

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky  
a komunikačních technologií

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Brno, 2022

Bc. Jaroslav Lacina



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

## ÚSTAV ELEKTROTECHNOLIE

DEPARTMENT OF ELECTRICAL AND ELECTRONIC TECHNOLOGY

## NÁVRH FOTOVOLTAICKÉ ELEKTRÁRNY S BATERIOVÝM ÚLOŽIŠTĚM PRO DOMÁCNOST

DESIGN OF A PHOTOVOLTAIC POWER SYSTEM WITH BATTERY STORAGE FOR HOUSEHOLD PURPOSES

### DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Jaroslav Lacina

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Jiří Vaněk, Ph.D.

BRNO 2022

# Diplomová práce

magisterský navazující studijní program **Elektrotechnická výroba a management**

Ústav elektrotechnologie

**Student:** Bc. Jaroslav Lacina

**ID:** 203434

**Ročník:** 2

**Akademický rok:** 2021/22

**NÁZEV TÉMATU:**

## Návrh fotovoltaické elektrárny s bateriovým úložištěm pro domácnost

**POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:**

Seznamte se s principem fotovoltaického děje a proveďte analýzu a rozbor používaných FV technologií pro výrobu FV článků. Teorii zpracujte tak, aby obsahovala rozbor technologií pro akumulátorové úložiště podle parametrů jednotlivých typů akumulátorů. Zaměřte se také na vyhodnocení tohoto trhu v ČR (výhody, dotace, podmínky, legislativa). V praktické části diplomové práce pak navrhnete řešení FVE + akumulátorové úložiště pro domácnost podle konkrétního zadání.

**DOPORUČENÁ LITERATURA:**

Podle pokynů vedoucího práce.

**Termín zadání:** 7.2.2022

**Termín odevzdání:** 25.5.2022

**Vedoucí práce:** doc. Ing. Jiří Vaněk, Ph.D.

**doc. Ing. Petr Bača, Ph.D.**  
předseda rady studijního programu

**UPOZORNĚNÍ:**

Autor diplomové práce nesmí při vytváření diplomové práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

## **ABSTRAKT**

Tato diplomová práce se zabývá návrhem fotovoltaické elektrárny s bateriovým úložištěm pro domácnost. V teoretické části je zprvu rozebrán princip a vysvětlení funkce fotovoltaických článků, střídačů a akumulátorů. Práce se dále zabývá popisem fotovoltaických systémů, legislativy a dotačním programem nová zelenám úsporám. V praktické části práce je navržena samotná fotovoltaická elektrárna s bateriovým úložištěm pro domácnost a její ekonomické zhodnocení. Pro simulaci a zpracování dat byl využíván program PV\*SOL premium.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Fotovoltaika, sluneční energie, obnovitelný zdroj, PV\*SOL, střídač, baterie, dotační program,

## **ABSTRACT**

This master's thesis takes a look at possible project of photovoltaic powerplant with power storage for households. The principle and function of photovoltaic cells, inverter and acumulators will be explained in the theoretical part. The subsequent part will focus on description of photovoltaic systems, legal point of view as well as funding by programme New Green Savings. In the practical part, the photovoltaic power plant with battery storage for the home and its economic evaluation is proposed. The PV\*SOL premium program was used for simulation and data processing.

## **KEYWORDS**

Photovoltaics, solar energy, renewable source, PV\*SOL, inverter, battery, subsidy program

LACINA, Jaroslav. *Návrh fotovoltaické elektrárny s bateriovým úložištěm pro domácnost*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav elektrotechnologie, 2022, 98 s. Diplomová práce. Vedoucí práce: doc. Ing. Jiří Vaněk, Ph.D.

## Prohlášení autora o původnosti díla

<b>Jméno a příjmení autora:</b>	Bc. Jaroslav Lacina
<b>VUT ID autora:</b>	203434
<b>Typ práce:</b>	Diplomová práce
<b>Akademický rok:</b>	2021/22
<b>Téma závěrečné práce:</b>	Návrh fotovoltaické elektrárny s bateriovým úložištěm pro domácnost

Prohlašuji, že svou závěrečnou práci jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucí/ho závěrečné práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené závěrečné práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této závěrečné práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a/nebo majetkových a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

Brno .....

.....

podpis autora\*

---

\* Autor podepisuje pouze v tištěné verzi.

## PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval vedoucímu diplomové práce panu doc. Ing. Jiřímu Vaňkovi, Ph.D. za odborné vedení, konzultace, trpělivost a podnětné návrhy k práci.

# Obsah

Úvod	13
<b>1 Teoretická část studentské práce</b>	<b>14</b>
1.1 Solární energie . . . . .	14
1.1.1 Sluneční záření . . . . .	14
1.1.2 Mapa slunečního záření . . . . .	14
1.1.3 Dostupnost sluneční energie . . . . .	15
1.1.4 Fotoelektrický jev a princip činnosti FV článků . . . . .	15
1.1.5 Využití sluneční energie . . . . .	17
1.1.6 Solární energie výhody . . . . .	17
1.1.7 Historické využití slunečního záření . . . . .	18
1.2 Systémy fotovoltaických elektráren . . . . .	20
1.2.1 Síťové systémy . . . . .	20
1.2.2 Ostrovní systémy . . . . .	21
1.2.3 Hybridní systémy . . . . .	21
1.3 Jednotlivé komponenty FV systému . . . . .	22
1.3.1 Fotovoltaické panely . . . . .	23
1.3.2 Střídače . . . . .	24
1.3.3 Akumulátory . . . . .	25
1.3.4 Konstrukce . . . . .	28
1.4 Vliv fotovoltaické elektrárny na životní prostředí . . . . .	30
1.4.1 Recyklace . . . . .	31
1.5 Legislativa ČR . . . . .	32
1.6 Dotace nová zelená úsporám . . . . .	32
1.6.1 Výše podpory . . . . .	33
1.7 Programy pro návrh a dimenzování FVE . . . . .	34
1.8 PV*SOL premium . . . . .	34
<b>2 Výsledky studentské práce</b>	<b>36</b>
2.1 Před návrhem FV elektrárny nutno položit několik otázek . . . . .	36
2.2 Aktuální stav domu . . . . .	37
2.2.1 Poloha střechy a její kvalita . . . . .	37
2.2.2 Popis spotřeby energie . . . . .	38
2.2.3 Popis domu vzhledem k tepelným ztrátám . . . . .	39
2.2.4 Ohřev teplé vody . . . . .	39
2.3 Upřesnění požadavků . . . . .	40
2.4 Návrh fotovoltaické elektrárny s bateriovým úložištěm . . . . .	41



2.4.1	Profil spotřeby . . . . .	41
2.4.2	Zapojení systému . . . . .	41
2.4.3	3D model objektu . . . . .	42
2.4.4	Výběr panelu . . . . .	43
2.4.5	Konstrukce a montáž panelů . . . . .	44
2.4.6	Střídače . . . . .	45
2.4.7	Baterie . . . . .	47
2.4.8	Kabelové vedení . . . . .	48
2.4.9	Připojení do stávající elektroinstalace . . . . .	48
2.4.10	Varianta A - velká FVE, vytápění tepelným čerpadlem . . . . .	50
2.4.11	Varianta B - střední FVE, vytápění kotlem na pelety . . . . .	54
2.4.12	Srovnání variant A a B . . . . .	58
	<b>Závěr</b>	<b>60</b>
	<b>Literatura</b>	<b>61</b>
	<b>Seznam symbolů a zkratk</b>	<b>63</b>
	<b>Seznam příloh</b>	<b>64</b>
	<b>A Projektová dokumentace - Varianta A</b>	<b>65</b>
	<b>B Katalogový list panelů</b>	<b>93</b>
	<b>C Katalogový list střídačů</b>	<b>95</b>
	<b>D Katalogový list akumulátorů</b>	<b>97</b>

# Seznam obrázků

1.1	Roční úhrn globálního slunečního záření v ČR za rok. kWh/m <sup>2</sup> [2]	15
1.2	Princip fotovoltaického článku. [9]	16
1.3	Přímé a difuzní záření v ČR. [10]	17
1.4	Výroba elektřiny v ČR za rok 2019.	19
1.5	Systém připojený k distribuční síti.	20
1.6	Koncepce ostrovního systému.	22
1.7	Hybridní FV systém s akumulací.	22
1.8	Druhy fotovoltaických článků. [7]	23
1.9	Příklady zapojení střídačů A) centrální B) stringové C) modulové. [11]	26
1.10	Popis částí konstrukce akumulátoru. [16]	27
1.11	Struktura lithiového akumulátoru. [15]	28
1.12	Konstrukce upevnění pro šikmé střechy. [17]	29
1.13	Konstrukce pro ploché střechy. [17]	30
1.14	Výše podpory. [18]	33
2.1	Letecký pohled na dům. [19]	38
2.2	Zátěžový profil domácnosti v období jednoho roku.	41
2.3	Blokové schéma zvoleného fotovoltaického systému.	42
2.4	3D model rodinného domu.	42
2.5	Zastínění panelů rodinného domu.	43
2.6	Fotovoltaický panel Trina 405 TSM-DE09.08 Vertex S.	44
2.7	Konstrukce FVE. [20]	46
2.8	Střídač SolaX Power X3-Hybrid G.	46
2.9	Baterie BYD BATTERY-BOX PREMIUM.	49
2.10	Osazení panelů na střeše 9,7 kWp.	50
2.11	Zapojení FVE 9,7 kWp.	51
2.12	Pořizovací náklady na FVE 9,7 kWp a tepelné čerpadlo.	51
2.13	Pořizovací náklady na FVE 9,7 kWp a tepelné čerpadlo.	51
2.14	Prognóza výnosů 9,7kW.	52
2.15	Graf toku energie 9,7kW.	52
2.16	Celkové krytí spotřeby 9,7kW.	53
2.17	Finanční tok za 40 let s FVE 9,7kW.	54
2.18	Osazení panelů na střeše 4,9 kWp.	55
2.19	Zapojení FVE 4,9 kWp.	55
2.20	Pořizovací náklady na FVE 4,9 kWp a tepelné čerpadlo.	56
2.21	Pořizovací náklady na FVE 4,9 kWp a tepelné čerpadlo.	56
2.22	Prognóza výnosů 4,9kW.	57
2.23	Graf toku energie 4,9kW.	57

2.24 Celkové krytí spotřeby 4,9kW. . . . .	58
2.25 Finanční tok za 40 let s FVE 4,9kW. . . . .	59
2.26 Finanční tok za 40 let bez vytápění s FVE 4,9kW. . . . .	59

## Seznam tabulek

2.1	Spotřeba elektrické energie za roky 2017–2021. . . . .	39
2.2	Spotřeba zemního plynu za roky 2017–2021. . . . .	40
2.3	Technické údaje vybraného solárního panelu Trina solar TSM-405- DE09.08 VERTEX S. . . . .	45
2.4	Technické údaje vybraného střídače SolaX Power X3-Hybrid G4. . . .	47
2.5	Technické údaje vybrané baterie BYD BATTERY-BOX PREMIUM. . . .	49

# Úvod

Pro svoji diplomovou práci jsem si vybral návrh fotovoltaické elektrárny. Bylo to z důvodu mého dlouhodobého zájmu o obnovitelnou energii, zejména sluneční. Návrh fotovoltaické elektrárny pro rodinné domy je v současné době velmi aktuální téma. Cena elektřiny neustále roste a náklady na fotovoltaické panely klesají. Jeden z hlavních problémů spočívá v ukládání energie do baterií. Ty jsou dle mého názoru zatím největší překážkou pro větší expanzi na trh. Díky státním dotacím, které dokáží ušetřit až 50 % nákladů, se rentabilita dostává pod 10 let provozu. Samozřejmě záleží na mnoha okolnostech, které budou popsány v diplomové práci.

Nejprve se podíváme na samotný základ fungování fotovoltaické elektrárny, a to na sluneční záření. Následovat bude historie a poté výhody a nevýhody tohoto typu elektrárny. Bude zde vysvětlen princip fotovoltaického jevu. Technologie nám nabízí tři FV systémy – síťový, ostrovní a hybridní. Pro všechny tyto systémy byly popsány jejich hlavní komponenty a jejich výhody a nevýhody. Další kapitolou bude legislativa v České republice pro instalaci elektrárny a prodej nespotřebované energie do distribuční sítě.

Ministerstvo životního prostředí ČR za spolupráce Státního fondu životního prostředí podporuje dotací Nová zelená úsporám, proto bychom rádi probrali podmínky přidělení dotací a jejich výše. V závěru teoretické části se dozvíme něco o recyklaci panelů a vlivu na životní prostředí. Poslední část se bude týkat návrhového systému PV\*SOL premium, ve kterém bude vytvořena praktická část diplomové práce.

Praktická část se zaměří na porovnávání dvou hybridních elektráren s bateriovým úložištěm, kde se nejen bude měnit velikost elektrárny, ale i zdroj vytápění pro rodinný dům, na který je elektrárna navrhována. Pro porovnávání vytápění jsme si vybrali tepelné čerpadlo vzduch - voda a automatický kotel na pelety. Budou probrány výhody a nevýhody obou systémů.

Tato práce má za cíl navrhnout fotovoltaickou elektrárnu, která by se dle vytvořené dokumentace dokázala zrealizovat, aby byl zákazník spokojen, jak s návrhem, tak i po finanční stránce, kdyby se vynaložené nemalé peníze za podpory dotací co nejdříve vrátili.

# 1 Teoretická část studentské práce

## 1.1 Solární energie

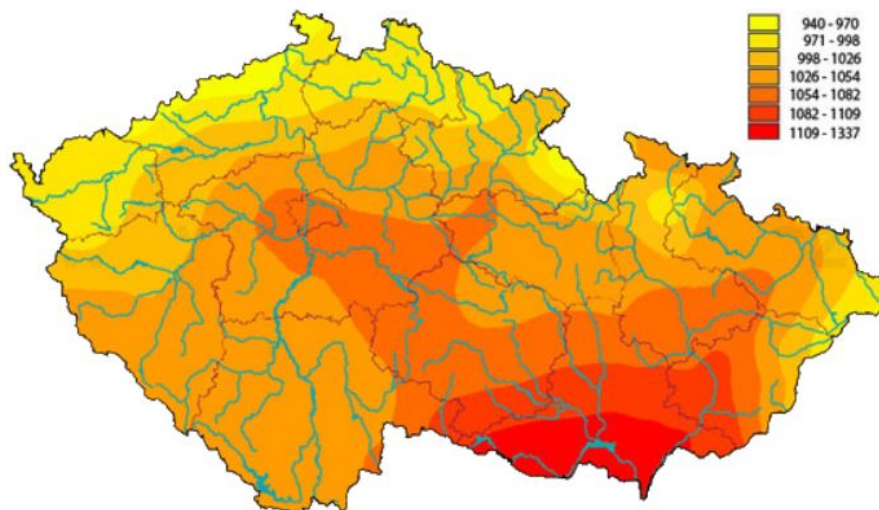
Zdrojem solární energie je Slunce. To je vzdálené  $1,5 \cdot 10^8$  km. Sluneční paprsky překonají danou vzdálenost bez sebemenšího pohlcení a dostávají se do naší atmosféry. V našem prostředí mají menší intenzitu. Ta je způsobena velkým rozptylem výkonu na velkou vzdálenost. Naše atmosféra, která se skládá převážně z kyslíku a dusíku, pohltí rentgenové a ultrafialové záření. Velká část ultrafialového záření se pohltí v ozonové vrstvě a díky tomu nám nehrozí takové nebezpečí. Ultrafialové záření je životu nebezpečné. [3]

### 1.1.1 Sluneční záření

Než se začneme zabývat slunečním zářením, je důležité si říci něco o Slunci. Slunce je základní stavební jednotkou naší Sluneční soustavy, která je tvořena planetami, měsíci a dalšími tělesy. Slunce tvoří 99,8 % hmotnosti Sluneční soustavy, v níž máme pouze jednu hvězdu. Tou je právě Slunce, které je složeno převážně z vodíku. Proces, při kterém se slučují dva atomy vodíku a vzniká atom helia, se nazývá termojaderná reakce. Tento postup uvolňuje velké množství energie, která je tisíckrát větší, než je lidstvo v dnešní době schopno spotřebovat. Stáří Slunce je odhadováno na čtyři miliardy let. Z toho vyplývá, že sluneční energie představuje značný potenciál pro fotovoltaiku, která právě tuto sluneční energii zpracovává. Obnovitelný zdroj je něco, co se přirozeně obnovuje. A právě Slunce, které představuje velmi významný zdroj energie, řadíme mezi obnovitelné zdroje. A protože již víme, že Slunce má již tak dlouhou životnost, lze ho považovat za nevyčerpatelný zdroj. Energie ze Slunce dopadá na planetu Zemi v podobě elektromagnetického záření, nazývaného globální. Globální záření dělíme na přímé a difuzní. Více se o tomto záření dozvíme v kapitole 1.1.4. [1]

### 1.1.2 Mapa slunečního záření

Mapa slunečního záření nám může posloužit k tomu, abychom zjistili, kam nejlépe umístit fotovoltaiku. Tato mapa globálního záření vychází z dlouholetých meteorologických měření. V České republice je průměrný osvit  $950 \text{ } 1150 \text{ kWh/m}^2$ . Roční průměr slunečního záření se pohybuje mezi 1400 až 1700 h/rok. Největší procento energie (přibližně 75 %) dopadne na Zemi v letním období. Při pohledu na mapu Obr. 1.1 můžeme vidět, že největší předpoklady pro využití fotovoltaiky má jihovýchod České republiky. Hodnota se zde může vyšplhat až na  $1337 \text{ kWh/m}^2$



Obr. 1.1: Roční úhrn globálního slunečního záření v ČR za rok. kWh/m<sup>2</sup> [2]

### 1.1.3 Dostupnost sluneční energie

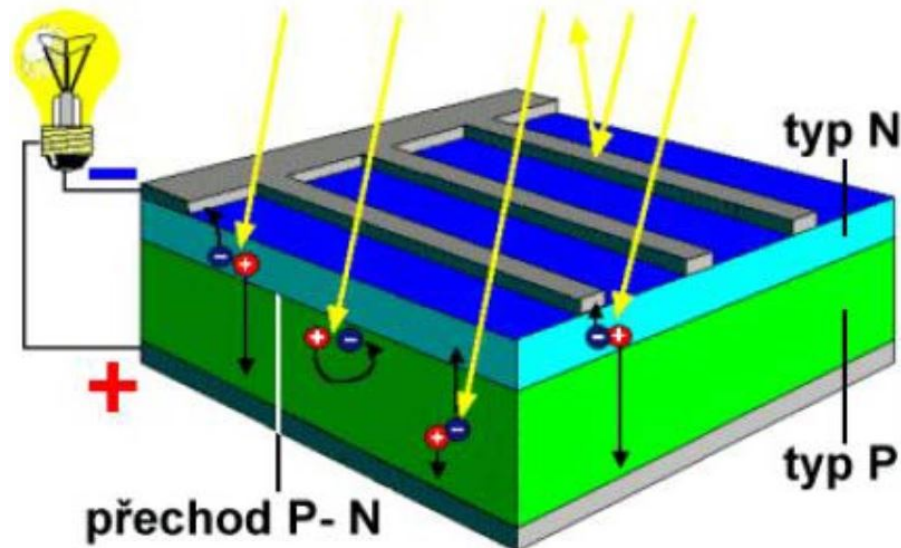
Energie ze Slunce je dostupná téměř všude. Kolik energie můžeme získat, to už záleží na okolnostech.

- Lokace: Nejvíce energie dopadá na rovník, nejméně na póly.
- Znečištění, oblačnost, mlha: Tyto faktory způsobují odražení velké části slunečního záření a snižuje efektivitu dalšího využití.
- Roční období: Sluneční záření se během roku mění. V zimě jsou dny kratší, oblačnost je zvýšená a Slunce je níže.
- Poloha FV panelů: Je důležité, aby plocha byla kolmá na dopadající sluneční záření. V tu chvíli využíváme panely na maximální výkon. Ideální by bylo, kdyby se fotovoltaické panely neustále natáčely.

### 1.1.4 Fotoelektrický jev a princip činnosti FV článků

Jedná se o fyzikální jev, který umožňuje přeměnu slunečního záření na elektrickou energii. V důsledku absorpce elektromagnetického záření jsou při tomto jevu látkou uvolňovány elektrony. Tato absorpce je způsobena díky intenzitě světla (fotonů) a částic hmoty (elektronů a jader). Aby tento jev fungoval, musí být splněna podmínka: Elektron musí uvolnit místo, aby vznikl pár elektrondíra. Vhodné jsou pro tento jev polovodiče. U kovů dochází k rychlé rekombinaci volných nosičů. U polovodičů se na přechodu PN separují kladné a záporné náboje, které vytváří rozdíl potenciálů napětí. Můžeme si proto tento přechod představit jako polovodičovou diodu, která reaguje na světelné záření. Graficky je tento jev znázorněn na Obr. 1.2.

U křemíkových polovodičových diod může být tento rozdíl 0,6 V. Po zapojení spotřebiče začne diodou protékat stejnosměrný proud, který je přímo úměrný ploše solárního článku a intenzitě dopadajícího slunečního záření.



Obr. 1.2: Princip fotovoltaického článku. [9]

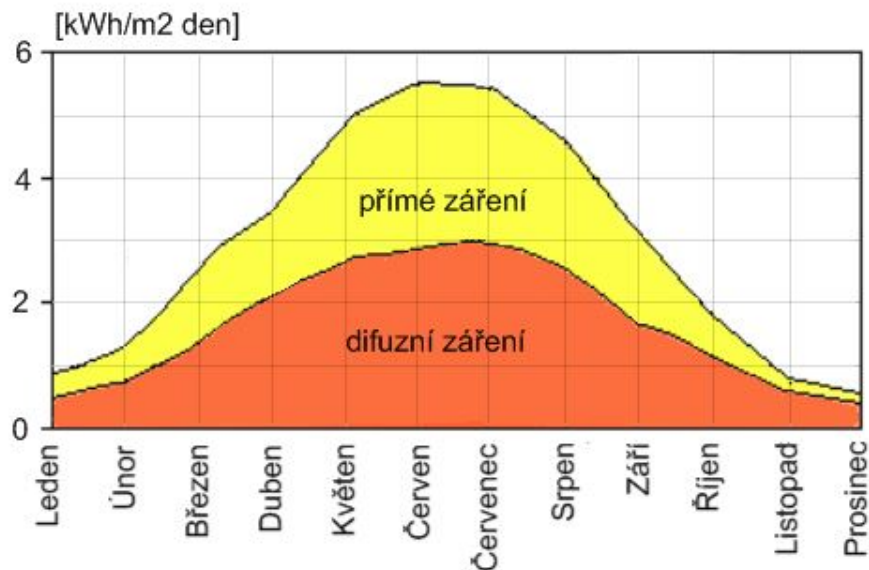
Základem každého fotovoltaického článku je křemík (nejčastěji čtyřmocný) a důvodů k jeho použití je několik. Jde o jeden z nejrozšířenějších prvků v zemské kůře. Je mechanicky odolný a chemicky velmi stabilní. Není toxický, snadno se těží a je relativně levný. V přírodě se nejčastěji vyskytuje ve formě oxidu křemičitého nebo křemene. Šířka zakázaného pásu čistého křemíku je  $E_g \approx 1,1 \text{ eV}$ .

### Přímé a difuzní zařízení

Přímé sluneční záření nastává, pokud je jasná a bezmračná obloha a dopadající paprsky mohou dopadat přímo na fotovoltaický článek. Intenzita je udána solární konstantou, která je  $1348 \text{ kWh/m}^2$ . Tato konstanta má 2 % nepřesnost. Důvodem kolísání konstanty je excentricita planety Země. Velmi také záleží na zeměpisné šířce a ročním období. Na Obr. 1.3 je znázorněn poměr přímého a difuzního záření v jednotlivých měsících. Proto jsou pro přímé sluneční záření vhodnější panely monokrystalické a polykrystalické.

Difuzní záření vzniká rozptylem přímého slunečního záření v mracích nebo částkách atmosféry. Je v podstatě závislé na klimatických a geografických podmínkách. Zatímco v létě je podíl difuzního záření cca 50 % globálního záření, v zimě je jeho podíl podstatně větší ( Obr. 1.3 ).





Obr. 1.3: Přímé a difuzní záření v ČR. [10]

Difuzní záření se používá pro tenkovrstvé FV články pomocí amorfního křemíku. Součtem intenzit přímého a difuzního záření získáme globální sluneční záření. V ČR je pro získávání přímého slunečního záření nejlepší jižní Morava a nejhorší jsou podhorské oblasti severních Čech. [10]

### 1.1.5 Využití sluneční energie

V posledních letech našla solární energie mnoho využití a přeměn. Zde jsou vypsány ty nezákladnější a nejběžnější použití.

- Přeměna na elektrickou energii: fotovoltaické systémy.
- Přeměna na tepelnou energii: solární systémy.
- Přeměna na mechanickou a chemickou energii.
- Využití fotochemických účinků slunečního záření.
- Přeměna slunečního záření na biomasu.

[4]

### 1.1.6 Solární energie výhody

- Úspory za energie: Snížení účtu za elektřinu. Využití solární energie na teplo a ohřev vody.
- Pojistka proti budoucímu zdražení: Cena elektřiny neustále stoupá.
- Energetická soběstačnost.
- Ochrana proti výpadku elektřiny.

- Bezpečnost, vysoká spolehlivost a nízké náklady na údržbu.
- Ekologické řešení.
- Solární energie je nevyčerpatelný zdroj energie.

[5]

## 1.1.7 Historické využití slunečního záření

### Historie ve světě

Již je to dávno, kdy vznikla Země (4,5 miliard let) a začala přijímat energii ze Slunce. Z 1. století n. l. pochází zprávy o zapalování ohňů v Číně pomocí středěných/soustředěných??? paprsků. Kolem roku 100 se italský historik Plinius snažil využít sluneční záření k tomu, aby vyhřál svůj dům. Koncem 17. století za vlády Ludvíka XIV. probíhalo mnoho experimentů. Jedním z nich bylo zapalování dřeva nebo tavení olova za pomoci shromažďování slunečních paprsků. První solární kolektor se povedlo sestavit Švýcarovi Horaci de Saussure v roce 1767. Britský astronom v roce 1830 používal sluneční vařič k přípravě pokrmů. Za dalších 9 let si nechal Francouz Augustin Mouchot patentovat solární motor. Stejný člověk využíval sluneční energii k vaření potravin, destilaci vody a vína a k čerpání vody ze studny. V roce 1897 v Kalifornii disponoval 30 % domů kolektorem pro solární ohřev vody. Roku 1908 Američan William Bailey vynalezl konstrukci plochého solárního kolektoru, který se používá i v současných solárních systémech. [6]

Historie fotovoltaiky sahá až do daleké minulosti. V roce 1839 objevil francouzská fyzik Edmond Becquerel, že po dopadu slunečního záření na dvě platinové elektrody, které jsou v roztoku, vznikne proud. Další roky se nedělo nic zásadního. V roce 1904 Albert Einstein popsal fotoelektrický jev, ale nikdo ho nedokázal v praxi použít, protože chyběl odpovídající rozvoj polovodičové techniky. V roce 1954 byl v USA vyroben první solární článek. Stáli za tím vědci Chapin, Fuller a Pearson. Tento první typ měl účinnost 6 %. Netrvalo ale dlouho a účinnost se rychle zvedla na 10 %.

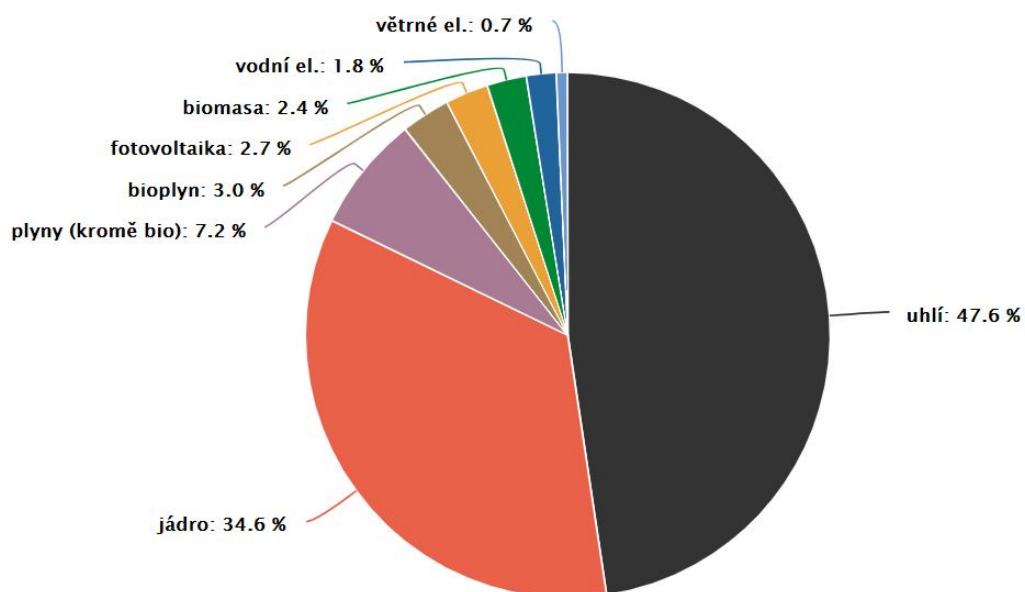
Od této chvíle se fotovoltaické panely začaly užívat ve větším měřítku. Největší využití našly ale jen v oblasti kosmologie. Byly totiž využívány jako zdroje energie satelitu. Očekávání bylo překonáno, když panely dokázaly dodávat energii delší čas, než se myslelo. Použití na planetě Zemi nebylo možné, protože cena byla příliš vysoká. Po letech výzkumu se panely dostaly například do hodinek a kalkulaček. Postupem času se jejich použitelnost dále rozvíjela.

