrazuje mapa na obrázku č. 22. [28]

Sedlová střecha domu je orientována jižním směrem s azimutem 171° od severního pólu, bez zastínění. Nadmořská výška je 243 metrů nad mořem. Plánek rodinného domu z jižního pohledu, kde by měly být umístěné FV panely, je znázorněn na obrázku č. 23.

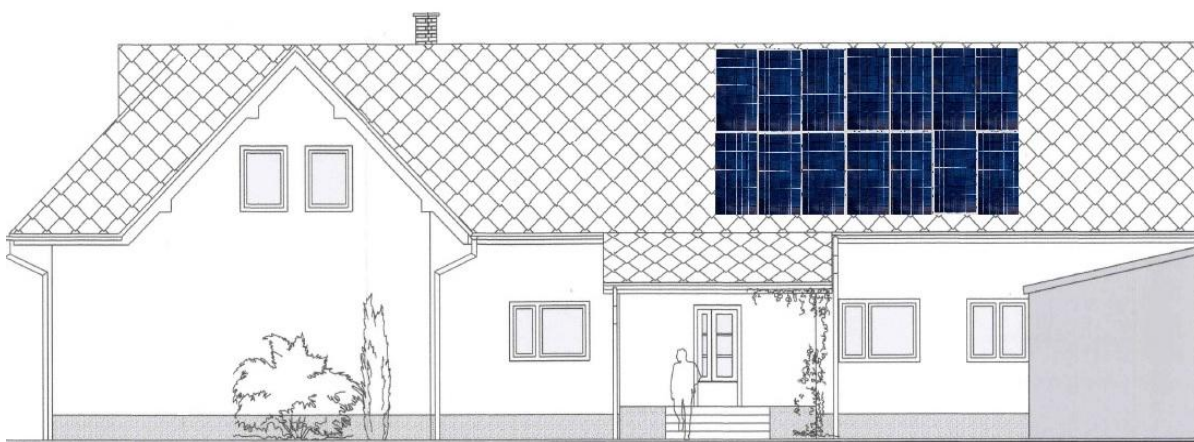
Obrázek č. 22 – Situační mapa místa realizace projektu



Zdroj: www.mapy.cz

Rodinný dům na parcele č. 122 má základní rozměry 21940x5820 mm a 8020x7360 mm. Jedná se o jednopodlažní objekt, částečně podsklepený s neobytným podkrovím a se dvěma bytovými jednotkami. Sedlová střecha má sklon 45°, s hlavním hřebenem kolmo ke komunikaci ul. Slezská. Celková výška hlavního hřebene je 7185 mm. Jižní strana střechy, kde by mohly být instalovány fotovoltaické panely, má rozměry cca 5400x14500 mm.

Obrázek č. 23 – RD jižní pohled



Zdroj: Vlastní tvorba

Dům je rozdělen na dvě bytové jednotky. První tvoří čtyřpokojový byt a je obývaný čtyřčlennou rodinou. Druhou domácnost tvoří dvoupokojový byt, a obývají ho prarodiče. Dům byl rekonstruován v roce 2008, kdy byla demolována část hospodářského objektu a vystavěna nástavba a kompletně nová sedlová střecha. Byla provedena výměna stávajících oken za plastová a dále bylo realizováno zateplení kontaktní fasády pěnovým polystyrenem. Řez rodinného domu z projektové dokumentace je obsahem přílohy č. 2.

5.1.2 Klimatické podmínky v místě realizace projektu

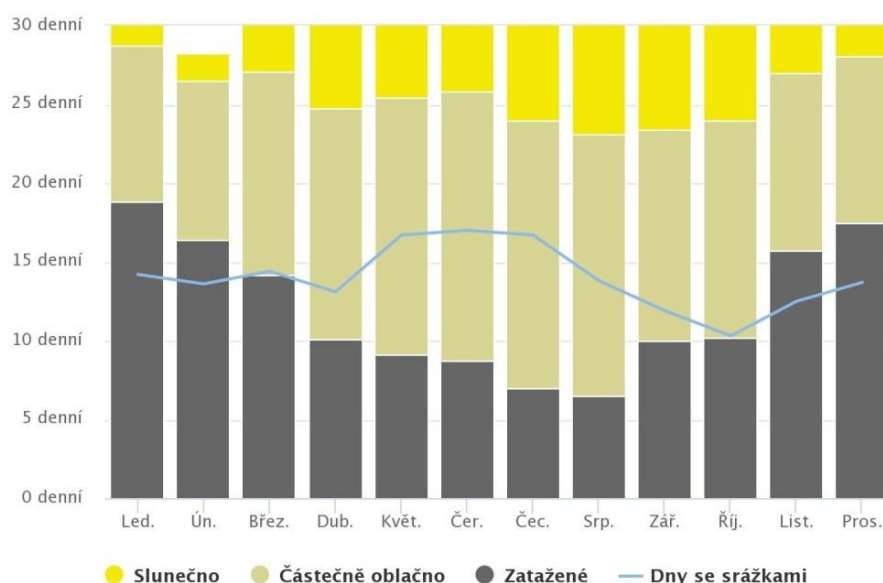
Pro výběr vhodného systému a pro výpočty energetického zisku jsou důležité informace o délce slunečního svitu a sněhové oblasti. V následující tabulce jsou zobrazeny údaje o průměrné měsíční době slunečního svitu v Opavě.

Tabulka č. 2 – Doba slunečního svitu Opava

Doba slunečního svitu (h)													
Lokalita	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec	Celkem za rok
Opava	43	57	118	135	190	185	184	194	134	106	56	46	1448

Zdroj: BERANOVSKÝ, Jiří a Jan TRUXA. *Alternativní energie pro váš dům*

Obrázek č. 24 – Opava - podnebí



Zdroj: www.meteoblue.com

Na obrázku č. 24 je zobrazen počet slunečních, polo oblačných, zamračených a deštivých dnů v měsíci, v lokalitě Opava. Data jsou z portálu „Meteoblue.“ Jedná se o meteorologický servis Basilejské Univerzity. Meteorologické diagramy vycházejí z hodinových simulací modelů počasí za posledních 30 let.

Lokalita umístění domu se nachází dle ČSN EN 1991-1-3/Z1 ve sněhové oblasti II. zatížení sněhem do 1 kPa.

5.1.3 Vstupní požadavky solárního systému

Nejdříve bude analyzována běžná spotřeba elektrické domácnosti. V potaz budou brány odlišnosti ve spotřebě v závislosti na způsobu využití. Na základě těchto informací bude navržen požadovaný výkon fotovoltaické elektrárny. K zajištění při výpadcích dodávek elektriny bude sloužit akumulace, v tomto případě ukládání elektrické energie do baterií, ze kterých je možné čerpat v době, kdy slunce nesvítí.

Požadavky na solární systém:

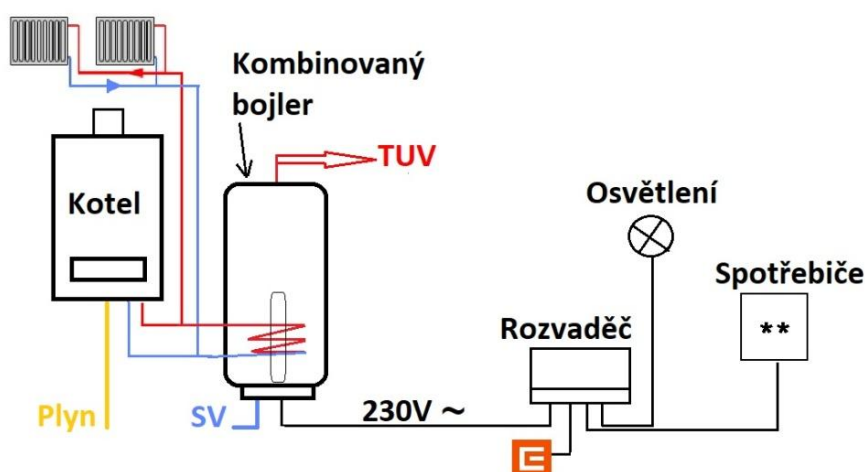
- malovýroba do instalovaného výkonu 10 kW, není potřeba licence ERÚ a být OSVČ,
- zisk z fotovoltaické elektrárny bude spotřebován,
- schopnost samostatného provozu i při výpadku veřejné elektrické sítě,
- akumulace přebytků elektrické energie do baterií a její následné využití v dobách s nedostatečnou produkcí elektrické energie z fotovoltaické elektrárny,
- inteligentní řízení akumulace přebytků elektrické energie,
- inteligentní řízení spotřeby elektrické energie vyrobené z fotovoltaické elektrárny a dodávané z veřejné distribuční elektrické sítě,
- získání dotace z programu „Nová zelená úsporám,“
- možnost vzdáleného monitoringu provozních dat a statistik (mobilní aplikace).

5.1.4 Energetická spotřeba domácnosti

Vytápění rodinného domu je řešeno závěsným plynovým kondenzačním kotlem, který vytváří teplo pro soustavu s deskovými otopnými tělesy. Plynový kotel je dále propojen s kombinovaným bojlerem, ve kterém je přes výměník ohřívána teplá užitková voda. Mimo

topnou sezónu je kombinovaný bojler přepnut do režimu ohřevu za využití elektrické energie. Zjednodušené schéma současného stavu energetického systému rodinného domu je zobrazeno na obrázku č. 25. Obrázek nezahrnuje regulační, ovládací ani bezpečnostní prvky systému. Elektroinstalace byla v rodinném domě renovována v roce 2008. Napěťová soustava je 400/230 V TN-C-S, 50 Hz. Přívody elektroinstalace vyúsťují v domovní rozvodnici. Vnitřní rozvody jsou provedeny měděnými kabely v dutinách stavebních konstrukcí.

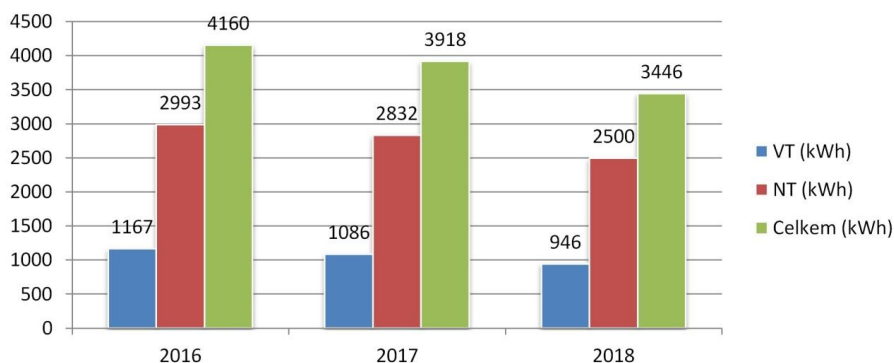
Obrázek č. 25 – Zjednodušené schéma současného stavu



Zdroj: Vlastní tvorba

Celková roční spotřeba elektrické energie domácnosti za období 2016 až 2018 zaznamenala pokles na hodnotu cca 3 450 kWh. Spotřeba v jednotlivých letech je zobrazena na obrázku č. 26. Průměrná denní spotřeba pak v současné době činí cca 9,47 kWh. Požadavek na instalovaný výkon fotovoltaické elektrárny je, aby pokrýval v co nejvyšší míře spotřebu domácnosti. Dle podmínek dotace „Nová zelená úspora“ v kategorii C 3.6, by měla výroba pokrývat spotřebu domácnosti z více jak 70 %. Pro co nejefektivnější ekonomické zhodnocení investice je příhodné dimenzovat výkon fotovoltaické elektrárny tak, aby se výroba co nejvíce přibližovala spotřebě. Nesmí však vyrobit více energie, než kolik činí průměrná dlouhodobá spotřeba domu podle ročních vyúčtování. Do budoucna je předpoklad navýšení spotřeby elektrické energie domácnosti a to z důvodu instalace klimatizace. Roční spotřebu klimatizační jednotky nelze dopředu odhadnout. Na energetickém štítku klimatizace je počítáno s roční spotřebou cca 500 kWh. Po vyhodnocení předpokládané spotřeby domácnosti se dá určit požadovaný výkon fotovoltaické elektrárny. Ta by měla ročně vyrobit cca 3 500 - 3 700 kWh, což odpovídá instalované velikosti cca 3,6 kWp.

Obrázek č. 26 – Vývoj spotřeby elektrické energie domácnosti



Zdroj: Vlastní tvorba

Vzhledem k nerovnoměrné produkci, je účelné energii akumulovat v bateriové bance. Minimální kapacita lithiových baterií je stanovena v kWh a je vypočítávána jako výkon elektrárny vynásobený koeficientem 1,25. Kapacita akumulátorů v realizovaném projektu by měla být cca 4,8 kWh.

V případě, že fotovoltaická elektrárna vytvoří přebytek energie i po nabití akumulátorů, přeměruje se tento přebytek do topného tělesa v bojleru. Přebytečná energie bude akumulována do teplé vody. Instalovaný kombinovaný bojler Q-Termo o objemu 200 litrů je v současné době používán primárně pro ohřev teplé užitkové vody pomocí trubkového výměníku. Teplo dodává v topné sezóně plynový kotel Baxi ECO 3.

5.1.5 Predikce předpokládané výroby elektrické energie

Předpokládaná produkce podle výpočtového odhadu ročního dopadu slunečního záření v daném místě pomocí systému Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) je uvedena v tabulce č. 3. Model vytvořený výzkumným centrem Evropské komise je zaměřený přímo na využití pro fotovoltaické aplikace, umožňuje kalkulaci výroby elektřiny v konkrétním místě kdekoli v Evropě. Dispozice rodinného domu pro síťové připojení odpovídá výkonu cca 3,5 kW. Předpoklad optimálního výkonu hybridní elektrárny je 3,6 kWp. Na obrázku č. 27 je znázorněn předpoklad průměrné měsíční produkce. [29]

Vstupní data:

- lokalita: 49°55'58"N, 17°56'41"E,
- nadmořská výška: 243 metrů nad mořem,
- velikost elektrárny: 3,6 kWp,

- technologie FV panelů: krystalický křemík,
- odhadované celkové ztráty: 26.4 %,
- odklon od jižního směru: 9° východně,
- sklon střechy 45°.

Tabulka č. 3 – Předpokládaná produkce a množství slunečního záření v Opavě

Sklon = 45°, orientace = -9° od jihu				
Měsíc	E_d	E_m	H_d	H_m
Leden	3.44	107	1.17	36.1
Únor	5.47	153	1.91	53.4
Březen	9.75	302	3.54	110
Duben	13.00	389	4.90	147
Květen	12.60	391	4.87	151
Červen	12.50	376	4.92	148
Červenec	12.70	393	5.05	157
Srpen	12.50	386	4.94	153
Září	10.20	305	3.86	116
Říjen	7.72	239	2.83	87.7
Listopad	4.26	128	1.50	45.0
Prosinec	3.24	101	1.12	34.6
Roční průměr:	8.96	272	3.39	103
Celkem za rok:	3270 kWh		1240 kWh.m⁻²	

Zdroj: Photovoltaic Geographical Information System

Kde:

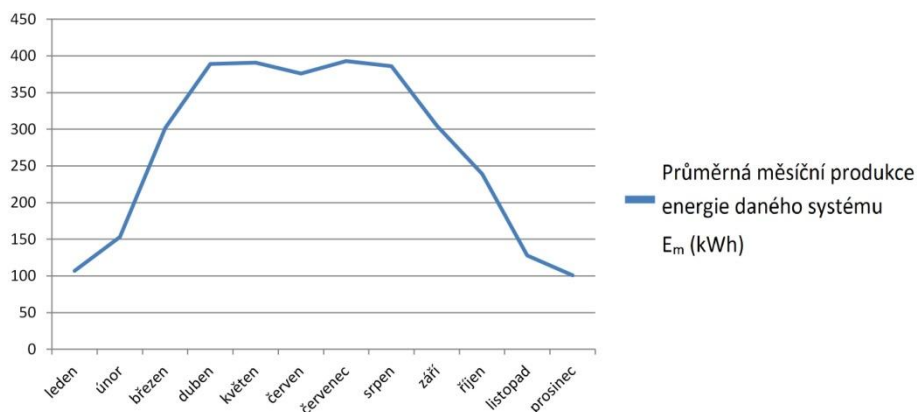
E_d – průměrná denní produkce elektrické energie daného systému (kWh),

E_m – průměrná měsíční produkce elektrické energie daného systému (kWh),

H_d – průměrná denní intenzita slunečního záření (kWh.m⁻²),

H_m – průměrná měsíční intenzita slunečního záření (kWh.m⁻²).

Obrázek č. 27 – Model PVGIS



Zdroj: Photovoltaic Geographical Information System

Predikcí bylo zjištěno, že s výše jmenovanými vstupními podmínkami bude roční produkce elektrické energie ve výši 3 270 kWh. Průměrná denní produkce pak 8,96 kWh. Což potvrzuje předpoklad na požadovaný výkon fotovoltaické elektrárny ve výši cca 3,6 kWp.

