



Bakalářská práce

Návrh a řešení ostrovního systému pro RD v podmínkách ČR

Studijní program:

B0714A270001 Mechatronika

Autor práce:

Jan Kunert

Vedoucí práce:

Ing. Jiří Kubín, Ph.D.

Ústav mechatroniky a technické informatiky

Liberec 2023



Zadání bakalářské práce

Návrh a řešení ostrovního systému pro RD v podmínkách ČR

<i>Jméno a příjmení:</i>	Jan Kunert
<i>Osobní číslo:</i>	M19000134
<i>Studijní program:</i>	B0714A270001 Mechatronika
<i>Zadávací katedra:</i>	Ústav mechatroniky a technické informatiky
<i>Akademický rok:</i>	2021/2022

Zásady pro vypracování:

1. Podrobně se seznamte s možnostmi výroby elektrické energie z fotovoltaických solárních panelů.
2. Stanovte optimální instalovaný výkon fotovoltaických panelů solárního systému s ohledem na roční období podle změřeného osvitů zjištěného z předchozích let.
3. Pro daný solární systém stanovte velikost a typ bateriového uložení.
4. Vytvořte návrh vytápění, diskutujte možnosti rekuperace a regulace do TUV.
5. Proveďte odhad ekonomické návratnosti daného řešení. Diskutujte možnosti zrychlení návratnosti investičních nákladů daného systému.
6. Vytvořte elektroprojekt navrženého solárního systému. Diskutujte náležitosti revizní zprávy.
7. Dosažené výsledky podrobně vyhodnoťte.

Rozsah grafických prací: dle potřeby dokumentace
Rozsah pracovní zprávy: 30–40 stran
Forma zpracování práce: tištěná/elektronická
Jazyk práce: čeština

Seznam odborné literatury:

- [1] MASTNÝ, Petr. *Obnovitelné zdroje elektrické energie*. Vyd. 1. Praha: České vysoké učení technické, 2011. ISBN 9788001049372;800104937X;.
- [2] QUASCHNING, Volker. *Obnovitelné zdroje energií*. 1. vyd. Praha: Grada, 2010. ISBN 9788024732503;8024732505;.
- [3] SRDEČNÝ, Karel a Česko. Ministerstvo životního prostředí. *Obnovitelné zdroje energie: Přehled druhů a technologií*. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2009. ISBN 9788072125180;8072125184;.
- [4] KRIŠKOVÁ, Mahulena. *Obnovitelné zdroje energie z oceánů: Vysoké učení technické v Brně. Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií*, 2019.

Vedoucí práce: Ing. Jiří Kubín, Ph.D.
Ústav mechatroniky a technické informatiky

Datum zadání práce: 12. října 2021
Předpokládaný termín odevzdání: 22. května 2023

prof. Ing. Zdeněk Plíva, Ph.D.
děkan

L.S.

doc. Ing. Josef Černožorský, Ph.D.
vedoucí ústavu

V Liberci dne 10. ledna 2023

Prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně jako původní dílo s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Jsem si vědom toho, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu Technické univerzity v Liberci.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti Technickou univerzitu v Liberci; v tomto případě má Technická univerzita v Liberci právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Současně čestně prohlašuji, že text elektronické podoby práce vložený do IS/STAG se shoduje s textem tištěné podoby práce.

Beru na vědomí, že má bakalářská práce bude zveřejněna Technickou univerzitou v Liberci v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů.

Jsem si vědom následků, které podle zákona o vysokých školách mohou vyplývat z porušení tohoto prohlášení.

Návrh a řešení ostrovního systému pro RD v podmínkách ČR

Abstrakt

Bakalářská práce se zaměřuje na čerpání energie z obnovitelných zdrojů, konkrétně na energii ze slunečního záření. V práci je přiblížen způsob získávání této energie a její přeměny na energii elektrickou. Následně je navržena fotovoltaická elektrárna pro rodinný dům v České republice. Jedná se o OFF GRID hybridní elektrárnu s využitím přebytků na vytápění elektrickým podlahovým topením. Obsahuje elektroinstalační schéma a zabývá se možností dotace.

Klíčová slova:

Fotovoltaika, solární panely, akumulátory, hybrid off grid, EPLAN

Design and solution of insular solar system for family house for condition of Czech Republic

Abstract

The bachelor thesis is focused on getting energy from renewable sources, specifically on the extraction energy from sunshine. The work describes the method how is the energy obtained and converted into electrical energy. Then, a photovoltaic power plant for family house in the Czech Republic is designed. It is OFF GRID hybrid power plant with the use of surpluses for electrical floor heating. It contains an electrical installation diagram and deals with the possibility of a grant.

Keywords:

Photovoltaic, solar panels, batteries, hybrid off grid, EPLAN

Poděkování

Rád bych poděkoval všem, kteří mě při práci podpořili. Zvláště bych pak chtěl poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce, panu Ing. Jiřímu Kubínovi Ph.D. za trpělivost, věcné připomínky a užitečné rady a za samotné vedení práce. Dále panu Ondřeji Roubalovi za umožnění odborné praxe ve firmě S-Power a navržení tématu bakalářské práce. A v neposlední řadě musím poděkovat svému bratrovi Jiřímu Kunertovi za poskytnutí pohledů z praxe.

Obsah

Úvod	11
1 OZE – Obnovitelné zdroje energie.....	12
1.1 Fotovoltaika.....	12
1.2 Fotelektrický jev	13
1.3 Planckova kvantová hypotéza	14
1.4 Teorie duality světla	14
1.5 Sluneční záření.....	15
1.6 Intenzita slunečního záření na povrchu Země.....	15
1.6.1 Rozdělení slunečního záření	15
1.6.2 Doba slunečního záření	17
1.7 Fotelektrický článek.....	17
1.8 Zapojení fotelektrických článků.....	17
1.9 Počátek fotovoltaických modulů	18
1.10 Křemík.....	18
1.10.1 Monokrystalické články	18
1.10.2 Polykrystalické články	19
1.11 Konstrukce fotovoltaických modulů.....	19
1.12 Fotovoltaické systémy	20
1.13 Střídače.....	22
1.13.1 Účinnost.....	22
1.13.2 Maximální bod výkonu	22
1.14 Smartmetry.....	22
1.15 Regulátory	23
1.16 Akumulátory	23
1.16.1 Lithium-mangan oxid (LMO).....	23
1.16.2 Lithium-nikl-mangan-kobalt (NMC).....	23
1.16.3 Lithium-nikl-kobalt-hliník oxid (NCA)	23
1.16.4 Lithium-železo-fosfát (LFP nebo LiFePO4).....	24
1.17 EPLAN	24
2 Praktická část.....	25
2.1 Stanovení optimálního výkonu.....	26
2.2 Fotovoltaické panely	27
2.3 Střídač.....	28
2.4 Smartmeter	29
2.5 Regulátor přebytků.....	29