Při probíhající ropné krizi (70. léta 20. století) se přemýšlelo o použití článků na Zemi. Na začátku 80. let byla produkce okolo 20 MW/rok. V roce 2011 byla produkce 70 GW/rok za rok 2015 276 GW/rok a 2018 505 GW/rok. Za 30 let se produkce dokázala zvětšit 1850×. V dnešní době můžeme očekávat nárůst v Číně, Indii, Brazílii, USA a v Arábii.

Nejužívanějším materiálem byl od počátku křemík. Na fotovoltaické články mohly být použity křemíkové krystaly. Ty se nehodí do čipového průmyslu. Za pomoci Float–Zone metody se účinnost článků vyšplhala až na 20 %. Jeho cena spadla na jednu pětinu. Další materiál, který se používal, byl také křemík. Ten byl ale v amorfni fázi. Ta se od krystalického křemíku velmi odlišuje. První článek tohoto typu byl vyroben v roce 1976. Účinnost byla ale daleko nižší a postupem času se nadále snižovala. Dnes se používá spíše při speciálních instalacích. Místo na trhu má minimální. [7]

## Historie v ČR

Fotovoltaika u nás začala, když ji v roce 2005 orámoval zákon, který podporoval využívání obnovitelných zdrojů. Do této chvíle se u nás vyskytovalo pouze několik instalací, které těm současným nejsou vůbec podobné. Kvůli nízké podpoře se ale investice v této době nevyplatila. Elektrárny byly instalovány většinou jen technickými nadšenci. Když v roce 2008 poklesla cena křemíku, můžeme říct, že nastal skutečný počátek fotovoltaických instalací v České republice. [7]



Obr. 1.4: Výroba elektřiny v ČR za rok 2019.

Na Obr. 1.4 je vidět, jak malý podíl má fotovoltaika ve výrobě elektřiny v ČR. Ale ve srovnání pouze s obnovitelnými zdroji je na tom velmi dobře a vývojovou křivku v posledních letech má ze všech nejlepší.

## 1.2 Systémy fotovoltaických elektráren

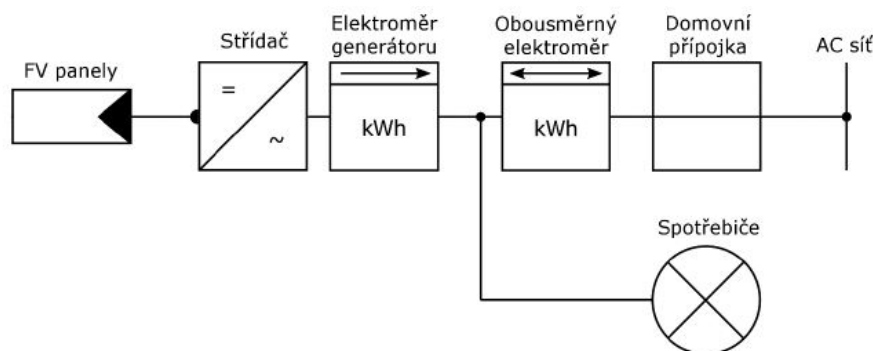
Solární elektrárny stejně jako všechny ostatní druhy elektráren jsou stavěny za účelem získávání elektrické energie. U solárních elektráren je lze rozdělit na dva základní systémy a jejich kombinaci. Jedná se o síťový a ostrovní systém. Síťový systém nalezneme spíše na polích, kde je elektrárna připojena přímo do distribuční sítě a je primárně určena k výrobě elektřiny a jejímu prodeji. Elektrárny jsou zpravidla v řádech několika megawatt. Protipólem jsou elektrárny umístěné na střechách, jež se snaží být pro daný objekt úsporou kupované energie. Jsou časté u rodinných domů a nebo firem, které se snaží ušetřit náklady na provoz.

### 1.2.1 Síťové systémy

Síťové systémy dodávají energii rovnou do distribuční sítě (angl. ON-GRID). Tyto systémy fungují na tom principu, že aktuální vyrobenou elektřinu aktuálně spotřebují. V případě výroby, jež je vyšší než spotřeba, posíláme tuto energii do distribuční sítě. Pokud nastane opačný jev, kdy potřebujeme určitý výkon a pomocí FV panelů nedokážeme tolik energie vyrobit, musíme ze sítě dokoupit chybějící část.

Tento systém je pro rodinné domy nevýhodný. Spotřeba většiny rodinných domů je soustředěna na ráno a pak na večer, když přijdou jejich obyvatelé ze zaměstnání. Větší spotřebu máme v zimě než v létě. Tento systém funguje spíše obráceně. Největší spotřebu bychom požadovali v létě přes den, kdy FVE vyrábí nejvíce energie. Tento systém vyhovuje spíše firmám, školám, kancelářským prostorům, kde přes den máme největší spotřebu, tím ušetříme za elektrickou energii.

Dalším systémem připojení ON-GRID elektráren je, že nemáme žádnou spotřebu a všechnu vyrobenou energii prodáme do distribuční sítě. Tento druh připojení se v ČR hojně využíval v letech 2009–2011. Bylo to způsobeno podporou projektu od státu.



Obr. 1.5: Systém připojený k distribuční síti.

Největší nevýhodou tohoto systému je nízká výkupní cena od distributora vůči ceně, za kterou kupujeme. Další nevýhodou je, že při výpadku sítě nemáme žádnou zálohu. Poté záleží na tom, jestli je systém vybaven tak, aby mohl fungovat pouze z panelů a síť nebyla v provozu. Výhodou systému jsou levnější pořizovací náklady a absence drahých bateriek. V budoucnu by se měla výkupní cena opět zvyšovat a tyto elektrárny budou finančně atraktivnější. [12] [7]

### 1.2.2 Ostrovní systémy

Ostrovní systém (OFF-GRID) je vhodné použít, kde není možnost připojení k distribuční síti, nebo je zhotovení přípojky značně neekonomické. Tyto systémy jsou hojně využívány v rozvojových zemích nebo pro rodinné domy, které nechtějí být závislé na dodávce energií od distributora. Důvodů může být několik, a to jak časté výpadky sítě například někde na horách, kde padající stromy mohou porušit vedení, tak pocit nezávislosti, popřípadě jako investiční záměr ušetřit peníze za předpokladu neustálého zdražování energií.

Ostrovní elektrárny lze rozdělit do několika druhů:

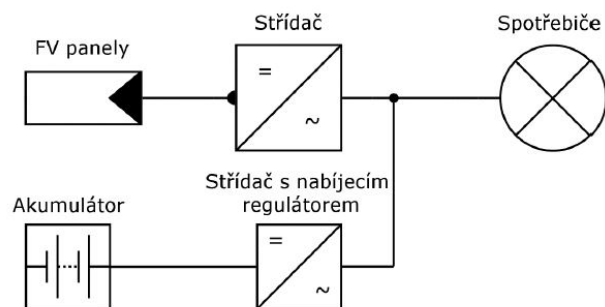
**Off-grid s přímým napájením** – mezi FV panelem a spotřebičem je pouze regulátor. Spotřebič musí být na 12/24 VDC. Zařízení je funkční pouze v období slunečního svitu. Nejsou použity baterie. Lze využít na čerpání vody pro fontánu, pro závlahu, čerpadlo pro přípravu teplé užitkové vody.

**Off-grid s bateriovým úložištěm** – do obvodu jsou vloženy baterie pro akumulaci energie v době, kdy FVE nevyrabí energii. Opět lze napájet spotřebiče na stejnosměrné napětí 12/24 VDC nebo za použití měniče na střídavé napětí 230 VAC. Vhodné pro karavany, horské chaty, meteorologické stanice atd.

**Hybridní Off-grid systém** – pro celoroční provoz by energie z panelů nemusela v některých aplikacích dostačovat. Navyšovat počty panelů by v zimních měsících nic nevyřešilo a v létě by bylo energie příliš. Proto lze do regulátoru připojit další druh elektráren, například větrné nebo vodní. Jako další řešení lze použít generátor, tzv. centrálu, která bude spalovat fosilní paliva. [12] [7]

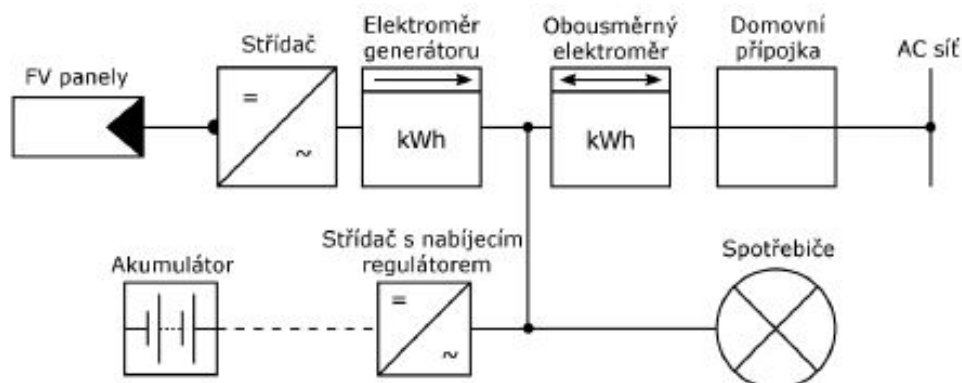
### 1.2.3 Hybridní systémy

Tento druh systému je kombinací síťového a ostrovního systému. Jednodušeji by se dalo říci, že jde o ostrovní elektrárnu s bateriovým úložištěm a měničem, kterou připojíme k distribuční síti. Systém dává největší smysl, pokud co nejvíce vlastní vyrobené energie spotřebujeme pro vlastní spotřebu. Musíme ale brát v potaz ekonomickou návratnost, je jednoduché nahnout desítky panelů na střechu a do technické místnosti koupit baterie za statisíce. Systém se proto navrhuje přesně na danou spotřebu objektu. Jestli bude spotřeba přes den, nebo spíše v noci, v létě, nebo v zimě



Obr. 1.6: Koncepce ostrovního systému.

atd. Proto se FVE navrhuje okolo 80 % spotřeby z vyrobené vlastní FVE a zbytek lze dokoupit ze sítě. Tím pádem nemusíme mít dimenzovanou elektrárnu na tak velký výkon. V letním období, kdy vyrobíme více energie, než dokážeme spotřebovat, tak tento přebytek prodáváme distributorovi. Není to za cenu, za kterou bychom nakupovali, ale energii musíme stejně nějak spotřebovat. Alespoň si tzv. předplatíme na dobu, kdy budeme nakupovat. Někteří distributoři umožňují tzv. virtuální baterii, kdy nemusíme akumulátor nebo jeho část vlastnit, ale tzv. akumulaci zajišťuje distribuční síť a smlouva s distributorem. [12] [7]



Obr. 1.7: Hybridní FV systém s akumulací.

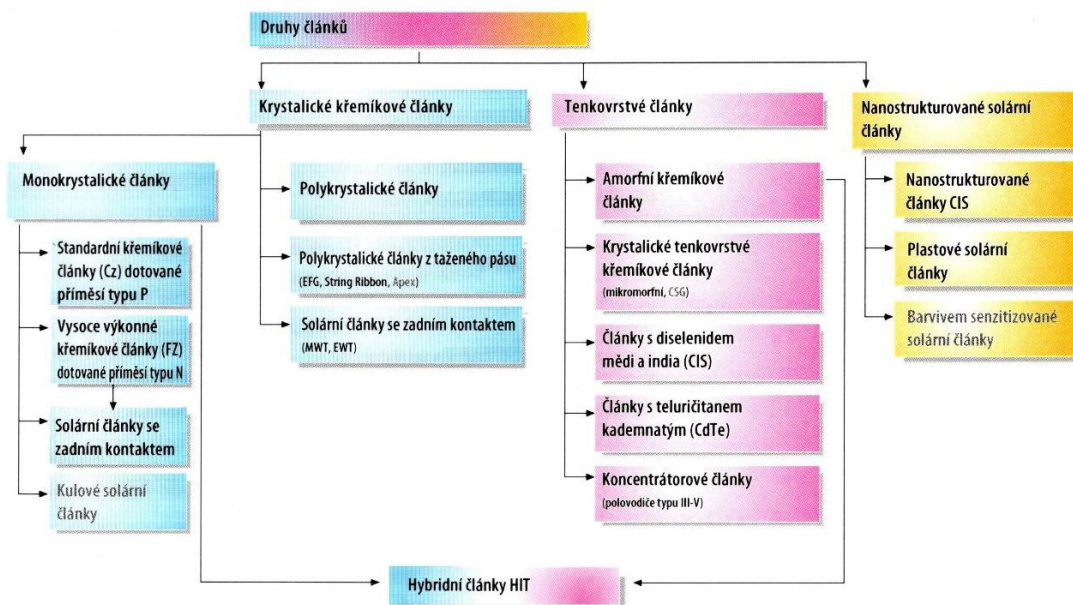
### 1.3 Jednotlivé komponenty FV systému

Každý fotovoltaický systém potřebuje pro svoji funkci mnoho komponentů. Některé systémy jsou jednodušší, jiné složitější, to bylo popsáno v předchozí kapitole. V této kapitole budou popsány nejdůležitější komponenty, jako jsou panely, střídače, baterie a druhy konstrukcí.

## 1.3.1 Fotovoltaické panely

### Druhy fotovoltaických článků

V dnešní době lze rozdělit FV články do tří hlavních skupin podle tloušťky materiálu. První skupinou jsou klasické krystalové články, které mají šířku okolo 200 mikrometrů. Další jsou tenkovrstvé články, které mají šířku okolo desítky mikrometrů, a nejmenší a nejnovější je technologie nanostrukturovaných článků. Kompletní rozdělení najdeme na Obr. 1.8.



Obr. 1.8: Druhy fotovoltaických článků. [7]

V dnešní době mají majoritní podíl na trhu krystalové články, které dosahují až 90 % prodeje. Ale ani ostatní technologie nelze opomínat. Předpokládáme, že v dalších letech dojde k vyššímu uplatnění a novým objevům právě v těchto kategoriích.

V dalších kapitolách budou rozebrány nejběžnější materiály, které se na výrobu FV panelů používají.

#### Monokrystalický článek

Jak již z názvu vyplývá, vyrábí se z jednoho krystalu křemíku s pravidelnou mřížkou. Jedná se o nejpoužívanější, ale zároveň má největší výrobní náklady.

U výroby monokrystalického křemíku je nejpoužívanější tzv. Czochralského metoda, při níž se polykrystalický křemík roztaví v křemenném kelímku při teplotě asi 1420 °C. Původní krystal se ponoří do taveniny z křemíku a postupně se vytahuje nahoru. Naroste přitom až na monokrystal s průměrem 30 cm a několikametrovou délkou. V dnešní době mají monokrystalické články účinnost až 24 %. Při výrobě se

dodává v pravidelných tvarech (čtverec nebo kruh) a jeho barva je tmavě modrá až černá nebo šedá. [7]

### **Polykrystalický článek**

Polykrystalický článek se vyrábí podobným systémem jako monokrystalický. Hlavní rozdíl je, že se větší množství malých krystalů nechá vykristalizovat do jednoho většího. Můžeme si to představit jako paralelní uspořádání několika monokrystalických křemíků. Dále se s ním pracuje jako s monokrystalem.

Nevýhodou je více nečistot ve výsledném spojení několika krystalů. Také jsou vidět přechody mezi krystaly a tím pádem je účinnost nižší než 18 %.

Výhodou je jednodušší a levnější technologie a lépe pohlcující světlo z více uhlů – je vyroben z více malých krystalů. Mimo jiné je citlivější na změny teplot a zastínění. Je vhodný na rodinné domy, chaty a objekty v zastavěných oblastech.

### **Amorfní článek**

Amorfní články patří do tenkovrstvé skupiny FV článků. Amorfní křemík netvoří pravidelnou krystalickou strukturu, nýbrž neuspořádanou síť. Dotovaný amorfní křemík má velmi krátkou difuzní vzdálenost. Volné nosiče náboje by ihned opět rekombinovaly – není možné vyrábět elektrickou energii. Proto se používá vestavba intrinsické (nedotované) vrstvy mezi vrstvy P a N, ve které je životnost nosičů náboje podstatně vyšší. Zde se odehrává absorpce světla a vytváří se náboje, kdežto vrstvy P a N vytvářejí elektrické pole, které uvolněné nosiče náboje odděluje.

Hlavní rozdíl při výrobě je, že se nevyrábí jednotlivé články zvlášť, ale celé moduly najednou. Nevýhodou těchto panelů je malá účinnost. Teoreticky je to 10 %, ale v praxi maximálně 7 %. Další nevýhodou je dlouhodobá stabilita. Výhodou je, že lze amorfní křemík nanášet na ohebnou folii, která se dokáže přizpůsobit podkladovému povrchu.

## **1.3.2 Střídače**

Solární panely ze svého principu na výstupu generují stejnosměrné napětí. Pro většinu zařízení, které člověk využívá v domácnosti, potřebujeme střídavé napětí. Pro Českou republiku je to napětí fázové, což znamená střídavých 230 V s kmitočtem 50 Hz. Abychom toho docílili, je třeba mít zařízení, které toto dokáže, a sice střídač, někdy pojmenovávaný jako měnič či invertor. Pro správnou funkci potřebujeme, aby tento převod byl co nejefektivnější a s co nejmenšími ztrátami. Střídač je nejdůležitější částí celé FVE.

Jak již bylo napsáno, primární funkce je převod z DC/AC. Má ale i mnoho dalších funkcí, například informovat o výrobě elektrické energie. V případě on-gridu reguluje



tok energie do spotřebičů, hlídá stav baterií a jejich ideální nabíjecí a vybíjecí proudy. Když je to třeba, vezme energii ze sítě, nebo do ní začne přebytečnou energii posílat. Dále umí zjistit teplotu nabíjení baterie, ochranu proti přetížení, přebití, přepětí, podpětí, zkratu a přepólování.

Klasické a zároveň nejrozšířenější jsou regulátory pulzně šířkové modulace PWM (Pulse Width Modulation). Účinnost mívají okolo 80 %. Střídač mění šířku pulsů v závislosti na napětí ze zpětné vazby. Ke správnému sinusovému průběhu používá dva signály. Jeden referenční a druhý nosný. Referenční signál je blízký sinusovému průběhu. Tento signál vytváří s nosným signálem, který má větší frekvenci než signál referenční, průsečíky, které určují šířku pulsů výstupního napětí střídače. Neměněním šířky pulzů se mění střední hodnota. Perioda pulzů však zůstává stejná.

Modernější regulátor má v sobě DC/DC měnič, který se dokáže přizpůsobit na příslušný bod maximálního výkonu MPPT (Maximum Power Point Tracking). Vyšší vstupní napětí a nižší proud dokáží zpracovat na nižší napětí nebo zvýší proud, a to s vysokou účinností. Účinnost dosahuje 93–98 %. Zato cena je vyšší. MPPT je nejvíce ovlivněna intenzitou slunečního záření a okolní teplotou. Pokud bude teplota a intenzita konstantní, maximální výkon klesá. Pokud teplota bude stále stejná a sluneční svit zesílí, napětí na prázdko je stejné. Zkratový proud se ale zvýší, což má za důsledek i zvýšení výkonu. [11]

**Síťové střídače** – nutno nastavit tak, aby při dodávání i odebrání byly synchronizované se sítí.

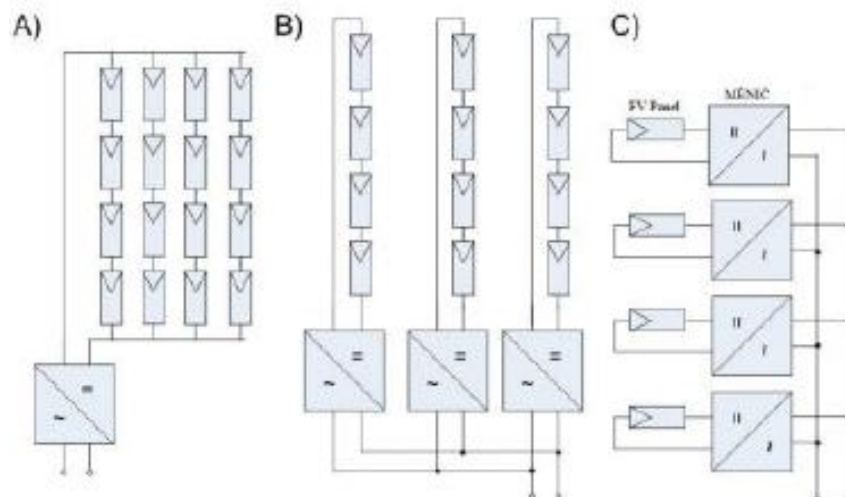
**Ostrovní střídače** – nezapojený do distribuční sítě. Výhodou tohoto střídače je dočasné přetížení až na 200 % po dobu několika desítek vteřin. Izolovaný střídač není potřeba synchronizovat se sítí.

- Modulové – střídač je připojen pouze k jednomu FV modulu. Málo využívané, zejména pro malé FVE při výkonech od 50–180 W
- Stringové – střídač je připojen k několika panelům propojeným v řetězci sériově nebo paralelně. Využití pro středně velké FVE v systémech 1–12 kW.
- Centrální – systém pro velké elektrárny s výkonem od 20–1000 kW, kde jsou připojeny stovky či tisíce panelů. Několik řetězců je připojeno paralelně ke střídači, což je složitější na stejnosměrnou kabeláž, ale jednodušší na ochranu proti přepětí.

Na Obr. 1.9 jsou znázorněny tyto tři druhy zapojení.

### 1.3.3 Akumulátory

Hlavní součástí fotovoltaických elektráren jsou baterie. Během dne sluneční záření baterie dobíjí. V době, kdy sluneční záření nesvítí a panely nevyrobí elektřinu, spo-



Obr. 1.9: Příklady zapojení střídačů A) centrální B) stringové C) modulové. [11]

třebiče čerpají energii právě z těchto baterií. Další výhodou akumulátorů je, že při výpadku energie dokáže určitou dobu napájet zařízení. Přepínání musí být velmi rychlé, aby udrželo počítače a elektroniku v chodu. Hlavním úkolem baterií je uchovávat energii, když je jí nadbytek, a využívat i v době, kdy jí je nedostatek. [13]

Základními parametry solárních akumulátorů jsou kapacita, výkon, hloubka vybití a nabíjecí/vybíjecí cykly.

### Olověné akumulátory

Elektrický proud vzniká v článcích akumulátoru při chemických reakcích aktivních hmot. Při uzavření vnějšího elektrického obvodu reagují aktivní hmoty přeměnou na síran olovnatý a uvolňují elektrony. Při odběru proudu z akumulátoru reaguje jedna molekula olova (na záporné elektrodě), jedna molekula oxidu olovičitého (na kladné elektrodě) a dvě molekuly kyseliny sírové (elektrolyt) tak, že vzniknou dvě molekuly síranu olovnatého a dvě molekuly vody a uvolní se dva elektrony.

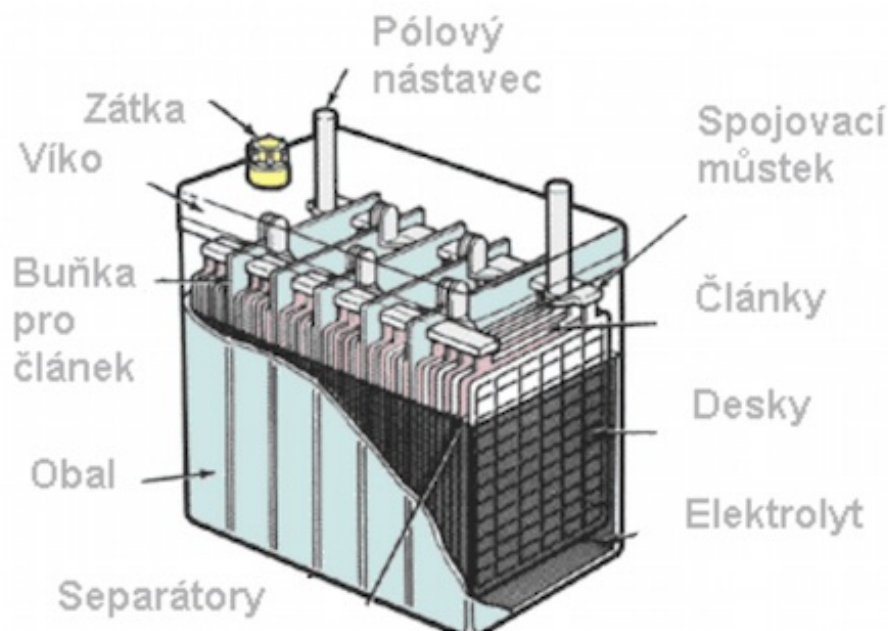
Množství aktivních hmot v akumulátoru určuje, kolik proudu je akumulátor vůbec schopen dodat. To znamená, jakou má kapacitu. Při odběru proudu se vážou síranové ionty elektrolytu do vznikajícího síranu olovnatého a uvolňuje se voda. Tak klesá množství kyseliny sírové a roste množství vody v elektrolytu. Hustota elektrolytu se proto snižuje a zároveň je velmi dobrým ukazatelem stupně vybití.[14]

Olověné akumulátory se skládají z několika článků o jmenovitém napětí 2 V v rámci jednoho pouzdra. Zapojují se do série nejčastěji šest za sebou. Výsledné napětí akumulátoru je tedy 12 V. U větších bateriových sestav se dá spojením vytvořit větší napětí, nebo kapacita. Spojením dvou baterií paralelně se dvakrát zvyšuje

kapacita, napětí však zůstává stejné. Při spojení dvou baterií sériově vzniká dvojnásobné napětí, ale kapacita zůstává stejná. Výrobci raději vyrábí menší baterie kvůli hmotnosti a při realizaci se zapojí dle požadavků zákazníka.

Při nabíjení a vybíjení akumulátoru nedochází ke stoprocentní návratnosti energie. Při nabíjení je třeba dodat o 15–až 20 % více elektronů, než bylo odebráno. Do chemických reakcí vstupují především povrchové vrstvy aktivních hmot na deskách článků. Vnitřní vrstvy nemají tak dobrý kontakt s elektrolytem, proto reagují zpomaleně a v menší míře.[14]

Na Obr. 1.8 můžeme vidět základní části konstrukce akumulátoru.



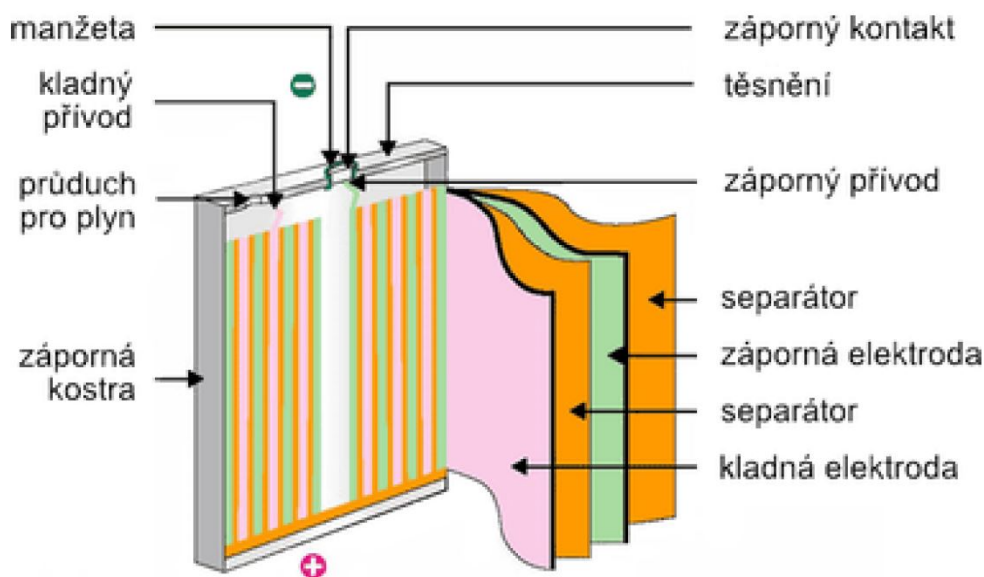
Obr. 1.10: Popis částí konstrukce akumulátoru. [16]

### Lithium-iontové akumulátory

Konstrukce lithium-iontových akumulátorů je podobná olověným akumulátorům.