5.2 Hybridní fotovoltaický systém pro rodinný dům

Tato část práce je věnována průzkumu trhu k nalezení dostupných řešení k výstavbě hybridní fotovoltaické elektrárny. Veškeré uvedené ceny jsou včetně DPH. V tomto případě se uplatňuje snížená sazba 15 %.

Pro realizovaný typ střechy o sklonu 45°, je díky lepším vlastnostem přeměny dopadajícího difuzního slunečního záření výhodnější zvolit polykrystalický typ fotovoltaických panelů. V konečném rozhodnutí výběru to bude zohledněno.

5.2.1 Průzkum trhu

Z webových prezentací společností zabývajících se problematikou výstavby fotovoltaických elektráren tzv. na „klíč,“ byly vybrány jen ty, které nabízely požadované řešení (hybridní fotovoltaická elektrárna s akumulací do baterií a popřípadě teplé užitkové vody). Dalším parametrem byla možnost realizace elektrárny o výkonu kolem 3,6 kWp. Následně bylo osloveno 5 firem s požadavkem vytvoření konkrétního návrhu řešení pro rodinný dům. V tabulce č. 4 jsou shrnuty základní technické údaje a přibližná cena projektu.

Výsledná cena u všech oslovených společností zahrnuje:

- montáž konstrukce a solárních panelů na střechu objektu,
- kompletní elektromateriál, který je realizován na míru objektu,
- instalaci kabeláže, rozvaděče, měniče napětí, regulátoru nabíjení, baterií,
- zprovoznění hybridní fotovoltaické elektrárny,
- otestování funkcí v případě výpadku i ve standardním provozu,
- projektovou dokumentaci,
- výchozí revizní zprávu,
- posudek specialisty „Nová zelená úsporám,“
- dálkovou správu zařízení přes webové rozhraní popřípadě mobilní aplikací,
- zaškolení uživatele, seznámení s obsluhou a údržbou systému.

Tabulka č. 4 – Nabídky oslovených firem

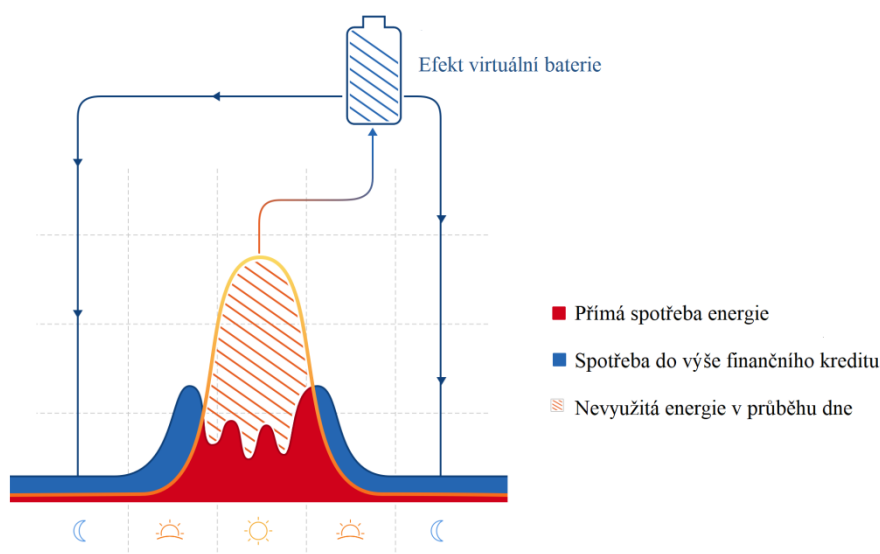
Společnost	Innogy a.s	S-POWER Energies	E.ON Energie a.s.	ČEZ a.s.	IQ Energy s.r.o.
Výkon FVE	3,575 kWp	3,6 kWp	3,64 kWp	3,12 kWp	3,24 kWp
Předpoklad výroby	3 511 kWh	3 500 kWh	neuvádí	3 100 kWh	neuvádí
FV Panel	275 Wp	Jinko Solar 325 Wp	Axitec AC 280P	BenQ Solar 260 Wp	Amerisolar 270 Wp
Počet panelů	13	11	13	12	12
Technologie panelů	Polykrystal	Polykrystal	Polykrystal	Polykrystal	Polykrystal
Střídač	Střídač 1 fázový, nebo hybridní	GoodWe GW3648-EM	SolaX SK-SU3700E	Fronius Symo 3.0-3-S	Imeon 3.6
Akumulace	LiFePO4 4,8 kWh	LiFePO4 4,8 kWh	LiFePO4 4,8 kWh	4 kWh	LiFePO4 4,8 kWh
Záruka na FV panely	12 let	10 let	15 let	10 let	10 let
Záruka na účinnost nad 80 %	30 let	25 let	25 let	25 let	25 let
Záruka na střídač	5 let	5 let	5 let	7 let	5 let
Záruka na baterie	10 let	10 let	10 let	10 let	10 let
Cena s DPH bez dotace	255 290 Kč	235 000 Kč	295 900 Kč	319 936 Kč	257 598 Kč

Zdroj: Vlastní tvorba

I přes dobrý odhad velikosti fotovoltaické elektrárny se v letních měsících při ideálních klimatických podmínkách až třetina vyrobené energie nespotřebuje. Přebytek energie pak musí odejít do distribuční sítě. Proto většina oslovených společností nabízí k solárním systémům tzv. „Virtuální baterii.“ Díky ní lze využít všechnu vyrobenou elektřinu. Proces může řídit wattrouter, který měří výrobu energie, spotřebu domácnosti a množství elektřiny, která je odebírána z baterie, nebo která je do ní ukládána. Průběh výroby a ukládání do virtuální baterie je zobrazen na obrázku č. 28.

Nabídky všech pěti společností až na jednotlivosti jsou srovnatelné, co se týče výkonu, použitých technologií fotovoltaických panelů a kapacity akumulátorů. Výrazně se však odlišují z finančního hlediska. Poskytované záruky na jednotlivé komponenty a předpokládanou účinnost jsou také srovnatelné.

Obrázek č. 28 – Virtuální baterie



Zdroj: www.s-power.cz

Z finančního hlediska vychází nejlépe nabídka společnosti S-Power Energies. Tato společnost na svých internetových stránkách uvádí, že od roku 2017 je největším dodavatelem střešních fotovoltaických elektráren na českém trhu. Vedle kompletního servisu a poradenství společnost svým klientům zajišťuje i získání dotační podpory z programu „Nová zelená úsporám.“ Historie společnosti se píše od roku 2008. Kromě České republiky se etablovala také ve Velké Británii. Od roku 2017 je firma součástí skupiny Energon. Celkově postavili více jak 500 fotovoltaických elektráren o celkovém výkonu 3,5 MWp.

5.2.2 Popis vybraného řešení

V tabulce č. 5 je uveden detail realizované sestavy pro stavbu hybridní fotovoltaické elektrárny z nabídky společnosti S-Power Energies.

Tabulka č. 5 – Detail sestavy

S-Power MAXI+	
Zelená úsporám	C3.6
Velikost elektrárny	3,6 kWp
Roční výroba	3 500 – 3 700 kWh
Přebytky	ukládání do akumulátoru
Počet FV panelů	11
Typ FV panelů	Jinko Solar 325 Wp
Střídač	Hybridní GoodWe GW3648-EM s funkcí záložního zdroje
Akumulátory	lithiové baterie Pylontech US2000B+; 4,8 kWh LifePo4

Zdroj: www.s-power.cz

Pro danou sestavu byla provedena predikce energetické výnosnosti za využití nástroje „SOLARGIS pvPlaner.“ Tento simulační nástroj pro plánování a optimalizaci fotovoltaických systémů využívá poměrně přesných klimatických a geografických dat. Při zpracování jsou použity vysoce výkonné algoritmy nové generace. Využívané simulační metody zahrnují nejnovější teoretické a praktické poznatky z oblasti solárních a fotovoltaických modelů. Kompletní zpráva je obsahem přílohy č. 3.

Fotovoltaické panely

V sestavě je použito 11 ks polykrystalických fotovoltaických panelů Jinko Solar 325 Wp. Čínská společnost Jinko Solar se specializuje na výrobu polykrystalických panelů. Tato společnost je největším výrobcem fotovoltaických panelů na světě. Produktový list je obsažen v příloze č. 4.

Základní parametry panelu Jinko Solar 325 Wp:

- 72 polykrystalických článků (156x156mm),
- rozměry panelu: 1956x992x40mm,
- hmotnost panelu: 22,5 kg,
- odolnost: IP67,
- účinnost panelu: 16,75 %.

Střídač

Použitý hybridní měnič napětí GoodWe je vybaven dvěma MPP trackery a umožňuje připojení jakékoli baterie (GEL, AMG, Li-ion, LiFePO4). Je odolný vůči výpadku distribuční sítě a poskytuje dokonalou zálohu pro rodinný dům. Umožňuje ostrovní provoz. Nabízí 2 samostatné výstupy. Na první výstup se připojí fáze rodinného domu a na druhý výstup se připojují spotřebiče, které mají fungovat i v případě výpadku distribuční sítě. Přejechod do záložního režimu se děje v rámci milisekund. Produktový list je obsažen v příloze č. 5.

Základní parametry střídače GoodWe 3648-EM:

- maximální účinnost: 97,6 %,
- integrovaný měnič a regulátor nabíjení baterií,
- rozměry 347x432x175mm a váha 17 kg,
- bezdrátový monitoring a komunikace (připojen pomocí WiFi).

Akumulace

Akumulace je řešena instalací dvou modulů spolehlivých a výkonných baterií Pylontech US2000 Plus. Předností baterií je použitá technologie LiFePO₄, která se vyznačuje odolností vůči tepelným únikům a maximální bezpečností. Zásadní výhodou Pylontech US2000 Plus je vysoký počet nabíjecích cyklů (6000x) s 80% hloubkou vybití a s tím spojená vysoká životnost. Součástí bateriového úložiště je integrovaný battery management systém pro balanci jednotlivých článků. Kompaktní a sofistikované zařízení je lehce rozšiřitelné, umožňuje postupné zapojení až osmi úložišť najednou. Mohou být umístěny v 19" racku. Produktový list je obsažen v příloze č. 4. Baterie Pylontech US2000 Plus v provedení se 4,8 kWh je zobrazena na obrázku č. 29.

Základní parametry baterie Pylontech US2000 Plus:

- nominální napětí baterie 48V DC,
- nominální proud jednoho bloku 25A,
- kapacita baterie 50AH / 2,4kWh,
- životnost minimálně 10 let,
- rozměry 440 mm x 410 mm x 89 mm,
- váha 24 kg.

Obrázek č. 29 – Baterie Pylontech US2000 Plus



Zdroj: www.s-power.cz

5.3 Stavba hybridní fotovoltaické elektrárny

Instalace solárních panelů na stávající budovu je z pohledu zákona č. 183/2006 Sb. (dále jen stavební zákon) změnou dokončené stavby neboli stavební úpravou. Na stavební úpravy se podle § 79 odst. 6 stavebního zákona nevyžaduje územní rozhodnutí ani územní souhlas. Dle § 103 odst. 1 písm. d) stavebního zákona pak stavební úpravy nevyžadují ohlášku ani stavební povolení za splnění podmínky, že tyto úpravy nezasahují do nosných konstrukcí stavby, nemění se vzhled stavby ani způsob užívání stavby. Nevyžaduje se posouzení vlivů na životní prostředí a jejich provedení nesmí negativně ovlivnit požární bezpečnost stavby. Stavba nesmí být kulturní památkou.

Z uvedených podmínek vyplývá, že instalace fotovoltaického systému na střechu řešeného rodinného domu, který bude i nadále využíván jako obytný objekt, není potřeba stavebního povolení.

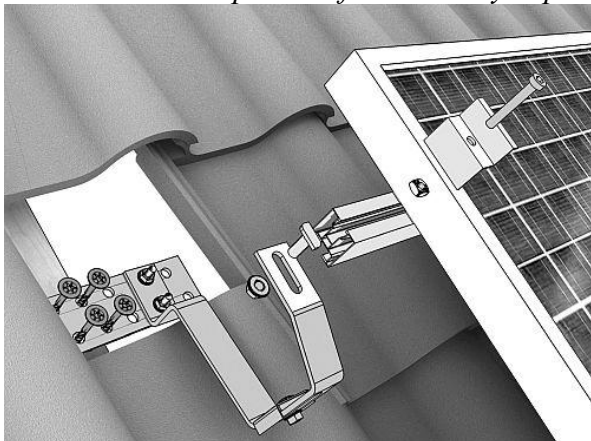
Před samotnou stavbou je potřeba v hlavním rozvaděči připravit samostatný jistič B16/1 s označením FVE. Z tohoto jističe vyvést kabel CYKY 3x2,5 do místa, kde se počítá s umístěním střídače. Zde zakončit krabicí osazenu RSA svorkami. Dále v hlavním rozvaděči je potřeba připravit samostatný jistič B10/1 s označením Back-UP (Záloha) a okruhy, které budou na zálohu připojeny (světla, zálohované zásuvky a okruhy). Z tohoto jističe se vyvede kabel CYKY 3x2,5 do místa, kde se počítá s umístěním střídače. V hlavním rozvaděči je také nutné připravit datový kabel a také ho přivést ke střídači. V hlavním rozvaděči se musí ponechat rezerva 14 volných modulů pro montáž wattrouteru, měřící cívku (na přívodní jednu fázi) a SSR Relé (řízení přebytků) a připravit na jistič B6/1 pro ovládací část wattrouteru. Dále je nutné připravit samostatný přívod kabelem CYKY 3x2,5 z hlavního rozvaděče až do bojleru s jištěním B16/1. Na stejné místo je nutné přivést uzemňovací kabel CYA 1x10. Od střídače je nutné připravit cestu pro silové kabely (DC) na střechu rodinného domu.

5.3.1 Realizace stavby

Instalace malé fotovoltaické elektrárny je poměrně jednoduchá a nevyžaduje žádné složité stavební úpravy. Fotovoltaické panely budou montovány nad střechou pomocí hliníkových konstrukcí. Fotovoltaické panely budou umístěny na jižní straně střechy rodinného domu ve 2 řadách. Krycí krytina zůstane kompletně uchována a zachová si svou funkci odvodu dešťové vody. Pouze na místech, kde jsou upevněny střešní háky, budou tašky opracovány

úhlovou bruskou. Střešní háky nemění polohu tašek. Na instalované háky se pak přichytí nosná konstrukce. Následně budou upevněny fotovoltaické panely a to pomocí svorek. Mezi moduly musí zůstat dilatační spára, kvůli tepelné roztažnosti. Na obrázku č. 30 je zobrazeno upevnění střešního háku a fotovoltaického panelu.

Obrázek č. 30 – Upevnění fotovoltaických panelů na střechu



Zdroj: www.solarninovinky.cz

V technické místnosti bude provedeno zavěšení střídače GoodWe GW3648-EM na zeď pomocí držáku. Následně se připojí baterie, kabely z fotovoltaických panelů a připojení k (AC) rozvodné síti. Připravená elektroinstalace bude zapojena na straně kombinovaného bojleru a v domácím elektrickém rozvaděči. V domácím rozvaděči bude umístěno regulační měření hybridního střídače, wattrouter a Solar iBoost, který bude bezdrátově komunikovat s řídicí jednotkou bojleru. Schéma zapojení všech prvků fotovoltaické elektrárny je v příloze č. 7. Baterie by měly být instalovány co nejbližší ke střídači.

5.3.2 Revize

U Fotovoltaických systémů spojených s elektrorozvodnou sítí je nutno brát v úvahu ČSN EN 62446:2010. Tato norma definuje minimální informace a dokumentaci, která musí být předána zákazníkovi po instalaci fotovoltaického systému připojeného do sítě. Tato norma také popisuje minimální zkoušky při uvádění do provozu, kontrolní kritéria a dokumentaci předpokládanou pro ověření bezpečné instalace a správnou obsluhu systému. Požadavky normy se využívají také při opakovaných zkouškách. Mezi specifické úkoly normy patří, jak vyhodnotit ochranu před úrazem elektrickým proudem, před nebezpečím požáru a nebezpečím zranění osob v důsledku mechanických působení a účinků jiných vnějších vlivů. Norma navazuje na normu pro fotovoltaické moduly, kterou je ČSN EN 61730-1

Způsobilost k bezpečné činnosti fotovoltaických modulů, ale především na ČSN 33 2000 Elektrické instalace nízkého napětí a ČSN 33 2000-7-712:2006 Elektrické instalace budov. Jako další je pak uveden soubor ČSN EN 61557, který platí pro elektrické měřicí a zkušební přístroje. [30]

Před samotnou revizí, kdy se budou provádět zkoušky a měření, je třeba zařízení prohlédnout. Prohlídka stejnosměrné části se zaměřuje na skutečnost, že stejnosměrná soustava je položena, zvolena a zřízena z hlediska všeobecných požadavků. Dále je třeba prokázat, že použité stejnosměrné součástky odpovídají pro provozování při DC proudu a nejvyšším možném napětí stejnosměrné soustavy i pro nejvyšší jmenovitý proud. Zda je realizována ochrana použitím zařízení třídy ochrany II. Systémy instalace musí být vybrány a namontovány tak, aby vydržely předpokládané vnější vlivy, jako jsou vítr, utváření ledu, teploty a sluneční záření. Také je potřeba prohlédnout ochrany před přepětím, prohlédnout střídavé sítě v souvislosti se zapojením měniče a provést prohlídku označení a identifikace součástí systému. [30]

Při samotné revizi se provedou tyto úkony:

- zkoušky všech střídavých obvodů,
- prohlídka stejnosměrného systému,
- spojitost ochranných vodičů a/nebo vodičů ekvipotenciálního pospojování,
- ověření polarity,
- zkouška napětí naprázdno,
- zkouška zkratového proudu,
- funkční zkouška,
- izolační odpor stejnosměrných obvodů.