2.6 Bateriové úložiště	30
2.7 Nosná konstrukce	31
2.8 Kabele	32
2.9 Vizualizace	32
2.10 Virtuální baterie.....	32
3 Ohřev vody a vytápění.....	33
3.1 Tepelné ztráty.....	34
3.1.1 Ztráty prostupem.....	34
3.1.2 Tepelné ztráty větráním	36
3.1.3 Celkové tepelné ztráty.....	36
3.2 Hadice.....	37
3.3 Rozdělovače.....	37
3.4 Izolace a upevnění	38
3.5 Čerpadlo	38
3.6 Elektrický kotel a zásobník TUV	39
3.7 Vizualizace	40
4 Bezpečnost práce při instalaci FVE	41
4.1 Práce na střeše	41
4.2 Elektroinstalace	41
5 Požární ochrana.....	42
6 Ochrana proti nadproudu a přepětí	42
7 NZÚ – Nová zelená úsporám	42
7.1 Náklady	43
.....	43
7.2 Výše získané dotace.....	43
7.3 Úspora za energie a návratnost.....	44
8 Elektroinstalační schéma.....	45
Závěr	46

Seznam obrázků

obr. 1 Fotoelektrický jev[18]	13
obr. 2 Fotoelektrický jev v závislosti na frekvenci [18].....	13
obr. 3: Vnímání světla jako vlny a částice zároveň[19]	14
obr. 4 Rozdělení záření[20]	15
obr. 5 Přímé a difuzní záření v závislosti na ročním období [21].....	16
obr. 6 Doba slunečního záření na území ČR[22]	17
obr. 7 Zapojení fotoelektrických článků[23].....	17
obr. 8 Monokrystalický článek[24]	18
obr. 9 Polykrytalický článek[24]	19
obr. 10 HYBRID OFF-GRID systém[25]	20
obr. 11 ON-GRID[31]	21
obr. 12 Plocha střechy navržená pro instalaci FVE.....	25
obr. 13 Fotovoltaický panel [28]	27
obr. 14 DC/AC Střídač [44]	28
obr. 15 Smartmeter [29].....	29
obr. 16 Regulátor [30]	29
obr. 17 Akumulátory [47]	30
obr. 18 Zatížení vlivem sněhu[15]	31
obr. 19 Zatížení náporu větru[15].....	31
obr. 20 Stringy [32].....	32
obr. 21 3D zobrazení navržených fotovoltaických panelů[15]	32
obr. 22 Tepelné ztráty [43].....	36
obr. 23 Hadice [35]	37
obr. 24 Rozdělovač podlahového vytápění [38].....	37
obr. 25 Výkonová křivka [37].....	38
obr. 26 Elektrický kotel [50]	39
obr. 27 Vytápěcí systém s analýzou teploty podlahy	40
obr. 28 Ochranná síť [33]	41

Seznam tabulek

Tabulka 1 Podíl jednotlivých zdrojů na celkové výrobě el. Energie[17]	12
Tabulka 2 Sluneční svit v závislosti na ročním období [27]	26
Tabulka 3 Materiálový list nosné konstrukce [15]	31
Tabulka 4 Hustota trubek [34].....	33
Tabulka 5 Vhodná vzdálenost pro hašení.....	42
Tabulka 6 Náklady – FVE.....	43
Tabulka 7 Náklady – podlahové vytápění.....	43

Seznam grafů

Graf 1 Požadovaný výkon FVE v závislosti na roční době.....	27
Graf 2 Vyrobená energie v jednotlivých měsících	28
Graf 3 Přebytky a nedostatky energie	44

Seznam schémat

Schéma 1 Zapojení FVE.....	45
----------------------------	----

Seznam příloh

Příloha A Titulní strana	51
Příloha B Obsah	52
Příloha C Zapojení Smartmeteru a switche	53
Příloha D Hlavní rozvaděč.....	54
Příloha E Podružný rozvaděč 1	55
Příloha F Podružný rozvaděč 2	56
Příloha G Zapojení Regulátoru přebytků a el. bojleru	57
Příloha H Kusovník artiklů RH1	58
Příloha I Kusovník artiklů RP1	59
Příloha J Kusovník artiklů RP2.....	60
Příloha K Kusovník artiklů RP3.....	61
Příloha L Kusovník artiklů RPFVE	62
Příloha M Kusovník artiklů GAB1.....	63

Seznam zkratk

AC – střídavý proud

DC – stejnosměrný proud

EM – elektromagnetické

EUA a EUAA – povolenky Evropské Unie

EU ETS – reforma systému EU pro obchodování s emisemi

FVE – fotovoltaická elektrárna

gCO_2/kWh – množství oxidu uhličitého v gramech na jednu kWh

MPP – maximální bod výkonu

MPPT – sledovač maximálního bodu výkonu

MS DOS – Microsoft diskový operační systém

NMC – Nikl, Mangan, Kobalt

PVB – polyvinil butyral

RFF – nástroj pro oživení a odolnost

SSR – polovodičové relé

Úvod

Problém se získáváním energie se s postupem času stává stále větší hrozbou, většina energie je získávána z neobnovitelných zdrojů, jejichž zásoby se s každým dnem zmenšují. Jednou z možností řešení tohoto problému je získávání energie ze slunečního záření, tedy pomocí fotovoltaických panelů. V posledních letech se tato možnost stává více a více využívanou.

Navzdory tomu, že se energie vyrábí z obnovitelného zdroje je nutno vzít v potaz to, kolik energie se spotřebuje na výrobu fotovoltaických článků, střídačů, regulátorů, kabelů a v neposlední řadě akumulátorů.