Kladný pól se skládá z oxidu lithia a záporný pól z grafitu. Elektrolyt mezi fóliemi obou pólů tvoří soli lithia s obsahem fluoru a organická rozpouštědla. Membrána s propustností pro ionty (separátor) mezi pólovými fóliemi chrání baterii před vnitřními zkraty. Parametry jako provozní bezpečnost, měrný výkon apod. lze ovlivnit různými separátory a jinou akumulátorovou chemií. Podle toho představuje lithium-iontový akumulátor pouze všeobecné označení pro akumulátory založené na lithiu. Rozkreslený řez lithiovou baterií lze vidět na Obr. 1.11.

Lithium-iontové akumulátory mají oproti olověným akumulátorům mnoho výhod. Nejvíce se pro použití u fotovoltaických systémů cení vysokého počtu cyklů



Obr. 1.11: Struktura lithiového akumulátoru. [15]

a také velké kapacity při větší hloubce vybití. Podle výrobců by tento typ měl představovat bezúdržbové akumulátory s životností až 20 let.

Nevýhoda lithiových baterií je, že při styku s vlhkostí reaguje a degraduje. Při propíchnutí či proražení baterie může dojít ke zkratu jednotlivých vrstev a k požáru okolních materiálů. Další nevýhodou je, že po prvním nabití se baterie sama svévolně vybíjí.

### LiFePo4

Lithium-železo-fosfátová technologie je poměrně nová a vyznačuje se vysokou životností a krátkou dobou nabíjení. Nabíjecí napětí je 3,6 V a jmenovité 3,2 V. Čtyři tyto články mají stejné napětí jako 12 V olověný akumulátor, který i postupně nahrazují. Baterie mají velký rozsah vybíjení a nabíjení. Za jeden měsíc se samovolně vybije max o 8 %. Další velkou výhodou je malá hmotnost a velikost. Nevýhodou je vyšší cena. [16] [15]

### 1.3.4 Konstrukce

Nosné konstrukce jsou nedílnou součástí každé FVE. Slouží k upevnění fotovoltaických panelů. Při výběru konstrukce je třeba brát v potaz statiku objektu a osvit panelů, aby docházelo k co nejefektivnější výrobě. Průměrná hmotnost panelu je 20 kg. Konstrukce musí vydržet při všech vnějších vlivech: sněh, déšť, mráz nebo vítr. Máme několik typů konstrukcí:

- **Pro šikmé střechy** – použití pro sedlové a valbové střechy se sklonem nejlépe  $35^\circ$  a orientací na jih nebo jihozápad. Podle typu krytiny na střeše existují speciální držáky, na které se následně přidělávají hliníkové profily a na ně už se přichycuje panel Obr. 1.12. Montáž je velmi rychlá, cena není vysoká, a proto se jedná o nejpoužívanější a nejjednodušší systém. [17]



Obr. 1.12: Konstrukce upevnění pro šikmé střechy. [17]

- **Pro ploché střechy** – pro s střechy se sklonem menším jak  $5^\circ$  jsou využívány dva systémy:  
Pomocí plastových van. Na střechu se umístí tyto vany a zatíží se materiálem, aby nedošlo k posunům vlivem větru. Pro zatížení se používají betonové desky, šterk nebo cihly. U tohoto systému není třeba ho připevňovat do konstrukce střechy a nemusí se tím narušovat hydroizolace. Požadavek jako u všech FVE je, že musí být všechny panely na jeden střídač se stejným sklonem a směrem. Hliníkové, popřípadě pozinkované konstrukce, které jsou většinou vyráběny na míru. Můžeme tak na každé střeše zvolit ideální úhel a směr naklonění panelů. Poté dochází k maximálním výnosům. Viz Obr. 1.13. [17].
- **Pro volná prostranství** – podobné řešení jako u plochých střech. Jediný rozdíl je, že se konstrukce pevně spojuje se zemí pomocí zemních vrtů nebo betonových základů. Tato řešení jsou velice nákladná a musí splňovat slibnější povětrnostní podmínky.
- **Polohovací systémy** – panely jsou spojeny konstrukcí a tzv. trackrem, který slouží k naklánění a otáčení panelů za sluncem. Existuje varianta jednoosá či dvojosá. U jednoosého systému dosahujeme 5–10 % výtěžnosti energie oproti pevnému umístění. U dvojosého otáčení je to 30–35 %. Nevýhodou je



Obr. 1.13: Konstrukce pro ploché střechy. [17]

velká pořizovací cena, složitost systému a případná údržba. Další nevýhodou je vlastní spotřeba tohoto zařízení.

## 1.4 Vliv fotovoltaické elektrárny na životní prostředí

### Výhody

- Největší výhodou je, že palivo je nevyčerpatelné a zadarmo.
- Žádný hluk, žádné škodlivé emise a znečišťující plyny.
- Přispívá ke snížení nepříznivých podmínek globálního oteplování.
- Vysoká spolehlivost a životnost. FV panel má životnost okolo 30 let. Výrobci tvrdí, že výkon po 25 letech není menší než 80 % původního výkonu.
- Fotovoltaické panely jsou recyklovatelné.
- Energetická návratnost neustále klesá. Panel za dobu své životnosti vyrobí 6–18násobek energie, která byla spotřebována na jeho výrobu.
- Přispívá k zabezpečení energetických dodávek. Abychom pokryli odbyt elektřiny na 100 %, stačilo by 0,7 % plochy Evropy pokrýt solárními panely. [8]

### Nevýhody

- Fotovoltaické panely zabírají velké plochy.
- Vysoké investiční náklady.

- Pro stavbu elektrárny je potřeba souhlas obce, stavebního úřadu, ochránců přírody a energetiků s připojením.
- Účinnost panelů je nižší než účinnost jednotlivých článků. Je to z důvodu prázdných míst mezi články.
- Nestálý výkon z důvodu počasí.
- Zastínění ekosystému pod panely, což negativně ovlivňuje růst a vývoj. [8]

### 1.4.1 Recyklace

V nejbližších 10–20 letech očekáváme zvýšený nárůst vyřazení z provozů FV panelů, protože nevykazují takovou účinnost jako po výrobě. Největší nárůst se počítá kolem roku 2035, protože díky velkým dotacím od státu v letech 2009–2011 přibylo velké množství FVE. Investoři se snažili použít kvalitní panely, ale jejich nedostatek je donutil nakoupit i panely s nižší kvalitou, aby stihli realizaci, dokud bylo výhodné období. Proto se musíme připravit na velké množství vyřazených panelů, které bude potřeba recyklovat.

Vyvinuto je několik metod, které lze aplikovat na různé typy panelů.

#### Termicko-chemická metoda

V rámci Evropské unie nejrozšířenější metoda. Odzkoušela ji firma Deutsche Solar AG. Panely jsou umístěné ve speciální peci, kde se zahřejí na teplotu 500 °C. Při tomto procesu dojde k odpaření plastů a následně k jejich řízenému spálení při teplotě vyšší. Po tomto procesu se manuálně separují jednotlivé části.

Pokud nejsou panely poškozené, lze chemicky odstranit antireflexní povlak, vyjmout křemíkové disky a ty použít na výrobu nových panelů. Při tomto druhu recyklace lze snížit až 70 % výrobních nákladů na nové panely. Metoda je vhodná pro panely mono- a polykrystalické.

#### Mechanicko-chemická metoda

Oproti minulé metodě je tato vhodná pro panely vyrobené na tenkovrstvé technologii. Trendem dnešní doby je snižovat množství materiálu při výrobě. Dochází k manuální demontáži hliníkového rámu, poté k drcení a separaci jednotlivých druhů a frakcí. Oproti termické metodě je třeba menší podíl mechanické práce. Nevýhodou však je, že všechny suroviny jsou nadrcené. Hlavním cílem metody je separace křemíku a toxických kovů, které vznikají při tenkovrstvých technologiích výroby panelů.

## Recyklované materiály

U monokrystalických a polykrystalických panelů má největší hmotnostní podíl sklo (60–70 %) a hliníkový rám (kolem 20 %). U tenkovrstvých panelů je podíl skla a hliníku přes 95 %. Tyto dva materiály je možno recyklovat téměř se 100 % výtěžností. Největší problém spočívá v separaci skla od ostatních materiálů. Většina plastů použitých na FV panelech je nerecyklovatelných, proto dochází k jejich spalování. Velký význam recyklace je u polovodičových materiálů, které jsou cenné a jejichž výroba je dražší než jejich recyklace. Nesmíme také opomenout recyklaci vzácných (polo)kovů, jako jsou stříbro, měď nebo olovo.

## 1.5 Legislativa ČR

Fotovoltaická elektrárna je dle zákona č. 458/2000 Sb. zařazena jako výrobní elektrické energie. Pokud chce připojit FVE do distribuční sítě, musí dle Energetického regulačního úřadu (ERÚ) mít vydanou licenci. Žadatelem nemusí být pouze právnická osoba, ale i fyzická. Je zde od roku 2016 výjimka, že ji lze provozovat do 10 kW bez licence. Považuje se za takzvaný mikrozdvoj a není potřeba stavební povolení. Jedinou podmínkou je, že ve stejném odběrném místě nesmí být připojena jiná výrobní elektrické energie, která je provozovaná s licencí vydanou ERÚ. Proto lze za dodržení podmínek přebytečnou energii dodávat do sítě.

## 1.6 Dotace nová zelená úsporám

Ministerstvo životního prostředí ČR za spolupráce Státního fondu životního prostředí podporuje dotací Nová zelená úsporám v mnoha odvětvích rodinné domy s úsporou energií. Dotace v programu Nová zelená úsporám se zabývá výměnou oken a dveří, zateplením obálky domu, výměnou zdroje tepla, řízeným větráním, zpracováním dešťovky atd. V této práci se zaměříme na podporu fotovoltaických elektráren pro rodinné domy. Nová zelená úsporám má od října 2021 nové podmínky. Těch by mělo být obecně jednodušeji dosaženo, než těch v období 2014–2021. Tyto nové podmínky by měly platit minimálně do roku 2025. Nová dotace platí pro stavby realizované a zaplacené od 1. 1. 2021. Samozřejmě jako u většiny dotací musí investor nejdříve zaplatit celou částku, poté stavbu realizovat a následně čeká, jestli mu bude zpětně vyplacena daná částka, pokud splnil všechny podmínky. Nově lze umístit panely nejen na rodinný dům, ale i na přilehlé stavby (garáž, pergola, stodola, plot a další). Další novinkou je, že se nemusí prokazovat 70 % vyrobené elektřiny, kterou spotřeboval daný dům.



## 1.6.1 Výše podpory

Maximální výše podpory pro jeden rodinný dům je 200 000 Kč, přesně daná částka je daná na Obr. 1.14.

Instalované části systému FVE	Výše podpory [Kč]
Minimální instalace o výkonu 2 kWp	40 000
Minimální instalace o výkonu 2 kWp s hybridním měničem ( <i>dle definice v kap. 12</i> )	60 000
Minimální instalace o výkonu 2 kWp s efektivním využitím tepelného čerpadla	100 000
Za 1 kWp instalovaného výkonu nad 2 kWp	10 000
Za 1 kWh el. akumulčního systému s akumulátory na bázi lithia	10 000

Obr. 1.14: Výše podpory. [18]

### Podmínky pro splnění dotace

- Maximální výkon instalovaný FV panelů je 10 kWp.
- Poskytovat lze jen na nové systémy, nelze použít jako rozšíření stávajícího systému.
- Měnič musí mít minimální účinnost 95 % a musí umět sledovat maximální výkon s minimální účinností přizpůsobení 95 %.
- Navrhované měniče musí vyhovovat požadavkům nařízení Komise (EU) 2016/631.
- Minimální účinnost panelů: 18 % monokrystalické a polykrystalické články, 12 % amorfni.
- Velikost akumulátoru je stanovena na minimálně jednonásobek výkonu panelů a maximálně dvojnásobek instalovaného výkonu FV modulů v kWh.

### Příklady dotace:

FVE o výkonu 6 kWp bez akumulace.  $40\,000 + 4 \cdot 10\,000 = 80\,000$  (+ 5 000 projektová dokumentace) = dotace **85 000 Kč**

FVE výkonu 6 kWp s akumulací 11 kWh  $60\,000 + 4 \cdot 10\,000 + 11 \cdot 10\,000 = 210\,000$  (maximální výše 200 000 Kč + 5 000 Kč projektová dokumentace) = dotace **205 000 Kč**

FVE o výkonu 6 kWp s akumulací 11 kWh a s instalovanou dobíjecí stanicí pro elektromobil  $60\,000 + 4 \cdot 10\,000 + 11 \cdot 10\,000 = 210\,000$  (maximální výše 200 000 Kč + 5 000 Kč projektová dokumentace) = 205 000 Kč pro FVE 205 000 + 30 000 (dobíjecí bod) + 10 000 (kombinační bonus) = dotace **245 000 Kč**

FVE o výkonu 6 kWp s akumulací 11 kWh a tepelným čerpadlem  $60\,000 + 4 \cdot 10\,000 + 11 \cdot 10\,000 = 210\,000$  (maximální výše 200 000 Kč + 5 000 Kč projektová dokumentace) = 205 000 Kč pro FVE 205 000 + 140 000 (tepelné čerpadlo) + 10 000 (kombinační bonus) = dotace **335 000 Kč**

## 1.7 Programy pro návrh a dimenzování FVE

Pokud chceme, aby naše FVE byla rentabilní a její realizace dávala smysl, je třeba vše důkladně spočítat. Do výpočtů je třeba zahrnout mnoho proměnných:

- intenzita slunečního záření v dané lokalitě
- orientace a sklon střechy
- zastínění střechy
- statika (nosnost) střechy
- síla větru a zatížení sněhem v dané oblasti
- spotřeba objektu
- atd.

Jak je patrné, provádění těchto výpočtů je velmi náročné, proto existuje jak pro projektování, tak i pro realizaci mnoho programů, které dokáží zohlednit jak finanční, tak efektivní návrh FVE. Mnoho realizačních firem tuto problematiku moc neřeší a nabízí balíčky s předem dimenzovanou FVE, kde vůbec tyto detaily neřeší. Zákazník mnohdy nerozumí problematice FVE a po několika letech provozu může být zklamán ze svého rozhodnutí.

Na trhu je několik programů. Existují volně stažitelné či placené programy, nejčastěji s nějakým měsíčním či ročním poplatkem. Jde o programy pouze 2D, některé umožňují 3D vizualizace a řeší zastínění panelů. Některé programy dokáží zpracovat finanční analýzu či připravit dokumenty pro zpracování dotací.

Pro diplomovou práci byl zvolen program PV\*SOL premium. Jak již bylo napsáno, programů je několik, například Polysun, Sinvert Select, PV manager.

## 1.8 PV\*SOL premium

PV\*SOL premium je simulační program německé společnosti Valentin Software GmbH, která tento software vyvíjí a prodává od roku 1998. Software je velmi využí-

vaný v Německu, ale i po celé Evropě. Pro jednoho uživatele stojí 12měsíční licence 1295 Eur a je v ní zahrnuta i 6měsíční údržba.

Tento program je vhodný jak pro malé ostrovní elektrárny, tak pro rodinné domy a až velké FVE. Využijí ho architekti, projektanti i montážníci. Velkou předností je práce s 3D. Lze naimportovat, nebo vytvořit model, na kterém bude vidět, jak se změní vzhled objektu. Lze zjistit i mnoho technických detailů, tedy jestli budou panely zapojeny do jednoho či více stringů, nebo jak povede kabeláž. Výhodou 3D modelu je, že můžeme řešit zastínění panelů. Zastínění může vzniknout od objektů na střeše (komín, satelit, vikýře), tak objektů vzdálených (stromy, vysoké budovy, hory). Pro správnou funkci je třeba s těmito parametry počítat.

V programu lze zvolit spotřební profil a předdefinovanou spotřebu či zadat ručně po měsících, dnech či hodinách. Další možností je volba místa instalace. Z databáze dokáže předpovídat předpokládaný osvit panelů v celém roce. V databázi PV\*SOLu můžeme najít velké množství panelů, baterií, střídačů od výrobců z celého světa. Při zadání předpokládaného množství panelů systém nabídne vhodný střídač, který koresponduje s panely.

Velký důraz je kladen na finanční analýzu, jaká je hodnota navrženého systému, jak snížíme náklady na elektrickou energii, jakou část energie spotřebujeme, kolik je třeba dokoupit, výše dotace a mnoho dalších parametrů.

## 2 Výsledky studentské práce

Tato diplomová práce má za cíl navrhnout fotovoltaickou elektrárnu pro rodinný dům. Jedná se o dům na Vysočině v obci Sedletín. Domek byl postaven v 90. letech minulého století. Jako mnoho domů stavěných v této době je připraven pro dvougenerační bydlení. Od kolaudace v roce 1990 nebyla provedena žádná větší úprava. Aktuální majitelé by chtěli tento dům rekonstruovat jak stavebně, tak i technologicky. Stavebními pracemi se tato práce nebude zabývat. Zásadní bude proto část technologická. Proto bude v práci zahrnuto řešení vytápění, ohřevu teplé vody a spotřeba energie. Přání majitelů je využít v co největší míře solární energii.

### 2.1 Před návrhem FV elektrárny nutno položit několik otázek

- Proč chci FVE?
  - Úspora peněz.
  - Odolnost vůči blackoutu – výpadek při vichřicích, záloha energie.
  - Zelená energie, menší uhlíková stopa.
  - Investice do budoucna.
  - Má ji soused.
- Dům a jeho možnosti
  - Mám možnost střechu osadit panely, je vůbec moje?
  - Má moje střecha správný sklon a na jaké světové strany je natočena ?
  - Lze střechu zatížit panely ?
  - Mám kam umístit střídač a baterie?
  - Jaké mám zastínění ? Vysoké okolní domy, stromy, komín.
  - Novostavba, nebo starý dům? Je třeba provést zásah do elektroinstalace?
  - Jaké jsou přirozené akumulční schopnosti domu?
- Charakter lidí, kteří žijí v domě
  - V jakém časovém rozpětí se vyskytují osoby v domě?
  - Pracuje někdo z domova?
  - Jsou v domě malé děti s rodiči?
  - Na jaký teplotní komfort je rodina – zvyklá 18 °C, nebo 22 °C?
  - Myslet na budoucnost, osoby v domě se v průběhu životnosti FVE budou možná měnit.
  - Do jaké míry je domácnost elektrifikovaná?
  - Jaký máte vztah k elektromobilu, uvažujete o jeho pořízení ?
- Technické informace, které dokáží lépe specifikovat FVE na míru.

- Jednofázový/třífázový rozvod proudu?
- Které spotřebiče tvoří hlavní spotřebu?
- Je dobré znát spotřebu elektřiny, ale i plynu, vody a topení.
- Obecné informace
  - Velikost baterie by měla být taková, aby na jeden cyklus vydržela celý den.
  - Možnost rozšíření počtu baterií a panelů.
  - Větší výkon FVE znamená prodloužení období, kdy lze FVE využívat.
  - FVE by měla architektonicky zapadat.
  - V ČR – nutnost asymetrického střídače.
  - Pokud chci zálohovat – na jak dlouho a které spotřebiče?
  - Na zálohu, když FVE nevyrábí, lze jako levné řešení použít diesel centrálu.
  - Panely nejsou až tak velká investice, nejdražší jsou vždy baterie.
  - Jelikož se v ČR používají asynchronní střídače, je vždy lepší volit větší střídač než samotný výkon panelů – lepší využití je, pokud nejsou zatížené všechny fáze stejně.
  - Myslet na zvýšení cen výkupu.
- Stav elektroinstalace
  - Mám možnost stávající rozvaděč rozšířit, nebo je nutno přidat další rozvaděč?
  - Bude nutná výměna elektroměru za čtyř-kvadrantový.
  - Je třeba nějak vymyslet propojení mezi střechou s rozvaděčem
  - Jak je řešena ochrana před bleskem a přepětové ochrany a centrální uzemnění domu.

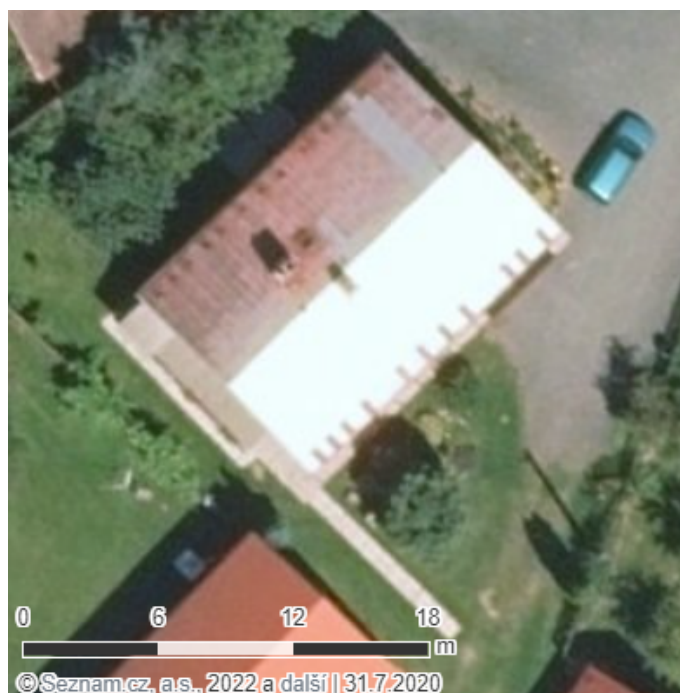
## 2.2 Aktuální stav domu

Jak již bylo popsáno, jedná se dvougenerační domek, který má půdorys 15 m × 10 m tzn. 150 m<sup>2</sup> zastavěné plochy. Pod celým tímto obdélníkovým půdorysem je dům podsklepen. Na sklepe je obytné patro a na něm podkroví.

Při pohledu na Obr.2.1 je zobrazen letecký pohled domu pomocí [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz)

### 2.2.1 Poloha střechy a její kvalita

Střecha je klasická sedlová do tvaru A a nemá na sobě žádné vikýře. Orientace je na jihovýchod a severozápad. Na severozápadní straně těsně pod hřebenem jsou umístěny dva komíny a jedno střešní okno sloužící pro výlez ke komínům. Krytina je tvořena pozinkovaným natřeným plechem v profilovaných šablonách. Na spodní



Obr. 2.1: Letecký pohled na dům. [19]

části, přibližně metr od kraje hrany střechy, jsou umístěny sněhové zábrany. Jako každá správná střecha má okapy a dva svody pro odtok dešťové vody. Na střeše je umístěna jímací soustava pro případ úderu bleskem. U komína a na koncích střechy jsou umístěny jímací tyče, aby jímací soustava dokázala uchránit všechny stavební i technologické prvky (komín, antény). Celková plocha střechy je  $250 \text{ m}^2$  a její sklon je  $45^\circ$ . Krytina je ke střešní konstrukci připevněna hřebíky s těsněním proti vniku vody. Samotná konstrukce je celá ze smrkového dřeva a její krovy jsou o rozměrech  $16 \times 14 \text{ cm}$ . Ty jsou celoplošně pokryty prkny, na nich je poasfaltovaná lepenka a následně přibitá krytina. V době, kdy se dům stavěl, se difuzní paropropustné folie či zateplení moc nerealizovaly.

### 2.2.2 Popis spotřeby energie

Celková spotřeba domu je za posledních pět let v průměru  $2644 \text{ kWh/rok}$ . Tento údaj byl zjištěn z posledních vyučování elektřiny. Přesné hodnoty spotřeby v posledních pěti letech lze vidět v tabulce 2.1. V ní lze i pozorovat rozložení spotřeby na nízký a vysoký tarif.

Největší spotřebu v domě představuje vaření (elektrická indukce, trouba, mikrovlnná trouba, konvice atd.), pračka, svícení, lednice, mrazák, elektronika (TV, notebooky, monitory, mobilní telefony, Wi-Fi atd.).

Tab. 2.1: Spotřeba elektrické energie za roky 2017–2021.

Rok	VT (vysoký tarif) [kWh]	NT (nízký tarif)[kWh]	Celkem kWh]
2017	1772	970	2742
2018	1794	967	2761
2019	1572	923	2495
2020	1857	839	2696
2021	1821	703	2524
Průměr	1763	880	<b>2644</b>

### 2.2.3 Popis domu vzhledem k tepelným ztrátám

Obvodové zdivo je postaveno z keramických cihelných bloků o šířce 38 cm a spojené vápenocementovou maltou. Okna jsou dřevěná špaletová a vybavená jednovrstvými skly. Zateplení podlahy a střechy není realizováno, pouze mezi jednotlivými patry jsou 4 cm vaty. Větrání je řešeno manuálně otevřením oken a vytvořením průvanu a následnou výměnou čerstvého vzduchu.

Vytápění je řešeno litinovým kotlem s výkonem 32 kW a lze v něm spalovat hnědé i černé uhlí a samozřejmě i dřevo, což je i 95 % případ tohoto domu. Jelikož majitelé mají vlastní převážně smrkový les, je jejich zdroj paliva velice levný, když se pomine časová náročnost přípravy dřeva na topení.

Jako záložní zdroj je instalován i plynový kotel. Tím nebylo v posledních letech v důsledku kůrovcových a povětrnostních kalamit a tím pádem i dostatku palivového dřeva třeba topit.

### 2.2.4 Ohřev teplé vody

Dříve označované jako TUV (teplá užitková voda), dnes už pouze TV (teplá voda). Pro ohřev je použit plynový bojler o obsahu 120 litrů. Bez velkých problémů stačí čtyřčlenné rodině. V tabulce 2.2 je znázorněná roční spotřeba zemního plynu. Jak již bylo popsáno výše, z 98 % byl použit pouze na ohřev vody, spotřeba na topení je zanedbatelná.

Podobně jako u spotřeby elektrické energie byly hodnoty zjištěny na základě ročního vyúčtování od dodavatele zemního plynu. K přepočtu mezi  $\text{m}^3$  a kWh lze použít jednoduchý koeficient  $1 \text{ m}^3 = 10,55 \text{ kWh}$

Tab. 2.2: Spotřeba zemního plynu za roky 2017–2021.

Rok	VT Celkem [ $m^3$ ]	Celkem [kWh]
2017	357	3768
2018	382	4029
2019	364	3836
2020	333	3515
2021	349	3680
<b>Průměr</b>	357	<b>3766</b>

## Souhrn

- Elektrická energie – kompletní domácnost
- Plyn – bojler, záloha topení
- Dřevo – vytápění

## 2.3 Upřesnění požadavků

Na začátek je třeba si připustit fakt, že v zeměpisných šířkách a výškách, v nichž se nachází ČR, nelze fotovoltaikou vytápět efektivně rodinný dům. Pokud jsou v zimních měsících panely pokryty sněhem nebo je celý den pod mrakem či chumelí, tak i kdyby měl dům 1000 panelů, tak  $1000 \times 0 \text{ W}$  je pořád pouze 0 W. Proto vždy musí být uvažován jiný zdroj pro vytápění a fotovoltaikou lze topnou sezonu zkracovat a šetřit zdroje pro vytápění.

Pro návrh topení budeme v této práci uvažovat pouze s těmito třemi zdroji tepla:

- Tepelné čerpadlo vzduch–voda
- Automatický kotel na pelety

Vždy bude topeno do vyrovnávací nádrže s vodou o objemu  $1 \text{ m}^3$ , z níž si bude odebírat teplo topná soustava ve formě podlahového topení či radiátorů.

Pro ohřev vody v zimních měsících lze využít stejný zdroj jako pro vytápění v letních měsících, tzn. v co největší míře energii slunce. Do objektu bude umístěn nový bojler, který bude umět adekvátní kombinaci zdrojů vytápění. Umístění bude uvnitř akumulací nádrže, kde dochází k minimálním ztrátám tepla a zabere menší prostor než v technické místnosti.

Pro využívání elektřiny – v co největší míře využít vlastní vyrobenou elektřinu z fotovoltaické elektrárny a zbytek dokupovat z distribuční sítě. Přebytky budou



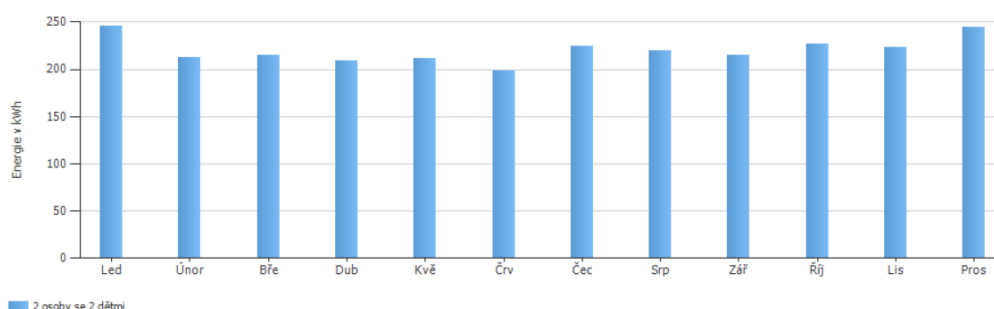
moci být prodávány distributorovi.