Jestliže se provádí výchozí revize nového zařízení, musí zpráva o zkoušce obsahovat doplňující údaje ohledně osoby, která bude odpovědná za projekt, stavbu a zkoušení systému, i rozsah její odpovědnosti. Musí obsahovat také doporučení lhůt pro provádění pravidelných revizí. U hybridní fotovoltaické elektrárny je pravidelná revize stanovena v intervalu 4 let. Potvrzením o provedené revizi je vydaný protokol.

5.3.3 Připojení do energetické sítě

Nově zřizovat, rozšiřovat a upravovat výrobu elektřiny připojovanou k distribuční soustavě je možno jen se souhlasným vyjádřením společnosti ČEZ Distribuce, a. s., které je vydáváno na základě podaného vyplněného a podepsaného formuláře. Připojení lze realizovat buď ve standardním režimu, který umožňuje zpeněžit přetoky elektřiny do sítě, anebo v zjednodušeném režimu pro připojování tzv. mikrozdrojů, který prodej přetoků neumožňuje.

Realizovanou fotovoltaickou elektrárnu lze považovat za „mikrozdroj.“ Aby bylo možné využití zjednodušeného režimu pro připojování k distribuční soustavě, je třeba splnit následující podmínky:

- výroba je určena pro paralelní provoz s distribuční soustavou nízkého napětí,
- jmenovitý střídavý fázový proud nepřesahuje 16 A na fázi,
- celkový instalovaný výkon výroby nepřesahuje 10 kW.

Aby mohl být „mikrozdroj“ připojen ve zjednodušeném režimu, musí navíc splňovat následující podmínky:

- naměřená hodnota impedance proudové smyčky nepřesahuje hodnotu 0,47 Ohmů (pro zdroje do 16 A), respektive hodnotu 0,75 Ohmů (pro zdroje do 10 A),
- technické zamezení přetokům vyrobené elektřiny do distribuční soustavy,
- uzavření smlouvy s provozovatelem distribuční soustavy.

V případě připojení ve standardním režimu je možný odkup přetoků elektrické energie distributorem za velkoobchodní cenu.

5.4 Výpočet ekonomických ukazatelů

Celková cena vybraného produktu S-POWER MAXI+ je 235 000 Kč.

Cena zahrnuje:

- návrh FV elektrárny,
- vyřízení veškeré administrativy spojené se zprovozněním FV elektrárny,
- vyřízení dotace „Nová zelená úsporám,“

- dodávku všech komponentů FV elektrárny,
- odbornou montáž panelů,
- provedení elektroinstalačních prací a případných drobných stavebních úprav,
- dodání regulace na ohřev teplé užitkové vody z přebytků,
- revizi systému,
- konečné zprovoznění.

5.4.1 Dotace – zelená úsporám

„Nová zelená úsporám“ je program Ministerstva životního prostředí administrovaný Státním fondem životního prostředí ČR zaměřený na úspory energie a obnovitelné zdroje energie v rodinných a bytových domech. Je k dispozici od 22. 10. 2015 a žádosti jsou přijímány až do 31. 12. 2021. Oprávněnými žadateli o tento typ dotace jsou vlastníci, popřípadě stavitelé rodinných domů. Výše dotace na jednu žádost je omezena na nejvýše 50 % doložených investičních nákladů. Maximální výše je stanovena na 5 000 000 Kč. V tabulce č. 6 jsou vyjmenovány jednotlivé dotační tituly podporovaných typů solárních systémů.

Hlavním cílem programu je zlepšit stav životního prostředí snížením produkce emisí znečišťujících látek a skleníkových plynů (především emisí CO₂). Záměrem programu je dosáhnout úspory energie v konečné spotřebě a stimulovat ekonomiku ČR s dalšími sociálními přínosy, kterými jsou například zvýšení kvality bydlení občanů, zlepšení vzhledu měst a obcí, nastartování dlouhodobých progresivních trendů.

Tabulka č. 6 – Podporované typy solárních systémů

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

Zdroj: Státní fond životního prostředí ČR

Vzhledem k vysokému zatížení ovzduší Moravskoslezského a Ústeckého kraje je dotace pro majitele rodinných domů v těchto lokalitách o 10 procent vyšší. Realizovaný projekt vychází z předpokladu stavby fotovoltaického systému s akumulací elektrické energie a s předpokládaným celkovým využitelným ziskem v rozmezí 3 500 - 3 700 kWh. To spadá do kategorie podoblasti podpory „C. 3.6.“

Podmínky pro zisk dotace v kategorii C. 3.6:

- maximální FV výkon systému 10 kWp,
- systém musí být propojen s distribuční soustavou,
- EURO účinnost použitého střídače musí být minimálně 94 %,
- systém musí být vybaven technologií MPPT (Maximum Power Point Tracking),
- minimální účinnost je 15 % pro polykrystalické a monokrystalické panely, 10 % pro amorfní panely,
- systém musí být umístěn na stavbě evidované v katastru nemovitostí,
- nejméně 70 % z teoretického solárního zisku musí být spotřebováno v domě,
- systém musí dosáhnout alespoň 3 000 kWh teoretického solárního zisku za rok,
- minimální kapacita akumulátoru 1,75 kWh na instalovaný 1 kWp fotovoltaických panelů pro olověné akumulátory,
- minimální kapacita akumulátoru 1,25 kWh na instalovaný 1 kWp fotovoltaických panelů pro lithiové akumulátory,
- předložení odborného posudku a projektové dokumentace.

Při splnění těchto podmínek je výše dotace k řešenému projektu 100 000 Kč. Další dotace je ve výši 5 000 Kč na vypracování odborného posudku. Vzhledem k tomu, že rodinný dům se nachází v Moravskoslezském kraji, je tato dotace ještě o 10 % navýšena. Celková dotace na výstavbu fotovoltaického systému s akumulací je ve výši 115 000 Kč. Žádat je možné elektronicky prostřednictvím webového portálu www.novazelenausporam.cz před zahájením, v průběhu nebo po dokončení realizace podporovaných opatření. Formulář žádosti o dotaci je obsažen v příloze č. 8. V našem realizovaném případě se o vyřízení dotace kompletně postará společnost S-Power Energies.

5.4.2 Výpočet vyrobené energie a celkových příjmů

Pro určení výchozí hodnoty vyrobené energie můžeme vycházet z predikcí PVGIS a SOLARGIS. Oba nástroje využívají shodné vstupní údaje. Výkon elektrárny byl stanoven na 3,6 kWp a dále byly vloženy vstupní data o geografické poloze rodinného domu, sklonu střechy a odklonu od jižního azimutu. Predikativní nástroj PVGIS vypočetl průměrnou roční výrobu elektrické energie ve výši 3 270 kWh. Průměrná roční výroba elektřiny dle predikce systému SOLARGIS je 3 746 kWh. Pro další výpočty bude použita hodnota vypočtena z průměru těchto dvou hodnot. Průměrná očekávaná hodnota vyrobené elektrické energie fotovoltaickou elektrárnou za rok je tedy 3 508 kWh. Výkon fotovoltaické elektrárny však postupně klesá. Garantovaný pokles účinnosti je o 0,8 % za rok. Při tomto tempu poklesu účinnosti se uvažuje o minimální době využívání fotovoltaického systému 25 let. I když z praxe je známo, že pokles je nižší, tak pro výpočtové modely se bude vycházet z tohoto faktu. V tabulce č. 7 je zobrazena předpokládaná vyrobená elektrická energie v jednotlivých letech v závislosti na poklesu účinnosti.

Tabulka č. 7 – Vyrobená elektrická energie v jednotlivých letech

Vyrobená energie v jednotlivých letech v závislosti na poklesu výkonu FVE												
Rok	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
kWh	3508,0	3479,9	3452,1	3424,5	3397,1	3369,9	3342,9	3316,2	3289,7	3263,4	3237,3	3211,4
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
3185,7	3160,2	3134,9	3109,8	3084,9	3060,3	3035,8	3011,5	2987,4	2963,5	2939,8	2916,3	2892,9
Celkem kWh:	79 775											

Zdroj: Vlastní výpočty

Předpokládaný příjem je roven takovému množství vyrobené a využití energie, kterou jsme nemuseli nakoupit od distributora. Při vynásobení tohoto množství s cenou za kWh vypočítáme ušetřenou finanční částku. Průměrná celková cena elektrické energie v roce 2019 je 4,28 Kč za kWh. V tabulce č. 8 jsou zobrazeny ušetřené finanční částky.

Tabulka č. 8 – Roční příjmy z vyrobené elektrické energie

Celkové příjmy (Kč)												
Rok	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Kč	15014	14894	14775	14657	14540	14423	14308	14193	14080	13967	13855	13745
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
13635	13526	13417	13310	13204	13098	12993	12889	12786	12684	12582	12482	12382
Celkem:	341 438 Kč											
Roční průměr:	13 657,5 Kč											

Zdroj: Vlastní výpočty

V prvním roce je cena vyrobené elektřiny v hodnotě 15 014 Kč. Celkové výnosy za 25 let jsou 341 438 Kč. V tomto výpočtu však nejsou brány v potaz provozní náklady.

Provozní náklady se skládají z povinné revize, která se provádí každé 4 roky a dále z pojištění. Revize zajišťuje společnost S-POWER a její cena je 2 500 Kč. Náklady na kontrolu prvků a čištění panelů na střeše nejsou brány v úvahu. Majitel zajistí svépomocí. Pojištění je obdobné jako pojištění budov. Z toho vychází uvedená cena 300 Kč. Lze však sjednat pojišťovací produkty, které budou pokrývat pojištění pro případ odcizení, vandalismu, živelných pohrom, nebo odpovědnosti z provozu. Náklady za recyklaci panelů po ukončení jejich životnosti nejsou započítány. Od roku 2013 jsou zahrnuty do pořizovací ceny, recyklaci tedy zaplatí výrobce, dovozce nebo prodejce. Provozní náklady jsou zobrazeny v tabulce č. 9.

Tabulka č. 9 – Provozní náklady

Provozní náklady	Cena za rok
Povinné revize:	625 Kč
Pojištění:	300 Kč
Virtuální baterie:	363 Kč
Celkem:	1 288 Kč

Zdroj: Vlastní výpočty

Při výpočtech je nutné brát v úvahu, kolik z vyrobené elektrické energie fakticky využijeme. Jak už bylo popsáno, výroba je nerovnoměrná v závislosti na ročním období, klimatických podmínkách a fázi dne. Spotřeba domácnosti je také nerovnoměrná. Během roku se objevují výkyvy v podobě vyššího použití osvětlení v zimním období, kdy jsou kratší dny. Vytápění domu je řešeno plynovým kondenzačním kotlem. Takže další disproporci mezi letním a zimním obdobím vytápění nenavyšuje. V řešeném případě budeme vycházet z předpokladu, že nenakoupená energie je rovna hodnotě výroby. Tedy zužitkujeme 100 % vyrobené elektrické energie. Při vysoké výrobě je energie akumulována do baterií a následně do ohřevu teplé užitkové vody v bojleru. Následné přebytky jsou předány do distribuční sítě. Společnost S-Power Energies ve spolupráci s alternativním distributorem Bohemia Energy nabízí službu „Bonus S-POWER“ s efektem virtuální baterie. Využitím této služby je pak možno přebytečnou energii uložit ve formě finančního kreditu na zákaznickém účtu za tržní cenu. Energie se pak může kdykoliv spotřebovat, a to až do výše získaného kreditu. Cena za službu výkupu elektřiny a převzetí odpovědnosti za odchylku činí 363 Kč za MWh. Množství dodané energie do sítě není omezeno. Předpoklad v závislosti na spotřebě a výrobě je, že maximální roční využití virtuální baterie bude do 1 MWh ročně. Náklady na virtuální baterii jsou započítány v provozních nákladech.

Pomocí těchto zjištěných a vypočítaných údajů lze určit průměrné Cash flow. To poslouží pro výpočet výnosnosti a návratnosti investice. Cash flow vyjadřuje rozdíl mezi příjmy a výdaji. Výsledek je zobrazen v tabulce č. 10.

Tabulka č. 10 – Cash flow

S-POWER MAXI+	
Vstupní investice:	120 000 Kč
Celkové Cash flow:	309 238 Kč
Průměrné Cash flow:	12 369,5 Kč

Zdroj: Vlastní výpočty

5.4.3 Výnosnost a doba návratnosti investice

K výpočtu doby návratnosti je použit vzorec (1) „**prostá doba návratnosti**.“ Tento vzorec je sice nejjednodušší, ale je nejméně vhodný. Jedná se o podíl investičních nákladů a průměrných ročních přínosů projektu. Jde pouze o teoretický odhad návratnosti investice.

$$T_s = \frac{IN}{CF} \quad (1)$$

Kde: T_s – doba návratnosti (roky)

IN – investiční, jednorázové náklady (Kč)

CF – roční úspora nákladů (Kč)

$$T_s = \frac{120000}{12369,5} = 9,7 \text{ roků}$$

$$T_s = \frac{235000}{12369,5} = 19 \text{ roků}$$

Na základě výpočtu dle vzorce (1) byla prostá doba návratnosti investice vypočtená na přibližně 10 let. Při plné ceně, bez uplatnění dotace „Nová zelená úsporám,“ by doba návratnosti stoupla až na 19 let. Tento vzorec ovšem neumožňuje počítat s rozdílnými peněžními toky v jednotlivých letech. Proto byla použita průměrná hodnota Cash flow.

Reálná (diskontovaná) doba návratnosti – hodnotí, za jak dlouho se investice vrátí s ohledem na úrokovou míru. Zvažuje se i míra výnosnosti investice. Například ponechání

peněz na spořicímu účtu (úroková roční sazba v roce 2019 na termínovaných vkladech se pohybuje kolem cca 2 %). Reálnou dobu návratnosti lze vypočítat pomocí vzorce (2).

$$\sum_{t=1}^{T_{sd}} CF_t \cdot (1+r)^{-t} - IN = 0 \text{ (roky)} \quad (2)$$

Kde: T_{sd} – doba návratnosti (roky)

CF_t – roční úspora nákladů (Kč)

r – diskontní míra (%)

IN – investiční, jednorázové náklady (Kč)

Tabulka č. 11 – Reálná (diskontovaná) doba návratnosti

Rok	IN+CF (Kč)	r = 2 %	r = 4 %
1	13726,2	13457,1	13198,3
2	13606,1	13077,8	12579,6
3	13487,0	12709,1	11989,9
4	13368,8	12350,7	11427,7
5	13251,5	12002,3	10891,8
6	13135,2	11663,7	10380,9
7	13019,8	11334,5	9894,0
8	12905,4	11014,6	9429,8
9	12791,8	10703,6	8987,4
10	12679,2	10401,3	8565,6
11	12567,4	10107,5	8163,6
12	12456,6	9821,9	7780,3
13	12346,6	9544,3	7415,1
14	12237,6	9274,5	7066,9
15	12129,4	9012,3	6735,0
16	12022,0	8757,4	6418,7
17	11915,5	8509,6	6117,1
18	11809,9	8268,8	5829,7
19	11705,1	8034,8	5555,7
20	11601,2	7807,3	5294,6
21	11498,1	7586,1	5045,7
22	11395,8	7371,2	4808,5
23	11294,3	7162,3	4582,4
24	11193,6	6959,3	4366,9
25	11093,8	6762,0	4161,5
Průměr:		9747,8	7867,5
Reálná doba návratnosti:		12,3	15,3

Zdroj: Vlastní výpočty

Pro výpočet reálné (diskontované) doby návratnosti byl použit vzorec (2). Obecně platí, že čím je diskontovaná doba návratnosti kratší, tím spíše lze projekt doporučit k realizaci. V tabulce č. 11 jsou zobrazeny výpočty reálné doby návratnosti za předpokladu diskontních sazeb ve výši 2 % a 4 %. Předpokládáme, že investor má jako alternativní investici k dispozici termínovaný finanční produkt s obdobným rizikem s tímto úročením. Sazba 4 % je spíše pro porovnání, takové úročení s nízkým rizikem v současné době nikdo nenabízí. Reálná doba návratnosti investice při diskontní sazbě 2 % je 12,3 roků a při 4 % diskontní sazbě 15,3 roků.