Bakalářská práce se zabývá návrhem fotovoltaické elektrárny pro rodinný dům v podmínkách České republiky, tedy návrhem fotovoltaického systému, který bude kompletně pokrývat energetickou spotřebu domu.

V úvodu práce jsou přiblíženy základní principy fotovoltaiky, následně je dle dat z minulých let navržena FVE s optimálním výkonem. Jedná se o OFF GRID hybridní FVE, tedy FVE s bateriovým úložištěm. Vyrobené přebytky jsou spotřebovány na ohřev vody v přidaném elektrickém kotli.

1 OZE – Obnovitelné zdroje energie

Celosvětovou snahou je nahradit energii z fosilních paliv energií z obnovitelných zdrojů a tím trochu odlehčit životnímu prostředí. Obnovitelných zdrojů je celá řada, energii můžeme získávat pomocí vody, ať už běžnými vodními elektrárnami, tak i elektrárnami přečerpávacími. Dalším zdrojem je biomasa, i když se energie získává spalováním, vytváří oproti fosilním palivům v podstatě nulovou uhlíkovou stopu. K výrobě energie můžeme využít i větrné elektrárny. Všechny jmenované způsoby mají své výhody i nevýhody, terénní podmínky a prostor, který je pro jejich výstavbu třeba jsou asi nejvíce rozhodujícími faktory. Také proto jsou u nás, po elektrárnách spalujících biomasy, nejvíce rozšířené elektrárny fotovoltaické. [1]

Tabulka 1 Podíl jednotlivých zdrojů na celkové výrobě el. Energie [17]

Zdroje energie	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Obnovitelné zdroje - Celkem	5,68%	10,95%	11,77%	10,11%	7,60%	6,17%	3,90%	6,75%
- Sluneční	1,96%	2,63%	2,88%	2,77%	2,14%	2,07%	1,66%	2,27%
- Větrné	0,47%	0,57%	0,71%	0,63%	0,45%	0,22%	0,00%	0,43%
- Vodní	1,93%	2,56%	2,67%	1,15%	1,43%	0,77%	0,44%	0,65%
- Geotermální	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
- Biomasa	1,33%	2,19%	2,34%	5,57%	3,58%	3,11%	1,81%	3,40%
- Ostatní	0,00%	2,99%	3,17%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Fosilní zdroje - Celkem	57,65%	52,77%	55,10%	59,53%	57,40%	56,95%	57,01%	52,50%
- Hnědé uhlí	40,71%	41,27%	42,15%	43,91%	43,77%	44,63%	46,18%	40,00%
- Černé uhlí	6,11%	5,78%	6,31%	6,97%	5,38%	4,18%	2,84%	2,66%
- Zemní plyn	8,30%	5,52%	6,41%	8,40%	5,45%	5,80%	7,74%	9,61%
- Ropa a ropné produkty	0,01%	0,06%	0,05%	0,05%	0,06%	0,04%	0,15%	0,11%
- Druhotné zdroje a ostatní	2,52%	0,14%	0,18%	0,20%	2,73%	2,30%	0,10%	0,12%
Jaderné zdroje - Celkem	36,67%	36,28%	33,13%	30,36%	35,01%	36,88%	39,09%	40,75%

1.1 Fotovoltaika

Pojem fotovoltaika je tvořen ze dvou slov – řeckého φώς [fós], což znamená světlo a volt, jenž je jednotkou elektrického napětí, pojmenován po proslulém italském fyzikovi Alessandru Voltovi.

Fotovoltaika je technologie pro přímou přeměnu slunečního záření na elektrickou energii. K této přeměně jsou použity fotovoltaické články jejichž seskupením vznikají fotovoltaické panely. Tyto články fungují na principu vnitřního fotoelektrického jevu. [2]

Výhodami fotovoltaiky je, že přímá výroba elektrické energie nezatěžuje životní prostředí, že malá fotovoltaická elektrárna může být instalována téměř na každou střechu rodinného, či bytového domu. Tím se vyřeší problém se zastavěným prostorem a využije se i jinak nevyužitelná plocha. V neposlední řadě je třeba zmínit úspora financí, po jednorázové investici už nestojí výroba elektřiny vůbec nic. Fotovoltaika, jako všechno, má bohužel i nevýhody. I když je množství vyrobené energie pro většinu domácností víc než dostačující, a to i při malém

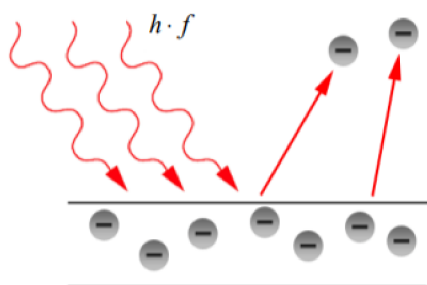
počtu panelů, považujeme za největší nevýhodu fakt, že k přeměně neumíme využít veškerou vyzářenou energii. Dochází k přeměně zhruba dvaceti procent této energie. Další nevýhodou, která se však s postupem času a vývoje stále zmenšuje, je uhlíková stopa, jenž vzniká při výrobě a likvidaci panelů. Udává se 10-30 gCO²/kWh. To je ve srovnání např. s uhelnou elektrárnou nesrovnatelné množství. Uhlíková elektrárna zanechá uhlíkovou stopu okolo 1000 gCO²/kWh.[3]

1.2 Fotoelektrický jev

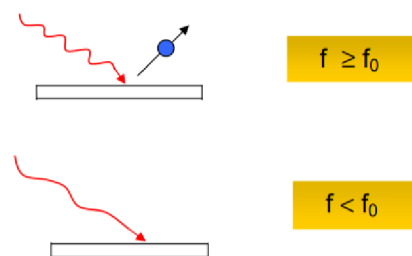
Představme si světlo jako elektromagnetické vlnění. Dopadem tohoto vlnění, o vhodné vlnové délce na polovodič, dochází k uvolňování elektronů. Fotoelektrický jev se dělí na dva typy, vnější a vnitřní. Při vnějším elektrony vystupují z povrchu kovu a při vnitřním zůstávají uvnitř látky, kde získanou energií zvyšují její vodivost. Tyto uvolněné elektrony dále nazýváme fotoelektrony. (obr. 1)

K fotoelektrickému jevu dochází jen při splnění určitých podmínek. Sluneční záření musí dopadat na kov, a to s frekvencí vyšší než mezní. Tedy musí platit: $f \geq f_0$. (obr. 2) Mezní frekvence se liší pro každý typ kovu.