Pro ukládání energie z FVE bude sloužit baterie, která má nezastupitelné místo v celém systému. Její nevýhodou je vysoká pořizovací cena, činí často i polovinu realizační částky. Proto bylo zvoleno vytápění pomocí vody, ne vytápění elektrické (topné kabely, rohože nebo elektrické konvektory). Z akumulární nádrže se tak stává další baterie, kde by se všechna přebytečná energie měla spotřebovat.

## 2.4 Návrh fotovoltaické elektrárny s bateriovým úložištěm

### 2.4.1 Profil spotřeby

Spotřeba tohoto domu je za rok 2644 kWh. V programu PV\*SOL lze nastavit profil dle počtu účastníků v rodině. Dále můžeme vložit přesné hodnoty z analýzy, či zakomponovat spotřebiče, které se v objektu používají. Topení a teplá voda není řešena elektrickou energií. V každém měsíci je spotřeba jiná. Je to dáno životním stylem rodiny a že se střídají roční období. V této situaci je uvažována rodina s dvěma dětmi s průměrným používáním spotřebičů. Výsledná hodnota je počítána z ročního vyúčtování. Detailní graf je zobrazen na Obr.2.2.

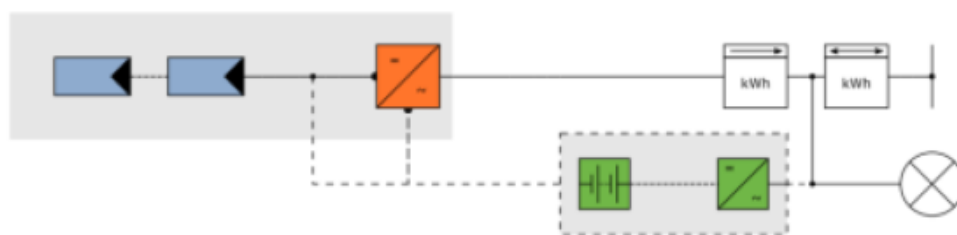


Obr. 2.2: Zátěžový profil domácnosti v období jednoho roku.

### 2.4.2 Zapojení systému

Zadání práce určovalo, že by se mělo jednat o fotovoltaickou elektrárnu s bateriovým úložištěm. Na rodinné domy můžeme využít systém s baterií, nebo bez baterie. Varianta bez baterie není moc používaná. Je to dáno tím, že když nesvítí slunce, nebo je noc, tak varianta s baterií dokáže vykrýt tyto situace. Proto máme dva systémy. První je hybridní a druhý je ostrovní. Ostrovní má velké využití v oblasti, kde není elektrická přípojka. Dále odolnost proti blackoutu a mnoho dalšího. Pro náš rodinný dům je nejlepším řešením hybridní systém. Jedná se totiž o fotovoltaický

system s elektrickými spotřebiči a akumulátorovými systémy připojené k rozvodné síti. Blokové schéma nalezneme na Obr.2.3.



Obr. 2.3: Blokové schéma zvoleného fotovoltaického systému.

### 2.4.3 3D model objektu

3D model byl vytvořen na podkladu, který je vytažen z Google map. Ne této mapě, dle půdorysu budovy, byl vymodelován objekt, který odpovídá skutečnosti. 3D model domu je zobrazen na Obr. 2.4.



Obr. 2.4: 3D model rodinného domu.

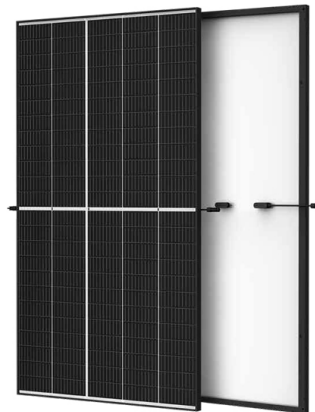
Pro výpočty jsou zásadní okolní objekty. Z tohoto důvodu jsou zde zakresleny nejbližší okolní budovy a stromy. V neposlední řadě je třeba zakreslit všechny prvky na střeše. V našem případě se jedná o dva komíny a jedno střešní okno, které slouží k jejich čištění. Nepodstatné jsou v modelu okna a dveře, ale dotváří celkovou autentičnost modelu. Na polovinu střechy, která je orientovaná na jihovýchod, by se vešlo až 54 panelu 1,096 m širokých a 1,754 m vysokých. Druhá strana není třeba brát



účinnost. Další důležitou hodnotou je teplotní koeficient pro maximální výkon, rovný  $-0,34 \text{ \% / } ^\circ\text{C}$ . Proto tyto panely jsou schopny udržet vysoký výkon i v neoptimálních teplotních podmínkách. Vertex S TSM-DE09.08 byl navržen tak, aby byl kompatibilní s nejběžnějšími měniči a optimalizátory. Velikost a hmotnost modulu usnadňuje přepravu a instalaci. Díky svému robustnímu složení vydrží TSM-DE09.08 až 6000 Pa zatížení sněhem a 4000 Pa zatížení větrem. Lineární záruka na výkon, nabízený společností Trina Solar, zaručuje snížení o 2 % v prvním roce a  $< 0,6 \text{ \%}$  v ostatních letech. Na Obr. 2.6 je zobrazen vybraný panel a v tabulce Tab. 2.3 technické údaje.

#### **Vlastnosti produktu Trina 405 TSM-DE09.08 Vertex S:**

- 120 monokrystalických článků (210 mm třetinové články), uspořádání 5x12 článků na polovinu panelu.
- Černý rám modulu.
- Bílý backsheet.
- Konektor: MC4 EVO2/TS4.
- Certifikát IEC.
- Modul s jeho elektrickými vlastnostmi lze použít jako doposud známé panely s poločlánky.
- Technologie propojení článků s vysokou hustotou pro vyšší účinnost panelů
- Nejmodernější 210 mm Mono PERC třetinové články.



Obr. 2.6: Fotovoltaický panel Trina 405 TSM-DE09.08 Vertex S.

### **2.4.5 Konstrukce a montáž panelů**

Konstrukce závisí na typu střechy. Již v úvodu jsem si řekli, že se jedná o šikmou střechu s profilovaným plechem. Montáž se provádí pomocí nerezových kombi šroubů, které se zavrtají skrze krytinu do dřevěného trámu, nebo podbití. Součástí kombi

Tab. 2.3: Technické údaje vybraného solárního panelu Trina solar TSM-405-DE09.08 VERTEX S.

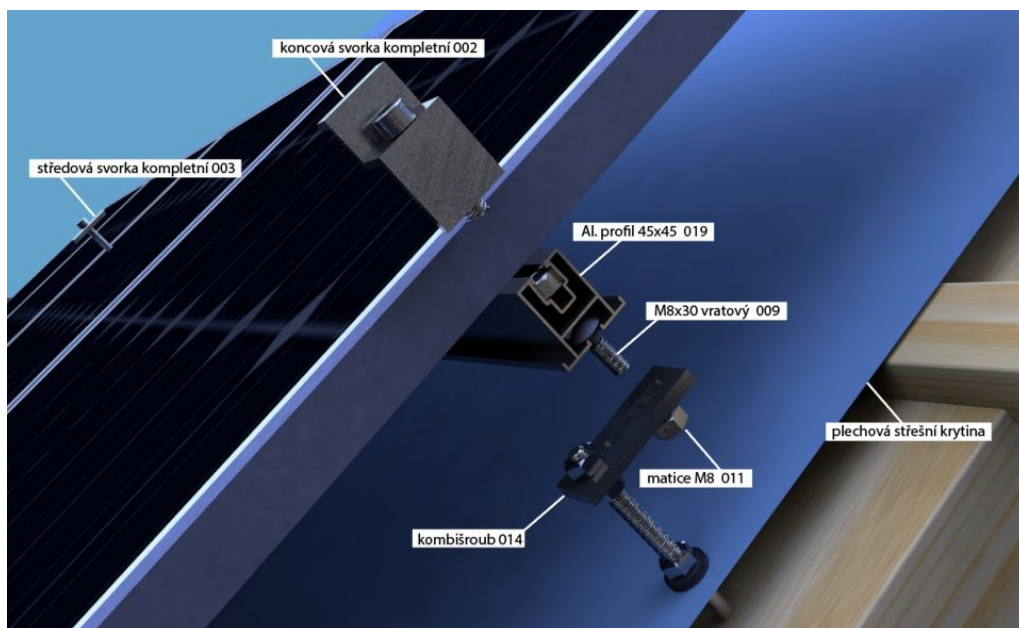
Technické údaje	Hodnota	Jednotka
Napětí MPP	34,4	V
proud v MPP	11,77	A
Napětí na prázdno	41,4	V
Zkratový proud	12,34	A
Jmenovitý výkon	405	W
Účinnost	21,06	%
Počet článků panelu	120	ks
Počet bypass diod	3	ks
Teplotní rozsah	-40 až +80	°C
Teplotní koeficient výkonu	-0,34	% °C
Rozměry (š x v x h)	1096 x 1754 x 30	mm
Hmotnost	21	kg
Zatížení sněhem	6000	Pa
Zatížení větrem	4000	Pa
Záruka na zpracování produktu	25	let
Záruka na výkon	15	let
Cena	5010	Kč s DPH

šroubu je gumové těsnění a hliníkový držák nosného profilu. Na tento držák se přišroubuje hliníkový nosný profil. Panely jsou pomocí koncové, nebo středové svorky uchyceny k profilu. Detailní obrázek ukotvení najdeme na Obr.2.7. Při montáži se pospojují panely do stringů dle dokumentace. Z každého stringu se pak natáhnou dva vodiče do střídače. Při montáži je potřeba myslet na ventilaci panelů. Tento aspekt dodržuje většina výrobců držáků.

## 2.4.6 Střídače

Na trhu je nespočet výrobců, kteří nabízejí mnoho druhů střídačů, které se hodí pro různé aplikace. Mezi nejznámější výrobce patří. GoodWe, Growatt, Solax, Victron, SunWays... Výběh byl velmi složitý. V této práci budou použity střídače od firmy Solax. Jsou velmi často aplikované na českých fotovoltaikách a parametrově splňují všechny požadavky. Cena je též velmi přívětivá. Byl vybrán střídač řady **SOLAX X3-HYBRID G4**.

Nový X-Hybridní třífázový střídač od firmy SolaX nabízí flexibilní a škálovatelné řešení jak pro domácí, tak i komerční použití se standardní zárukou 10 let.



Obr. 2.7: Konstrukce FVE. [20]

Třífázové střídače zahrnují střídače o velikosti od 5 do 10 kW. Je zde možnost instalace více střídačů paralelně u kterých je skladování baterií pro komerční aplikace. Střídač je vybaven vestavěným EPS (nouzovým napájecím zdrojem). Střídač má několik možností komunikace a může být ovládán vzdáleně. Detailně si ho můžeme prohlédnout na Obr. 2.8.



Obr. 2.8: Střídač SolaX Power X3-Hybrid G.

#### Vlastnosti produktu SOLAX X3-HYBRID G4:

- Široká teplotní tolerance.
- Online monitorování.
- 150 % Oversize Power Capability.
- Plné nabití baterie za 1 hodinu.

- Nejvyšší spolehlivost.
- Celková doba instalace 30 minut.
- Podpora vyššího výkonu paralelního zapojení On & Off grid střídačů.
- Maximální 30 A nabíjecí a vybíjecí proud.
- Zabránění napěťové nerovnováhy při použití vysoce výkonných spotřebičů.

V tabulce Tab. 2.4 jsou vypsány technické údaje střídačů s 5, 6, 8 a 10 kW. Pro jednotlivé varianty FVE bude použit příslušný střídač.

Často se při realizacích dává největší možný měnič, to jest 10 kW (bez licence – tzv. mikrozdroje). Výsledný rozdíl ceny je minimální a pokud se přidávají panely, tak není třeba měnit ostatní části fotovoltaiky. Nevýhoda tohoto řešení je menší účinnost při méně panelů. Obecně se uvádí, že by měl být střídač 1,15 krát větší než velikost kWp panelů. Samozřejmě záleží na světové straně. Toto řešení je rozhodně výhodné pro zákazníky, kteří plánují do budoucna elektrárnu zvětšovat a chtěli by si zvýšit výkon elektrárny například na nabíjení elektromobilu.

Tab. 2.4: Technické údaje vybraného měniče SolaX Power X3-Hybrid G4.

Technické údaje	5kW	6kW	8kW	10kW	Jednotka
Jmenovitý výkon DC	6	7,2	9,6	12	kW
Max. DC výkon	7,5	9	12	15	kW
Jmenovité napětí DC	720	720	720	720	V
Max. vstupní napětí	1000	1000	1000	1000	V
Max. vstupní proud	24	24	36	36	A
Počet DC vstupů	2	2	3	3	-
Max. Výkon AC	5	6	8	10	kW
Jmenovité napětí AC	400	400	400	400	V
Počet fází	3	3	3	3	ks
Počet MPPT	2	2	2	2	ks
Max. účinnost	98,2	98,2	98,2	98,2	%
Teplotní rozsah	-35,+60	-35,+60	-35,+60	-35,+60	°C
Hmotnost	30	30	30	30	kg
Krytí	IP 65	IP 65	IP 65	IP 65	-
Záruka	10	10	10	10	let
Cena	57 684	59 490	61 890	63 895	Kč s DPH

## 2.4.7 Baterie

Při výběru baterie jde hlavně o to aby byla schopna propojit se se střídačem a byla v kompaktním balení, které nezabírá moc místa. Rackové umístění je zbytečně ná-

kladné a obrovské, proto lepší kompaktní box. Jasnou volbou byla technologie baterií a to Lithium-železo fosfátová. V dnešní době to je pro fotovoltaiku nejlepší možná baterie. Do této FVE bude použito bateriového boxu od firmy Pylontech, která je špičkou ve svém oboru. **SOLAX X3-HYBRID G4**.

Schopný vysoce výkonného nouzového zálohování a funkce Off-Grid Nejvyšší účinnost díky skutečnému vysokonapětovému sériovému připojení Patentovaný modulární design zástrčky nevyžaduje žádné vnitřní vedení a umožňuje maximální flexibilitu a snadné použití Lithium-železo fosfátová (LFP) baterie bez kobaltu: Maximální bezpečnost, životnost a výkon Kompatibilní s předními 1 a 3fázovými vysokonapětovými bateriovými invertory Dva odlišné moduly pro pokrytí celé řady velikostí systému Nejvyšší bezpečnostní standardy jako VDE 2510-50 BYD Battery-Box Premium HVS se skládá z bateriových modulů HVS, které jsou zapojeny do série. Možnost škálování přidáním modulů HVS nebo paralelních zásobníků HVS později. Navíc přímé paralelní připojení až 3 identických Battery-Box Premium HVS umožňuje maximální kapacitu 38,4 kWh.

#### **Vlastnosti produktu SOLAX X3-HYBRID G4:**

- Výkonné nouzové/záložní napájení a funkce off-grid.
- Oceněná účinnost díky skutečnému sériovému zapojení.
- Patentovaný modulární zásuvný design nevyžaduje žádnou vnitřní kabeláž a umožňuje maximální flexibilitu a snadné použití.
- Lithium-železo fosfátová baterie (LFP) bez obsahu kobaltu: maximální bezpečnost, životnost a výkon.
- Kompatibilní s předními 1 a 3 fázovými měniči.
- Dva různé moduly pro pokrytí celku rozsah velikostí systému.
- Nejvyšší bezpečnostní standardy jako VDE 2510-50.

2.5 na Obr. 2.9.

### **2.4.8 Kabelové vedení**

Ve stejnosměrné soustavě, tj. mezi panely a střídačem a střídačem a baterií, jsou navrženy kabely, které jsou vhodné pro solární elektrárny OLFLEX SOLAR XLS-R 6 mm. Tento kabel je odolným proti UV záření a má velmi nízké ztráty. Používá se v červené barvě pro kladný potenciál a pro záporný potenciál v modré barvě. V domě bude umístěn v chrániče o průměru 25 mm. Na střeše bude vyvázána po konstrukci panelů. Na střídavé straně budou použity kabely CYKY-J odpovídajícímu průřezu.

### **2.4.9 Připojení do stávající elektroinstalace**

V domě, v technické místnosti, je umístěn rozvaděč pro domácnost. Jeho velikost není dostatečná, proto bude umístěn nový rozvaděč. Bude rozdělen na DC a AC





Obr. 2.9: Baterie BYD BATTERY-BOX PREMIUM.

Tab. 2.5: Technické údaje vybrané baterie BYD BATTERY-BOX PREMIUM.

Technické údaje	HVS 5.1	HVS 7.7	HVS 10.2	HVS 12.8	Jednotka
Počet modulů	2	3	4	5	-
Kapacita	5, 12	7, 68	10, 24	12, 8	kWh
Max. výstupní proud	25	25	25	25	A
Špičkový výstupní proud	50A, 5s	50A, 5s	50A, 5s	50A, 5s	A,s
Jmenovité napětí	204	307	409	512	v
Provozní napětí	160 – 240	240 – 360	320 – 480	400 – 600	v
Teplotní rozsah	-10,+50	-10,+50	-10,+50	-10,+50	°C
Hmotnost	91	129	167	205	kg
Krytí	IP 55	IP 55	IP 55	IP 55	-
Záruka	10	10	10	10	let
Cena	94 300	132 400	170 900	208 000	Kč s DPH

stranu, kde v DC straně bude odjištění a přepětová ochrana pro panely a pojistky pro odpojení baterií. Přepětová ochrana bude umístěna od firmy Citel DS60VGPV. Z principu svodiče přepětí dokáže případný proud, který by se mohl naindukovat, zmařit v zemní soustavě a nezničit tím střídač a další prvky v elektroinstalaci. V AC straně bude umístěno jištění odpovídající střídavému proudu. Dále přepětová ochrana AC např. CITEL DS133VGS. Další zařízení, které řídí přetoky energie

se nazývá wattrouter a bude přebytečnou energii akumulovat do nádrže s vodou. Další je podružné měření. V našem případě DTS-353L-80A. Na vstup domovního rozvaděče budou umístěna proudová trať, abychom věděli kolik odebíráme ze sítě a kolik z FVE.

Další, co bude nezbytně nutné vyměnit, je aktuální elektroměr za čtyř-kvadrantový. Jinak bychom nemohli prodávat elektřinu do sítě.

#### 2.4.10 Varianta A - velká FVE, vytápění tepelným čerpadlem

Panely: 24x TSM-405-DE09.08 VERTEX S - 9,7 kW<sub>p</sub>

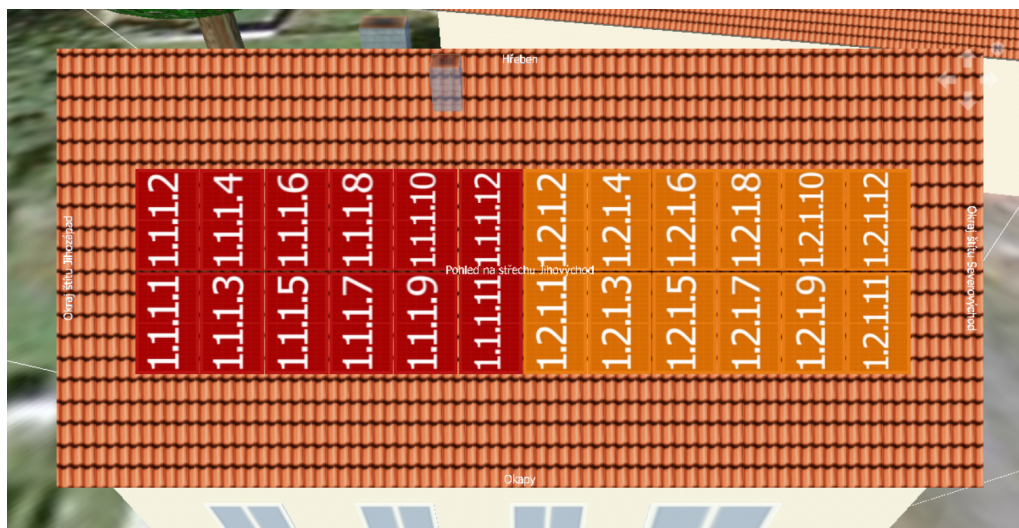
Střídač: 1x X3-Hybrid-10.0 - 10 kW

Baterie: BYD BATTERY-BOX PREMIUM 10.2 kWh (HVS)

Topení: Tepelného čerpadlo

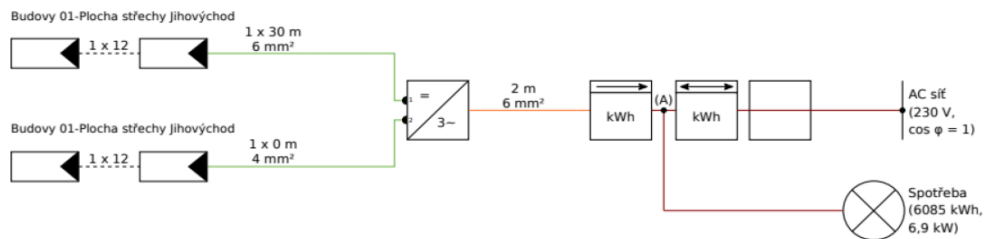
Teplá voda: Primárně fotovoltaika - v období kdy FVE nevyrobí dostatek, tak tepelné čerpadlo.

Jelikož je střecha velká a v této variantě je jako zdroj vytápění a dohřívání vody v zimních měsících použito tepelné čerpadlo, je výhodné mít velký výkon elektrárny. Panely jsou ve dvou řadách po 12ti kusech. Zapojeny jsou do dvou stringů, každý po 12ti panelech (Obr. 2.10). Střídač a baterie jsou adekvátně naddimenzovány pro dané panely, a spotřebu. Na obrázku Obr. 2.11 jsou vidět všechny podstatné prvky fotovoltaiky včetně kabeláže a elektroměrů.



Obr. 2.10: Osazení panelů na střechě 9,7 kW<sub>p</sub>.

Na obrázku Obr. 2.12 je výčet nákladů, které je třeba na daný systém zainvestovat, aby elektrárna vznikla. částka 320 tis za tepelné čerpadlo je z nabídky od



Obr. 2.11: Zapojení FVE 9,7 kWp.

topenářské firmy. V této práci bereme topení jako komplet a není rozebírána více dopodrobna. Na dalším obrázku Obr. 2.13 je vidět počáteční investice 804 tis. Další položka je získaná dotace a to ve výši 355 tisíc. Z toho 200 tis je FVE , 5 tis FVE dokumentace, 140 na tepelné čerpadlo a 10 tis na kombinační bonus. Do položky úspory e vložena aktuální spotřeba domu za topení. Počítáno je s 30ti PRM dřeva za topnou sezónu. Cena jednoho PRM je aktuálně 750 Kč.

Číslo pozice	Pozice	Ěástka [Kč]	Doba používání [roky]	Inflace[%]
1	FV panely	120240,00	40	0,00
2	Konstrukce	37440,00	40	0,00
3	Stridac	63895,00	10	0,00
4	Baterie	170900,00	15	0,00
5	Nový rozvadec pro FVE + úprava stávajícího rozvadec	35000,00	41	0,00
6	Kabeláž + trasy	8000,00	41	0,00
7	Montáž	40000,00	41	0,00
8	Dokumentace + zpracování dotace	8000,00	41	0,00
9	Tepelné čerpadlo	320000,00	20	0,00
<b>Celkem</b>		<b>803475,00</b>		

Obr. 2.12: Pořizovací náklady na FVE 9,7 kWp a tepelné čerpadlo.

Odpisovatelné investice   
 Jednorázové platby (daňová neuznatelné)  % z investic  
 Pořizovací dotace  Kč  
 Roční provozní náklady   
 Roční náklady na spotřebu   
 Další roční náklady   
 Další roční příjmy/úspory

Obr. 2.13: Pořizovací náklady na FVE 9,7 kWp a tepelné čerpadlo.

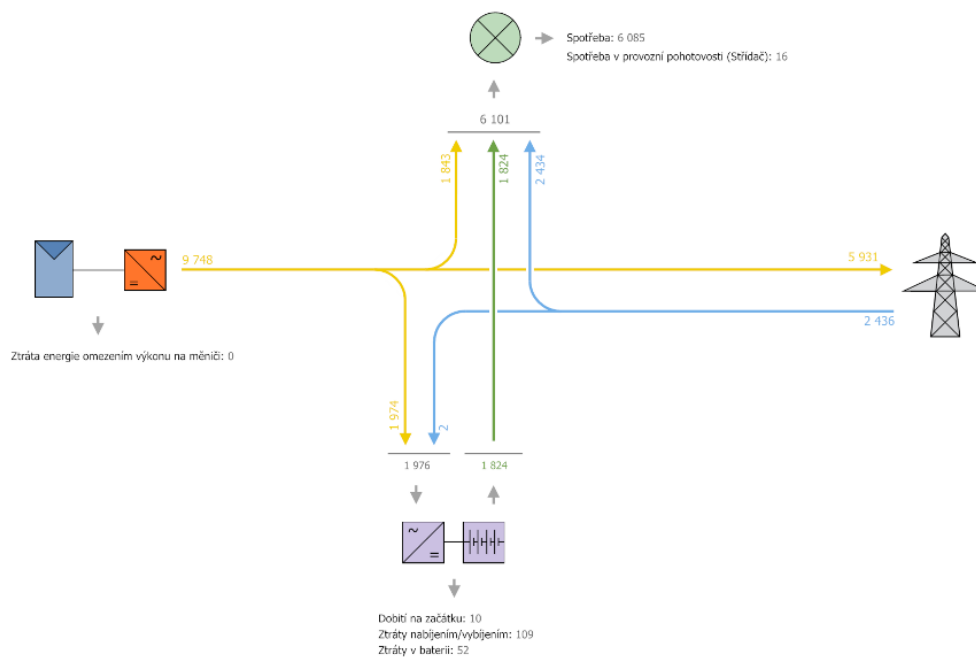
Další, co jsme museli do programu zadat je cena nákupu elektřiny. Ta pro tento případ a daný tarif D57 je v aktuální době velmi proměnlivá. Pro výpočet bylo

použita hodnota 4,5 Kč za kW. Ale i cena na výkup je aktuálně vyšší a to 2 Kč za kW.

Na Obr. 2.14, Obr. 2.15 a Obr. 2.16 si můžeme prohlédnout předpokládané toky energií v domě. Jak již bylo několikrát napsáno, tak program je velmi sofistikovaný a ze své databáze průměrného osvětlení v dané lokalitě dokáže spočítat tyto hodnoty.

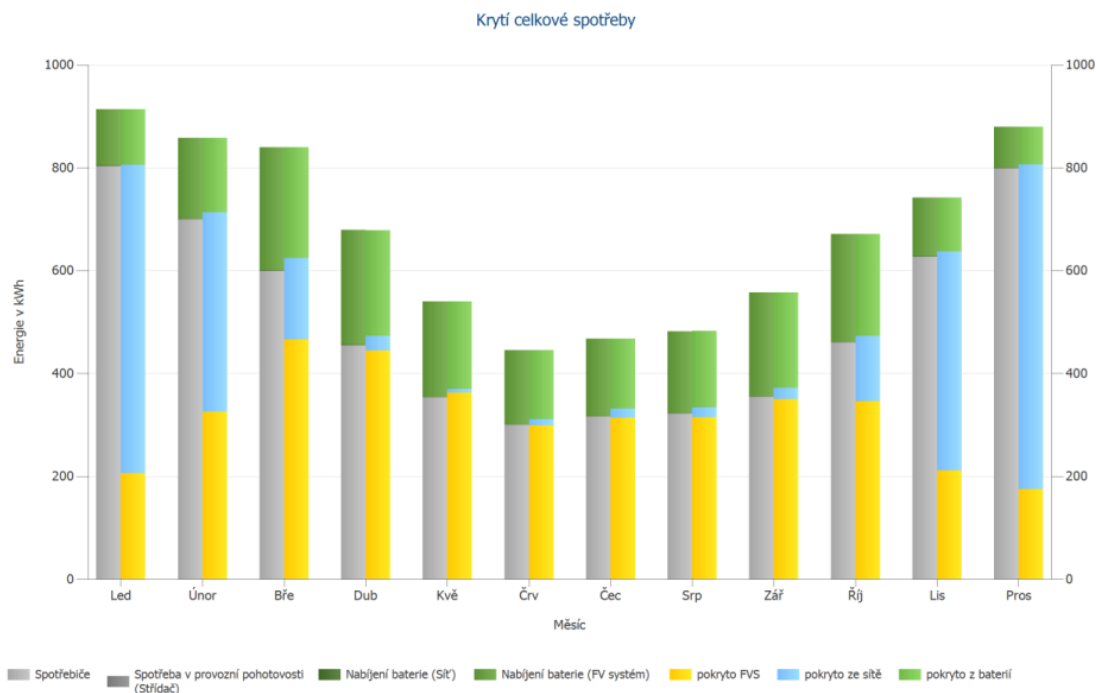
Prognóza výnosů	
Instalovaný výkon	9,72 kWp
Spec. Roční výnos	1 001,20 kWh/kWp
Stupeň využití zařízení (PR)	86,48 %
Snížení výnosu zastíněním	7,8 %/Rok
Energetický výnos FVS (AC síť)	
Přímá vlastní spotřeba	1 843 kWh/Rok
Nabíjení baterie	1 974 kWh/Rok
Ztráta energie omezením výkonu v místě připojení	0 kWh/Rok
Dodávka/napájení sítě	5 931 kWh/Rok
Podíl vlastní spotřeby	39,1 %
Snížení emisí CO <sub>2</sub>	4 498 kg/rok
Stupeň soběstačnosti	60,1 %

Obr. 2.14: Prognóza výnosů 9,7kW.