Čistá současná hodnota NPV (Net Present Value) – je to rozdíl mezi diskontovanými peněžními toky po celou dobu životnosti investice a investičním výdajem. Základem metody je součet příjmů a výdajů (Cash flow), který je vypočítáván v současné hodnotě. Pomocí diskontování jsou částky přepočítané na hodnotu peněz v době vytvoření investice. Výsledná hodnota udává, o kolik se zvýšila hodnota nad investovanou částku. Čistá současná hodnota se dá vypočítat pomocí vzorce (3).

$$NPV = \sum_{t=1}^{T_z} CF_t \cdot (1+r)^{-t} - IN \quad (3)$$

Kde: NPV – čistá současná hodnota

T_z – doba životnosti (roky)

CF_t – roční úspora nákladů v roce (t)

r – diskontní míra (%)

IN – investiční výdaj (Kč)

Za pomoci vzorce (3) byla vytvořena tabulka č. 12, ve které je proveden výpočet čisté současné hodnoty investice. V prvním sloupci byly využity hodnoty počáteční investice a Cash flow v jednotlivých letech. V dalším sloupci výpočtů byla implementována obnova akumulátorů v patnáctém roce používání. Cena obnovy je ve výši 55 000 Kč. U obou výpočtů byla použita diskontní sazba ve výši 2 % a 4 %. Čistá současná hodnota investice při diskontní sazbě 2 % se započítanou obnovou akumulátorů v patnáctém roce užívání je 82 828 Kč. Diskontní sazba 4 % a investice bez obnovy akumulátorů je uvedena pro porovnání hodnot.

Tabulka č. 12 – Čistá současná hodnota (NPV)

Rok	IN+CF (Kč)	Bez obnovy		S obnovou akumulátoru	
		NPV r = 2 %	NPV r = 4 %	NPV r = 2 %	NPV r = 4 %
0	-120000	-120000	-120000	-120000	-120000
1	13726,2	13457,1	13198,3	13457,1	13198,3
2	13606,1	13077,8	12579,6	13077,8	12579,6
3	13487,0	12709,1	11989,9	12709,1	11989,9
4	13368,8	12350,7	11427,7	12350,7	11427,7
5	13251,5	12002,3	10891,8	12002,3	10891,8
6	13135,2	11663,7	10380,9	11663,7	10380,9
7	13019,8	11334,5	9894,0	11334,5	9894,0
8	12905,4	11014,6	9429,8	11014,6	9429,8
9	12791,8	10703,6	8987,4	10703,6	8987,4
10	12679,2	10401,3	8565,6	10401,3	8565,6
11	12567,4	10107,5	8163,6	10107,5	8163,6
12	12456,6	9821,9	7780,3	9821,9	7780,3
13	12346,6	9544,3	7415,1	9544,3	7415,1
14	12237,6	9274,5	7066,9	9274,5	7066,9
15	12129,4	9012,3	6735,0	-31853,5	-23804,5
16	12022,0	8757,4	6418,7	8757,4	6418,7
17	11915,5	8509,6	6117,1	8509,6	6117,1
18	11809,9	8268,8	5829,7	8268,8	5829,7
19	11705,1	8034,8	5555,7	8034,8	5555,7
20	11601,2	7807,3	5294,6	7807,3	5294,6
21	11498,1	7586,1	5045,7	7586,1	5045,7
22	11395,8	7371,2	4808,5	7371,2	4808,5
23	11294,3	7162,3	4582,4	7162,3	4582,4
24	11193,6	6959,3	4366,9	6959,3	4366,9
25	11093,8	6762,0	4161,5	6762,0	4161,5
NPV:		123 694 Kč	76 687 Kč	82 828 Kč	46 147 Kč

Zdroj: Vlastní výpočty

Vnitřní výnosové procento IRR (Internal Rate of Return) – upravuje vzorec (4), a je to taková výše diskontní sazby, při které se čistá současná hodnota rovná nule. Čím je vnitřní výnosové procento větší, tím spíše lze projekt doporučit k realizaci.

$$\sum_{t=1}^{T_z} CF_t \cdot (1 + IRR)^{-t} - IN = 0 \quad (4)$$

Kde: IRR – vnitřní výnosové procento

T_z – doba životnosti (roky)

CF_t – roční úspora nákladů v roce t (Kč)

IN – investiční výdaj (Kč)

V tabulce č. 13 je zobrazen výpočet vnitřního výnosového procenta za pomocí vzorce (4). V tabulce jsou zobrazeny i vstupní údaje z jednotlivých let (IN+CF). Ve druhém sloupci je při výpočtu vnitřního výnosového procenta zahrnuta i cena obnovy akumulátorů v patnáctém roce využívání fotovoltaického systému. Ve třetím sloupci je pro porovnání zobrazeno vnitřní výnosové procento vypočtené z plné ceny, kdy není započtena dotace „Nová zelená úsporám.“ V dalších sloupcích je pro porovnání zobrazen výpočet pro solární systém navržený společností Innogy, který byl technologicky prakticky shodný, jen cenově dražší o 20 290 Kč.

Tabulka č. 13 – Vnitřní výnosové procento (IRR)

S-POWER				Innogy		
S dotací NZU			IN+CF Bez dotace	S dotací NZU		
Rok	IN+CF (Kč)	IN+CF obnova akumulátoru		Roky	IN+CF (Kč)	IN+CF obnova akumulátoru
0	-120000	-120000	-235000,0	0	-140290,0	-140290,0
1	13726,2	13726,2	13726,2	1	13726,2	13726,2
2	13606,1	13606,1	13606,1	2	13606,1	13606,1
3	13487,0	13487,0	13487,0	3	13487,0	13487,0
4	13368,8	13368,8	13368,8	4	13368,8	13368,8
5	13251,5	13251,5	13251,5	5	13251,5	13251,5
6	13135,2	13135,2	13135,2	6	13135,2	13135,2
7	13019,8	13019,8	13019,8	7	13019,8	13019,8
8	12905,4	12905,4	12905,4	8	12905,4	12905,4
9	12791,8	12791,8	12791,8	9	12791,8	12791,8
10	12679,2	12679,2	12679,2	10	12679,2	12679,2
11	12567,4	12567,4	12567,4	11	12567,4	12567,4
12	12456,6	12456,6	12456,6	12	12456,6	12456,6
13	12346,6	12346,6	12346,6	13	12346,6	12346,6
14	12237,6	12237,6	12237,6	14	12237,6	12237,6
15	12129,4	-42870,6	12129,4	15	12129,4	-42870,6
16	12022,0	12022,0	12022,0	16	12022,0	12022,0
17	11915,5	11915,5	11915,5	17	11915,5	11915,5
18	11809,9	11809,9	11809,9	18	11809,9	11809,9
19	11705,1	11705,1	11705,1	19	11705,1	11705,1
20	11601,2	11601,2	11601,2	20	11601,2	11601,2
21	11498,1	11498,1	11498,1	21	11498,1	11498,1
22	11395,8	11395,8	11395,8	22	11395,8	11395,8
23	11294,3	11294,3	11294,3	23	11294,3	11294,3
24	11193,6	11193,6	11193,6	24	11193,6	11193,6
25	11093,8	11093,8	11093,8	25	11093,8	11093,8
IRR	9,64 %	7,90 %	2,32 %	IRR	7,67 %	5,91 %
(zaokr.)	10 %	8 %	2 %	(zaokr.)	8 %	6 %

Zdroj: Vlastní výpočty

6 Zhodnocení výsledků

Po vyhodnocení vstupních podmínek a představ investora, byla vybrána jako optimální varianta „Hybridní fotovoltaická elektrárna“ o výkonu cca 3,6 kWp s akumulací do baterií a následně do ohřevu teplé užitkové vody. Porovnáním nabídek společností, které se stavbou domácích fotovoltaických elektráren zabývají, bylo vybráno řešení od společnosti S-Power Energies. Společnost je největším dodavatelem fotovoltaiky v ČR a cenová nabídka byla nejnižší ze všech oslovených firem. Společnost ve spolupráci s alternativním distributorem Bohemia Energy nabízí i funkci „virtuální baterie.“ Nerovnoměrnost výroby a spotřeby vyrovnává akumulace do fyzických baterií a ohřevu teplé užitkové vody, ale až právě služba virtuální baterie zaručuje využití veškeré vyrobené elektrické energie k vlastní spotřebě.

Celý projekt by byl financován z vlastního kapitálu investora. Proto ve výpočtech nebyly započítány náklady na poskytnuté úvěry a půjčky. Financování realizované spotřebitelským úvěrem by znamenalo zásadní snížení průměrných ročních příjmů. Průměrná úroková sazba je cca 6 %.

Celková cena hybridní fotovoltaické elektrárny o výkonu 3,6 kWp s akumulací od společnosti S-Power Energies je 235 000 Kč. Při splnění všech podmínek dotačního programu „Nová zelená úsporám“ by investorovi byla udělena dotace ze Státního fondu životního prostředí ve výši 115 000 Kč.

Provozování hybridní fotovoltaické elektrárny nese sebou vysoké provozní náklady. V projektu byly vypočítány roční náklady, které se skládaly ze součtu nákladů za pravidelné revize, pojištění a služby virtuální baterie. Celkové předpokládané roční provozní náklady budou 1 288 Kč. Do provozních nákladů nebyly započítány náklady za běžnou údržbu, kterou si investor zajistí svépomocí. Náklady za recyklaci po ukončení životnosti systému jdou na vrub výrobce nebo dodavatele.

Do nákladů je potřeba započítat také náklady na obnovu. Životnost instalované baterie je stanovena minimálně na 10 let. S garancí 6000 nabíjecích cyklů, je pravděpodobnost doby využitelnosti delší. V předpokládané minimální 25leté době životnosti fotovoltaických panelů budou muset být baterie určitě vyměněny. Cena 2 ks instalovaných baterií PylonTech US2000B Plus - 2,4kWh je v současné době cca 55 000 Kč. Předpokladem je, že v době obnovy baterií (cca za 15 let) budou ceny baterií pro fotovoltaické elektrárny nižší, a užité

vlastnosti z důvodu technologického rozvoje lepší. Pro výpočty byla použita současná cena tedy 55 000 Kč. Otázka, která nebyla brána v řešeném případě v úvahu, je obnova dalších prvků systému. O této skutečnosti žádný prodejce neinformuje. Výměna střídače, nosných prvků nebo elektroinstalace v průběhu životnosti systému se zdá být pravděpodobná.

6.1 Ekonomické vyhodnocení

Před samotnými výpočty ekonomických ukazatelů bylo nutné stanovit předpokládanou výši vyrobené elektrické energie. Pomocí prediktivních nástrojů SOLARGIS a PVGIS byly určeny předpokládané energetické zisky. Vstupními parametry predikce byly informace o konkrétní geografické lokalitě objektu, parametrech střechy a výkonu použitého solárního systému. K výpočtům byl následně použit průměr z obou predikcí, který činil 3 508 kWh vyrobené elektrické energie za rok. Tento údaj byl dále použit pro stanovení energetických zisků v jednotlivých letech v závislosti na poklesu účinnosti panelů. Pokles účinnosti byl stanoven na výši 0,8 % ročně. Ten je garantován výrobcem. Pro určení ročních příjmů z investice byla vzata v úvahu teze, že se jedná o energii, kterou jsme nemuseli nakoupit od distributora. Suma této energie byla vynásobena průměrnou cenou koncové elektřiny v roce 2019. Byla použita hodnota 4,28 Kč za kWh. Vychází se ze současného stavu. Predikce vývoje ceny elektrické energie hovoří o jejím zdražování. To by zlepšovalo ekonomický efekt investice.

Z těchto údajů byla vypočtena prostá doba návratnosti, která udává dobu návratnosti na 9,7 roků. V tomto období ještě nebude potřeba obnova některých prvků systému, proto nejsou započítány. Pro porovnání byla vypočtena i prostá doba návratnosti investice pro realizaci bez dotace. Tato doba je pak 19 roků. Z toho plyne jednoznačný závěr, že bez dotace tato investice není tak ekonomicky výhodná. Při výpočtu reálné (diskontované) doby návratnosti byla vzata v úvahu i možnost investování stejné částky do jiného stejně rizikového projektu. Diskontní sazba byla stanovena na výši 2 %, a pro porovnání 4 %. Diskontovaná doba návratnosti v řešeném případě se sazbou 2 % je 12,3 roků.

Čistá současná hodnota je v tabulce č. 12 vypočtená pro porovnání v několika variantách. Pro zvážení investice je podstatná varianta, která započítává 2 % diskontní sazbu a počítá s obnovou akumulátorů v patnáctém roce využívání solárního systému. Tato hodnota je 82 828 Kč. Vnitřní výnosové procento je při stejných parametrech 7,9 %. Souhrnné ekonomické výsledky analýzy jsou zobrazeny v tabulce č. 14.

Tabulka č. 14 – Souhrn ekonomických údajů investice

S-POWER MAXI+	
Vstupní investice:	235 000 Kč
Dotace NZU:	115 000 Kč
Roční provozní náklady:	1 288 Kč
Celkové Cash flow:	309 238 Kč
Průměrné roční Cash flow:	12 369,5 Kč
Prostá doba návratnosti:	9,7 roků
Diskontovaná doba návratnosti:	12,3 roků
Čistá současná hodnota:	82 828 Kč
Vnitřní výnosové procento:	7,9 %

Zdroj: Vlastní výpočty

6.2 Doporučení

Uvažujeme-li o financování projektu z vlastního kapitálu investora, tak z hlediska všech statických i dynamických ekonomických výkonových ukazatelů, lze projekt doporučit k realizaci. Výsledek však ovlivňuje mnoho faktorů, které můžeme predikovat, ale skutečnost může být v budoucnosti jiná. Jde zejména o vývoj ceny elektrické energie, úroveň inflace, výši diskontních sazeb, změnu klimatických podmínek na našem území, budoucí ceně jednotlivých komponentů systému a budoucí legislativě. Všechny jmenované neznámé se z dnešního pohledu zdají být svým vývojem ve prospěch návratnosti investice.

Investice do fotovoltaické elektrárny by se neměla brát jen z pohledu výnosnosti a doby návratnosti. Její realizaci lze získat částečnou nezávislost na distribuční síti elektrické energie. A to jak po stránce ekonomické, tak zejména k zajištění ochrany pro případ výpadku dodávek elektřiny. Výpadky mohou být krátkodobé, ale i dlouhodobé z důvodu kalamitního stavu vlivem počasí nebo při globálním výpadku distribuční sítě tzv. „Blackout.“ Vlastní zdroj elektrické energie má poté ekonomický přínos nepřímo (nedojde např. ke zkažení potravin). Dalším ekonomickým přínosem je navýšení ceny nemovitosti. Tyto faktory je však obtížné zohlednit při výpočtech ekonomických ukazatelů.

I po uplynutí 25 let bude pravděpodobně fotovoltaická elektrárna stále funkční, nebude důvod ji likvidovat. Může pak poskytovat výkon i další roky a tím zvýšit výnosnost investice (Čistou současnou hodnotu).

7 Závěr

Na základě stanovených cílů této diplomové práce byla v teoretické části vytvořena literární rešerše zabývající se problematikou využití solárních kolektorů v podmínkách ČR. Větší prostor byl věnován přeměně sluneční energie v elektrickou energii z důvodu zaměření práce na realizaci projektu hybridní fotovoltaické elektrárny.

Úvodní část práce byla věnována poznatkům o Slunci a analýze jeho záření, které dopadá na zemský povrch. Následně byly popsány způsoby využití solární energie včetně její přeměny v jiný druh energie. V následující kapitole byla popsána situace na území České republiky. Jednak z pohledu klimatických podmínek, kdy se práce věnuje údajům o množství dopadajícího slunečního záření na naše území, ale také ekonomickým aspektům z energetického odvětví.

V další části je vypracován přehled dostupných technologií pro přeměnu slunečního záření na jinou využitelnou energii. Byla provedena specifikace nejdůležitějších komponentů, které obsahují současné typy fotovoltaických elektráren. Shrnuje dostupné možnosti jejich zapojení a způsoby využívání. Nedílnou součástí jsou i legislativní podmínky, které jsou pro zřízení a provoz fotovoltaické elektrárny závazné. Nejdůležitější zákony a vyhlášky byly v práci uvedeny.