Podle představ chování EM vlny, by se však kinetická energie měla zvyšovat spolu s amplitudou této vlny a zvýšením frekvence navyšovat počet uvolněných elektronů. S vyššími frekvencemi by se tedy přímo úměrně zvyšoval elektrický proud. Toto však vyvrátil Heinrich Hertz, když svým experimentem zjistil pravý opak. Později tento jev vysvětlil Albert Einstein ve své teorii dualismu světla, ve které čerpá z poznatků německého fyzika Maxe Plancka. [4]



obr. 1 Fotoelektrický jev[18]



obr. 2 Fotoelektrický jev v závislosti na frekvenci [18]

1.3 Planckova kvantová hypotéza

V této hypotéze se domníváme, že EM je vyzařováno i pohlcováno atomy vždy jen v určitých dávkách (kvantech). Tato kvanta nazýváme fotony a jejich energii lze vyjádřit vztahem: [5]

$$E = h \cdot f = h \cdot \frac{c}{\lambda} \quad [J] \quad (1)$$

E – energie

h – Planckova konstanta ($6,626 \cdot 10^{-34}$ J.s)

f – frekvence

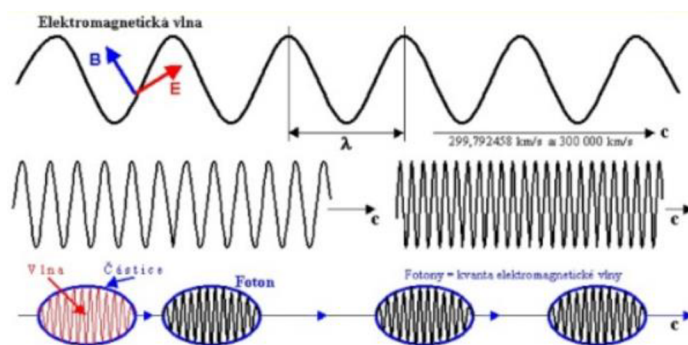
λ – vlnová délka

c – rychlost světla ($3 \cdot 10^8$ m.s⁻¹)

Říká, že energie EM záření nemůže být libovolně malá, protože je kvantována a její kvantum závisí na frekvenci záření.[4]

1.4 Teorie duality světla

Teorie duality světla je založena na vnímání světla dvěma různými pohledy současně. Vychází z Planckovi kvantové hypotézy a z představy, že se EM vlna chová jako soubor částic (obr. 3). Každá tato částice tvořící EM vlnu má svou energii a hybnost, pohybuje se rychlostí světla a není ji možno zpomalit ani urychlit. Velikost kvanta energie závisí na frekvenci a vlnové délce EM záření. Každý foton má svou hmotnost. [6]

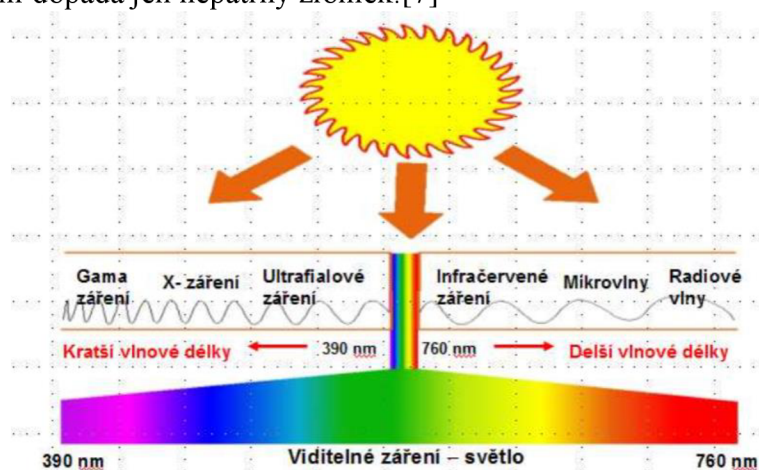


obr. 3: Vnímání světla jako vlny a částice zároveň[19]

1.5 Sluneční záření

Jde o energii produkovanou Sluncem a vyzařující všemi směry v podobě EM vln. Rozlišujeme tři druhy tohoto záření, jejichž dělení spočívá v rozdílu vlnových délek.

Prvním rozlišovaným druhem je ultrafialové záření s vlnovými délkami menšími než 390 nm. Toto záření je okem neviditelné a většinu ho, při vstupu do atmosféry, pohltí ozonová vrstva. Druhým druhem je záření viditelné, jehož vlnové délky se pohybují v rozmezí od 390 nm do 760 nm. Třetím a posledním druhem záření vyzařovaného Sluncem je záření infračervené, které má vlnové délky větší než 760 nm. Žářivý výkon Slunce je zhruba $3,85 \cdot 10^{26} \text{ W}$, z čehož na Zemi dopadá jen nepatrný zlomek. [7]



obr. 4 Rozdělení záření[20]

1.6 Intenzita slunečního záření na povrchu Země

Intenzitou slunečního záření se rozumí množství slunečního záření dopadající na povrch Země, označujeme ji I a její jednotkou je kWh/m^2 . Intenzita záření se mění v závislosti na zeměpisných souřadnicích oblasti, a také na podnebních podmínkách. [7]

1.6.1 Rozdělení slunečního záření

Záření se dělí na přímé a difuzní záření a je rovno jejich součtu. Přímé záření je takové záření, které prostupuje zemskou atmosférou bez změny směru. Výpočet intenzity přímého záření vychází ze solární konstanty, která je průchodem atmosférou zeslabena. Proto pro výpočet používáme vztah dle Lambertova zákona. [10]

$$I_{PZ} = I_S \cdot e^{-a \cdot m \cdot T} \quad [\text{kWh} \cdot \text{m}^{-2}] \quad (2)$$