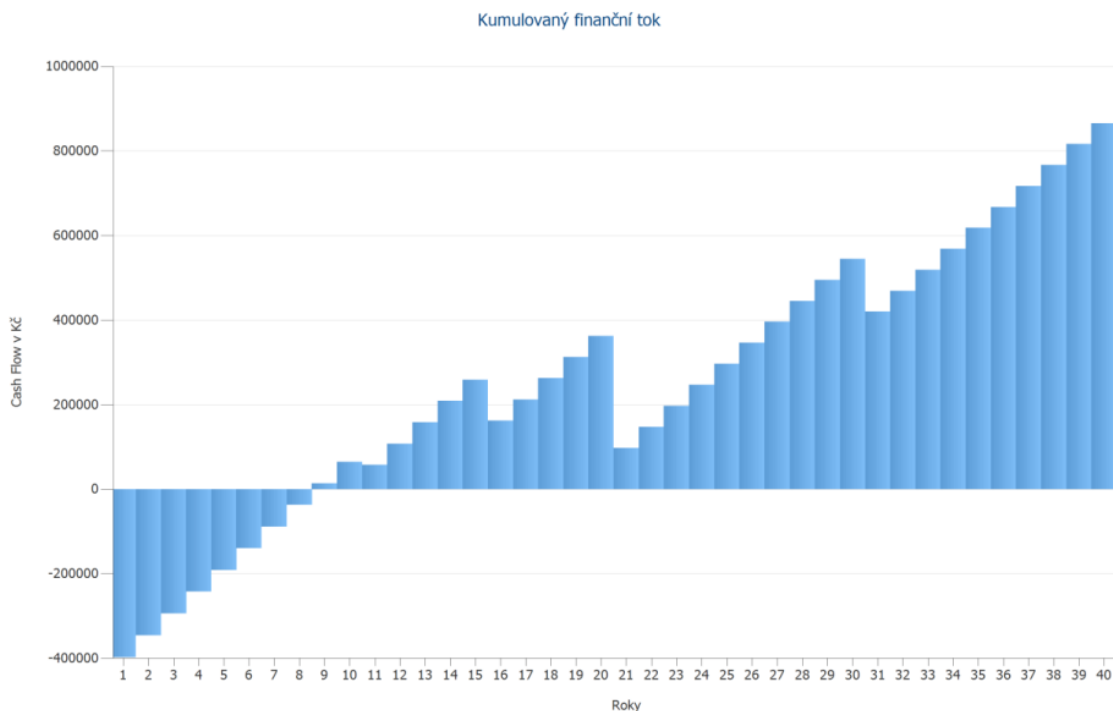
Obr. 2.15: Graf toku energie 9,7kW.

Na závěr této varianty je ekonomické zhodnocení. Již při zadávání nákladů na investici jsme zadali životnost jednotlivých prvků. Samozřejmě by si každý přál, aby FVE vydržela co nejdéle, ale vše zestárne a opotřebuje se. Proto je nastavena perioda



Obr. 2.16: Celkové krytí spotřeby 9,7kW.

výměny střídače na 10 let a baterie 15 let. Reálně to může být i déle, ale zadané jsou hodnoty stejné nebo blízké záruce výrobce komponentu. Na Obr. 2.17, je graf který ukazuje za kolik let bude počáteční investice splacena a kdy bude majitelům šetřit úspory. Další, co můžeme spatřit, je pravidelná výměna komponentu. Počáteční investice je velká, ale tahle částka by se měla za 8 let splatit a poté by měla být pro majitele ku prospěchu. Více o této variantě naleznete v příloze A, kde je kompletní dokumentace.



Obr. 2.17: Finanční tok za 40 let s FVE 9,7kW.

### 2.4.11 Varianta B - střední FVE, vytápění kotlem na pelety

Panely: 12x TSM-405-DE09.08 VERTEX S - 4,9 kWp

Střídač: 1x X3-Hybrid-5.0 - 5 kW

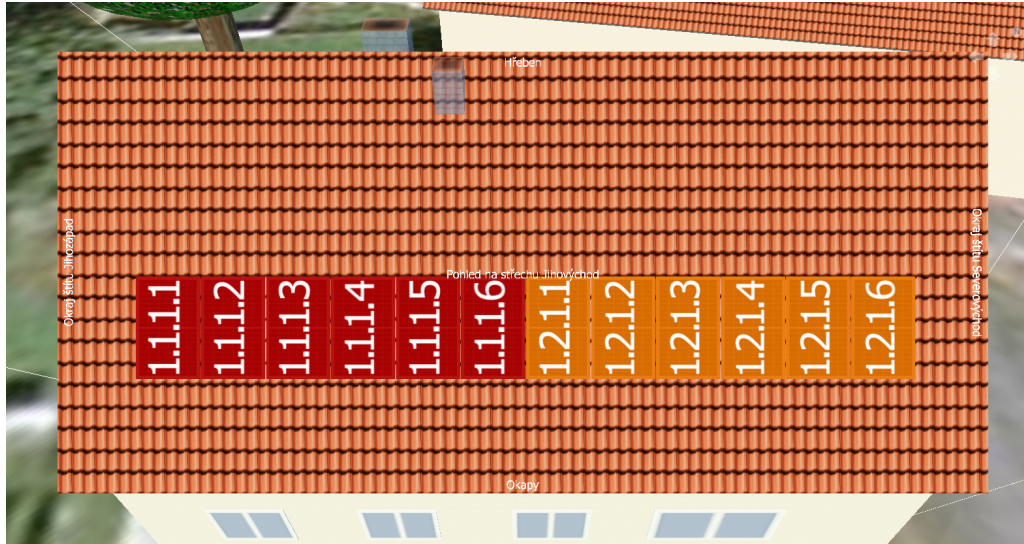
Baterie: BYD BATTERY-BOX PREMIUM 5.1 kWh (HVS)

Topení: Automatický kotel na pelety

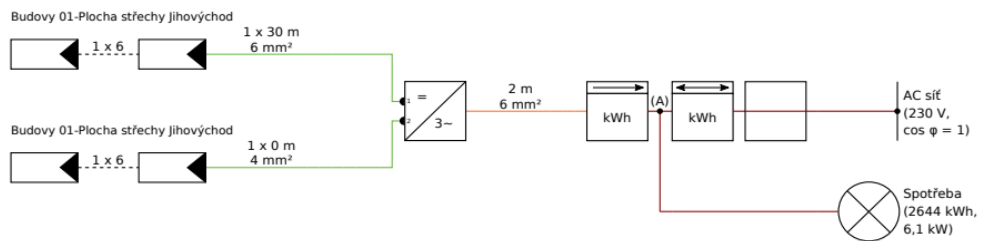
Teplá voda: Primárně fotovoltaika - v období, kdy FVE nevyrobí dostatek, tak kotel na pelety

V této variantě je použito o polovinu méně panelů, protože je dimenzována na spotřebu elektrické energie domu a ohřev teplé vody v letních měsících. Panely jsou v jedné řadě po 12 kusech. Zapojeny jsou do dvou stringů, každý po 6 panelech (Obr. 2.18). Jelikož jsme zmenšili počet panelů, tak se adekvátně musel zmenšit i výkon střídače a kapacita baterií. Na obrázku Obr. 2.19 jsou vidět všechny podstatné prvky fotovoltaiky včetně kabeláže a elektroměrů.

Na obrázku Obr. 2.20 je seznam nákladů potřebný k realizaci. Položky na FVE jsou stejné jen jsou rozdílné ceny, protože je menší FVE. Některé položky jsou stejné, jako například dokumentace, která zabere vytvořit stejný čas na malou i velkou elektrárnu. Položka doplnění rozvaděče je nepatrně nižší, protože většina komponentů je stejná pro obě varianty. Automatický kotel na pelety stojí 120 tis Kč. Cena je



Obr. 2.18: Osazení panelů na střeše 4,9 kWp.



Obr. 2.19: Zapojení FVE 4,9 kWp.

to pouze za samotný zdroj tepla, ostatní technologie jako je bojler, podlahové topení, trubky, ventily a s mnoho dalšího topenářského vybavení. U minulé varianty se s ním také nepočítalo, protože se předpokládá, že u varianty s tepelným čerpadlem a automatickým kotlem na pelety budou srovnatelné.

Na dalším obrázku Obr. 2.21 je vidět počáteční investice 410 tis. Další položka je získaná dotace a to ve výši 235 tisíc. Z toho 140 tis je FVE , 5 tis FVE dokumentace, 80 dotace na kotel a 10 tisíc na kombinační bonus. Do položky úspory je vložena aktuální spotřeba domu za topení. Stejně jako ve variantě A je to 30 PRM dřeva za topnou sezónu. Cena jednoho PRM je aktuálně za 750 Kč. Navíc u této varianty je cena pelet na jednu topnou sezónu. Odhadujeme 5 tun pelet za 6 Kč za kilo. Po vynásobení vychází náklady na topení 30 tisíc na rok.

Číslo pozice	Pozice	Ěástka [Kč]	Doba používání [roky]	Inflace[%]
1	FV panely	60120,00	41	0,00
2	Konstrukce	18720,00	41	0,00
3	Stridac	57684,00	10	0,00
4	Baterie	94300,00	15	0,00
5	Nový rozvaděč pro FVE + úprava stávajícího rozvaděče	22000,00	41	0,00
6	Kabeláž + trasy	6000,00	41	0,00
7	Montáž	23000,00	41	0,00
8	dokumentace + zpracování dotace	8000,00	41	0,00
9	Kotel na pelety	120000,00	20	0,00
<b>Celkem</b>		<b>409824,00</b>		

Obr. 2.20: Pořizovací náklady na FVE 4,9 kWp a tepelné čerpadlo.

Odpisovatelné investice

Jednorázové platby (daňově neuznatelné)  % z investic

Příchozí dotace  Kč

Roční provozní náklady

Roční náklady na spotřebu

Další roční náklady

Další roční příjmy/úspory

Obr. 2.21: Pořizovací náklady na FVE 4,9 kWp a tepelné čerpadlo.

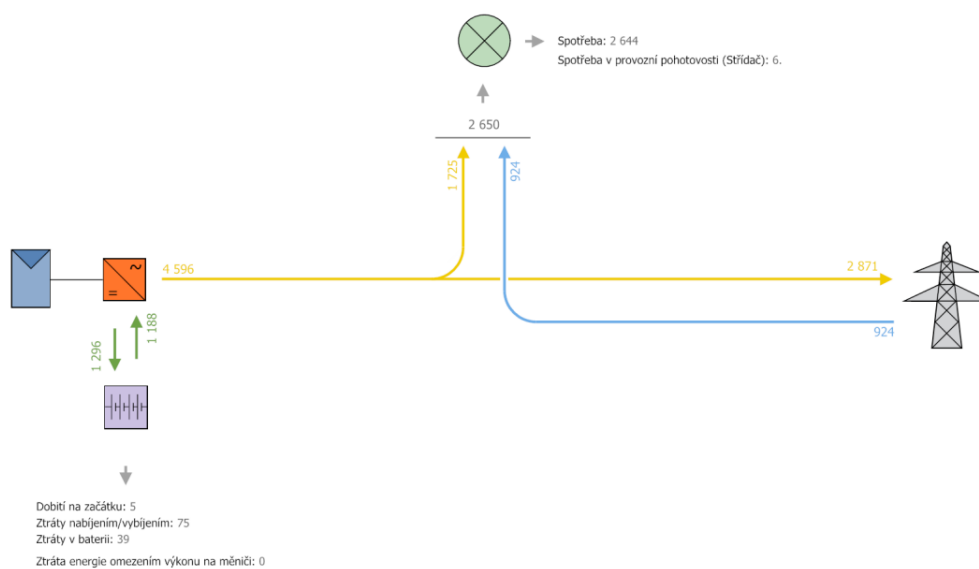
Stejně jako v minulé variantě jsme zadali do programu cenu za nákup elektřiny. Jelikož je zde jiný tarif D25, tak to aktuálně vychází na 5,2 Kč za kW. Výkup je ponechán u obou variant stejný a to 2 Kč za kW.

Na Obr. 2.22, Obr. 2.23 a Obr. 2.24 si můžeme prohlédnout předpokládané toky energií v domě a jejich pokrytí spotřeby během roku. Vše spočítal a vytvořil program PV\*SOL premium.

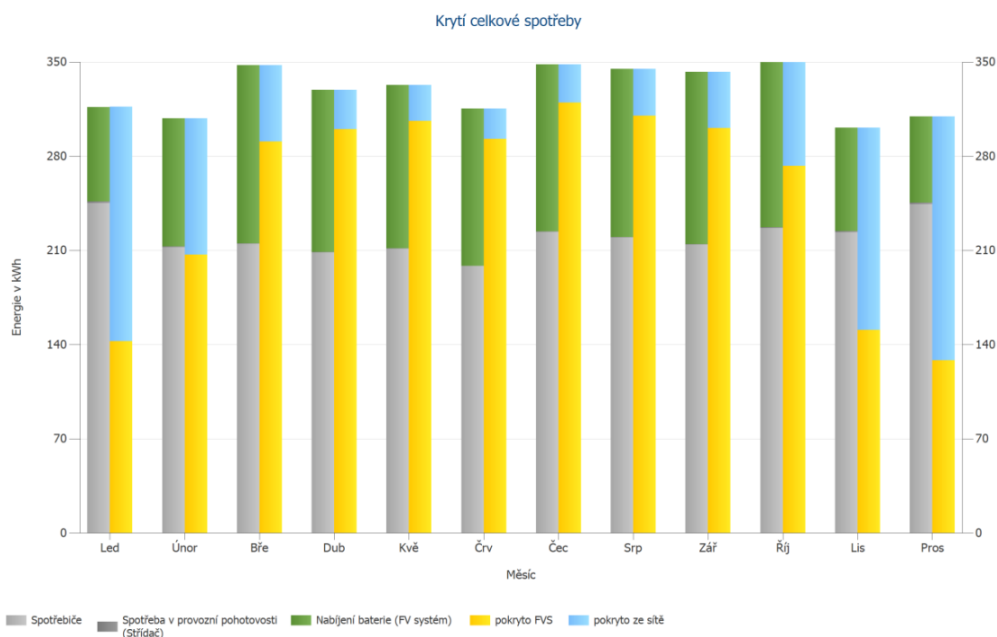


Prognóza výnosů	
Instalovaný výkon	4,86 kWp
Spec. Roční výnos	966,87 kWh/kWp
Stupeň využití zařízení (PR)	83,51 %
Snížení výnosu zastíněním	8,2 %/Rok
Energetický výnos FVS (AC síť) s baterií	
Přímá vlastní spotřeba	1 725 kWh/Rok
Ztráta energie omezením výkonu v místě připojení	0 kWh/Rok
Dodávka/napájení sítě	2 871 kWh/Rok
Podíl vlastní spotřeby	37,5 %
Snížení emisí CO <sub>2</sub>	2 104 kg/rok
Stupeň soběstačnosti	65,1 %

Obr. 2.22: Prognóza výnosů 4,9kW.



Obr. 2.23: Graf toku energie 4,9kW.



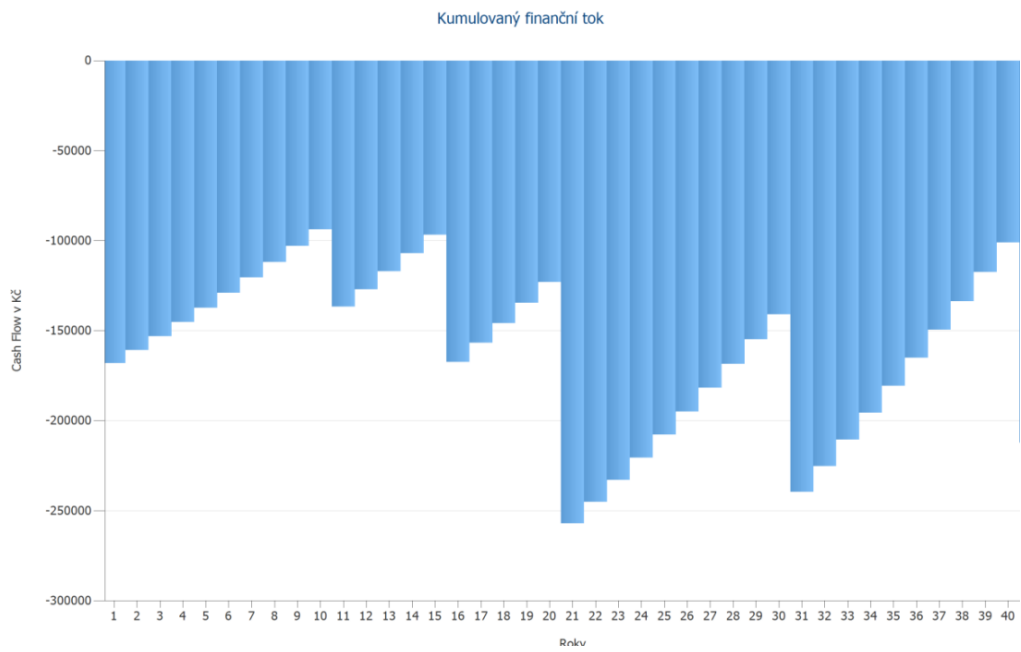
Obr. 2.24: Celkové krytí spotřeby 4,9kW.

Finanční zhodnocení, které můžeme vidět na Obr. 2.25 za období 40 let není v kladných hodnotách. Způsobeno je to zdrojem vytápění, které nemá na začátku tak velkou pořizovací hodnotu, ale každou topnou sezonu náklady na pelety jsou 30 tisíc. Úspora z FVE nepokryje náklady na topení. Kdyby byla používána pouze fotovoltaika, tak by finanční tok vypadal jako na Obr. 2.26. Byly pouze smazány náklady na kotel a jeho roční náklady. Úspora na dotaci se tak snížila na 145 tisíc. Samotná elektrárna je navržena optimálně. Kompletní dokumentace je vložena na příložením CD.

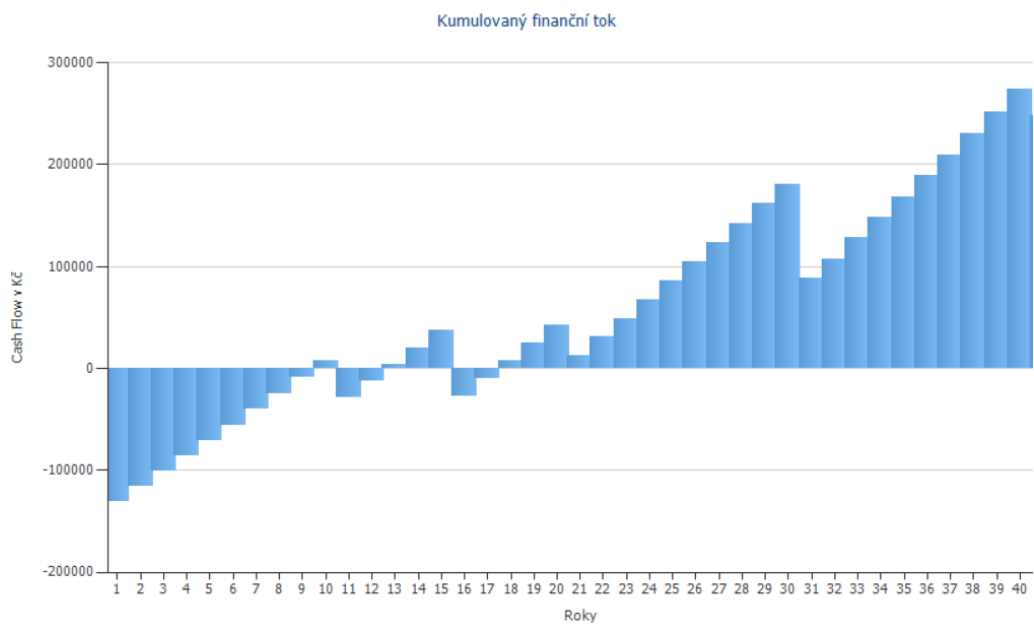
## 2.4.12 Srovnání variant A a B

Každá varianta má své výhody a záleží hodně na úhlu pohledu a preferencích zákazníka co je něho výhodou a co zas nevýhodou.

Nevýhody první varianty jsou vysoké vstupní náklady, které se ale rychle splácí. Oproti druhé variantě, kde na začátku není pořizovací částka velká, ale náklady v průběhu roků jsou vyšší. Majitelům bych doporučil variantu A, i za cenu menší půjčky od banky, protože výnosnost do budoucna je vyšší než úrok, který by zaplatili bance.



Obr. 2.25: Finanční tok za 40 let s FVE 4,9kW.



Obr. 2.26: Finanční tok za 40 let bez vytápění s FVE 4,9kW.

## Závěr

V této diplomové práci bylo hlavním úkolem probrat základní teoretické informace a principy. Nejdříve byla probrána sluneční energie jako taková, jaký má potenciál, výhody/nevýhody. Poté byla popsána historie nejdříve světová a poté česká. Samozřejmě byl popsán samotný fotovoltaický jev a druhy záření.

Následně byly probrány systémy, které jsou nyní k dispozici. Všechny jejich výhody a nevýhody a kam lze jaký systém využít. Na tuto kapitolu navázala kapitola o jednotlivých komponentech. Ty byly probrány do detailů.

Další teoretické kapitole byla probrána legislativa v České republice, a jak do velikostí elektrárny tak za jakých podmínek lze prodávat do distribuční sítě. Navazujícím a velmi častým tématem byla dotace Nová zelená úsporám, která dokáže pořizovací cenu snížit a návratnost celé investice vychází do 10 let.

Pro praktickou část byl vybrán simulační software PV\*SOL premium, který dokáže ze zadaných dat spočítat předpokládanou roční výrobu v dané lokalitě dle historických dat.

V praktické části byly porovnány dvě varianty FVE. Každá měla jinou velikost, první měla 9,7kWp a druhá 4,9 kWp. Práce je zajímavá tím, že neporovnává pouze spotřebu elektrické energie a spotřebu domu jako celku. Proto je velmi probírán zdroj tepla. V ČR nelze fotovoltaikou v zimě topit a proto v práci byly popsány dva velmi časté zdroje tepla. U první, větší elektrárny, to bylo tepelné čerpadlo vzduch-voda a u druhé varianty automatický kotel na pelety. Teplá užitková voda bude v co největší míře vytápěna z přebytku FVE, v zimních měsících, kdy FVE nebude mít takové výkony, tak bude ohřívána stejným zdrojem jako otopná soustava.

Systém tepelného čerpadla je pro údržbu pohodlnější a nemusí kupovat pelety, ale je více závislí na dodávkách elektřiny. Proto se nám v této práci více jeví jako lepší varianta elektrárna s 9,7kWp výkonem panelů, střídačem 10kW a kapacitou baterie 10,2 kW a vytápět dům tepelným čerpadlem vzduch-voda.

# Literatura

- [1] LIBRA, Martin a Vladislav POULEK *Fotovoltaika: teorie i praxe využití solární energie*. Praha: Ilsa, 2009. ISBN 978-80-904311-0-2.
- [2] *Fotovoltaika v podmínkách České republiky*. [online].[cit. 12. 4. 2021]. Dostupné z: <<http://www.isofenenergy.cz/Slunecni-zareni-v-CR.aspx>>.
- [3] *Solární energie*. [online].[cit. 15. 4. 2021]. Dostupné z: <<https://www.nazeleno.cz/energie/solarni-energie/solarni-energie-kolik-kwh-lze-ziskat-vyhody-a-nevyhody.aspx>>.
- [4] Murtinger, K., Truxa, J. *Solární energie pro váš dům*. 1. vyd. Brno: ERA, 2005. ISBN 80-7366-029-6.
- [5] *Výhody solární energie*. [online].[cit. 22. 4. 2021]. Dostupné z: <<http://www.ekotechnik.cz/vyhody-solarni-energie.html>>.
- [6] RNDr. Jaroslav Kusala *Součást vzdělávacího programu SVĚT ENERGIE*. [online].[cit. 23. 4. 2021]. Dostupné z: <<http://www.cez.cz/edee/content/microsites/solarni/k22.htm>>.
- [7] HASELHUHN, Ralf a Petr MAULE. *Fotovoltaické systémy: energetická příručka: pro elektrikáře, techniky, instalatéry, projektanty, architekty, inženýry, energetiky, manažery, stavitele, studenty, učitele, ostatní odborné a profesní soukromé nebo veřejné instituce a zájemce o fotovoltaický obor a energetickou nezávislost*. Plzeň: Česká fotovoltaická asociace 2017. ISBN 978-80-906281-5-1.
- [8] Klimek, P. *Problémy a perspektivy fotovoltaiky*. Energie 21. 2008, roč. 1, č. 4, s. 36–37. ISSN 1803-0394.
- [9] *Princip fotovoltaického článku*. [online].[cit. 28. 4. 2021]. Dostupné z: <<https://elektrika.cz/data/clanky/princip-fotovoltaickeho-clanku>>.
- [10] *Teorie fotovoltaiky*. [online].[cit. 29. 4. 2021]. Dostupné z: <<http://www.isofenenergy.cz/fotovoltaika.aspx>>.
- [11] MASTNÝ, Petr *Obnovitelné zdroje elektrické energie*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011. ISBN 978-80-01-04937-2.
- [12] PETERA, Jiří a Jan HEŘMAN. *FOTOVOLTAIKA*. [online].[cit. 1. 12. 2021]. Dostupné z: <<https://docplayer.cz/4831759-Fotovoltaika-mgr-jiri-petera-mgr-jan-herman.html>>.

- [13] POŠTA, Josef a Bohuslav PETERK. *Konstrukce, provoz a údržba akumulátorů aneb prodlužte životnost vaší baterie*. [online].[cit. 3. 5. 2021]. Dostupné z: <<https://www.stavebni-technika.cz/clanky/konstrukce-provoz-audrzba-akumulatoru-aneb-prodluzte-zivotnost-vasi-baterie>>.
- [14] HAMMERBAUER, Jiří. *Olověné akumulátory*. [online].[cit. 3. 5. 2021]. Dostupné z: <<http://canov.jergym.cz/elektro/clanky2/olov.pdf>>.
- [15] HRUŠKA, Pavel. *Nabíjecí baterie (akumulátory) – typy (NiMH, NiCd, NiZn, Li-ion, Li-pol), chemie, jak vybrat a koupit*. [online].[cit. 4. 5. 2021]. Dostupné z: <<https://www.mrpear.net/cz/blog/1092/nabijeci-baterie-akumulatory-typy-nimh-nicd-nizn-li-ion-li-pol-chemie-jak-vybrat-a-koupit>>.
- [16] *T 3 Spouštěcí akumulátory, funkce, druhy, vlastnosti, zásady údržby a péče o akumulátory*. [online].[cit. 5. 5. 2021]. Dostupné z: <<https://publi.cz/books/160/03.html>>.
- [17] ASB Portal. ASB-portal.cz | odborný portál | architektura, stavebnictví, byznys *Instalace fotovoltaických panelů na šikmou střechu*. [online].[cit. 15. 12. 2021]. Dostupné z: <<https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/strecha/instalace-fotovoltaickychpanelu-na-sikmou-strechu>>.
- [18] *Závazné pokyny pro žadatele a příjemce podpory programu Nová zelená úsporám v rámci Národního plánu obnovy RODINNÉ DOMY*. [online].[cit. 25. 4. 2022]. Dostupné z: <[https://novazelenausporam.cz/files/documents/storage/2022/04/06/1649251550\\_NZ%C3%9A%20RD%20-%20Z%C3%A1vazn%C3%A9%20pokyny%20pro%20%C5%BEadatele\\_01-04-2022.pdf](https://novazelenausporam.cz/files/documents/storage/2022/04/06/1649251550_NZ%C3%9A%20RD%20-%20Z%C3%A1vazn%C3%A9%20pokyny%20pro%20%C5%BEadatele_01-04-2022.pdf)>.
- [19] *Letecký pohled na Sedletín*. [online].[cit. 29. 3. 2022]. Dostupné z: <<https://mapy.cz/zakladni?x=15.5626503&y=49.7081630&z=20&base=ophoto&q=sedlet%C3%ADn14&source=addr&id=10812963&ds=2>>.
- [20] *Nosná konstrukce FV panelu – šikmá střecha – plech, lepenka, šindel*. [online].[cit. 15. 4. 2022]. Dostupné z: <<https://www.vselektro.eu/nosna-konstrukce-fv-panelu-sikma-strecha-plech-drevene-tramy/>>

## Seznam symbolů a zkratek

<b>AC</b>	Střídavý proud – Alternating current
<b>ČR</b>	Česká republika – Czech Republic
<b>DC</b>	Stejnoseměrný proud – Direct current
<b>ERÚ</b>	Energetický regulační úřad – Energy Regulatory Office
<b>FV</b>	Fotovoltaika – Photovoltaics
<b>FVE</b>	Fotovoltaická elektrárna – Photovoltaic power plant
<b>LiFoPo4</b>	Lithium-železo-fosfátové – Lithium iron phosphate
<b>MPPT</b>	Sledovat maximální bod výkonu – Maximum Power Point Tracking
<b>PWM</b>	Pulsně šířková modulace – Pulse Width Modulation
<b>TV</b>	Televize – Television
<b>TUV</b>	Teplá užitková voda – Domestic hot water
<b>Wi-Fi</b>	Bezdrátové připojení – Wireless Fidelity

# Seznam příloh

A	Projektová dokumentace - Varianta A	65
B	Katalogový list panelů	93
C	Katalogový list střídačů	95
D	Katalogový list akumulátorů	97



# **A Projektová dokumentace - Varianta A**

Zákazník č.: DP Lacina  
Název projektu: FVE + TČ

23.05.2022

## Dokumentace

### Údaje o zákazníkovi

Společnosti	
Číslo zákazníka	DP Lacina
Kontaktní osoba	Jaroslav Lacina
Adresa	
Telefon	
Fax	
E-Mail	

### Projektová data

Název projektu	FVE + TČ
Nabídka číslo	
Zpracoval(a)	Bc. Jaroslav Lacina
Adresa	Sedletín 14



### Popis projektu:

Návrh fotovoltaické elektárny s bateriovým úložištěm pro domácnos s vytápěním pomocí tepelného čerpadla.