V praktické části byl proveden kompletní návrh hybridního fotovoltaického systému zpracovaného pro reálný případ, kdy investor zvažoval investici do fotovoltaiky. Součástí bylo i zhodnocení investice pro získání dotace ze Státního fondu životního prostředí z programu Nová zelená úsporám. Po analýze potřeb investora, tedy snížit náklady vydávané za elektřinu, byla provedena analýza výchozího stavu, která spočívala v zjištění základních parametrů realizovaného objektu. Jednalo se o vyhodnocení informací (vstupních dat) o geografické poloze objektu, konstrukčních vlastnostech stavby, zdrojích a způsobech využívání energie v domácnosti. Na základě těchto údajů byl proveden odhad potřebného výkonu fotovoltaické elektrárny. Jednalo se o hodnotu výkonu ve výši cca 3,6 kWp. Tento špičkový výkon fotovoltaické elektrárny podle predikcí výpočtových modelů pro danou oblast vyprodukuje zhruba 3 500 kWh elektrické energie ročně. Vzhledem k nerovnoměrné produkci byla elektrárna od začátku plánována tak, aby byla možnost přebytek z okamžité nespotřebované energie akumulovat do baterií a následně do ohřevu teplé užitkové vody v bojleru. Snahou bylo, aby maximum vyrobené energie bylo spotřebováno v domě.

Na základě požadovaných parametrů byl proveden průzkum trhu v oblasti dodavatelů kompletních řešení fotovoltaických elektráren. Nabídky pěti vybraných firem, které požadované podmínky splňovaly, byly představeny. Technické řešení všech oslovených subjektů bylo prakticky obdobné. Proto byla vybrána společnost, která nabídla nejnižší cenovou nabídku a podporovala službu virtuální baterie. Jednalo se o společnost S-Power Energies. Nabízený solární systém této společnosti byl podrobně popsán po technické stránce. Představeny byly nejdůležitější komponenty systému a byl objasněn samotný postup realizace stavby fotovoltaické elektrárny. Následovaly výpočty výkonových a ekonomických ukazatelů na základě zjištěných předpokladů, odhadů a nejpravděpodobnějších vývoju definovaných hodnot vstupů. Konkrétně byl vypočten výkon soustavy v jednotlivých letech, v závislosti na výrobcem udávaném poklesu účinnosti fotovoltaických panelů, po dobu 25 let. Výkonové parametry následně posloužily pro výpočty výnosnosti, Cash flow, prosté i diskontní doby návratnosti, čisté současné hodnoty a vnitřního výnosového procenta. V samotných výpočtech byla brána v úvahu přidělená dotace Nová zelená úsporám, která by v řešeném případě dosahovala výše 115 000 Kč. Při výpočtech bylo vytvořeno několik variant vstupních hodnot. Zejména šlo o započítání nákladů na obnovu baterií v patnáctém roce využívání solárního systému a dále pro porovnání hodnot použití vyšší diskontní sazby.

Z vyhodnocení ekonomických ukazatelů vyplynulo, že investice do fotovoltaické elektrárny s akumulací v řešeném případě, za předpokladu investice z vlastních finančních prostředků a přidělení státní dotace, je ekonomicky rentabilní. Reálná (diskontovaná) doba návratnosti investice je cca 12 let. Vnitřní výnosové procento je cca 8 % a čistá současná hodnota je ve výši 82 828 Kč. Na základě těchto výsledných údajů lze investici doporučit. Investor kromě ekonomických užitků získá i ochranu před výpadky distribuční sítě. Další okolností je ekologické hledisko investice. Jedná se o malý příspěvek ke snižování emisí škodlivých látek.

Budoucnost nám teprve ukáže, zda problematika získávání energie ze slunce bude ve světové energetické produkci hrát primární roli. V současné době lze pozorovat velké snahy výrobců inovovat solární technologie a zlepšovat užité vlastnosti fotovoltaických panelů i baterií k akumulaci vyrobené energie. S rostoucí konkurencí v odvětví a státními dotačními intervencemi ceny solárních systémů klesají, a tak se stávají ekonomicky atraktivní.

8 Seznam použitých zdrojů

- [1] MATUŠKA, Tomáš. *Solární zařízení v příkladech*. 1. vydání. Praha: Grada, 2013. 256 s. ISBN 978-80-47-3525-2.
- [2] MATUŠKA, Tomáš. *Solární soustavy pro bytové domy*. 1. vydání. Praha: Grada, 2010. 136 s. ISBN 978-80-247-3503-0.
- [3] LADENER, Heinz – SPÄTE, Frank. *Solární zařízení*. 1. vydání. Praha: Grada, 2003. 268 s. ISBN 80-247-0362-9.
- [4] DANIELS, Klaus. *Technika budov: Příručka pro architekty a projektanty*. Bratislava: Jaga group, 2003. 530 s. ISBN 80-88905-60-5.
- [5] POČINKOVÁ, Marcela – ČUPROVÁ, Danuše – RUBINOVÁ, Olga. *Úsporný dům*. 1. vydání. Brno: CPress, 2012. 184 s. ISBN 978-8026-4001-41.
- [6] THEMEßL, Armin – WEIß, Werner. *Solární systémy: návrhy a stavba svépomocí*. 1. vydání. Praha: Grada, 2005. 116 s. ISBN 80-247-0589-3.
- [7] KUSALA, Jaroslav. *Solární energie* [online]. 2006 [cit. 2019-01-13]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/edee/content/microsites/solarni/solar.htm>
- [8] VELFEL, Petr et al. *Energie pro rodinný dům*. 1. vydání. Hradec Králové: Paradise Studio, 2010. 175 s. ISBN 978-80-254-7679-6.
- [9] ZAJONC, Ivo. *Teleskopie XXIII: Měříme sluneční konstantu* [online]. 1.11.2009 [cit. 2019-01-16]. Dostupné z: <http://www.jiast.cz/clanky/teleskopie-xxiii-merime-slunecni-konstantu>
- [10] ČSN EN ISO 9488: *Solární energie – Slovník*. Praha: ÚNMZ, 1999.
- [11] *Historical time series and Typical Meteorological Year data* [online]. 2017 [cit. 2019-03-24]. Dostupné z: <https://solargis.com/>
- [12] International Energy Outlook 2017. *U.S. Energy Information Administration's* [online]. 14.9.2017 [cit. 2019-01-22]. Dostupné z: <https://www.eia.gov/todayinenergy/>

- [13] Zprávy o provozu elektrizační soustavy. *Energetický regulační úřad* [online]. [cit. 2019-01-22]. Dostupné z: <https://www.eru.cz/cs/zpravy-o-provozu-elektrizacni-soustavy#2018>
- [14] Vývoj hrubé výroby elektřiny a tepla k prodeji v letech 2010-2017. *Ministerstvo průmyslu a obchodu* [online]. 17.1.2019 [cit. 2019-01-22]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/cz/energetika/statistika/elektrina-a-teplo/vyvoj-hrube-vyroby-elektřiny-a-tepla-k-prodeji-v-letech-2010-2017--243082/>
- [15] DIVIŠOVÁ, Michaela. *Jak to bylo a je s fotovoltaikou v Česku* [online]. 30.10.2013 [cit. 2019-01-22]. Dostupné z: <https://www.penize.cz/nakupy/275131-jak-to-bylo-a-je-s-fotovoltaikou-v-cesku>
- [16] ZILVAR, Jiří. *Výroba a spotřeba elektřiny v ČR v roce 2017* [online]. 24.6.2018 [cit. 2019-01-22]. Dostupné z: <https://energetika.tzb-info.cz/elektroenergetika/17553-vyroba-a-spotreba-elektřiny-v-cr-v-roce-2017>
- [17] Nová zelená úsporám. *Státní fond životního prostředí* [online]. [cit. 2019-01-22]. Dostupné z: <https://www.sfzp.cz/dotace-a-pujcky/nova-zelena-usporam/>
- [18] *Legislativa upravující provozování fotovoltaických elektráren* [online]. [cit. 2019-01-22]. Dostupné z: <http://www.isofenenergy.cz/Zakony-fotovoltaika.aspx>
- [19] COUFALOVÁ, Denisa. *Fotovoltaika v kostce: Vyplatí se vám vyrábět energii ze slunce?* [online]. 4.5.2018 [cit. 2019-01-26]. Dostupné z: <https://www.usetreno.cz/vyplati-se-fotovoltaika/#gref>
- [20] *Fotovoltaika* [online]. [cit. 2019-01-26]. Dostupné z: <https://www.tzb-energ.cz/fotovoltaika.html>
- [21] LIBRA, Martin – POULEK, Vladislav. *Solární energie: fotovoltaika - perspektivní trend současnosti i blízké budoucnosti*. 2. doplněné vydání. Praha: ČZU, 2006. 149 s. ISBN 80-213-1488-5.
- [22] HASELHUHN, Ralf. *Fotovoltaika: budovy jako zdroj proudu*. 1. vydání. Ostrava: HEL, 2011. 176 s. ISBN 978-80-86167-33-6.

- [23] BECHNIK, Bronislav. *Stručná historie fotovoltaiky* [online]. 1.9.2014 [cit. 2019-01-27]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika/11652-strucna-historie-fotovoltaiky>
- [24] *Fotovoltaika a fotovoltaický jev* [online]. 5.9.2015 [cit. 2019-01-27]. Dostupné z: <http://www.solarniliga.cz/fotovoltaika-a-fotovoltaicky-jev/>
- [25] TOUŠEK, Jiří – TOUŠKOVÁ, Jana. *Organická fotovoltaika* [online]. 6. 9. 2012 [cit. 2019-02-02]. Dostupné z: <https://vesmir.cz/cz/casopis/archiv-casopisu/2012/cislo-9/organicka-fotovoltaika.html>
- [26] LOUKOTA, Ladislav. *Organické solární panely dosáhly rekordní efektivity, dohánějí 'klasiku'* [online]. 26. 8. 2018 [cit. 2019-02-02]. Dostupné z: <https://nedd.tiscali.cz/organicke-solarni-panely-dosahly-rekordni-efektivita-dohaneji-klasiku-317242>
- [27] BECHNIK, Bronislav. *Recyklace fotovoltaických panelů na konci životnosti* [online]. 26.9.2011 [cit. 2019-02-02]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika/7868-recyklace-fotovoltaickych-panelu-na-konci-zivotnosti>
- [28] *Katastr nemovitostí* [online]. [cit. 2019-02-09]. Dostupné z: <https://www.cuzk.cz/>
- [29] *Fotovoltaičný geografický informační systém. PVGIS* [online]. 2019 [cit. 2019-02-09]. Dostupné z URL: <<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>>.
- [30] KŘÍŽ, Michal. *Revize solárních (fotovoltaičných) elektráren* [online]. 8. 9. 2016 [cit. 2019-02-23]. Dostupné z: <https://www.in-el.cz/referat/103630/revize-solarnich-fotovoltaickych-elektren>

9 Seznam obrázků a tabulek

Obrázek č. 1 – Sluneční konstanta v průběhu roku.....	4
Obrázek č. 2 – Spektrální charakteristika zářivého toku sluneční energie	5
Obrázek č. 3 – Podíl přímého a difuzního záření.....	6
Obrázek č. 4 – Potenciál využití solární energie v ČR.....	7
Obrázek č. 5 – Roční dávky ozáření v ČR (MJ.m ⁻²)	8
Obrázek č. 6 – Skutečná doba slunečního svitu v ČR.....	8
Obrázek č. 7 – Využití energie ze slunce	10
Obrázek č. 8 – Vývoj spotřeby elektrické energie ve světě.....	11
Obrázek č. 9 – Dlouhodobý vývoj spotřeby elektřiny v ČR (1919 - 2017)	11
Obrázek č. 10 – Výroba elektřiny v ČR jednotlivé měsíce 2017 (GWh).....	12
Obrázek č. 11 – Podíl paliv a technologií na výrobě elektřiny v ČR.....	13
Obrázek č. 12 – Ostrovní systém Off-grid.....	15
Obrázek č. 13 – Síťový systém On-Grid.....	15
Obrázek č. 14 – Hybridní systém.....	16
Obrázek č. 15 – Rozdělení termických kolektorů	17
Obrázek č. 16 – Základní schéma termického kolektoru.....	18
Obrázek č. 17 – Konstrukce solárního článku.....	19
Obrázek č. 18 – Srovnání účinnosti FV panelů.....	21
Obrázek č. 19 – Schéma fotovoltaického systémů rodinného domu.....	23
Obrázek č. 20 – Elektřina - aktuální a historické ceny elektřiny.....	26
Obrázek č. 21 – Elektřina – jednotlivé složky ceny.....	27
Obrázek č. 22 – Situační mapa místa realizace projektu	29
Obrázek č. 23 – RD jižní pohled.....	29
Obrázek č. 24 – Opava - podnebí	30
Obrázek č. 25 – Zjednodušené schéma současného stavu.....	32
Obrázek č. 26 – Vývoj spotřeby elektrické energie domácnosti	33
Obrázek č. 27 – Model PVGIS.....	34
Obrázek č. 28 – Virtuální baterie.....	37
Obrázek č. 29 – Baterie Polyntech US2000 Plus.....	39
Obrázek č. 30 – Upevnění fotovoltaických panelů na střechu.....	41

Tabulka č. 1 – Výkony zářivé energie	6
Tabulka č. 2 – Doba slunečního svitu Opava	30
Tabulka č. 3 – Předpokl. produkce a množství slunečního záření v Opavě	34
Tabulka č. 4 – Nabídky oslovených firem	36
Tabulka č. 5 – Detail sestavy	37
Tabulka č. 6 – Podporované typy solárních systémů	44
Tabulka č. 7 – Vyrobená elektrická energie v jednotlivých letech	46
Tabulka č. 8 – Roční příjmy z vyrobené elektrické energie	46
Tabulka č. 9 – Provozní náklady	47
Tabulka č. 10 – Cash flow	48
Tabulka č. 11 – Reálná (diskontovaná) doba návratnosti	49
Tabulka č. 12 – Čistá současná hodnota (NPV)	51
Tabulka č. 13 – Vnitřní výnosové procento (IRR)	52
Tabulka č. 14 – Souhrn ekonomických údajů investice	55

10 Seznam příloh

Příloha č. 1 – Slunce v číslech

Příloha č. 2 – Řez RD – stávající stav

Příloha č. 3 – Predikce energetické výnosnosti

Příloha č. 4 – Produktový list „Jinko Solar 325 Wp“

Příloha č. 5 – Produktový list „GoodWe GW3648-EM“

Příloha č. 6 – Produktový list „Pylontech US2000B+“

Příloha č. 7 – Blokové schéma zapojení fotovoltaické elektrárny

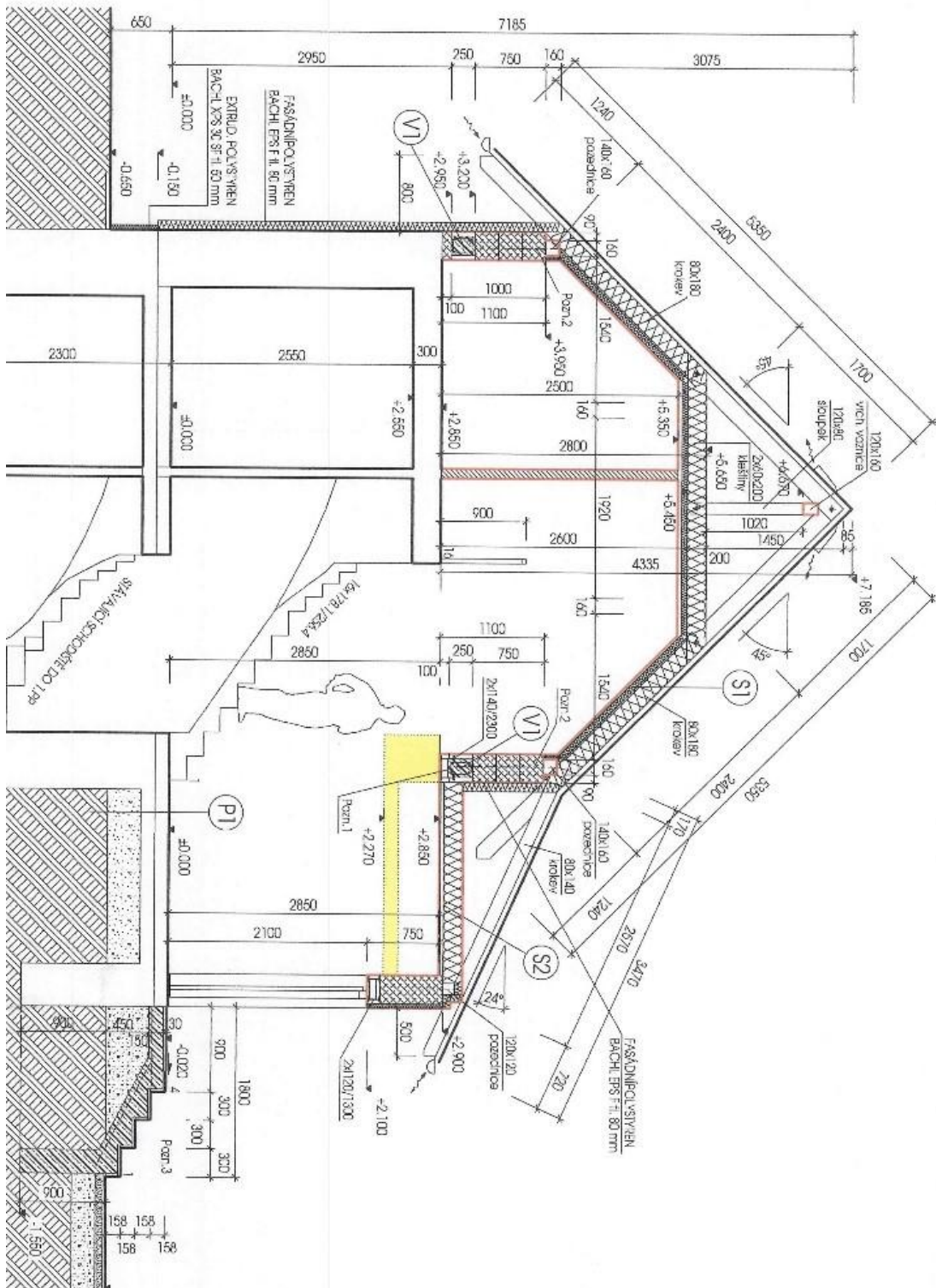
Příloha č. 8 – Formulář žádosti o dotaci „Nová zelená úsporám“