I_{PZ} – intenzita přímého slunečního záření

I_S – střední hodnota solární konstanty

e – Eulerovo číslo

a – koeficient absolutně čisté a suché atmosféry

m – poměrná tloušťka atmosféry

T – faktor znečištění atmosféry

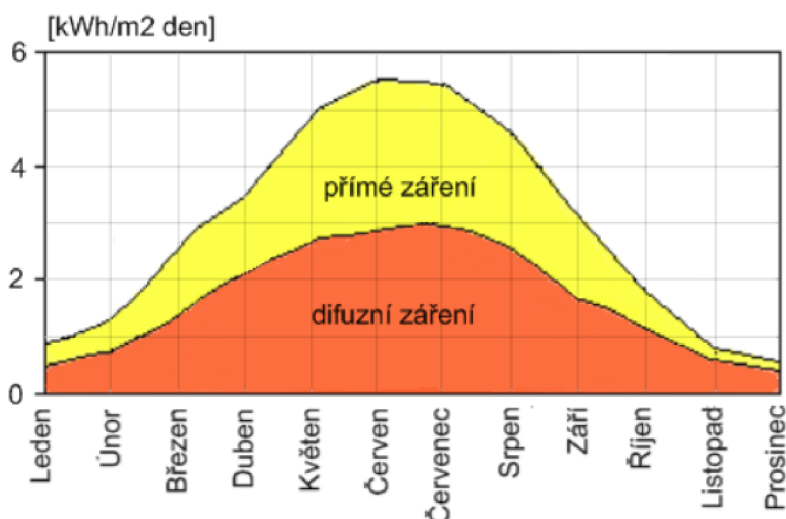
Střední hodnota solární konstanty je měřením, za posledních 30 let, stanovena jako 1366 W/m^2 . Absolutně čistou a suchou atmosférou se rozumí pouze směs plynů, které jsou v zemské atmosféře přirozeně přítomné, tedy suchý vzduch bez atmosférických příměsí. Koeficient a nabývá hodnoty 0,9. Poměrná tloušťka představuje oslabení přímého slunečního záření. Nejvyšší oslabení nastává při východu a západu Slunce, nejmenší pak když je Slunce v zenitu, to pak $m = 2$. Faktor znečištění atmosféry se běžně pohybuje v rozmezí od 2 do 6, kde 2 je pro čistý, studený vzduch a 6 pro vzduch znečištěný aerosolem.

V extrémně znečištěných lokalitách může být až 8. Dopad přímého záření na nakloněnou rovinu pak spočítáme jako:

$$I_p = I_{pZ} \cdot \cos(\varphi) \text{ [kWh} \cdot \text{m}^{-2}] \quad (3)$$

I_p – intenzita přímého záření při dopadu na nakloněnou rovinu

φ – úhel sklonu posuzované roviny



Jako difuzní záření označujeme záření, které prostupem atmosférou změnil svůj

obr. 5 Přímé a difuzní záření v závislosti na ročním období [21]

směr, např. se odrazí od kapky vody apod. Toto záření pak dopadá na Zemi ze všech směrů. Intenzitu difuzního záření, pro bezoblačnou oblohu, se pak vypočítá jako: [10]

$$I_{DZ} = (0,18 + 0,025T) \cdot (I_s - I_p) \cdot \sin(h) \text{ [kWh} \cdot \text{m}^{-2}] \quad (4)$$

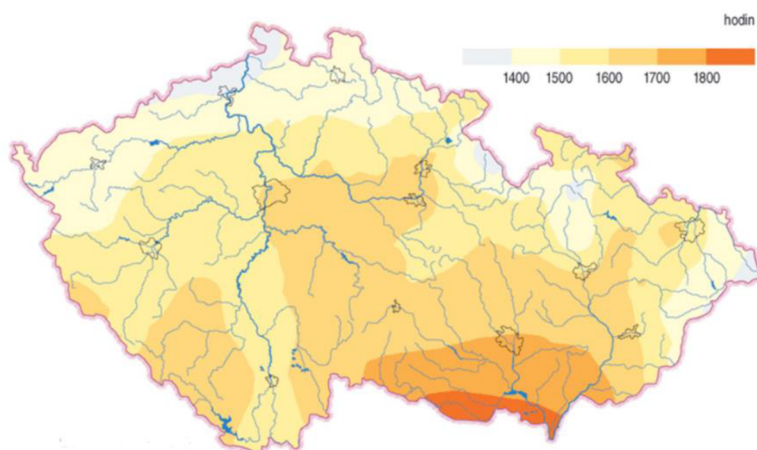
h – elevační výška Slunce

Při zcela zatažené obloze se pak intenzita difuzního záření spočítá jako.

$$I_{DZ} = (0,18 + 0,025T) \cdot I_s \cdot \sin(h) \text{ [kWh} \cdot \text{m}^{-2}] \quad (5)$$

1.6.2 Doba slunečního záření

Doba slunečního záření je dána zeměpisnou polohou, nadmořskou výškou a znečištěním atmosféry. Dle těchto parametrů volíme orientaci fotovoltaického systému. Na území ČR se doba slunečního svitu pohybuje od 1100 do 1800 hod/rok. (obr. 6) [11]



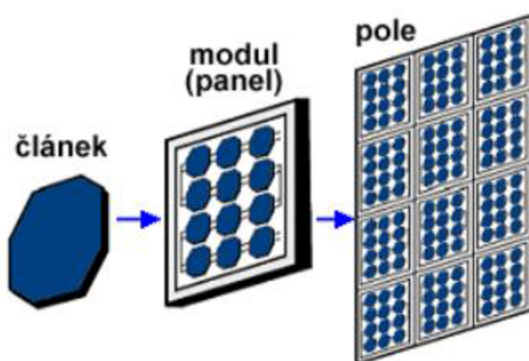
obr. 6 Doba slunečního záření na území ČR[22]

1.7 Fotoelektrický článek

Fotoelektrický článek je v podstatě polovodičová dioda. Jeho základem je PN přechod na rozhraní dvou křemíkových vrstev. Spodní vrstva je nejčastěji tvořena křemíkem s příměsí bóru, tudíž má vodivost typu P. Vrchní vrstvu pak tvoří křemík s příměsí např. india, které má o jeden valenční elektron více, tudíž vzniká vodivost typu N. Dopadem fotonů se ve vrchní vrstvě hromadí elektrony a tvoří tak na přechodu napěťový potenciál o hodnotě napětí přibližně 0,6 V. Hodnoty protékajícího elektrického proudu se pohybují kolem 5 A.