Vytvořeno s PV\*SOL premium 2022 (R4)  
Valentin Software GmbH

## FVE + TČ

Zpracoval(a): Bc. Jaroslav Lacina

Zákazník: Jaroslav Lacina

Zákazník č.: DP Lacina

## Přehled projektu



Obrázek: Obrazový přehled, 3D Návrh

## FV systém

**3D, Fotovoltaický systém s elektrickými spotřebiči a akumulátorovými systémy připojený k rozvodné síti**

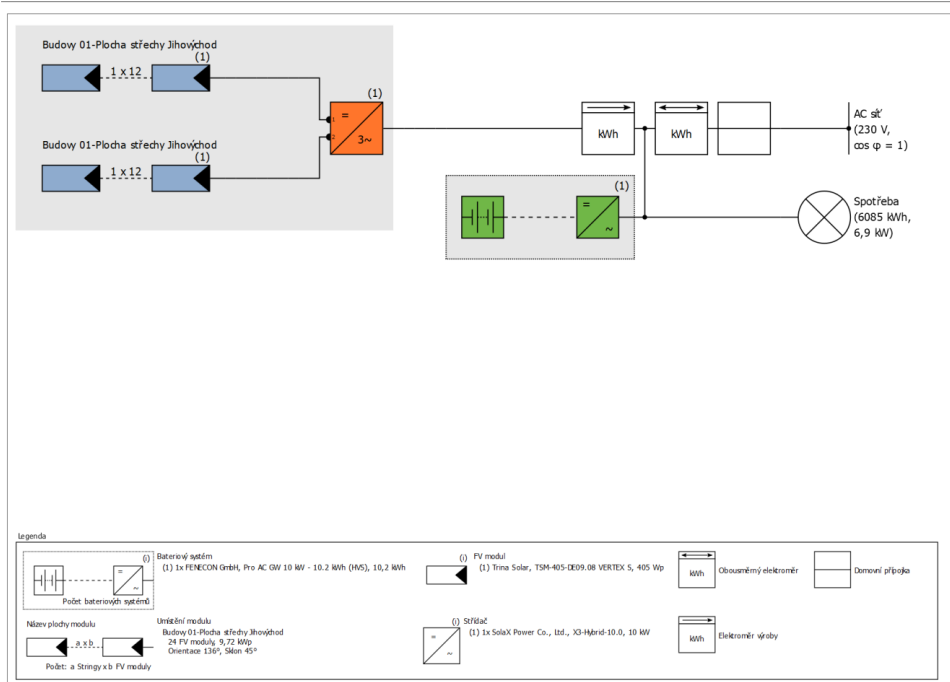
Klimatická data	Sedletín, CZE (1996 - 2015)
Zdroj hodnot	Meteonorm 8.1(i)
Instalovaný výkon	9,72 kWp
Plocha FV modulů	46,1 m <sup>2</sup>
Počet FV modulů	24
Počet měničů	1
Počet bateriových systémů	1

## FVE + TČ

Zpracoval(a): Bc. Jaroslav Lacina

Zákazník: Jaroslav Lacina

Zákazník č.: DP Lacina



Obrázek: Schéma zapojení

## Prognóza výnosů

### Prognóza výnosů

Instalovaný výkon	9,72 kWp
Spec. Roční výkon	1 001,20 kWh/kWp
Stupeň využití zařízení (PR)	86,48 %
Snížení výkonu zastíněním	7,8 %/Rok
Energetický výkon FVS (AC síť)	9 748 kWh/Rok
Přímá vlastní spotřeba	1 843 kWh/Rok
Nabíjení baterie	1 974 kWh/Rok
Ztráta energie omezením výkonu v místě připojení	0 kWh/Rok
Dodávka/napájení sítě	5 931 kWh/Rok
Podíl vlastní spotřeby	39,1 %
Snížení emisí CO <sub>2</sub>	4 498 kg/rok
Stupeň soběstačnosti	60,1 %

## FVE + TČ

Zpracoval(a): Bc. Jaroslav Lacina

Zákazník: Jaroslav Lacina

Zákazník č.: DP Lacina

## Hospodárnost

### Váš zisk

Celkové investiční náklady	803 475,00 Kč
Vnitřní míra návratnosti (IRR)	8,49 %
Doba amortizace	8,7 Roky
Vlastní výrobní náklady elektrické energie	4,6198 Kč/kWh
Energetická bilance / Princip napájení	Napájení přebytkem

Výsledky byly zjištěny matematickým modelovým výpočtem firmy Valentin Software GmbH (algoritmy PV\*SOL). Skutečné výnosy solární elektrárny se mohou lišit z důvodu výkyvů počasí, stupně účinnosti modulů a měničů a také jiných faktorů.

## FVE + TČ

Zpracoval(a): Bc. Jaroslav Lacina

Zákazník: Jaroslav Lacina

Zákazník č.: DP Lacina

# Konstrukce zařízení

## Přehled

### Data zařízení

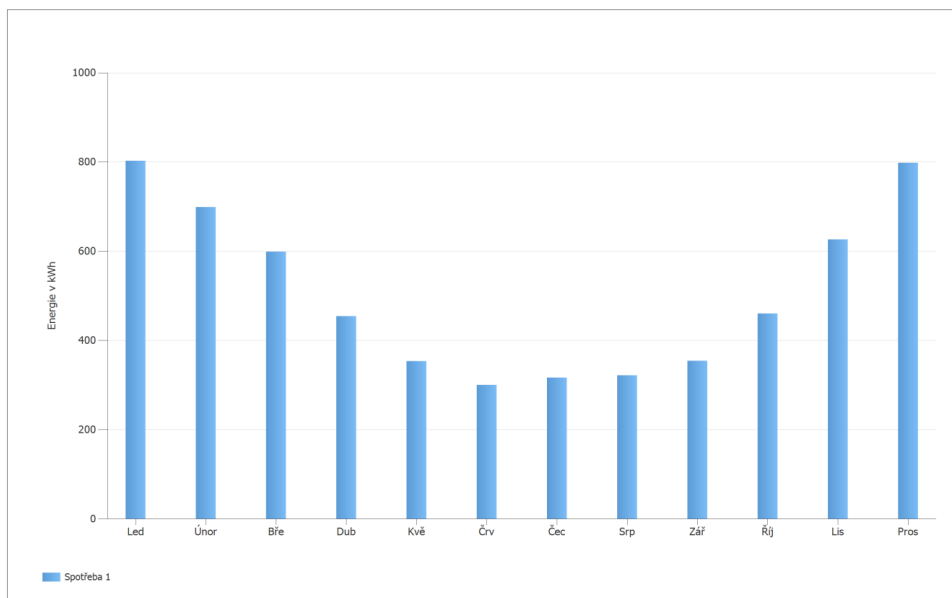
Druh zařízení	3D, Fotovoltaický systém s elektrickými spotřebiči a akumulátorovými systémy připojený k rozvodné síti
Začátek provozu	20.05.2022

### Klimatická data

Lokalita	Sedletín, CZE (1996 - 2015)
Zdroj hodnot	Meteonorm 8.1(i)
Řešení dat	1 h
Použité simulační modely:	
- Difúzní záření na vodorovné rovině	Hofmann
- Intenzita záření na skloněnou plochu	Hay & Davies

### Spotřeba

Celková spotřeba, včetně vlastní spotřeby	6085 kWh
2 osoby se 2 dětmi	2644 kWh
Tepelné čerpadlo s topením a teplou pitnou vodou (vzduch/voda)	3441 kWh
Špičkové zatížení	6,9 kW



Obrázek: Spotřeba

## FVE + TČ

Zpracoval(a): Bc. Jaroslav Lacina

Zákazník: Jaroslav Lacina

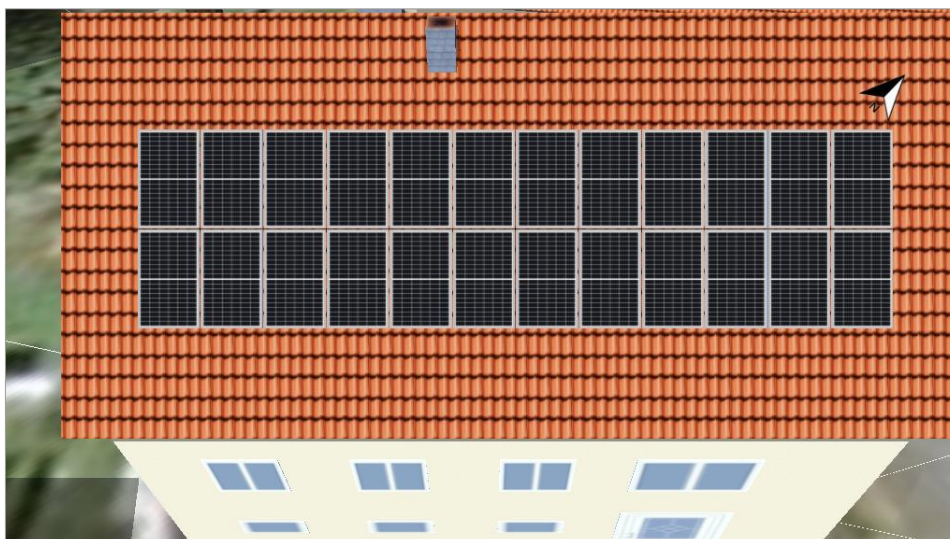
Zákazník č.: DP Lacina

## Plochy modulů

### 1. Umístění modulu - Budovy 01-Plocha střechy Jihovýchod

#### FV generátor, 1. Umístění modulu - Budovy 01-Plocha střechy Jihovýchod

Jméno	Budovy 01-Plocha střechy Jihovýchod
FV moduly	24 x TSM-405-DE09.08 VERTEX S (v1)
Výrobce	Trina Solar
Sklon	45 °
Orientace	Jihovýchod 136 °
Situace při vestavbě	Souběžně se střechou – dobře větráno zezadu
Plocha FV modulů	46,1 m <sup>2</sup>



Obrázek: 1. Umístění modulu - Budovy 01-Plocha střechy Jihovýchod

## FVE + TČ

Zpracoval(a): Bc. Jaroslav Lacina

Zákazník: Jaroslav Lacina

Zákazník č.: DP Lacina

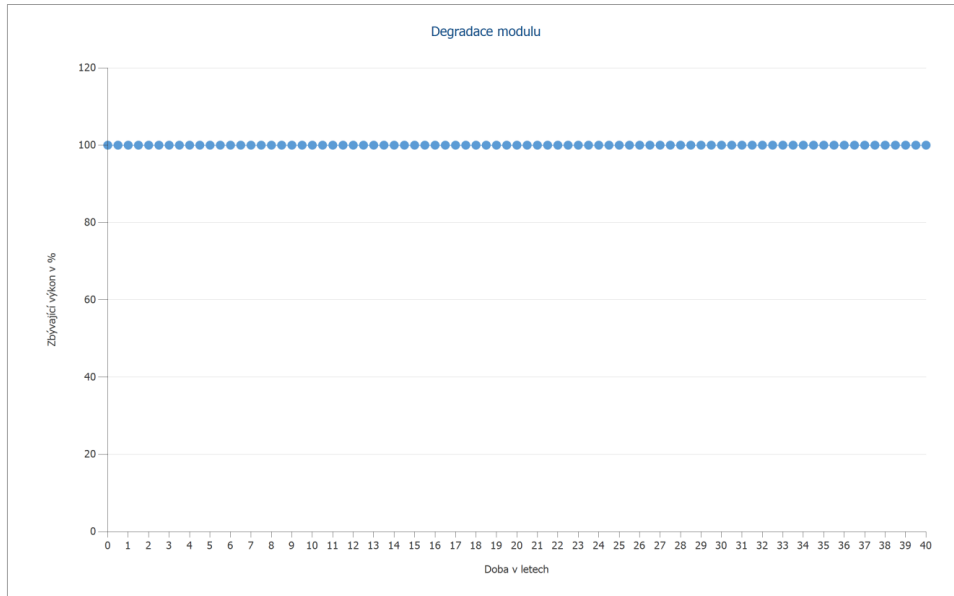
### Degradace modulu, 1. Umístění modulu - Budovy 01-Plocha střechy Jihovýchod

Charakteristická křivka

Lineární (přímka)

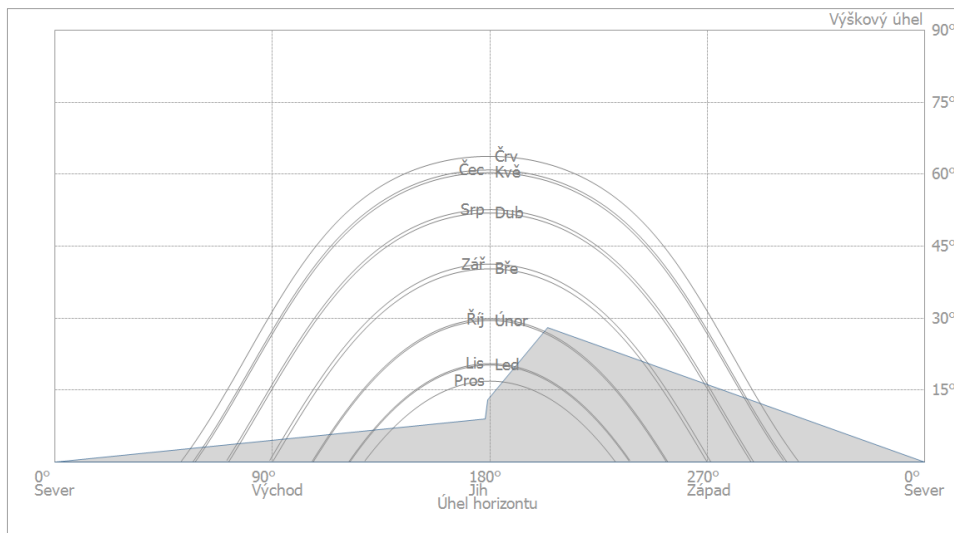
Zbývající výkon po 20 letech

100 %



Obrázek: Degradace modulu, 1. Umístění modulu - Budovy 01-Plocha střechy Jihovýchod

## Linie horizontu, 3D Návrh



Obrázek: Horizont (3D Návrh)



## FVE + TČ

Zpracoval(a): Bc. Jaroslav Lacina

Zákazník: Jaroslav Lacina

Zákazník č.: DP Lacina

## Konfigurace měniče

### Konfigurace 1

Umístění modulu	Budovy 01-Plocha střechy Jihovýchod
Střídač 1	
Model	X3-Hybrid-10.0 (v2)
Výrobce	SolaX Power Co., Ltd.
Počet	1
Faktor dimenzování střídače	97,2 %
Konfigurace	MPP 1: 1 x 12 MPP 2: 1 x 12

## AC síť

### AC síť

Počet fází	3
Síťové napětí mezi fází a nulovým vodičem	230 V
Účinnost (cos phi)	+/- 1

## Bateriové systémy

### Bateriový systém

Model	Pro AC GW 10 kW - 10.2 kWh (HVS) (v2)
Výrobce	FENECON GmbH
Počet	1
Bateriový měnič	
Typ připojení	AC připojení
Jmenovitý výkon	10 kW
Baterie	
Výrobce	BYD Company Ltd.
Model	HVS (v1)
Počet	4
Energie baterie	10,2 kWh
Typ akumulátoru	Lithium-železo-fosfát (LiFePo)

## FVE + TČ

Zpracoval(a): Bc. Jaroslav Lacina

Zákazník: Jaroslav Lacina

Zákazník č.: DP Lacina

# Výsledky simulace

## Výsledky Celkové zařízení

### FV systém

Instalovaný výkon	9,72 kWp
Spec. Roční výkon	1 001,20 kWh/kWp
Stupeň využití zařízení (PR)	86,48 %
Snížení výkonu zastíněním	7,8 %/Rok
Energetický výkon FVS (AC síť)	9 748 kWh/Rok
Přímá vlastní spotřeba	1 843 kWh/Rok
Nabíjení baterie	1 974 kWh/Rok
Ztráta energie omezením výkonu v místě připojení	0 kWh/Rok
Dodávka/napájení síť	5 931 kWh/Rok
Podíl vlastní spotřeby	39,1 %
Snížení emisí CO <sub>2</sub>	4 498 kg/rok

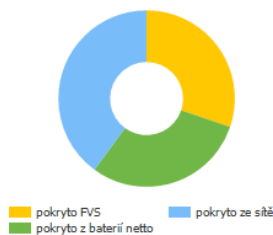
Energetický výkon FVS (AC síť)



### Spotřebiče

Spotřebiče	6 085 kWh/Rok
Spotřeba v provozní pohotovosti (Střídač)	16 kWh/Rok
Celková spotřeba, včetně vlastní spotřeby	6 101 kWh/Rok
pokryto FVS	1 843 kWh/Rok
pokryto z baterií netto	1 822 kWh/Rok
pokryto ze sítě	2 436 kWh/Rok
Podíl pokrytí solární energií	60,1 %

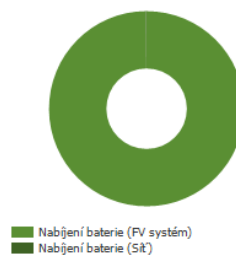
Celková spotřeba, včetně vlastní spotřeby



### Bateriový systém

Dobití na začátku	10 kWh
Nabíjení baterie (Celkem)	1 976 kWh/Rok
Nabíjení baterie (FV systém)	1 974 kWh/Rok
Nabíjení baterie (Síť)	2 kWh/Rok
Energie baterie k pokrytí spotřeby	1 824 kWh/Rok
Ztráty nabíjením/vybíjením	109 kWh/Rok
Ztráty v baterii	52 kWh/Rok
Cyklické zatížení	3,9 %
Životnost	>20 Roky

Nabíjení baterie (Celkem)



### Stupeň soběstačnosti

Celková spotřeba, včetně vlastní spotřeby	6 101 kWh/Rok
pokryto ze sítě	2 436 kWh/Rok
Stupeň soběstačnosti	60,1 %

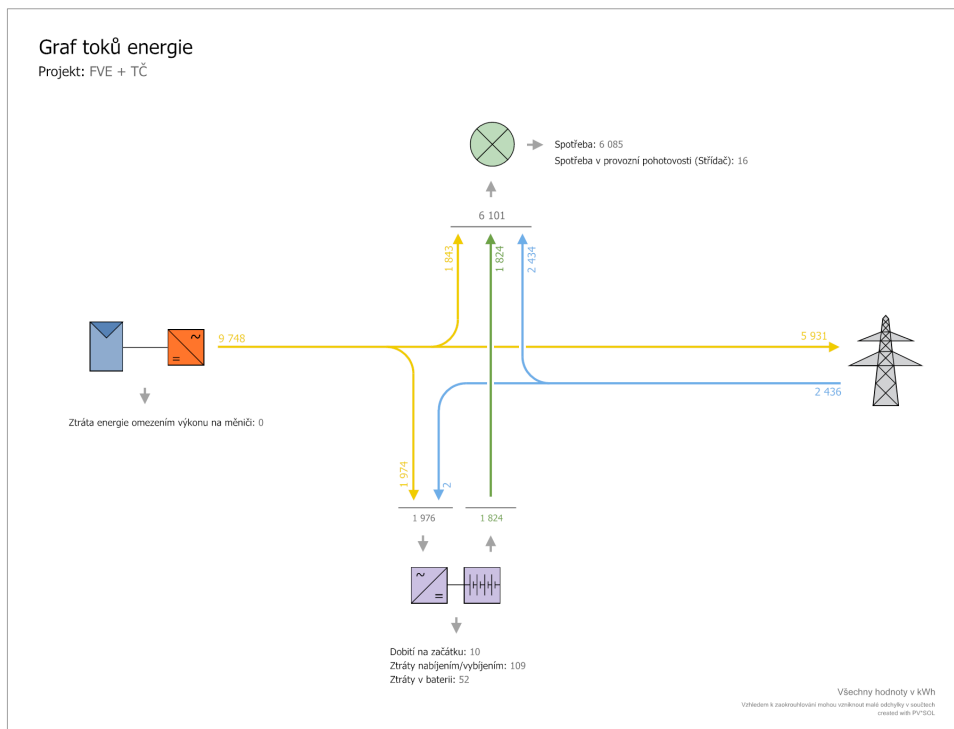


## FVE + TČ

Zpracoval(a): Bc. Jaroslav Lacina

Zákazník: Jaroslav Lacina

Zákazník č.: DP Lacina



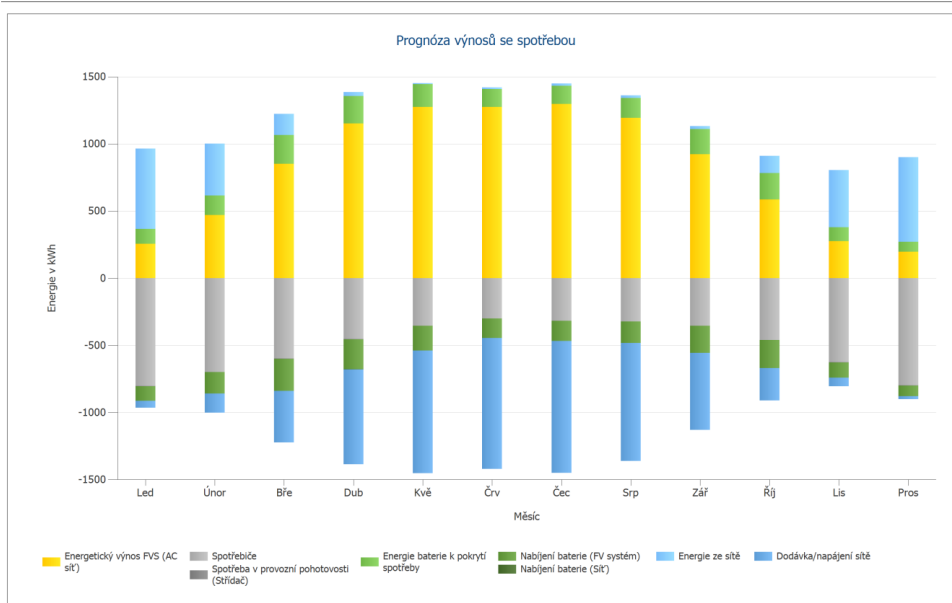
Obrázek: Tok energie

## FVE + TČ

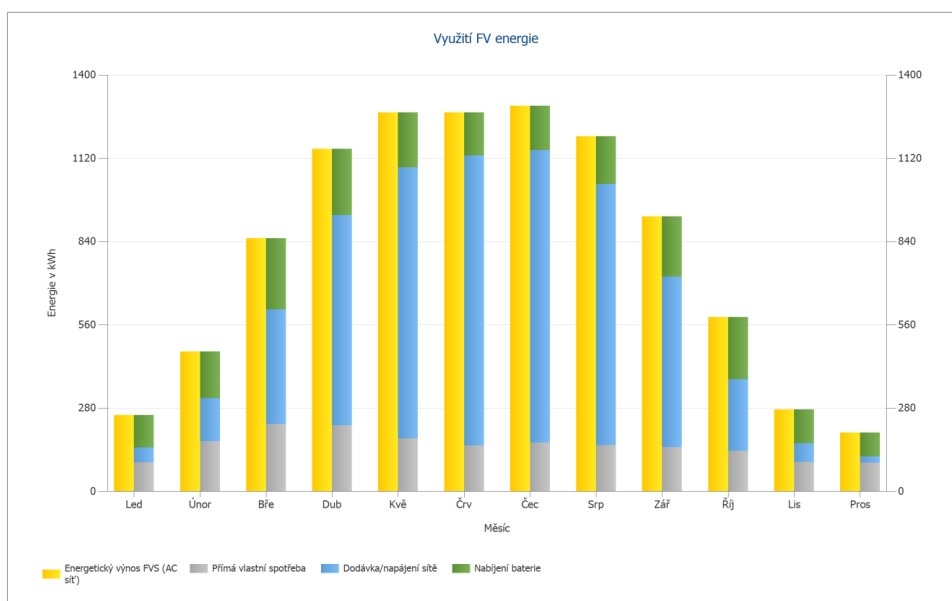
Zpracoval(a): Bc. Jaroslav Lacina

Zákazník: Jaroslav Lacina

Zákazník č.: DP Lacina



Obrázek: Prognóza výnosů se spotřebou

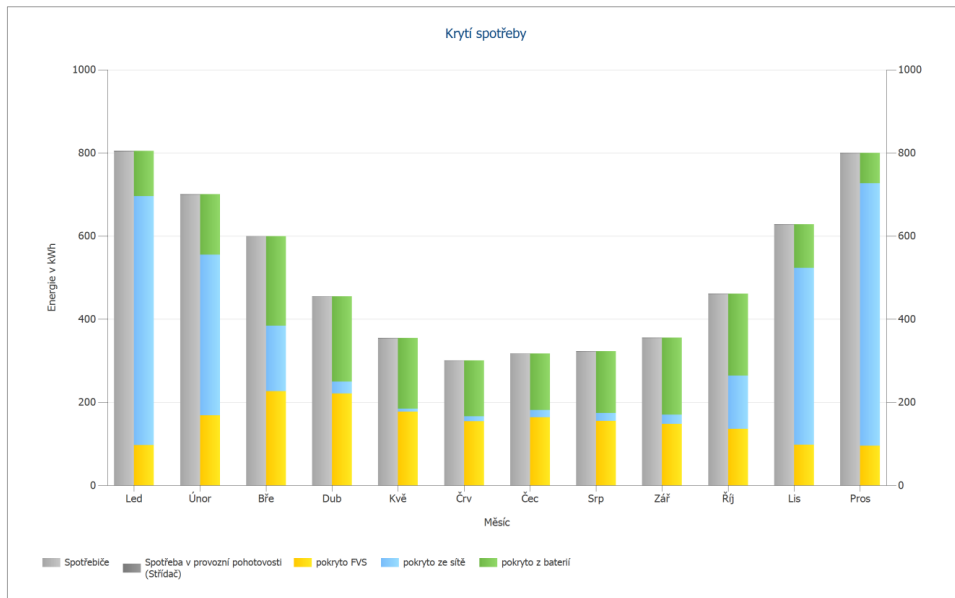


Obrázek: Využití FV energie

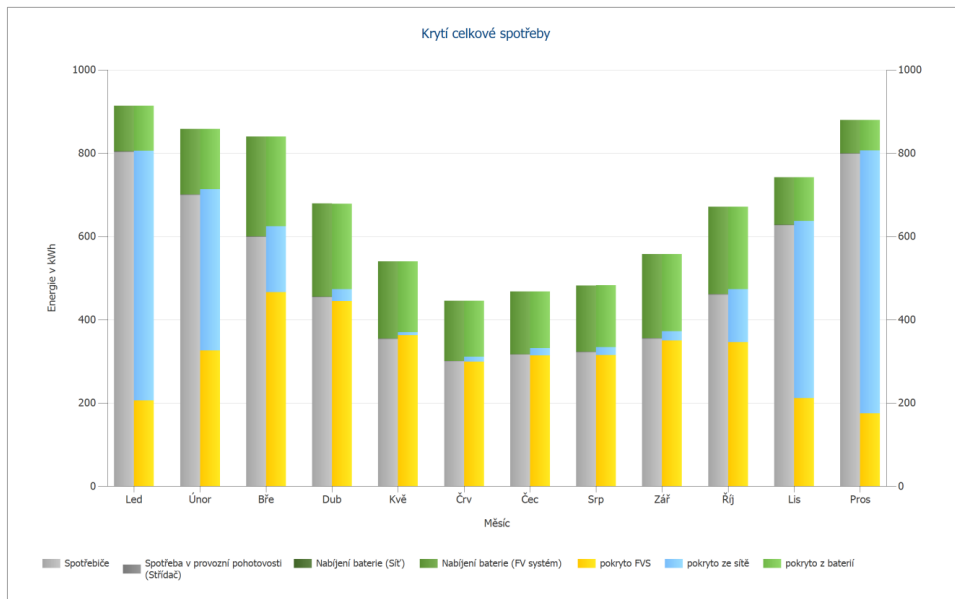
## FVE + TČ

Zpracoval(a): Bc. Jaroslav Lacina

Zákazník: Jaroslav Lacina  
Zákazník č.: DP Lacina



Obrázek: Krytí spotřeby



Obrázek: Krytí celkové spotřeby

## FVE + TČ

Zpracoval(a): Bc. Jaroslav Lacina

Zákazník: Jaroslav Lacina

Zákazník č.: DP Lacina

## Výsledky na plochu modulu

### Budovy 01-Plocha střechy Jihovýchod

Instalovaný výkon	9,72 kWp
Plocha FV modulů	46,14 m <sup>2</sup>
Globální záření na modul	1157,03 kWh/m <sup>2</sup>
Globální záření na modul bez odrazu	1158,05 kWh/m <sup>2</sup>
Stupeň využití zařízení (PR)	86,63 %
Energetický výnos FVS (AC síť)	9748,05 kWh/Rok
Spec. Roční výnos	1002,89 kWh/kWp