Příloha č. 1 – Slunce v číslech

Průměrná vzdálenost od Země:	149.6.10 ⁶ km
Nejmenší vzdálenost od Země:	147,1.10 ⁶ km
Největší vzdálenost od Země:	152,1.10 ⁶ km
Zdánlivá hvězdná velikost:	- 26,8 ^m
Absolutní hvězdná velikost:	+ 4.7 ^M
Poloměr:	695 550 km (109 poloměrů Země)
Objem:	1.41.10 ¹⁸ km ³ (1 300 000 objemu Země)
Hmotnost:	1.99.10 ³⁰ kg (333 000 hmotnosti Země)
Hustota:	1 408,9 kg/m ³ (0,255 hustoty Země)
Tíhové zrychlení:	274,1 m/s ² (27,9 tíhového zrychlení na Zemi)
Doba rotace Slunce kolem osy:	25,4 dní
Povrchová teplota:	5780 K
Teplota jádra:	~ 14 000 000 K
Zářivý výkon:	3.83.10 ²⁶ W
Vodík:	73.46 %
Helium:	24.85 %
Kyslík:	0.77 %
Uhlík:	0.29 %
Železo:	0.16 %
Neon:	0.12 %
Dusík:	0.09 %
Křemík:	0.07 %
Magnesium:	0.05 %
Síra:	0.04 %

Zdroj: <https://www.cez.cz/>

Příloha č. 2 – Řez RD – stávající stav



ŘEZ 1-1 - nový stav
Měřítko 1:50

ENERGETICKÁ VÝNOSNOST FOTOVOLTAICKÉ ELEKTRÁRNY

Číslo zprávy: PV-35313-1902-5489
Datum: 24. únor 2019 07:37 (UTC)

1. Lokalita

Název: Opava, Česko

Zem. poloha: **49° 55' 58.41" N, 17° 56' 41.21" E**
Nadmoř. výška: 245 m
Sklon svahu: 2°
Azimut svahu: 202° jih

Roční globální záření na rovinu panelu: **1301 kWh/m²**
Průměrná roční teplota vzduchu ve 2 m: **8.1 °C**

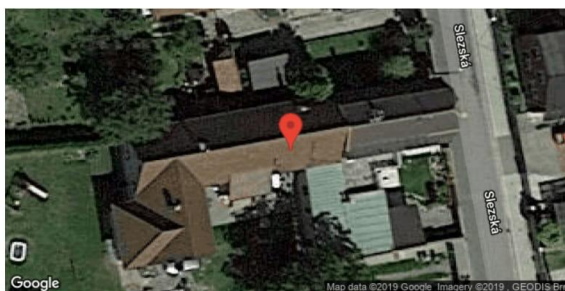
Poloha na mapě: <http://solargis.info/imaps/#tl=Google:satellite&loc=49.9328913865,17.9447808971&z=20>

2. FV systém

Nominální výkon: **3.57 kWp**
Typ panelů: krystalický křemík (c-Si)
Způsob montáže: **fixní systém, střešní**
Azimut/sklon: **171° (jih) / 45°**
Účinnost měniče: 97.5%
Ztráty DC / AC: 5.5% / 1.5%
Disponibilita: 99.0%

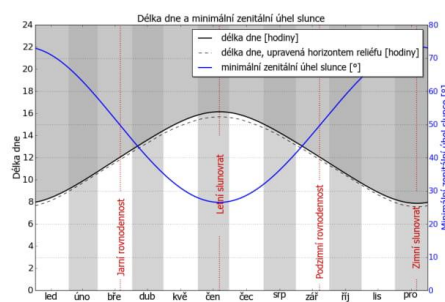
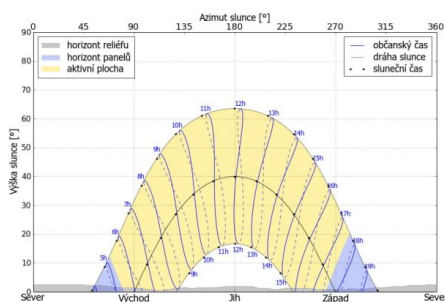
Průměrná roční výroba elektřiny: **3746 kWh**
Průměrná účinnost elektrárny: **80.3%**

3. Zeměpisná poloha



Google Maps © 2019 Google

4. Horizont reliéfu a délka dne



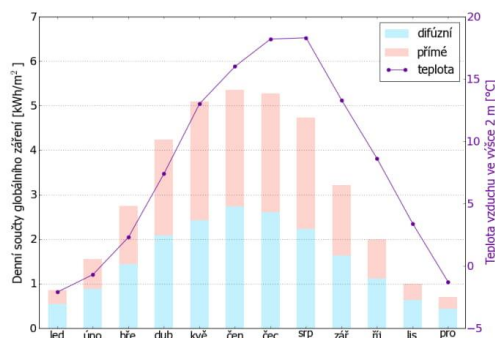
Vlevo: Dráha slunce v průběhu roku. Horizont reliéfu (sivě) a horizont panelů (modře) mohou způsobit zastínění a snížit množství dopadajícího slunečního záření. Černé puntíky označují místní sluneční čas. Modré čísla v grafu označují středoevropský hodinový čas.

Vpravo: Změna délky dne a zenitálního úhla slunce v průběhu roka. Délka dne na lokalitě (doba během které je slunce nad úrovní horizontu) je oproti astronomickému dni nepatrně zkrácená případným zvýšeným horizontem reliéfu.

Lokalita: Opava, Česko, zem.šířka/délka: 49.9329°/17.9448°
 FV systém: 3.57 kWp, krystalický křemík, fixní střešní, azim. 171° (jih), sklon 45°

5. Globální horizontální záření a teplota vzduchu - referenční klimatické hodnoty

Měsíc	Gh _m	Gh _d	Dh _d	T ₂₄
led	27	0.86	0.54	-2.1
úno	44	1.56	0.88	-0.7
bře	85	2.75	1.44	2.3
dub	127	4.24	2.09	7.4
kvě	158	5.09	2.42	13.0
čen	161	5.36	2.73	16.0
čec	164	5.28	2.60	18.2
srp	147	4.73	2.23	18.3
zář	97	3.22	1.63	13.3
říj	62	1.99	1.11	8.6
lis	30	1.00	0.64	3.4
pro	22	0.70	0.44	-1.3
rok	1121	3.07	1.57	8.1



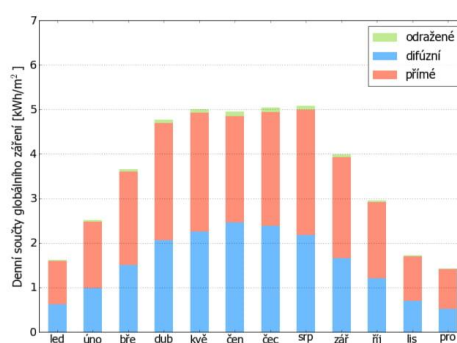
Dlouhodobé měsíční průměry:

- Gh_m Měsíční součty globálního záření [kWh/m²]
- Gh_d Denní součty globálního záření [kWh/m²]
- Dh_d Denní součty difúzního záření [kWh/m²]
- T₂₄ Denní (24 hod.) součty teploty vzduchu [°C]

6. Globální záření na plochu panelu

Fixní, azimut 171° (jih), sklon. 45°

Měsíc	Gi _m	Gi _d	Di _d	Ri _d	Sh _{loss}
led	50	1.62	0.62	0.02	0.4
úno	70	2.51	0.98	0.03	0.4
bře	113	3.65	1.50	0.05	0.5
dub	143	4.77	2.06	0.08	0.5
kvě	155	5.01	2.26	0.09	0.5
čen	149	4.95	2.46	0.10	0.5
čec	156	5.04	2.39	0.10	0.5
srp	158	5.08	2.18	0.09	0.4
zář	120	3.99	1.66	0.06	0.4
říj	92	2.96	1.20	0.04	0.4
lis	52	1.72	0.70	0.02	0.5
pro	44	1.42	0.52	0.01	0.4
rok	1301	3.57	1.55	0.06	0.5



Dlouhodobé měsíční průměry:

- Gi_m Měsíční součty globálního záření [kWh/m²]
- Gi_d Denní součty globálního záření [kWh/m²]
- Di_d Denní součty difúzního záření [kWh/m²]
- Ri_d Denní součty odraženého záření [kWh/m²]

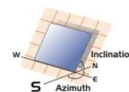
Sh_{loss} Ztráty globálního záření ze zastínění [%]

Průměrná roční suma globálního záření pro různé typy povrchu panelů:

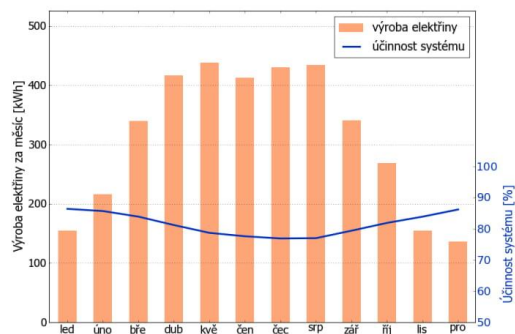
	kWh/m²	relat. k optimál. sklonu panelu
Uložený vodorovně	1121	85.3%
Optimální úhel sklonu panelu (37°)	1314	100.0%
2-osový sledovací systém	1669	127.0%
Váš FV systém	1301	99.0%

Lokalita: Opava, Česko, zem.šířka/délka: 49.9329°/17.9448°
 FV systém: 3.57 kWp, krystalický křemík, fixní střešní, azim. 171° (jih), sklon 45°

7. Výroba FV elektřiny na počátku provozu



Měsíc	E_{s_m}	E_{s_d}	E_{t_m}	E_{share}	PR
led	43	1.40	155	4.1	86.4
úno	61	2.16	216	5.8	85.7
bře	95	3.07	340	9.1	83.9
dub	117	3.89	417	11.1	81.2
kvě	123	3.96	438	11.7	78.7
čen	116	3.86	413	11.0	77.6
čec	121	3.89	431	11.5	76.9
srp	122	3.93	435	11.6	77.0
zář	95	3.18	341	9.1	79.4
říj	75	2.43	269	7.2	81.9
lis	43	1.45	155	4.1	83.9
pro	38	1.23	136	3.6	86.2
rok	1049	2.88	3746	100.0	80.3



Dlouhodobé měsíční průměry:

E_{s_m} Měsíční součty specif. výroby elektřiny [kWh/kWp]
 E_{s_d} Denní součty specif. výroby elektřiny [kWh/kWp]
 E_{t_m} Měsíční součty celkové výroby elektřiny [kWh]

E_{share} Měsíční percent. podíly výroby elektřiny [%]
 PR Účinnost systému [%]

8. Ztráty systému a účinnost

Etapa proměny energie	Energ. výkon	Energet. ztráta	Energet. ztráta	Účinnost systému	
	[kWh/kWp]	[kWh/kWp]	[%]	[relat. %]	[kumul. %]
1. Globální záření na plochu panelu (příkon)	1307	-	-	100.0	100.0
2. Globální záření snížené zastíněním reliéfem	1301	-6	-0.5	99.5	99.5
3. Globál. záření snížené úhlovou odrazivostí	1263	-38	-2.9	97.1	96.6
4. Proměna na jednosměrný proud	1168	-95	-7.5	92.5	89.4
5. Jiné ztráty v jednosměrném okruhu	1104	-64	-5.5	94.5	84.5
6. Měníče (převod na střídavý proud)	1076	-28	-2.5	97.5	82.3
7. Transformátor a ztráty v kabeláži	1060	-16	-1.5	98.5	81.1
8. Snížená dostupnost	1050	-11	-1.0	99.0	80.3
Celkový výkon systému	1050	-258	-19.7	-	80.3

Etapy proměny energie a ztráty:

- Vstupní hodnota výroby odhadována v standardních testovacích podmínkách (STC).
- Snížení globálního záření na plochu panelu důsledkem zastínění horizontem reliéfu a FV panely.
- Část globálního záření odražená od povrchu FV panelů (typicky sklo).
- Ztráty na FV panelech důsledkem proměny slunečního záření na jednosměrný el. proud.; odchylka účinnosti panelů od STC.
- Ztráty v jednosměrném okruhu. Integrují nezhodu mezi FV panely, tepelné ztráty v propojeních a v kabeláži, ztráty ze znečištění, sněhu, námrazy a zastínění panelů.
- Průměrné ztráty v měničích, vychází se z hodnoty Euro účinnosti.
- Ztráty v okruhu střídavého proudu a na transformátoru (jsou-li uvažovány) závisí od konstrukce FV systému.
- Dostupnost zohledňuje ztráty z přerušení provozu důsledkem údržby nebo poruchy.

Ztráty v etapě 2 až 4 jsou numericky modelovány v aplikaci pvPlanner. Ztráty v etapě 5 až 8 jsou odhadnuty uživatelem. Simulace zahrnuje neurčitosti, které se v této zprávě neuvažují. Informace o možných rizicích vyplývajících z neurčitosti simulace jsou dostupné na <http://solargis.com/products/pvplanner/>.

Lokalita: Opava, Česko, zem.šířka/délka: 49.9329°/17.9448°
FV systém: 3.57 kWp, krystalický křemík, fixní střešní, azim. 171° (jih), sklon 45°

9. Solargis v21a - popis databáze

Solargis obsahuje klimatickou databázi s vysokým rozlišením, kterou provozuje společnost Solargis s.r.o.. Primární vrstvy dat zahrnují sluneční záření, teplotu vzduchu a reliéf (nadmoř. výšky, horizont).

Teplota vzduchu ve 2 m: odvozená z CFSR dat (© NOAA NCEP, USA); roky: 1994 - 2011; přepočítáno na 15-minutové hodnoty. Zvýšená prostorová rozlišovací úroveň dat (1 km) koresponduje s variabilitou reliéfu.

Sluneční záření: odvozené ze satelitních a atmosférických dat:

- Meteosat PRIME satelity (© EUMETSAT, Německo) 1994 - 2015, 15-minutové nebo 30-minutové hodnoty pro Evropu, Afriku a Blízký Východ,
- Meteosat IODC satelity (© EUMETSAT, Německo) 1999 - 2015, 30-minutové hodnoty pro Asii,
- GOES EAST satelity (© NOAA, USA) 1999 - 2015, 30-minutové hodnoty pro obě Ameriky,
- GOES WEST satelity (© NOAA, USA) 1999 - 2015, 30-minutové hodnoty pro Severní Ameriku a Pacifik,
- MTSAT satelit (© JMA, Japonsko) 2007 - 2015, 30-minutové hodnoty pro Pacifik,
- MACC-II/CAMS (© ECMWF, UK) 2003 - 2015, atmosférické data,
- GFS (© NOAA, USA), 1994 - 2015, atmosférické data,
- MERRA-2 (© NASA, USA), 1994 - 2002, atmosférické data.

Tento odhad zohledňuje 365 dní v roce. Případná odchylka ve výpočtech může být výsledkem matematického zaokrouhlování a nemůže být považována za chybu v algoritmu. Více informací o použitých datech a algoritmech je možné najít na: <http://solargis.com/products/pvplanner/>.

10. Poskytovatel služby

Solargis s.r.o. , Milana Marečka 3, 84108 Bratislava, Slovakia; IČO: 45 354 766, IČ DPH: SK2022962766; Registrována v: Obchodním registru Okresního soudu Bratislava I, oddíl s.r.o. vložka 62765/B.