1.8 Zapojení fotoelektrických článků

Spojením fotoelektrických článků do série získáme fotovoltaický panel. Běžně se setkáváme s panely složenými ze 36 nebo 72 článků. (obr. 7) Tyto panely poté zapojujeme do série pro vyšší napětí, paralelně pro vyšší proud, či sério-paralelně. Nejběžnější a dle mě nejlepší pro běžné domovní instalace je zapojení do série.



obr. 7 Zapojení fotoelektrických článků[23]

1.9 Počátek fotovoltaických modulů

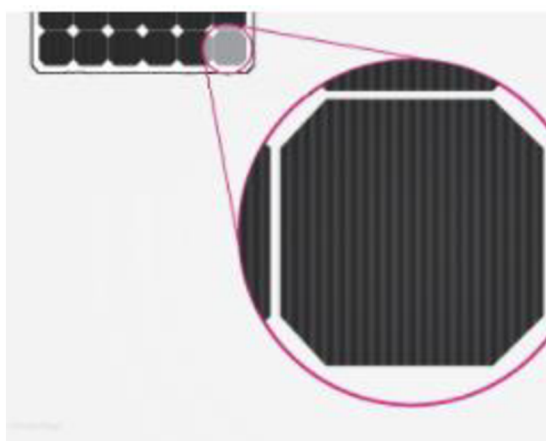
Z počátku tyto moduly tvořily pouze destičky z monokrystalického křemíku, což sice znamenalo poměrně dobrou účinnost a výkonovou stabilitu, ale také velké finanční náklady a složitost výroby. Proto byla snaha množství křemíku snížit nebo ho nahradit jiným polovodičovým prvkem např. germaniem. Vznikají tzv. tenkovrstvé články, jejichž účinnost je znatelně menší, a navíc s postupem času klesá. Navzdory tomu se stále používají např. jako fotovoltaické folie, ty pak slouží jako ochranné, nepropustné fólie, které současně vyrábí elektřinu. S plynutím času se objevily pokusy o zlepšení absorpce fotonů. K tomu bylo navrženo několik, ne moc průlomových řešení, např. články s vícenásobnými pásy nebo články využívající kvantových jevů. Jediným komerčně úspěšným řešením byly vícevrstvé struktury, dvojvrstvé a trojvrstvé články. Každá vrstva absorbuje jen určitou část spektra, tím se maximalizuje energetická využitelnost fotonů. V dnešní době jsou nejpoužívanějším typem křemíkové fotovoltaické moduly, a to ať monokrystalické nebo čím dál tím víc rozšířené polykrystalické. [10]

1.10 Křemík

Křemík je díky své dostupnosti nejvíce využívaným polovodičovým prvkem. Je to čtyřmocný prvek, který je z pravidla tvořen krystalickou mřížkou. Dopadá-li na jeho povrch světlo nebo je-li zahříván, uvolňují se z jeho krystalové mřížky valenční elektrony, tím vzniká náboj. Tyto uvolněné elektrony po sobě zanechávají tzv. kladně nabitě díry, které však můžou jiné elektrony opět zaplnit, dochází k jevu zvanému rekombinace. Avšak při zaplnění jedné takové díry vzniká díra jiná, a to na místě odkud se uvolnil elektron, aby předchozí díru zaplnil.

1.10.1 Monokrystalické články

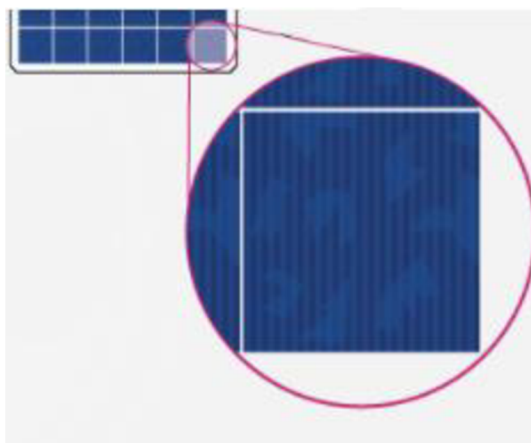
Články z monokrystalického křemíku mají nepatrně vyšší účinnost než články polykrystalické. Ta se pohybuje okolo 20 %. Nejčastěji se vyrábí Czochralskiho metodou, která začíná roztavením polykrystalického křemíku, přidáním malého množství dopantu, pro lepší elektrické vlastnosti, poté se do roztavené směsi vloží zárodek monokrystalického křemíku, ten se následně, za stálého otáčení, natahuje do válcového monokrystalu, který je následně rozřezán na křemíkové destičky o tloušťce přibližně 300 μm . [11]



obr. 8 Monokrystallický článek[24]

1.10.2 Polykrystalické články

Jsou pro jednoduchost výroby a nižší cenu častěji využívané, a to i přes fakt, že mají menší účinnost. Ta se však s postupem času, díky novějším technologiím, zvyšuje a v dnešní době je rozdíl mezi účinnostmi jen nepatrný. Polykrystalické články se také vyrábí z roztaveného křemíku, který se odleje do kokily, zde vzniká hlavní rozdíl. Jednotlivé krystaly mají rozdílné polohy, netvoří rovnoměrnou strukturu, tím se zlepši jejich přeměna difuzního záření a dosáhne se rovnoměrnějšího výkonu. Polykrystalické články mají oproti mono-krystalickým nerovnoměrnou plochu a ostré rohy.[11]