## FVE + TČ

Zpracoval(a): Bc. Jaroslav Lacina

Zákazník: Jaroslav Lacina

Zákazník č.: DP Lacina

# Energetická bilance FV zařízení

### Energetická bilance FV zařízení

<b>Globální záření - horizontální</b>	<b>1 130,36 kWh/m<sup>2</sup></b>	
Odchylka od standardního spektra	-11,30 kWh/m <sup>2</sup>	-1,00 %
Odraz od země (Albedo)	32,78 kWh/m <sup>2</sup>	2,93 %
Vyrovnání a sklon úrovně modulu	40,40 kWh/m <sup>2</sup>	3,51 %
Odstínění podle modulu	-34,18 kWh/m <sup>2</sup>	-2,87 %
Odraz na povrchu modulu	-1,02 kWh/m <sup>2</sup>	-0,09 %
<b>Globální záření na modul</b>	<b>1 157,03 kWh/m<sup>2</sup></b>	
	1 157,03 kWh/m <sup>2</sup>	
	x 46,137 m <sup>2</sup>	
	= 53 382,15 kWh	
<b>FV globální záření</b>	<b>53 382,15 kWh</b>	
Znečištění	0,00 kWh	0,00 %
STC konverze (jmenovitá účinnost modulu 21,06 %)	-42 138,93 kWh	-78,94 %
<b>FV jmenovitá energie</b>	<b>11 243,22 kWh</b>	
Specifické dílčí stínění modulu	-489,40 kWh	-4,35 %
Chování za nízké intenzity světla	-68,11 kWh	-0,63 %
Odchylka od jmenovité teploty modulu	-109,87 kWh	-1,03 %
Diody	-10,98 kWh	-0,10 %
Nesrovnalost/Nesoulad (údaje výrobce)	-211,30 kWh	-2,00 %
Nesrovnalost/Nesoulad (zapojení/stínění)	-5,80 kWh	-0,06 %
Stringový kabel	-7,27 kWh	-0,07 %
<b>FV energie (DC) bez sestupné regulace měničem</b>	<b>10 340,50 kWh</b>	
Pokles pod výchozí výkon DC	0,00 kWh	0,00 %
Sestupná regulace z důvodu napěťového rozsahu MPP	-1,97 kWh	-0,02 %
Sestupná regulace z důvodu max. DC proudu	-2,72 kWh	-0,03 %
Sestupná regulace z důvodu max. DC výkonu	0,00 kWh	0,00 %
Sestupná regulace z důvodu max. AC výkonu/cos phi	0,00 kWh	0,00 %
Přizpůsobení MPP	-15,65 kWh	-0,15 %
<b>FV energie (DC)</b>	<b>10 320,16 kWh</b>	
<b>Energie na vstupu měniče</b>	<b>10 320,16 kWh</b>	
Odchylka vstupního napětí od jmenovitého	-63,44 kWh	-0,61 %
Převod DC/AC	-506,95 kWh	-4,94 %
Spotřeba v provozní pohotovosti (Střídač)	-16,43 kWh	-0,17 %
AC kabely	-1,72 kWh	-0,02 %
<b>FV energie (AC) minus pohotovostní spotřeba</b>	<b>9 731,62 kWh</b>	
<b>Energetický výnos FVS (AC síť)</b>	<b>9 748,05 kWh</b>	

## FVE + TČ

Zpracoval(a): Bc. Jaroslav Lacina

Zákazník: Jaroslav Lacina

Zákazník č.: DP Lacina

# Analýza ziskovosti

## Přehled

### Data zařízení

Síťové napájení v prvním roce (včetně degradace modulů)	5 931 kWh/Rok
Instalovaný výkon	9,7 kWp
Uvedení zařízení do provozu	20.05.2022
Sledované období	40 Roky
Úroky kapitálu	1 %

### Hospodářské ukazatele

Vnitřní míra návratnosti (IRR)	8,49 %
Kumulovaný finanční tok	916 447,56 Kč
Doba amortizace	8,7 Roky
Vlastní výrobní náklady elektrické energie	4,6198 Kč/kWh

### Přehled plateb

specifické investiční náklady	82 662,04 Kč/kWp
<b>Investiční náklady</b>	<b>803 475,00 Kč</b>
FV panely	120 240,00 Kč
Konstrukce	37 440,00 Kč
Strídac	63 895,00 Kč
Baterie	170 900,00 Kč
Nový rozvadec pro FVE + úprava stávajícího rozvadce	35 000,00 Kč
Kabeláž + trasy	8 000,00 Kč
Montáž	40 000,00 Kč
Dokumentace + zpracování dotace	8 000,00 Kč
Tepelné čerpadlo	320 000,00 Kč
Jednorázové platby	0,00 Kč
Podpory/Dotace	355 000,00 Kč
Roční náklady	0,00 Kč/Rok
Ostatní výnosy nebo úspory	22 500,00 Kč/Rok

### Odměna za úspory

Celkové odměny v prvním roce	11 862,26 Kč/Rok
Úspory v prvním roce	18 244,84 Kč/Rok

### výkupní tarif - Stavební systém

Platnost	22.05.2022 - 21.05.2062
Specifická odměna za výkupní tarif	2 Kč/kWh
Výkupní tarif	11862,2607 Kč/Rok

### lacina (Example)

Cena elektřiny	5 Kč/kWh
Základní cena	580 Kč/Měsíc
Koeficient změny cen elektřiny	2 %/Rok



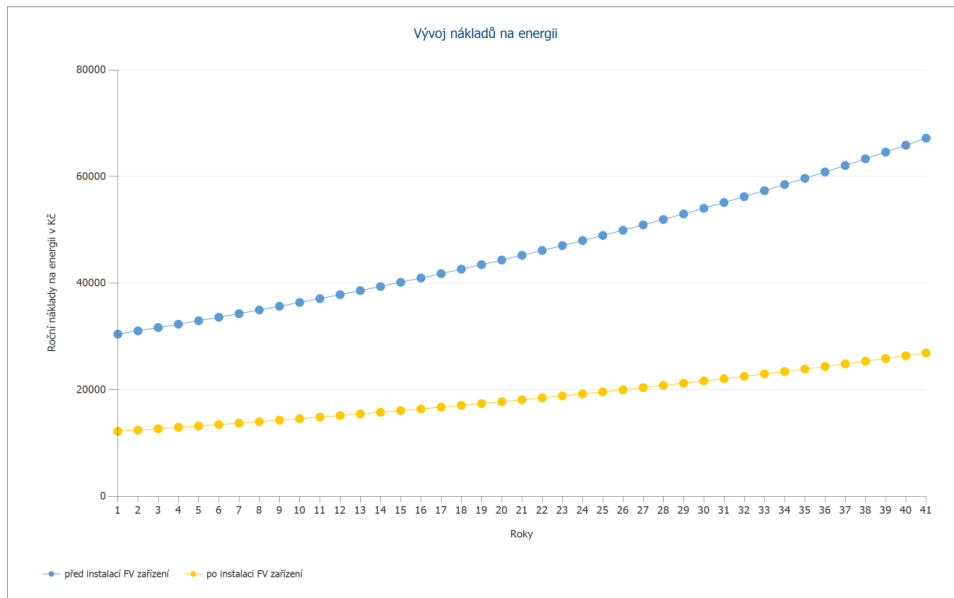


## FVE + TČ

Zpracoval(a): Bc. Jaroslav Lacina

Zákazník: Jaroslav Lacina

Zákazník č.: DP Lacina



Obrázek: Vývoj nákladů na energii

## FVE + TČ

Zpracoval(a): Bc. Jaroslav Lacina

Zákazník: Jaroslav Lacina

Zákazník č.: DP Lacina

## Cash flow

### Cash flow

	Rok 1	Rok 2	Rok 3	Rok 4	Rok 5
Investice	-803 475,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč
Podpory/Dotace	355 000,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč
Výkupní tarif	10 638,83 Kč	11 628,53 Kč	11 513,39 Kč	11 399,40 Kč	11 286,53 Kč
Úspora energie	17 445,88 Kč	18 243,05 Kč	18 423,67 Kč	18 606,09 Kč	18 790,30 Kč
Ostatní výnosy nebo úspory	22 277,23 Kč	22 056,66 Kč	21 838,28 Kč	21 622,06 Kč	21 407,98 Kč
<b>Roční finanční tok</b>	<b>-398 113,06 Kč</b>	<b>51 928,24 Kč</b>	<b>51 775,35 Kč</b>	<b>51 627,54 Kč</b>	<b>51 484,81 Kč</b>
Kumulovaný finanční tok	-398 113,06 Kč	-346 184,82 Kč	-294 409,48 Kč	-242 781,94 Kč	-191 297,12 Kč

### Cash flow

	Rok 6	Rok 7	Rok 8	Rok 9	Rok 10
Investice	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč
Podpory/Dotace	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč
Výkupní tarif	11 174,79 Kč	11 064,14 Kč	10 954,60 Kč	10 846,14 Kč	10 738,75 Kč
Úspora energie	18 976,35 Kč	19 164,22 Kč	19 353,98 Kč	19 545,59 Kč	19 739,13 Kč
Ostatní výnosy nebo úspory	21 196,02 Kč	20 986,16 Kč	20 778,37 Kč	20 572,65 Kč	20 368,96 Kč
<b>Roční finanční tok</b>	<b>51 347,15 Kč</b>	<b>51 214,53 Kč</b>	<b>51 086,95 Kč</b>	<b>50 964,38 Kč</b>	<b>50 846,83 Kč</b>
Kumulovaný finanční tok	-139 949,97 Kč	-88 735,44 Kč	-37 648,49 Kč	13 315,89 Kč	64 162,73 Kč

### Cash flow

	Rok 11	Rok 12	Rok 13	Rok 14	Rok 15
Investice	-57 843,31 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč
Podpory/Dotace	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč
Výkupní tarif	10 632,43 Kč	10 527,15 Kč	10 422,92 Kč	10 319,73 Kč	10 217,55 Kč
Úspora energie	19 934,55 Kč	20 131,93 Kč	20 331,26 Kč	20 532,56 Kč	20 735,85 Kč
Ostatní výnosy nebo úspory	20 167,28 Kč	19 967,61 Kč	19 769,91 Kč	19 574,17 Kč	19 380,36 Kč
<b>Roční finanční tok</b>	<b>-7 109,05 Kč</b>	<b>50 626,69 Kč</b>	<b>50 524,09 Kč</b>	<b>50 426,46 Kč</b>	<b>50 333,77 Kč</b>
Kumulovaný finanční tok	57 053,68 Kč	107 680,36 Kč	158 204,46 Kč	208 630,91 Kč	258 964,68 Kč

### Cash flow

	Rok 16	Rok 17	Rok 18	Rok 19	Rok 20
Investice	-147 204,63 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč
Podpory/Dotace	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč
Výkupní tarif	10 116,39 Kč	10 016,23 Kč	9 917,06 Kč	9 818,87 Kč	9 721,65 Kč
Úspora energie	20 941,15 Kč	21 148,50 Kč	21 357,88 Kč	21 569,34 Kč	21 782,90 Kč
Ostatní výnosy nebo úspory	19 188,48 Kč	18 998,49 Kč	18 810,39 Kč	18 624,15 Kč	18 439,75 Kč
<b>Roční finanční tok</b>	<b>-96 958,61 Kč</b>	<b>50 163,22 Kč</b>	<b>50 085,32 Kč</b>	<b>50 012,36 Kč</b>	<b>49 944,30 Kč</b>
Kumulovaný finanční tok	162 006,07 Kč	212 169,28 Kč	262 254,61 Kč	312 266,96 Kč	362 211,27 Kč

### Cash flow

	Rok 21	Rok 22	Rok 23	Rok 24	Rok 25
Investice	-314 619,02 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč
Podpory/Dotace	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč
Výkupní tarif	9 625,40 Kč	9 530,10 Kč	9 435,74 Kč	9 342,31 Kč	9 249,82 Kč
Úspora energie	21 998,57 Kč	22 216,38 Kč	22 436,35 Kč	22 658,49 Kč	22 882,83 Kč
Ostatní výnosy nebo úspory	18 257,18 Kč	18 076,41 Kč	17 897,44 Kč	17 720,24 Kč	17 544,79 Kč
<b>Roční finanční tok</b>	<b>-264 737,88 Kč</b>	<b>49 822,89 Kč</b>	<b>49 769,53 Kč</b>	<b>49 721,04 Kč</b>	<b>49 677,44 Kč</b>
Kumulovaný finanční tok	97 473,39 Kč	147 296,28 Kč	197 065,81 Kč	246 786,85 Kč	296 464,29 Kč



## FVE + TČ

Zpracoval(a): Bc. Jaroslav Lacina

Zákazník: Jaroslav Lacina  
Zákazník č.: DP Lacina

### Cash flow

	Rok 26	Rok 27	Rok 28	Rok 29	Rok 30
Investice	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč
Podpory/Dotace	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč
Výkupní tarif	9 158,23 Kč	9 067,56 Kč	8 977,78 Kč	8 888,89 Kč	8 800,88 Kč
Úspora energie	23 109,40 Kč	23 338,20 Kč	23 569,27 Kč	23 802,63 Kč	24 038,31 Kč
Ostatní výnosy nebo úspory	17 371,08 Kč	17 199,09 Kč	17 028,80 Kč	16 860,20 Kč	16 693,27 Kč
<b>Roční finanční tok</b>	<b>49 638,71 Kč</b>	<b>49 604,85 Kč</b>	<b>49 575,85 Kč</b>	<b>49 551,72 Kč</b>	<b>49 532,45 Kč</b>
Kumulovaný finanční tok	346 102,99 Kč	395 707,84 Kč	445 283,69 Kč	494 835,41 Kč	544 367,86 Kč

### Cash flow

	Rok 31	Rok 32	Rok 33	Rok 34	Rok 35
Investice	-174 199,79 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč
Podpory/Dotace	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč
Výkupní tarif	8 713,75 Kč	8 627,47 Kč	8 542,05 Kč	8 457,48 Kč	8 373,74 Kč
Úspora energie	24 276,31 Kč	24 516,67 Kč	24 759,41 Kč	25 004,54 Kč	25 252,12 Kč
Ostatní výnosy nebo úspory	16 527,99 Kč	16 364,34 Kč	16 202,32 Kč	16 041,90 Kč	15 883,07 Kč
<b>Roční finanční tok</b>	<b>-124 681,75 Kč</b>	<b>49 508,48 Kč</b>	<b>49 503,78 Kč</b>	<b>49 503,92 Kč</b>	<b>49 508,92 Kč</b>
Kumulovaný finanční tok	419 686,11 Kč	469 194,59 Kč	518 698,37 Kč	568 202,29 Kč	617 711,21 Kč

### Cash flow

	Rok 36	Rok 37	Rok 38	Rok 39	Rok 40
Investice	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč
Podpory/Dotace	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč
Výkupní tarif	8 290,83 Kč	8 208,74 Kč	8 127,47 Kč	8 047,00 Kč	7 967,32 Kč
Úspora energie	25 502,14 Kč	25 754,63 Kč	26 009,63 Kč	26 267,15 Kč	26 527,22 Kč
Ostatní výnosy nebo úspory	15 725,81 Kč	15 570,11 Kč	15 415,95 Kč	15 263,32 Kč	15 112,20 Kč
<b>Roční finanční tok</b>	<b>49 518,78 Kč</b>	<b>49 533,48 Kč</b>	<b>49 553,05 Kč</b>	<b>49 577,47 Kč</b>	<b>49 606,74 Kč</b>
Kumulovaný finanční tok	667 229,99 Kč	716 763,47 Kč	766 316,52 Kč	815 893,99 Kč	865 500,73 Kč

### Cash flow

	Rok 41
Investice	-363 750,55 Kč
Podpory/Dotace	0,00 Kč
Výkupní tarif	0,00 Kč
Úspora energie	26 789,87 Kč
Ostatní výnosy nebo úspory	14 962,57 Kč
<b>Roční finanční tok</b>	<b>-321 998,11 Kč</b>
Kumulovaný finanční tok	543 502,62 Kč

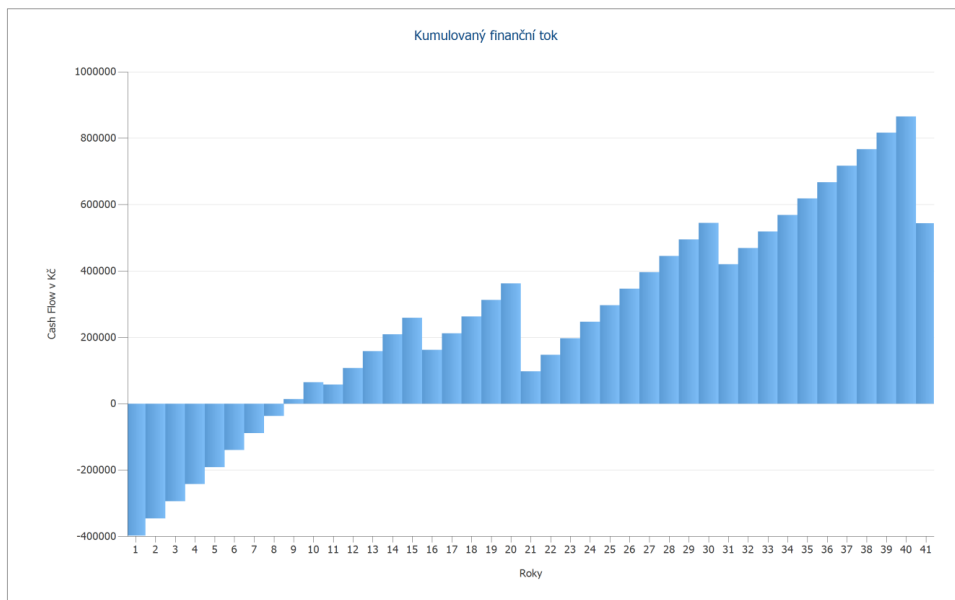
Procenta degradace a zvyšování cen se používají měsíčně za celé období sledování. To se děje již v prvním roce.

## FVE + TČ

Zpracoval(a): Bc. Jaroslav Lacina

Zákazník: Jaroslav Lacina

Zákazník č.: DP Lacina



Obrázek: Kumulovaný finanční tok

## FVE + TČ

Zpracoval(a): Bc. Jaroslav Lacina

Zákazník: Jaroslav Lacina

Zákazník č.: DP Lacina

# Katalogové listy

## Katalogový list FV modulu

FV modul: TSM-405-DE09.08 VERTEX S (v1)

Výrobce	Trina Solar
Možno dodat	Ano
<b>Elektrické údaje</b>	
Typ článku	monokrystalický Si
Půlčlánekový modul	Ano
Počet článků	120
Počet bypass diod	3
Ztráty napětí na bypass diodě	1 V
Integrovaný výkonový optimizér	Ne
Pouze vhodný transformátorový měnič	Ne
<b>U/I charakteristiky při STC</b>	
MPP napětí	34,4 V
Proud v MPP	11,77 A
Napětí naprázdno	41,4 V
Zkratový proud	12,34 A
Zvýšení napětí naprázdno před stabilizací	0 %
Jmenovitý výkon	405 W
Faktor plnění (FF)	79,25 %
Účinnost	21,06 %
<b>Díličí charakteristiky zátěže U/I</b>	
Zdroj hodnot	Výrobce/vlastní
Intenzita záření	200 W/m <sup>2</sup>
MPP napětí při díličí zátěži	33,731 V
Proud v MPP při díličí zátěži	2,36 A
Napětí naprázdno při díličím zatížení	38,985 V
Zkratový proud při díličím zatížení	2,468 A
<b>Další parametry</b>	
Teplotní koeficient Voc	-103,5 mV/K
Teplotní koeficient Isc	4,9 mA/K
Teplotní koeficient Pmpp	-0,34 %/K
Faktor korekce úhlu (IAM)	100 %
Maximální systémové napětí	1500 V
<b>Mechanické údaje</b>	
Šířka	1096 mm
Výška	1754 mm
Hloubka	30 mm
Šířka rámu	33 mm
Hmotnost	21 kg



## FVE + TČ

Zpracoval(a): Bc. Jaroslav Lacina

Zákazník: Jaroslav Lacina

Zákazník č.: DP Lacina

## Katalogový list měniče

Střídač: X3-Hybrid-10.0 (v2)

Výrobce	SolaX Power Co., Ltd.
Možno dodat	Ano
<b>Elektrické údaje - DC</b>	
Jmenovitý výkon DC	12 kW
Max. výkon DC	15 kW
Jmenovité napětí DC	720 V
Max. vstupní napětí	1000 V
Max. vstupní proud	36 A
Počet DC vstupů	3
<b>Elektrické údaje - AC</b>	
Jmenovitý výkon AC	10 kW
Max. výkon AC	10 kVA
Jmenovité AC napětí	400 V
Počet fází	3
S transformátorem	Ne
<b>Elektrické údaje - ostatní</b>	
Změna stupně účinnosti při odchylce vstupního napětí od jmenovitého napětí	0,2 %/100V
Min. výkon dodávky do sítě	0 W
Spotřeba v provozní pohotovosti	7 W
Noční spotřeba	3 W
<b>MPP Tracker</b>	
Rozsah výkonu < 20 % jmenovitého napětí	99,6 %
Rozsah výkonu > 20 % jmenovitého napětí	99,9 %
Počet MPP Tracker	2
Počet různých sledovačů MPP	2
<b>Sledovač MPP, typ 1</b>	
Počet	1
MPP Tracker	1
Max. vstupní proud	24 A
Max. Příkon	10 kW
Min. napětí MPP	180 V
Max. napětí MPP	950 V
<b>Sledovač MPP, typ 2</b>	
Počet	1
MPP Tracker	2
Max. vstupní proud	12 A
Max. Příkon	5 kW
Min. napětí MPP	180 V
Max. napětí MPP	950 V

## FVE + TČ

Zpracoval(a): Bc. Jaroslav Lacina

Zákazník: Jaroslav Lacina

Zákazník č.: DP Lacina

## Katalogový list bateriového systému

### Bateriový systém: Pro AC GW 10 kW - 10.2 kWh (HVS) (v2)

Výrobce	FENECON GmbH
Možno dodat	Ano

#### Bateriový měnič

Jmenovitý výkon	10 kW
Maximální nabíjecí výkon	10 kW
Maximální vybíjecí výkon	10 kW
Typ připojení	AC připojení

#### Baterie

Výrobce baterie	BYD Company Ltd.
Model	HVS (v1)
Počet	4 (4x1)
Systémové DC napětí baterie	409,6 V
Použitelná energie baterie	10,2 kWh
Kapacita při t=10 h	25 Ah

## Katalogový list baterie

### Baterie: HVS (v1)

Výrobce	BYD Company Ltd.
Možno dodat	Ano

#### Elektrické údaje

Typ akumulátoru	Lithium-železo-fosfát (LiFePo)
Napětí článku	3,2 V
Počet článků v sérii	32
Jmenovité napětí	102,4 V
Počet baterií do série	2
Vnitřní odpor	9,6 mΩ
Samovybití	1 %/Měsíc
Životnost v cyklech nabíjení/vybíjení (DoD = 40 %)	12000