11. Způsob použití

Tato zpráva ukazuje odhad solární energie v počáteční fázi FV systému. Tyto odhady jsou dostatečně přesné pro malé a středně velké FV systémy. Pro technologie sledování slunce (sun tracking) jsou použity pouze teoretické možnosti bez zohlednění tzv. 'back trackingu' a zastínění. Pro plánování a financování velkých projektů je zapotřebí více informací:

1. Statistické rozdělení a neurčitost hodnot slunečního záření
2. Podrobná specifikace FV systému
3. Meziroční variabilita a neurčitost P90 výroby z FV systému
4. Výroba energie počas doby životnosti, zohledňující snižování výkonu komponentů FV systému.

Více informací o kompletní studii energetické výnosnosti FV systému můžete najít na: <http://solargis.com/products/pv-yield-assessment-study/>.

12. Právní informace

Vzhledem ke kolísavému charakteru počasí, jeho meziročním a dlouhodobým změnám, rovněž jako k míře nepřesnosti v měřeních a použitých metodách, Solargis s.r.o. nemůže poskytnout záruky za přesnost výpočtů. Bylo vykonáno maximum pro přesné zhodnocení klimatických podmínek, a to na základě nejlepších dostupných dat, softvéru a poznatků. Solargis s.r.o. nepřebírá odpovědnost za žádné přímé, nepřímé nebo vyvolané škody vzniklé, nebo údajně spojené s použitím této zprávy.

Autorská práva k této zprávě vlastní © 2019 Solargis s.r.o., všechna práva vyhrazena. Solargis® je ochranná známka patřící Solargis s.r.o.

13. Kontakt

Tuto zprávu vypracoval S-Power Energies s.r.o., Telovychovna 1076, 15300, Prague, Czech Republic.

Tento dokument je elektronicky podepsán firmou Solargis s.r.o..

www.jinkosolar.com



Eagle 72P-V

320-340 Watt

POLY CRYSTALLINE MODULE

Positive power tolerance of 0~+3%

ISO9001:2008 · ISO14001:2004 · OHSAS18001 certified factory.
IEC61215 · IEC61730 certified products.



(5BB)





KEY FEATURES



System Voltage:

The maximum voltage is promoted to 1500V and the module strings are extended by 50% which reduces the overall system BOS.



5 Busbar Solar Cell:

5 busbar solar cell adopts new technology to improve the efficiency of modules, offers a better aesthetic appearance, making it perfect for rooftop installation.



High Power Output:

Polycrystalline 72-cell module achieves a power output up to 340Wp.



PID RESISTANT:

Eagle modules pass PID test, limited power degradation by PID test is guaranteed for mass production.



Low-light Performance:

Advanced glass and surface texturing allow for excellent performance in low-light environments.



Severe Weather Resilience:

Certified to withstand: wind load (2400 Pascal) and snow load (5400 Pascal).



Durability against extreme environmental conditions:

High salt mist and ammonia resistance certified by TUV NORD.

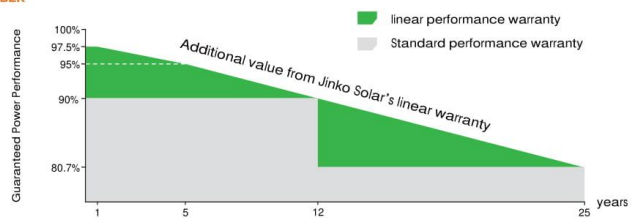


Temperature Coefficient:

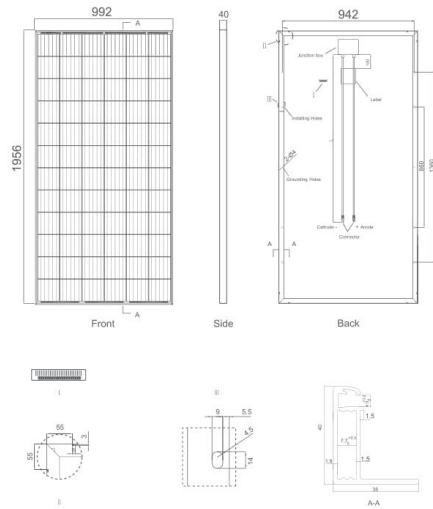
Improved temperature coefficient decreases power loss during high temperatures.

LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

10 Year Product Warranty • 25 Year Linear Power Warranty



Engineering Drawings

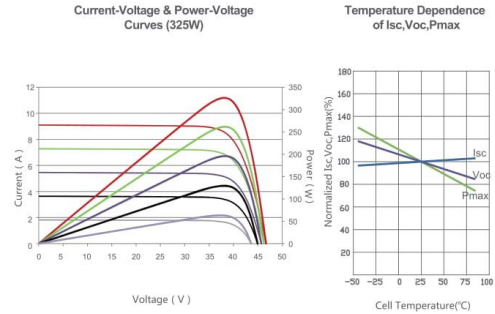


Packaging Configuration

(Two pallets=One stack)

26pcs/pallet, 52pcs/stack, 624 pcs/40'HQ Container

Electrical Performance & Temperature Dependence



Mechanical Characteristics

Cell Type	Poly-crystalline 156×156mm (6 inch)
No. of cells	72 (6×12)
Dimensions	1956×992×40mm (77.01×39.05×1.57 inch)
Weight	22.5 kg (49.6 lbs.)
Front Glass	3.2mm, Anti-Reflection Coating, High Transmission, Low Iron, Tempered Glass
Frame	Anodized Aluminium Alloy
Junction Box	IP67 Rated
Output Cables	TÜV 1×4.0mm ² , Length: 1200mm or Customized Length

SPECIFICATIONS

Module Type	JKM320PP-72-V		JKM325PP-72-V		JKM330PP-72-V		JKM335PP-72-V		JKM340PP-72-V	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	320Wp	237Wp	325Wp	241Wp	330Wp	245Wp	335Wp	249Wp	340Wp	253Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	37.4V	34.7V	37.6V	35.0V	37.8V	35.3V	38.0V	35.6V	38.2V	35.9V
Maximum Power Current (Imp)	8.56A	6.83A	8.66A	6.89A	8.74A	6.94A	8.82A	6.99A	8.91A	7.05A
Open-circuit Voltage (Voc)	46.4V	43.0V	46.7V	43.3V	46.9V	43.6V	47.2V	43.8V	47.5V	44.0V
Short-circuit Current (Isc)	9.05A	7.35A	9.10A	7.40A	9.14A	7.45A	9.18A	7.52A	9.22A	7.98A
Module Efficiency STC (%)	16.49%		16.75%		17.01%		17.26%		17.52%	
Operating Temperature(°C)	-40°C~+85°C									
Maximum system voltage	1500VDC (IEC)									
Maximum series fuse rating	20A									
Power tolerance	0~+3%									
Temperature coefficients of Pmax	-0.40%/°C									
Temperature coefficients of Voc	-0.31%/°C									
Temperature coefficients of Isc	0.06%/°C									
Nominal operating cell temperature (NOCT)	45±2°C									

STC: ☀ Irradiance 1000W/m² 📱 Cell Temperature 25°C ☁ AM=1.5

NOCT: ☀ Irradiance 800W/m² 📱 Ambient Temperature 20°C ☁ AM=1.5 🌀 Wind Speed 1m/s

* Power measurement tolerance: ± 3%

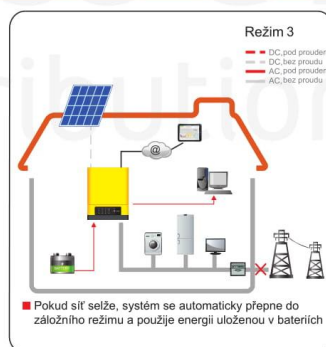
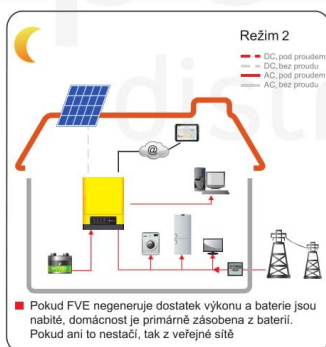
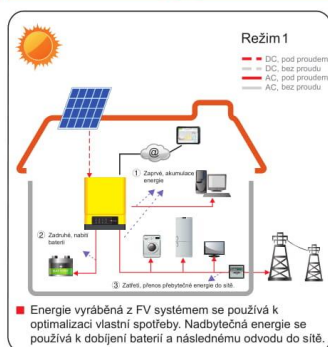
The company reserves the final right for explanation on any of the information presented hereby. EN-JKM-340PP-72-V_rev2017



**Hybridní měnič
EM Series
3.0/3.6/5.0kW**

- Integrovaný regulátor nabíjení a měnič
- Inteligentní funkce správy baterie
- Umožňuje jak síťový, tak i ostrovní provoz
- Kompatibilní jak s olověnými, tak s Li-Ion bateriemi
- Zvýšený výkon a bezpečnost
- Odolný vůči prachu a vodě dle normy IP65
- Dálkové monitorování přes PC, tablet a mobilní telefon
- Bezhučné zařízení - bez ventilátoru

Jak to funguje?



Technické údaje

GW3048-EM

GW3648-EM

GW5048-EM

Specifikace baterie			
Typ baterie	Li-Ion nebo olověná	Li-Ion nebo olověná	Li-Ion nebo olověná
Jmenovité napětí baterie (V)	48	48	48
Max. napětí nabíjení (V)	≤60 (konfigurovatelné)	≤60 (konfigurovatelné)	≤60 (konfigurovatelné)
Max. nabíjecí proud (A)*1	50	50	50
Max. vybijecí proud (A)*1	50	50	50
Kapacita baterie (Ah)*2	50~2000	50~2000	50~2000
Nabíjecí systém pro Li-Ion baterie	Auto-adaptační s BMS	Auto-adaptační s BMS	Auto-adaptační s BMS
Nabíjecí systém pro olověné baterie	3-úrovňová adaptace s údržbou	3-úrovňová adaptace s údržbou	3-úrovňová adaptace s údržbou
Vstupní parametry z FV			
Max. výkon DC (W)	3900	4600	6500
Max. vstupní napětí DC (V)*3	550	550	550
Rozsah MPPT	100-500	100-500	100-500
Náběhové napětí (V)*4	125	125	125
Rozsah MPPT při plném zatížení (V)	280-500	170-500	230-500
Jmenovité DC vstupní napětí (V)	360	360	360
Max. vstupní proud (A)	11	11/11	11/11
Max. zkratový proud (A)	13.8	13.8/13.8	13.8/13.8
Počet MPP trackerů	1	2	2
Počet stringů na MPP tracker	1	1	1
Výstupní parametry AC (při připojení na síť)			
Jmenovitý výstupní výkon do rozvodné sítě (W)	3000	3680	5000*5
Max. zdánlivý výstupní výkon do rozvodné sítě (VA)	3000	3680	5000*5
Max. zdánlivý příkon z rozvodné sítě (VA)	5300	5300	5300
Jmenovité výstupní napětí (V)	230	230	230
Jmenovitá výstupní frekvence (Hz)	50/60	50/60	50/60
Max. proudový výstup AC do rozvodné sítě (A)	13.6	16	22.8*6
Max. příkon AC proudu z rozvodné sítě Grid (A)	23.6	23.6	23.6
Výstupní účinnost	-1 (Nastavitelný účinnost od 0.8 podbuzený do 0.8 přebuzený)	-1 (Nastavitelný účinnost od 0.8 podbuzený do 0.8 přebuzený)	-1 (Nastavitelný účinnost od 0.8 podbuzený do 0.8 přebuzený)
Výstup THDI (@Jmenovitý výstup)	<3%	<3%	<3%
Výstupní data AC (záložní systém)			
Max. zdánlivý výstupní výkon (VA)	2300	2300	2300
Špičkový zdánlivý výkon (VA)*7	3500, 10sec	3500, 10sec	3500, 10sec
Automatické přeprnutí času (ms)	10	10	10
Jmenovité výstupní napětí (V)	230 (±2%)	230 (±2%)	230 (±2%)
Jmenovitá frekvence výstupu (Hz)	50/60 (±0.2%)	50/60 (±0.2%)	50/60 (±0.2%)
Max. výstupní proud (A)	10	10	10
Výstup THDv (@Lineární zatížení)	<3%	<3%	<3%
Účinnost			
Max. účinnost	97.6%	97.6%	97.6%
Max. účinnost zatížení baterie	94.5%	94.5%	94.5%
Euroúčinnost	97.0%	97.0%	97.0%
Účinnost MPPT	99.9%	99.9%	99.9%
Ochrana			
Anti-islanding ochrana	Integrovaná	Integrovaná	Integrovaná
Ochrana proti FV přepólování	Integrovaná	Integrovaná	Integrovaná
Detekce izolačního odporu	Integrovaná	Integrovaná	Integrovaná
Jednotka pro monitorování zbytkového proudu	Integrovaná	Integrovaná	Integrovaná
Ochrana proti výstupnímu přetížení	Integrovaná	Integrovaná	Integrovaná
Ochrana proti výstupním zkratům	Integrovaná	Integrovaná	Integrovaná
Ochrana proti výstupnímu přepětí	Integrovaná	Integrovaná	Integrovaná
Obecné informace			
Rozsah provozních teplot (C)	-25~60	-25~60	-25~60
Relativní vlhkost	0~95%	0~95%	0~95%
Provozní nadmořská výška (m)	≤4000	≤4000	≤4000
Chlazení	Pasivní chlazení	Pasivní chlazení	Pasivní chlazení
Hlučnost (dB)	<25	<25	<25
Uživatelské rozhraní	LED & APP	LED & APP	LED & APP
Komunikace s BMS	RS485; CAN	RS485; CAN	RS485; CAN
Komunikace s měřičem	RS485	RS485	RS485
Komunikace s monitorovacím portálem	Wi-Fi	Wi-Fi	Wi-Fi
Váha (kg)	16	17	17
Rozměry (šířka, výška, hloubka v mm)	347*432*175	347*432*175	347*432*175
Montáž	Držák na zeď	Držák na zeď	Držák na zeď
Stupeň ochrany	IP65	IP65	IP65
Pohotovostní vlastní spotřeba (W)	<13	<13	<13
Topologie	Vysokofrekvenční izolace	Vysokofrekvenční izolace	Vysokofrekvenční izolace
Certifikace a standardy			
Regulace sítě	AS4777.2; G83/G100; CEI 0-21 VDE4105-AR-N; VDE0126-1-1; EN50438	AS4777.2; G83/G100; CEI 0-21 VDE4105-AR-N; VDE0126-1-1; EN50438	AS4777.2; G59/G100; CEI 0-21 VDE4105-AR-N; VDE0126-1-1; EN50438
Bezpečnostní regulace	IEC62109-1&2, IEC62040-1 EN61000-6-1, EN61000-6-2,	IEC62109-1&2, IEC62040-1 EN61000-6-1, EN61000-6-2,	IEC62109-1&2, IEC62040-1 EN61000-6-1, EN61000-6-2,
EMC	EN61000-6-3, EN61000-6-4	EN61000-6-3, EN61000-6-4	EN61000-6-3, EN61000-6-4

*1: Pro olověnou baterii je výchozí nabíjecí proud 0,15C, a může být konfigurovatelný až na ID 0.5C přes aplikaci EzManage a nesmí přesáhnout 50A.
C označuje kapacitu baterie, kdy např. kapacita baterie je 100Ah, výchozí nabíjecí proud 0.15C = 0.15 * 100A = 15A.

U Li-Ion baterie se vybijecí a nabíjecí proud řídí příkazy z BMS, který nepřesahuje 50A.

*2: V režimu off-grid (bez připojení na síť) by měla být kapacita baterie vyšší než 100Ah.

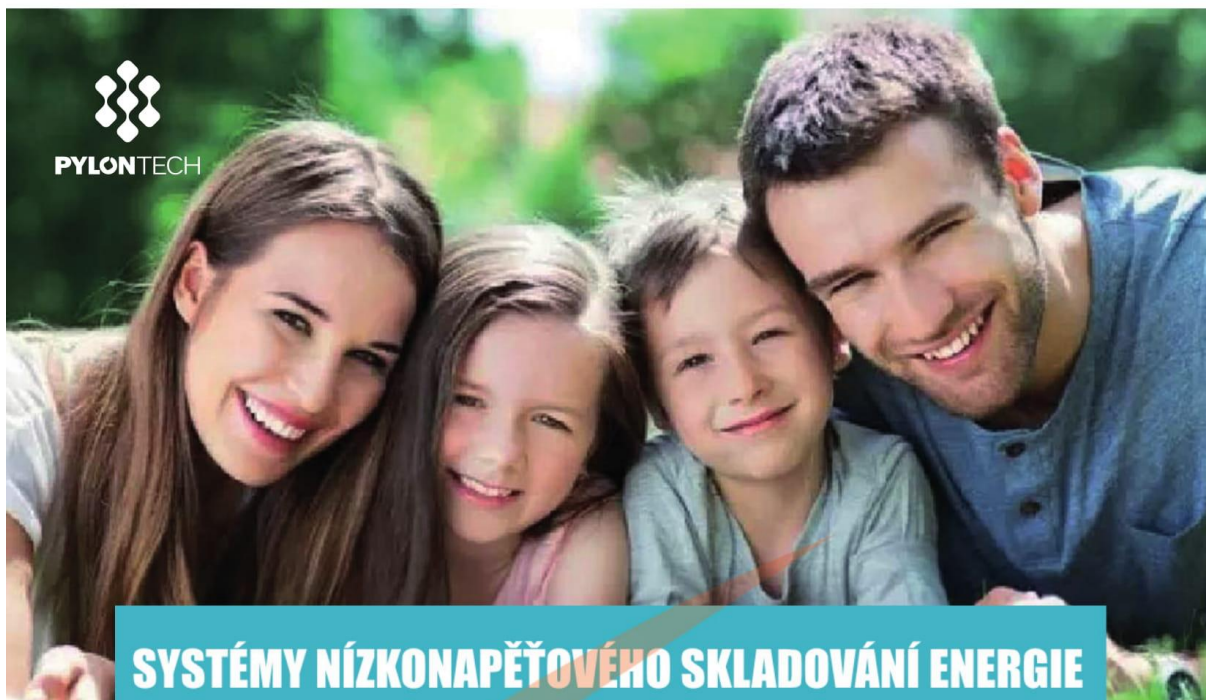
*3: Maximální stejnosměrné (DC) napětí je 530V.