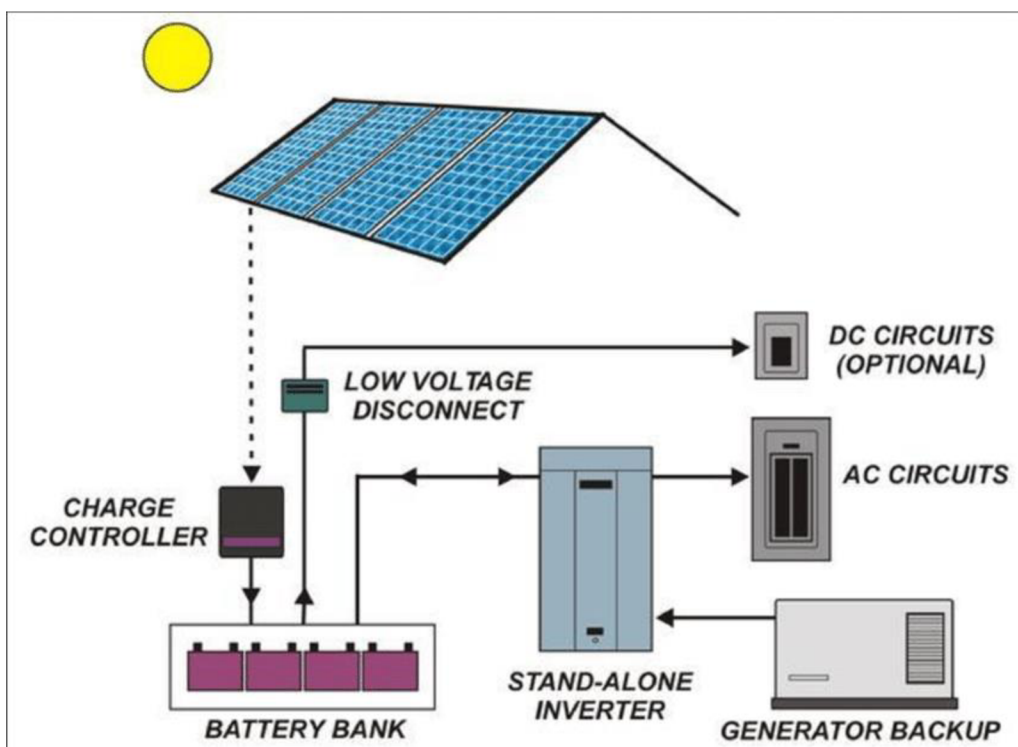
obr. 9 Polykrystalický článek[24]

1.11 Konstrukce fotovoltaických modulů

Základem fotovoltaických modulů jsou křemíkové destičky. Ty samotné by však k výrobě elektrické energie nestačily. Ať už pro svou křehkost nebo pro vnější vlivy prostředí. Proto se musí zapouzdřit. Ve většině případů tvoří rámy fotovoltaických modulů příčky z anodizované hliníkové slitiny (hliníku, který je chemicko-tepelně upraven proti oxidaci). Pro ochranu křemíkové vrstvy se využívá celá řada materiálů, od tvrzeného skla, přes plexisklo až po speciální PVB druh skla. Každý z těchto materiálů má své výhody a nevýhody.[12]

1.12 Fotovoltaické systémy

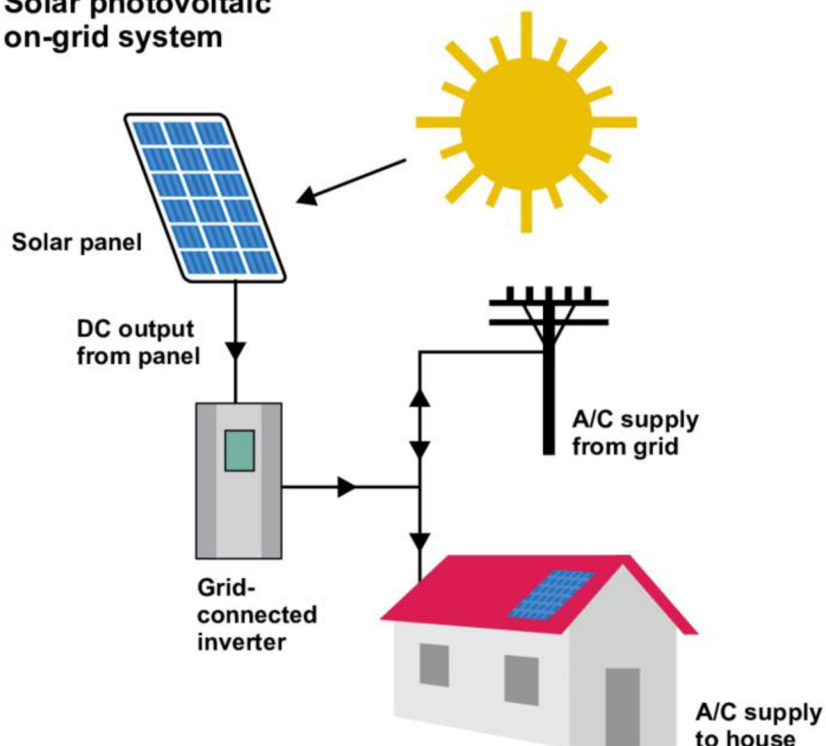
Fotovoltaické systémy dělíme na dva hlavní typy, a to podle využití na systémy sloužící k výrobě elektrické energie a na systémy sloužící k ohřevu vody. Systémy sloužící k výrobě elektrické energie dále dělíme na OFF GRID, HYBRID OFF GRID a ON GRID. Pojem OFF GRID znamená takový fotovoltaický systém, který je přímým zdrojem energie, není tedy napojen na elektrickou rozvodnou síť, takové systémy mívají záložní zdroj, kterým bývá z pravidla elektrocentrála vyrábějící elektrickou energii z fosilních paliv. HYBRID OFF GRID je naopak napojen na elektrickou rozvodnou síť, ale energii z ní čerpá jen tehdy, když výkon samotných panelů nestačí a záložní baterie jsou vybité. [14]



obr. 10 HYBRID OFF-GRID systém[25]

ON GRID systém musí být napojen na elektrickou rozvodnou síť. Systém ON GRID nedisponuje žádným bateriovým úložištěm, veškeré vyrobené přebytky jsou vráceny do elektrické rozvodné sítě. Provozovatel si může vybrat ze dvou možností, a to přebytky přímo prodávat distributorovi nebo si u poskytovatele zažádat o tzv. virtuální baterii. Virtuální baterie je služba, za kterou provozovatel platí fixní částku, ta je dána kapacitou této virtuální baterie a poskytovatelem. Když pak výkon samotných panelů nestačí k provozu celého objektu, čerpá se napřed „uložená“ energie z virtuální baterie, za sníženou cenu (snížení ceny opět závisí na pravidlech stanovených poskytovatelem) a teprve po jejím vyčerpání je provozovateli poskytována energie ze sítě za plnou cenu dle tarifu.