#### Mechanické údaje

Délka	298 mm
Šířka	585 mm
Výška	356 mm
Hmotnost	45,5 kg



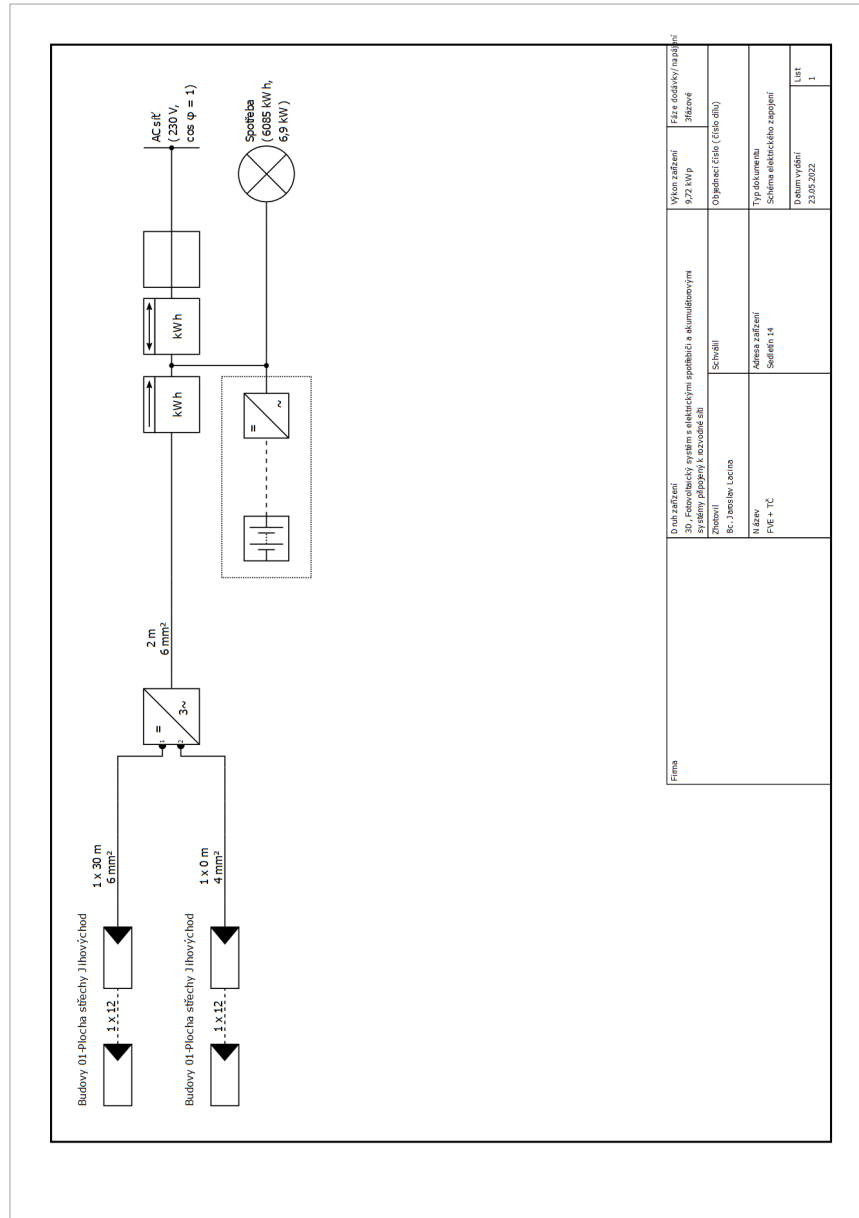
# FVE + TČ

Zpracoval(a): Bc. Jaroslav Lacina

Zákazník: Jaroslav Lacina  
Zákazník č.: DP Lacina

## Výkresy a kusovníky

### Schéma elektrického zapojení



Obrázek: Schéma elektrického zapojení



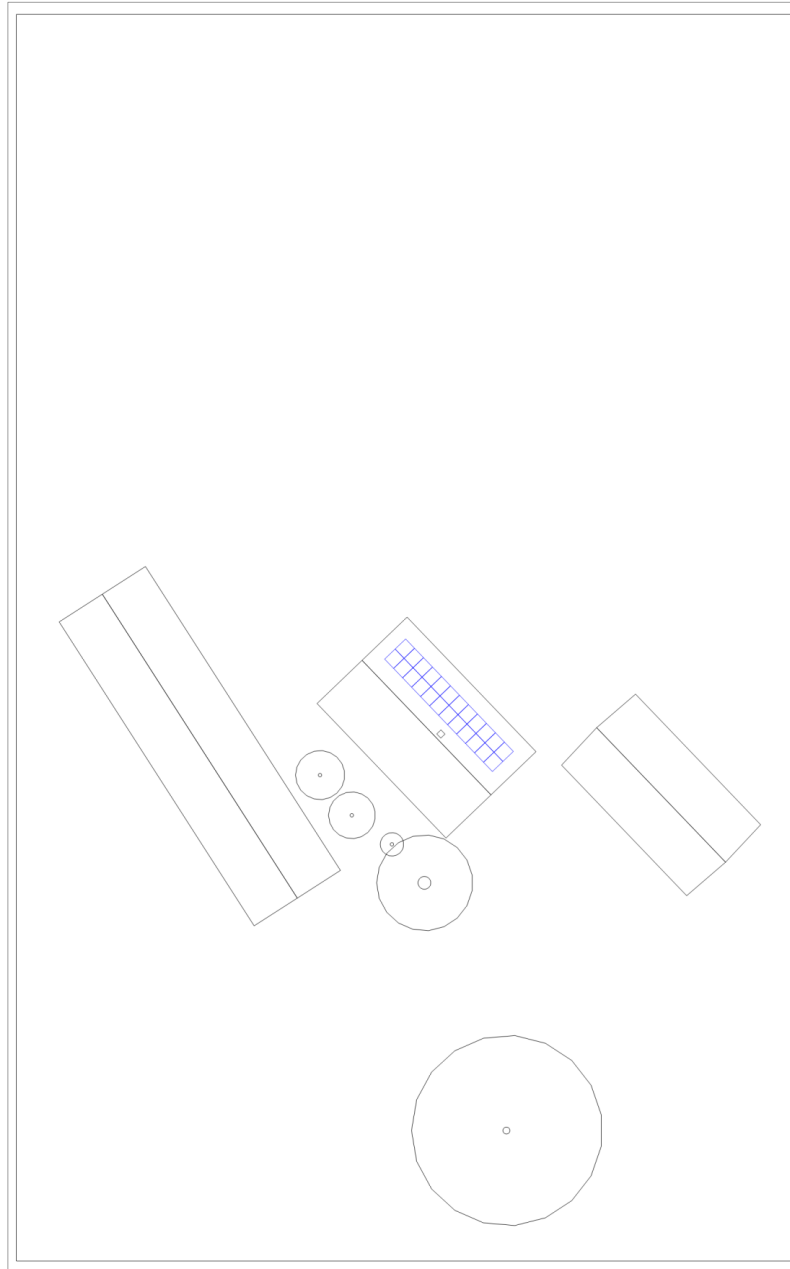
FVE + TČ

Zpracoval(a): Bc. Jaroslav Lacina

Zákazník: Jaroslav Lacina

Zákazník č.: DP Lacina

## Přehledový plán



Obrázek: Přehledový plán

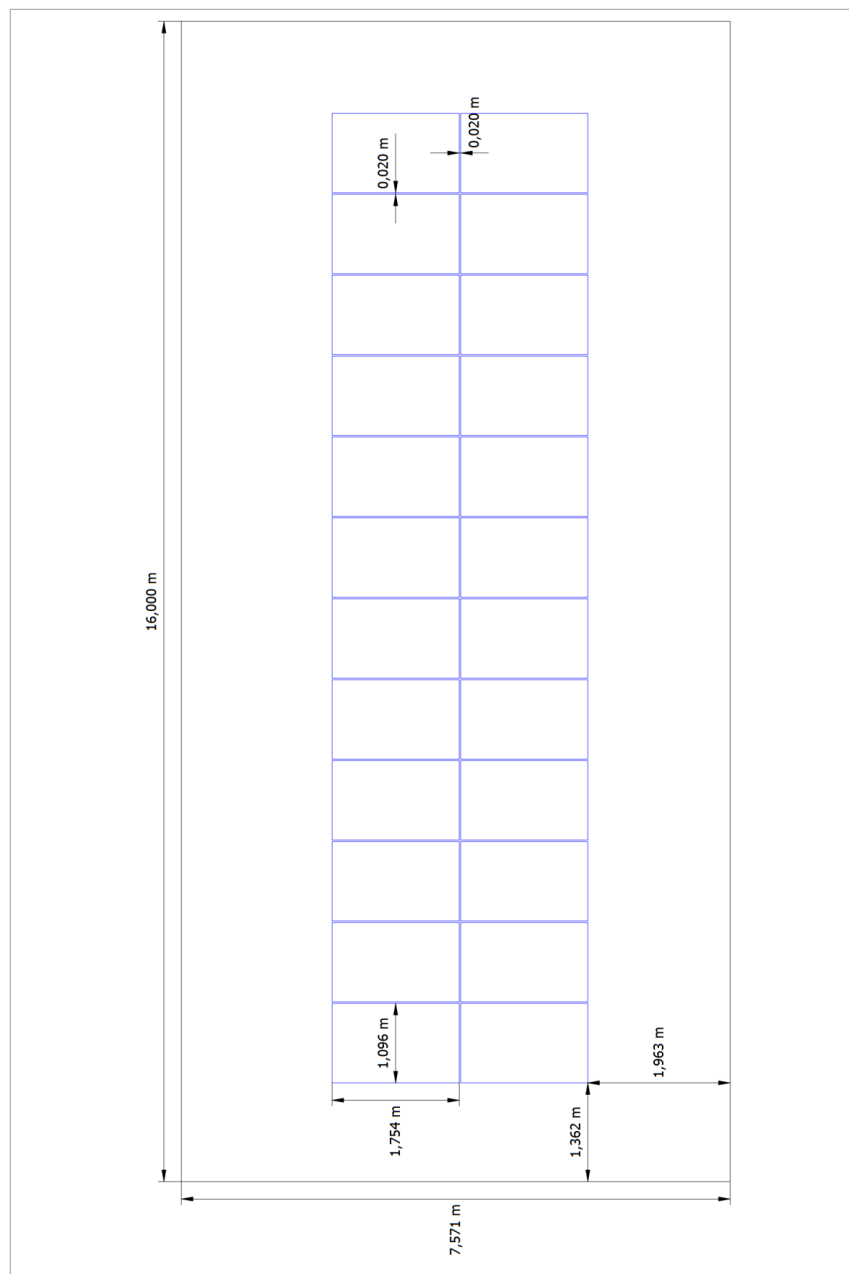
## FVE + TČ

Zpracoval(a): Bc. Jaroslav Lacina

Zákazník: Jaroslav Lacina

Zákazník č.: DP Lacina

## Rozměrový výkres



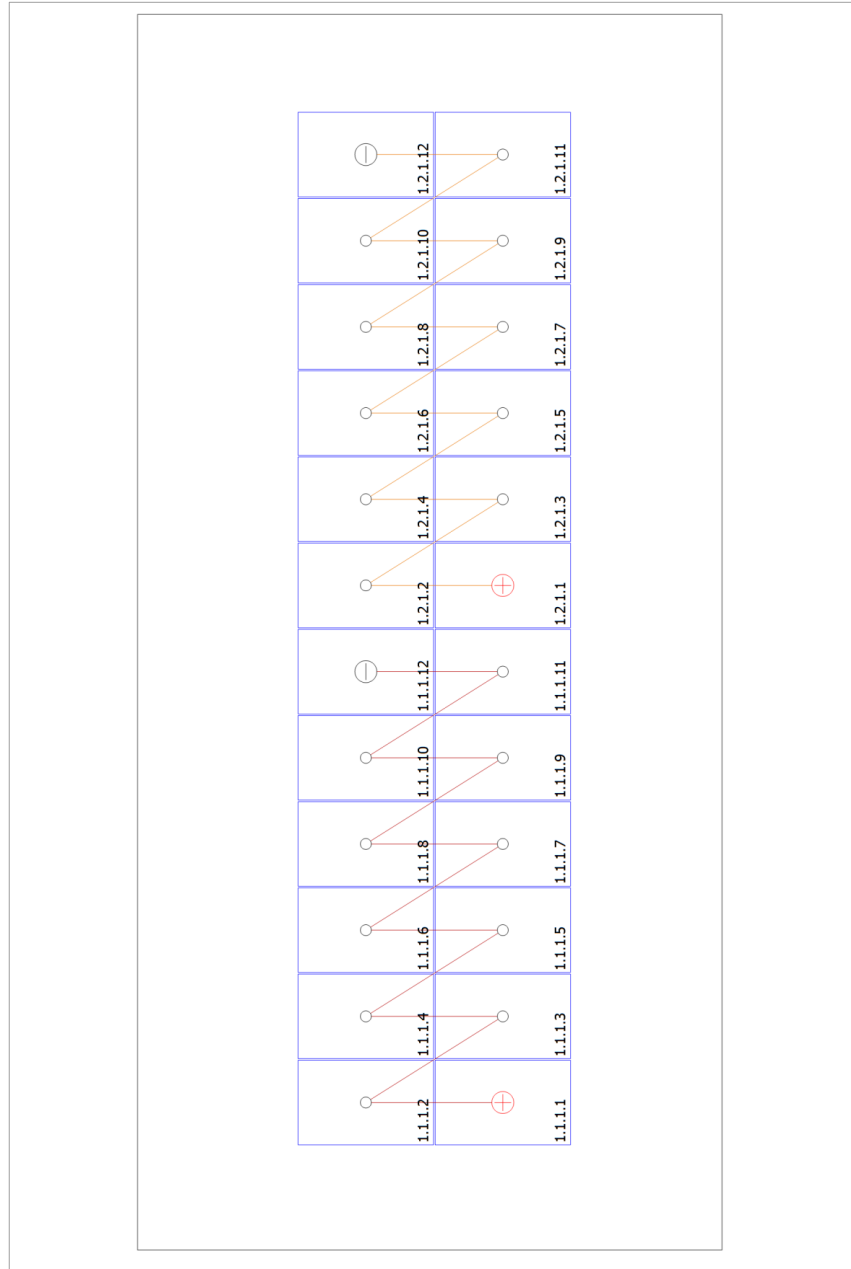
Obrázek: Budovy 01-Plocha střechy Jihovýchod

## FVE + TČ

Zpracoval(a): Bc. Jaroslav Lacina

Zákazník: Jaroslav Lacina  
Zákazník č.: DP Lacina

## Plán stringů



Obrázek: Budovy 01-Plocha střechy Jihovýchod

## FVE + TČ

Zpracoval(a): Bc. Jaroslav Lacina

Zákazník: Jaroslav Lacina

Zákazník č.: DP Lacina

## Kusovník

### Kusovník

#	Typ	Číslo položky	Výrobce	Jméno	Množství	Jednotka
1	FV modul		Trina Solar	TSM-405-DE09.08 VERTEX S	24	Kus
2	Střídač		SolaX Power Co., Ltd.	X3-Hybrid-10.0	1	Kus
3	Bateriový systém		FENECON GmbH	Pro AC GW 10 kW - 10.2 kWh (HVS)	1	Kus
4	Kabel			AC kabely 3fázové 6 mm <sup>2</sup> Měď	2	m
5	Kabel			Stringový kabel 6 mm <sup>2</sup> Měď	30	m
6	Komponenty			Elektroměr výroby	1	Kus
7	Komponenty			Obousměrný elektroměr	1	Kus
8	Komponenty			Domovní přípojka	1	Kus

# B Katalogový list panelů

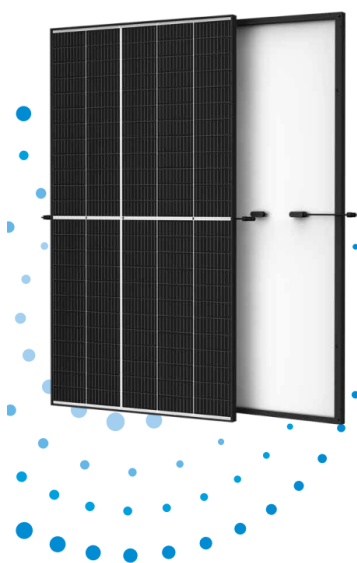


PRODUCT: TSM-DE09.08  
POWER RANGE: 390-405 W

**405 W+**  
MAXIMUM POWER OUTPUT

**0/+5 W**  
POSITIVE POWER TOLERANCE

**21.1 %**  
MAXIMUM EFFICIENCY



### Small in size, big on power

- Generates up to 405 W, 21.1 % module efficiency with high density interconnect technology
- Multi-busbar technology for better light trapping, lower series resistance, improved current collection and enhanced reliability
- Excellent low light performance (IAM) with cell process and module material optimization

### Universal solution for residential and C&I rooftops

- Designed for compatibility with existing mainstream inverters, optimizers and mounting systems
- Perfect size and low weight for easy handling. Optimized transportation cost
- Reduces installation cost with higher power bin and efficiency
- Flexible installation solutions for system deployment

### High Reliability

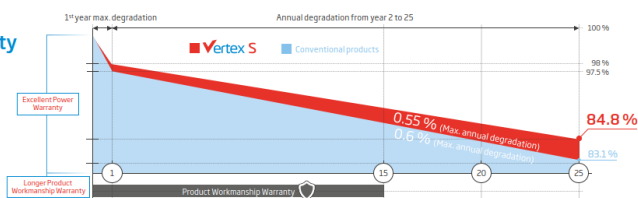
- 6,000 Pa snow load (test load)
- 4,000 Pa wind load (test load)

### Extended Vertex S Warranty

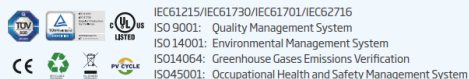
**2 %**  
1<sup>st</sup> year max. degradation

**0.55 %**  
Max. annual degradation from year 2 to 25

**15 Years**  
Product Workmanship Warranty

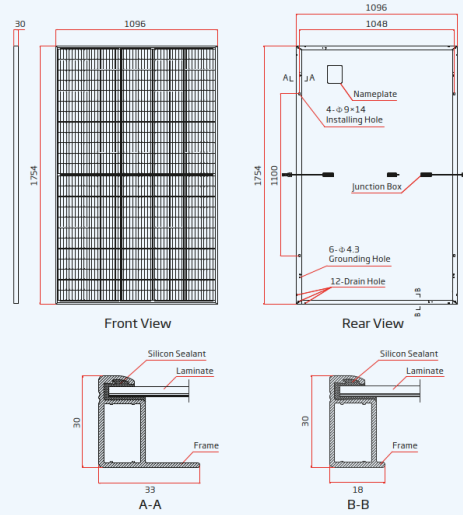


### Comprehensive Product and System Certificates

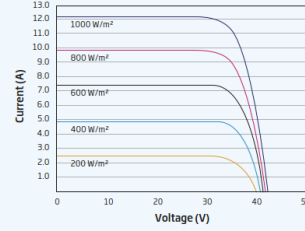




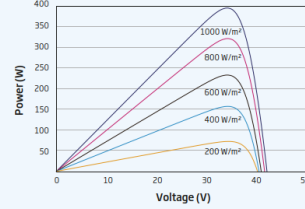
**DIMENSIONS OF PV MODULE (mm)**



**I-V CURVES OF PV MODULE (395 W)**



**P-V CURVES OF PV MODULE (395 W)**



**ELECTRICAL DATA (STC)**

	TSM-390 DE09.08	TSM-395 DE09.08	TSM-400 DE09.08	TSM-405 DE09.08
Peak Power Watts- $P_{MAX}$ (Wp)*	390	395	400	405
Power Tolerance- $P_{MAX}$ (W)	0/+5	0/+5	0/+5	0/+5
Maximum Power Voltage- $V_{MPP}$ (V)	33.8	34.0	34.2	34.4
Maximum Power Current- $I_{MPP}$ (A)	11.54	11.62	11.70	11.77
Open Circuit Voltage- $V_{OC}$ (V)	40.8	41.0	41.2	41.4
Short Circuit Current- $I_{SC}$ (A)	12.14	12.21	12.28	12.34
Module Efficiency $\eta_m$ (%)	20.3	20.5	20.8	21.1

STC: Irradiance 1000 W/m<sup>2</sup>, Cell Temperature 25 °C, Air Mass AM1.5 \*Measuring tolerance: ±3%

**MECHANICAL DATA**

Solar Cells	Monocrystalline
No. of cells	120 cells
Module Dimensions	1754*1096*30 mm
Weight	21.0 kg
Glass	3.2 mm, High Transmission, AR Coated Heat Strengthened Glass
Encapsulant material	EVA/POE
Backsheet	White
Frame	30 mm Anodized Aluminium Alloy
j-Box	IP 68 rated
Cables	Photovoltaic Technology Cable 4.0 mm <sup>2</sup> Landscape: 1100/1100 mm Portrait: 280/280 mm*
Connector	TS4/MC4 EVO2*

\*Special order only

**ELECTRICAL DATA (NOCT)**

	TSM-390 DE09.08	TSM-395 DE09.08	TSM-400 DE09.08	TSM-405 DE09.08
Maximum Power- $P_{MAX}$ (Wp)	295	298	302	306
Maximum Power Voltage- $V_{MPP}$ (V)	31.8	32.0	32.2	32.5
Maximum Power Current- $I_{MPP}$ (A)	9.26	9.32	9.38	9.41
Open Circuit Voltage- $V_{OC}$ (V)	38.4	38.6	38.8	38.9
Short Circuit Current- $I_{SC}$ (A)	9.78	9.84	9.90	9.95

NOCT: Irradiance at 800 W/m<sup>2</sup>, Ambient Temperature 20 °C, Wind Speed 1 m/s.

**TEMPERATURE RATINGS**

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

**MAXIMUM RATINGS**

Operational Temperature	-40 to +85 °C
Maximum System Voltage	1500 V DC (IEC)
Max Series Fuse Rating	20 A

**WARRANTY**

15 year Product Workmanship Warranty  
25 year Power Warranty  
2 % first year Degradation  
0.55 % Annual Power Degradation

(Please refer to the applicable limited warranty for details)

**PACKAGING CONFIGURATION**

Modules per box	36 pieces
Modules per 40' container	936 pieces



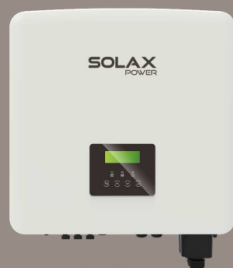
CAUTION: READ SAFETY AND INSTALLATION INSTRUCTIONS BEFORE USING THE PRODUCT.  
© 2021 Trina Solar Limited. All rights reserved. Specifications included in this datasheet are subject to change without notice.  
Version number: TSM\_EN\_2021\_A

www.trinasolar.com

## C Katalogový list střídačů



NEW FROM SOLAX  
**X3-HYBRID G4**









### X3-Hybrid-D/M

5.0kW/6.0kW/8.0kW  
10.0kW/12.0kW/15.0kW

info@solaxpower.com  
service@solaxpower.com



### Features

-  **Support 150% oversized PV power**  
Excess energy to battery
-  **Fast charging and high power discharge**  
Max 30A charging & discharge current
-  **Remote units control & upgrading function**  
External control communication interface
-  **Working under extremely cold condition**  
Working in full load under extreme cold temp -35°C/-31°F
-  **On & Off grid parallel use**  
Inverter on/off grid parallel to support higher power loads
-  **Unbalanced output supported**  
Prevent voltage imbalance when using high-power electrical appliances

#### For More Informations Contact Us

www.solaxpower.com      Global: +86 571-56260008  
AU: +61 1300 476529      UK: +44 2476 586998  
DE: +49 6142 4091664      NL: +31 (0) 852 737932



## X3-HYBRID G4 (THREE PHASE)

X3-Hybrid-5.0-D X3-Hybrid-6.0-D X3-Hybrid-8.0-D X3-Hybrid-10.0-D X3-Hybrid-12.0-D X3-Hybrid-15.0-D  
 X3-Hybrid-5.0-M X3-Hybrid-6.0-M X3-Hybrid-8.0-M X3-Hybrid-10.0-M X3-Hybrid-12.0-M X3-Hybrid-15.0-M

INPUT (DC)	8000	10000	12000	15000	18000	18000
Max. recommended PV power[W]	8000	10000	12000	15000	18000	18000
Max. DC voltage [V]	1000					
Nominal DC operating voltage [V]	630					
Max. input current (input A/input B) [A]	14/14	14/14	26/14	26/14	26/14	26/14
Max. short circuit current (input A/input B) [A]	16/16	16/16	30/16	30/16	30/16	30/16
MPPT voltage range[V]	180-950					
Start operating voltage[V]	200					
No. of MPP trackers / Strings per MPP tracker	2(1/1)	2(1/1)	2(2/1)	2(2/1)	2(2/1)	2(2/1)
<b>INPUT AC</b>						
Max. apparent AC power[VA]	10000	12000	16000	20000	20000	20000
Max. AC current[A]	16.1	19.3	25.8	32.0	32.0	32.0
Nominal grid voltage[AC voltage range][V]	415/240; 400/230; 380/220					
Nominal grid Frequency/range[Hz]	50/60					
<b>OUTPUT AC</b>						
Nominal AC power [VA]	5000	6000	8000	10000	12000	15000
Max. apparent AC power [VA]	5500	6600	8800	11000	13200	15000
Nominal grid voltage[AC voltage range] [V]	415/240; 400/230; 380/220					
Nominal grid frequency/range [Hz]	50/60					
Nominal AC current [A]	7.2	8.7	11.6	14.5	17.5	21.8
Max. AC current [A]	8.1	9.7	12.9	16.1	19.3	24.1
Displacement power factor	0.8 leading ... 0.8 lagging					
THDI: rated power [%]	<3					
<b>OUTPUT DC (BATTERY)</b>						
Battery type	Lead-acid/Lithium					
Battery voltage range [V]	180-650					
Recommended battery voltage[V]	400					
Max. continuous charge/discharge current [A]	30					
Communication interfaces	CAN/RS485					
Reverse connect protection	Yes					
<b>OFF-GRID OUTPUT (WITH BATTERY)</b>						
MAX. continuous apparent power [VA]	5000	6000	8000	10000	12000	15000
Rated voltage[V],frequency [Hz]	400/230VAC; 50/60					
MAX. continuous current [A]	7.2	8.7	11.6	14.5	17.5	21.8
Peak apparent power [VA] Duration[s]	7500 60	9000 60	12000 60	15000 60	15000 60	15000 60
Changeover time [ms]	<10					
THDv, linear Load [%]	<5					
<b>EFFICIENCY</b>						
MPPT efficiency [%]	99.9					
Euro efficiency [%]	97.7					
Max. efficiency [%]	98.0					
Battery charge/discharge efficiency [%]	98.5/97.0					
<b>POWER CONSUMPTION</b>						
Standby consumption (Night) [W]	<20W for hot standby;<3W for cold standby					
<b>STANDARD</b>						
Safety	IEC62109-1/IEC62109-2					
EMC	EN61000-6-1/EN61000-6-2/EN61000-6-3					
Certification	VDE 0126-1-1 A1:2012 / VDE-AR-N 4105 / G98 / G99 / AS4777 / EN 50549 / CEI 0-21					
<b>ENVIRONMENT LIMIT</b>						
Degree of protection(according to IEC60529)	IP65					
Operating temperature range [°C]	-35~+60 (derating at +45, charge derating at +35)					
Max. operation altitude [m]	< 3000					
Humidity [%]	0-100 (condensing)					
Storage temperature [°C]	-35~+60					
Typical noise emission [dB]	40	40	40	40	60	60
<b>DIMENSION AND WEIGHT</b>						
Dimensions(WxHxD) [mm]	482*417*181					
Weight[kg]	30					
Cooling concept	Natural	Natural	Natural	Natural	Fan	Fan
Topology	Non-isolated					
Communication interfaces	Meter/ CT, external control RS485, Pocket series (optional), DRM,USB					
LCD display	Backlight 20*4 character					
Standard warranty [years]	10					



# D Katalogový list akumulátorů

## BATTERY-BOX PREMIUM HVS / HVM

- Capable of High-Powered Emergency-Backup and Off-Grid Functionality
- Highest Efficiency Thanks to a Real High-Voltage Series Connection
- The Patented Modular Plug Design Requires no Internal Wiring and Allows for Maximum Flexibility and Ease of Use
- Cobalt Free Lithium Iron Phosphate (LFP) Battery: Maximum Safety, Life Cycle, and Power
- Compatible with Leading 1 and 3 Phase High Voltage Battery Inverters
- Two Distinct Modules to Cover the Complete Range of System Sizes
- Highest Safety Standards like VDE 2510-50



### BATTERY-BOX PREMIUM HVS

One Battery-Box Premium HVS is composed of 2 to 5 HVS battery modules that are connected in series to achieve a usable capacity of 5.1 to 12.8 kWh. Additionally, direct parallel connection of up to 3 identical Battery-Box Premium HVS allows a maximum capacity of 38.4 kWh. Ability to scale by adding HVS modules or parallel HVS stacks later.




### BATTERY-BOX PREMIUM HVM


One Battery-Box Premium HVM is composed of 3 to 8 HVM battery modules that are connected in series to achieve a usable capacity of 8.3 to 22.1 kWh. Additionally, direct parallel connection of up to 3 identical Battery-Box Premium HVM allows a maximum capacity of 66.2 kWh. Ability to scale by adding HVM modules or parallel HVM stacks later.




### FLEXIBLE, EFFICIENT, SIMPLE




**Internal Plug Connection**  
No Additional Wiring Required



**5.1 - 66.2 kWh**  
Tailored Sizing for Each Application







**Extend Anytime**  
Easily Adapts to New Requirements









**High Power**  
Power for Every Application



## TECHNICAL PARAMETERS PREMIUM HVS / HVM

	 HVS 5.1	 HVS 7.7	 HVS 10.2	 HVS 12.8
Battery Module	HVS (2.56 kWh, 102.4 V, 38 kg)			
Number of Modules	2	3	4	5
Usable Energy [1]	5.12 kWh	7.68 kWh	10.24 kWh	12.8 kWh
Max Output Current [2]	25 A	25 A	25 A	25 A
Peak Output Current [2]	50 A, 5 s	50 A, 5 s	50 A, 5 s	50 A, 5 s
Nominal Voltage	204 V	307 V	409 V	512 V
Operating Voltage	160-240 V	240-360 V	320-480 V	400-600 V
Dimensions (H/W/D)	712x585x298 mm	945x585x298 mm	1178x585x298 mm	1411x585x298 mm
Weight	91 kg	129 kg	167 kg	205 kg

	 HVM 8.3	 HVM 11.0	 HVM 13.8	 HVM 16.6	 HVM 19.3	 HVM 22.1
Battery Module	HVM (2.76 kWh, 51.2 V, 38 kg)					
Number of Modules	3	4	5	6	7	8
Usable Energy [1]	8.28 kWh	11.04 kWh	13.80 kWh	16.56 kWh	19.32 kWh	22.08 kWh
Max Output Current [2]	50 A	50 A	50 A	50 A	50 A	50 A
Peak Output Current [2]	75 A, 5 s	75 A, 5 s	75 A, 5 s	75 A, 5 s	75 A, 5 s	75 A, 5 s
Nominal Voltage	153 V	204 V	256 V	307 V	358 V	409 V
Operating Voltage	120-180 V	160-240 V	200-300 V	240-360 V	280-420 V	320-480 V
Dimensions (H/W/D)	945 x 585 x 298 mm	1178 x 585 x 298 mm	1411 x 585 x 298 mm	1644 x 585 x 298 mm	1877 x 585 x 298 mm	2110 x 585 x 298 mm
Weight	129 kg	167 kg	205 kg	243 kg	281 kg	319 kg

### HVS & HVM

Operating Temperature	-10 °C to +50°C
Battery Cell Technology	Lithium Iron Phosphate (cobalt-free)
Communication	CAN/RS485
Enclosure Protection Rating	IP55
Round-trip Efficiency	≥96%
Certification	VDE2510-50 / IEC62619 / CEC / CE / UN38.3
Applications	ON Grid / ON Grid + Backup / OFF Grid
Warranty [3]	10 Years
Compatible Inverters	Refer to BYD Battery-Box Premium Inverter Compatible List and Minimum Configuration List

[1] DC Usable Energy, Test conditions: 100% DOD, 0.2C charge & discharge at +25 °C. System Usable Energy may vary with different inverter brands  
 [2] Charge derating will occur between -10 °C and +5 °C  
 [3] Conditions apply. Refer to BYD Battery-Box Premium Limited Warranty Letter.



BYD Company Limited  
 www.byd.com/energy  
 Global Sales: batteryboxgrp@byd.com  
 Global Service: bboxeservice@byd.com

Battery-Box EU Service Partner  
 EFT-Systems GmbH  
 www.eft-systems.de  
 info@eft-systems.de

Battery-Box AU Service Partner  
 Alps Power Pty Ltd  
 www.alpspower.com.au  
 service@alpspower.com.au

Battery-Box US Service Partner  
 EFT-Systems GmbH  
 www.eft-systems.de/us  
 USservice@eft-systems.de

v1.0