*4: Pokud není připojena žádná baterie, měnič začne pracovat, je-li napětí stringu vyšší než 200V.

*5: 4600 pro VDE4105-AR-N & VDE0126-1-1

*6: 21.7A pro Austrálii a Nový Zéland

*7: Uvedené platí pouze v případě, kdy je k dispozici dostatečný fotovoltaický výkon a výkon baterie.

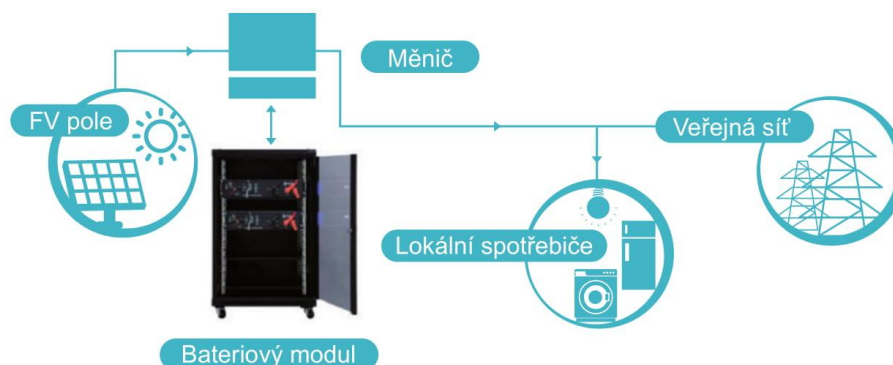


SYSTEMY NÍZKONAPĚŤOVÉHO SKLADOVÁNÍ ENERGIE – pro domácnosti a MSP

US2000 Plus je nejnovější bateriový systém typu HESS od firmy Pylontech, ve kterém se odráží naše zkušenosti s dodávkami produktů do více než 5 000 domácností. Díky své dlouhé životnosti, nejvyšší dosažené energetické a výkonové hustotě v oboru, modernímu designu, snadné instalaci a rozšiřování splňuje veškeré požadavky koncových uživatelů a potvrzuje ty nejlepší technické schopnosti firmy Pylontech.

Výhody

- ◆ Vertikální průmyslová integrace zajišťuje více než 6 000 nabíjecích cyklů s 80% hloubkou vybití
- ◆ Kompaktní a moderní design dokonale zapadá do vašeho příjemného domova
- ◆ Výkon až 5 kW z jediného modulu (2,4 kWh)
- ◆ Modulární konstrukce dává koncovému zákazníkovi možnost výběru kapacity
- ◆ Kompatibilní s většinou dostupných hybridních měničů
- ◆ Jednoduché upevnění přezkou minimalizuje čas i náklady na instalaci
- ◆ Bezpečnostní certifikát TÜV CE UN38.3 TLC



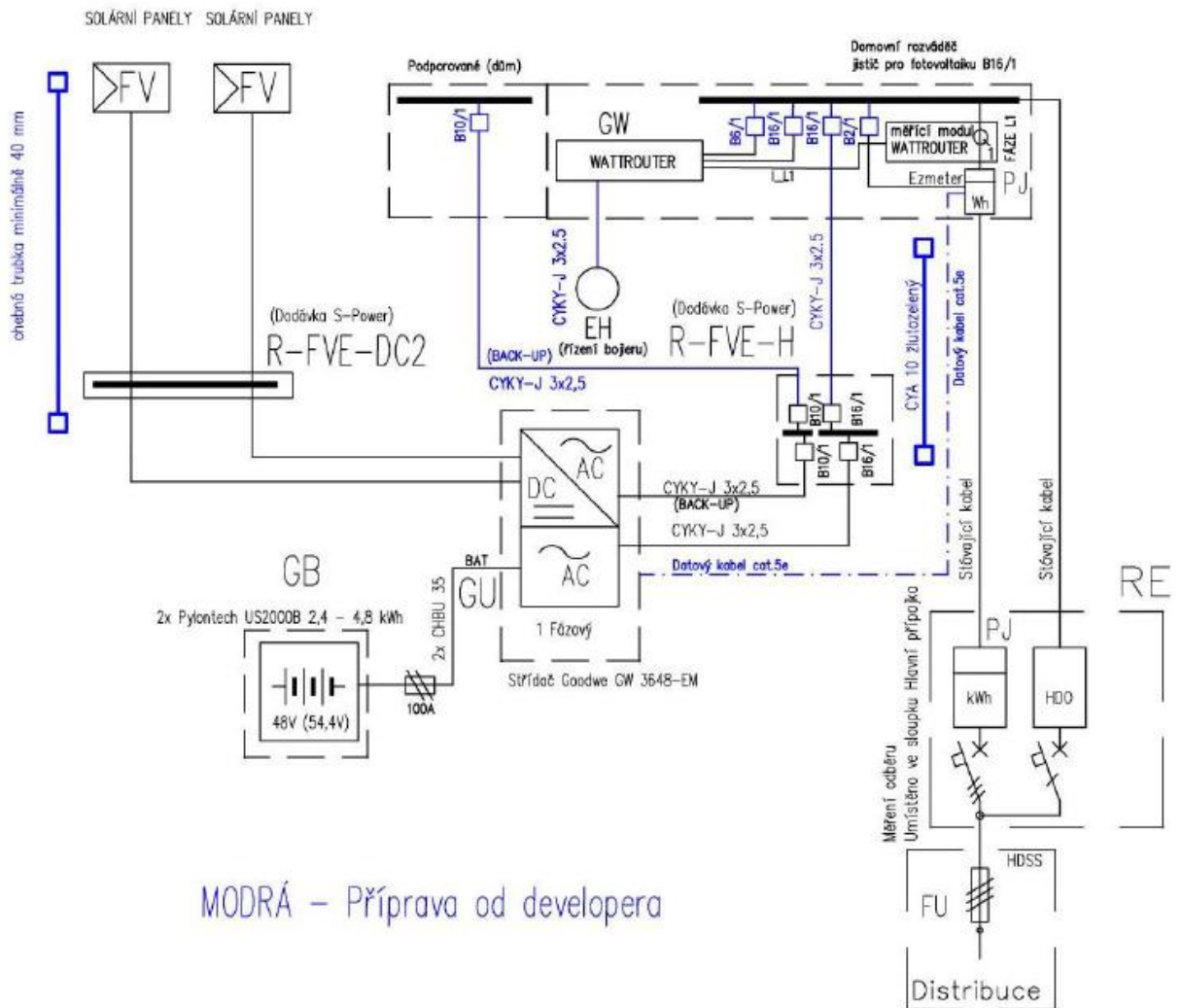
Vlastnosti

Vyrobeny z našich vlastních lithium-železo-fosfátových článků (LFP), které zajišťují nejvyšší bezpečnost a nejdelší životnost. Systém řízení baterie (BMS) vlastní konstrukce chrání články za všech okolností, včetně výkyvů teplot, proudů, napětí, při jakémkoli stupni nabití (SoC) a celkovém stavu (SoH). Snadná instalace a bezúdržbový chod šetří energii pro hlavní použití.

Specifikace

SPECIFIKACE	ZÁKLADNÍ PARAMETRY	US2000 Plus
Nominální	Jmenovité napětí (V)	48
	Jmenovitá kapacita (Wh) / Použitelná kapacita (Wh)	2 400 / 2 200
Rozměry	Rozměry (mm)	440 × 410 × 89
	Hmotnost (kg)	24
Elektrické	Vybíjecí napětí (V)	45–54
	Nabíjecí napětí (V)	52,5–54
	Vybíjecí a nabíjecí proud (A)	25 (doporučeno) / 50 (maximální) 100 (špičkový@15s)
Ostatní	Komunikace	RS232, RS485, CAN
	Rozsah pracovních teplot	0 °C – 50 °C
	Teplota při skladování	-20 °C – 60 °C
	Certifikace	TÜV / CE / UN38.3
	Konstrukční životnost	10 let a více (25 °C)
	Počet nabíjecích cyklů	>4500 (90% vybití)

Příloha č. 7 – Blokové schéma zapojení fotovoltaické elektrárny





Dokumenty předkládané k vydání Registrace a rozhodnutí – NZÚ 2. výzva

ČÍSLO ŽÁDOSTI											
----------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

IDENTIFIKACE ŽADATELE			
Příjmení / Název:			
Jméno:		Dat. nar. / IČ:	
Telefon:		E-mail:	

AKTUÁLNÍ BANKOVNÍ SPOJENÍ					
Předčíslí účtu:		Číslo účtu:		Kód banky:	

IDENTIFIKACE NEMOVITOSTI					
Katastrální území (číslo):		Katastrální území (název):			
Číslo listu vlastnictví:		Číslo a typ parcely:	<input type="checkbox"/> pozemková	<input type="checkbox"/> stavební	
Ulice:		Č. p.:		Č. o.:	
Obec:		PSČ:		Kraj:	

K ZÁVĚREČNÉMU VYHODNOCENÍ PŘEDKLÁDÁM

- Výpis z katastru nemovitostí
- Soupis faktur (opatřený vlastnoručním podpisem žadatele)
- Soupis provedených prací (nebo položkový rozpočet či dodací list)
- Faktura(y) za realizaci podporovaného opatření, faktury za zhotovení odborného posudku nebo jeho části, provedení odborného technického dozoru (pokud je žádost podána v příslušné podoblasti podpory)
- Potvrzení o úhradě (výpis z bankovního účtu, potvrzení o provedení platby vystavené dodavatelem a podepsané žadatelem, či příjmový pokladní doklad)
- Doklad o projednání stavebního záměru s příslušným stavebním úřadem (předkládá se pouze, žádá-li se na zateplení obálky budovy či probíhá-li instalace tepelných čerpadel typu voda-voda nebo země-voda). V případě, že realizace probíhala v režimu stavebního povolení, případně ohlášení stavebního záměru dle stavebního zákona, je předložen kolaudační souhlas, resp. písemné potvrzení příslušného stavebního úřadu o tom, že žadatel oznámil svůj záměr zahájit užívání stavby, a že příslušný stavební úřad užívání stavby nezakázal. V ostatních případech písemné stanovisko stavebního úřadu o projednání stavebního záměru.
- Doklad o dokončení realizace (pouze v případě realizace opatření spočívajících v instalaci technologií, dle typu opatření se jedná o předávací protokol nebo protokol o uvedení zařízení do trvalého provozu)
- Protokol o provedení úprav nastavení regulačních prvků popř. teplotních a dalších parametrů otopné soustavy a soustavy ohřevu teplé vody podle projektu. Nedokládá se, pokud projektant ve svém stanovisku (popř. projektu) uvede, že změny nastavení není nutno vzhledem k charakteru navrhovaných opatření provádět.
- Závěrečná zpráva odborného technického dozoru (pouze při provádění opatření na obálce budovy)
- Dokumenty prokazující technické vlastnosti použitých materiálů a výrobků – předkládají se pouze v případě, že není vybrán výrobek/výrobky ze Seznamu výrobků a technologií (SVT)
- Dokumenty k veřejné podpoře (týká se pouze žadatelů, na které se vztahují pravidla veřejné podpory)
- Aktualizovaný krycí list technických parametrů (pouze pokud nebyly všechny požadované údaje vyplněny již při podání žádosti)
- Stanovisko provozovatele ÚSZTE nebo SZTE, která využívá alespoň 50 % energie z obnovitelných zdrojů – pouze v případě instalace zdroje tepla nebo solárního systému do budovy napojené na tyto soustavy


ZPŮSOBILÉ VÝDAJE (KČ)

	vyplňuje žadatel	vyplňuje pracovník SFŽP ČR
Oblast podpory A		
- zateplení obvodových konstrukcí		
- zateplení střechy		
- zateplení podlahy na terénu		
- výplně stavebních otvorů		
- ostatní zateplované konstrukce, stropy		
Zpracování odborného posudku a zajištění odborného technického dozoru		
Provedení hydraulické zkoušky otopné soustavy		
Výstavba zelené střechy		
Jiné (uvedte jaké):		
Oblast podpory C		
Výměna zdroje tepla na vytápění		
Instalace solárních termických systémů		
Instalace fotovoltaických panelů		
Instalace systémů nuceného větrání se zpětným získáváním tepla		
Využití tepla z odpadní vody		
Zpracování odborného posudku a zajištění odborného technického dozoru.		
CELKOVÉ ZPŮSOBILÉ VÝDAJE		

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ:

Prohlašuji, že

- jsem splnil(a) veškeré podmínky Programu pro poskytnutí dotace stanovené směrnicí Ministerstva životního prostředí č. 2/2015, o poskytování finančních prostředků z programu Nová zelená úsporám od roku 2015, příslušnou výzvou k podávání žádostí a Závaznými pokyny pro žadatele a příjemce podpory z podprogramu Nová zelená úsporám – Bytové domy;
- údaje uvedené v tomto dokumentu jsou pravdivé, úplné a nezkrácené a že jsem žádné nezamlčel(a). Jsem si vědom(a), že nepravdivost tohoto čestného prohlášení může mít za následek sankce vyplývající z příslušných právních předpisů včetně postihu v důsledku naplnění skutkové podstaty trestného činu;
- mé právo nakládat s nemovitostí není omezeno např. soudcovskou či exekutorskou zástavou, není nařízena exekuce či příkaz k prodeji předmětu podpory a předmět podpory není předmětem insolvenčního řízení či zajištění věci dle § 78 a násl. zákona č. 141/1961 Sb. trestní řád, ve znění pozdějších předpisů (zástavy z důvodu hypotéky a půjčky pro úpravu předmětu podpory nejsou na závaždu);
- nemám žádné závazky po lhůtě splatnosti u finančního úřadu, správy sociálního zabezpečení, Fondu, Ministerstva životního prostředí či jiného orgánu veřejné správy;
- jsem původní zdroj tepla na vytápění vyřadil(a) z provozu a zajistil(a) jeho ekologickou likvidaci (netýká se elektrických zdrojů tepla, které budou dále užívány jako bivalentní zdroj tepla k tepelnému čerpadlu, týká se pouze žadatelů, kteří provádějí výměnu zdroje tepla na vytápění);
- realizace opatření byla prováděna dodavatelem s příslušnými oprávněními a odbornou způsobilostí pro provádění prací daného typu;
- byly provedeny všechny předepsané zkoušky a revize související s realizací podporovaného opatření;
- v případě, že původní hlavní zdroj tepla na vytápění budovy, která je předmětem této žádosti, určený na spalování tuhých fosilních paliv, nesplňoval ke dni evidence žádosti požadavky na 3. emisní třídu, jsem zajistil(a) výměnu zdroje v souladu s podmínkami Programu za zdroj vyhovující aktuálně platným požadavkům na nově instalované zdroje nebo došlo k napojení na soustavu zásobování teplem a to tak, že nejpozději ke dni doložení dokumentů k vydání Registrace akce a rozhodnutí o poskytnutí dotace (tj. doložení dokladů prokazujících dokončení realizace) je tato podmínka splněna - týká se pouze žadatelů, kteří prováděli výměnu zdroje tepla na vytápění;
- opatření, která jsou předmětem této žádosti, byla realizována zcela v souladu s mnou předloženou žádostí o podporu, jejími přílohami a v nich uvedenými parametry.

V	dne
---	-----

 Jméno a podpis žadatele (resp. oprávněné osoby)

Státní fond životního prostředí ČR, sídlo: Kaplanova 1931/1, 148 00 Praha 11
 korespondenční a kontaktní adresa: Olbrachtova 2006/9, 140 00 Praha 4, T: +420 267 994 300; IČ: 00020729
www.novazelenausporam.cz Zelená linka 800 260 500 info@sfzp.cz

2/2

verze 2.2 BD