Solar photovoltaic on-grid system



obr. 11 ON-GRID[31]

1.13 Střídače

Střídač, jak už z názvu vyplývá, má za úkol převádět ze stejnosměrného napětí na střídavé. Dělí se na jednofázová a třífázová zařízení, která obsahují spínací prvky. Cyklickým spínáním a vypínáním těchto prvků měníme z DC na AC. Moderní střídače mají kromě této, hlavní, funkce i další možná využití. Např. mohou sledovat a vyhodnocovat výkon fotovoltaické elektrárny, či úroveň nabití baterií a prostřednictvím Wi-Fi odesílat tyto data na smartphone. Dovolují také přepnutí do režimu, kdy se baterie nabíjí přímo ze sítě dodavatele, a to pro případ nedostatečné výroby z fotovoltaického systému. Bateriové úložiště však není nutností.

1.13.1 Účinnost

Účinnost střídače je jeden z hlavních, posuzovaných parametrů při výběru vhodného střídače. Údaje o účinnosti bývají dvojího typu, maximální účinnost a evropská, kde maximální je taková účinnost, které dosáhne střídač při ideálních podmínkách. Evropská účinnost se více blíží reálným hodnotám, je počítána jako průměr účinností při různých zatíženích střídače (5, 10, 20, 30, 50 a 100 % nominálního výkonu). Reálná hodnota účinnosti však záleží i na provozní teplotě, což způsobuje odchylky od evropské. [14]

1.13.2 Maximální bod výkonu

Určuje rozsah napětí, ve kterém střídač optimálně pracuje. Jelikož je napětí ze solárních panelů poněkud nestabilní, je nutno optimalizovat výstupní střídavé napětí. K tomu jsou ve střídači tzv. MPP trackery, ty sledují bod maximálního výkonu (MPP) a změnou vstupního odporu zajišťují optimální chod střídače. S tím je spojena účinnost přizpůsobení MPP udávající, jak rychle střídač zareaguje na změnu klimatických podmínek. Čím kratší odezva, tím vyšší je účinnost přizpůsobení MPP. [14]

1.14 Smartmetry

Smartmeter je chytrý elektroměr, který se využívá v instalaci fotovoltaické elektrárny s bateriovým úložištěm. Shromažďuje informace o odběru elektřiny a sdílí je se střídačem. Díky tomu střídač lépe distribuuje vyrobenou energii, ať už k nabíjení baterií při přebytčích, nebo pak k čerpání energie z baterií při nedostatečné výrobě. Smartmetry se také dělí na jednofázové a třífázové.

1.15 Regulátory

Regulátory jsou zbytnou částí tvořící FVE. Nejedná se však o stejný typ regulátorů, dělíme je podle využití. U FVE s akumulátory je hlavním úkolem regulátoru zajistit automatické a bezpečné nabíjení, jedná se o již zmíněný MPPT regulátor. Tyto regulátory mohou být, u některých typů střídačů, přímo zabudované. Jiný typ regulace použijeme pro řízení přebytků do elektrického bojleru, či tepelného čerpadla.

1.16 Akumulátory

Akumulátory umožňují uskladnění energie, vyrobené solárními panely, pro pozdější využití. K tomu dojde při poklesu vyráběné energie pod množství aktuálně spotřebovávané energie. Např. v noci nebo za nepříznivého počasí.

Akumulátory nejčastěji dělíme dle média udržujícím energii. Využíváme např. lithiové nebo nikl-kadmiové články. Při výběru baterií také hledíme na jejich kapacitu a počet životních cyklů. V současné době neznáme média, která by byla schopna trvale a beze ztrát uchovat elektrickou energii, i proto bývají bateriová úložiště nejdražší součástí fotovoltaické elektrárny.

1.16.1 Lithium-mangan oxid (LMO)

Velkou výhodou je odolnost proti změnám teploty, baterie jsou méně náchylné k přehřívání nebo vzplanutí. Další výhodou je, že se tyto baterie rychle nabíjí a jsou schopny dodávat velký el. proud. Nevýhodou vůči jiným lithiovým bateriím je, že mají malou kapacitu v závislosti na fyzických rozměrech. Pro fotovoltaické elektrárny se většinou nepoužívají, využití ale mají v ručním nářadí, či elektromobilech.

1.16.2 Lithium-nikl-mangan-kobalt (NMC)

Výhodou tohoto typu baterií je velká hustota energie, získáme tedy velké úložiště při menších fyzických rozměrech baterie. Mají vyšší účinnost nabíjení při nižších teplotách a lepší tepelnou stabilitu. Další výhodou NMC baterií je vyšší počet cyklů. Nevýhodou je, že obsahují kobalt, který je relativně vzácným a drahým materiálem. Další nevýhodou je velký ekologický dopad, těžba a zpracování kovů vede k velkým emisím uhlíku. Přestože mají dobrou tepelnou stabilitu, mohou extrémní teploty ovlivnit jejich životnost, bezpečnost a výkon. Při vysokém napětí a teplotách rychle klesá jejich kapacita.

1.16.3 Lithium-nikl-kobalt-hliník oxid (NCA)

Tyto baterie mají také vysokou energetickou hustotu, dokáží stabilně poskytovat vysoký výkon, a to i při vyšších teplotách. Díky složení umožňují rychlé nabití. Nevýhodou NCA je, horší tepelná stabilita, jsou náchylnější k přehřívání. Mají nižší počet cyklů a nižší provozní napětí. Při vysokých teplotách okolí dochází k rychlejší degradaci a tím ke snížení kapacity.

1.16.4 Lithium-železo-fosfát (LFP nebo LiFePO4)

Tento typ baterií je v současné době nejvíce využívaným typem baterií pro FVE. A to zejména kvůli vysokému počtu životních cyklů a relativně velké hustotě energie v kombinaci s širokým rozsahem provozních teplot. Tyto baterie jsou navíc bezpečnější a spolehlivější. Oproti jiným lithiovým bateriím mohou mít o trochu nižší hustotu energie, což může vést k větším fyzickým rozměrům. Jejich výkon se při vyšších proudech výrazně snižuje.

1.17 EPLAN

EPLAN je software pro kreslení technických schémat. Jeho historie sahá ještě do dob MS DOS. Tehdy ještě nebyl tak komplexní, ale dnes již EPLAN umožňuje kreslení nejen elektrických schémat, ale i fluidní, či hydraulické zapojení. Jedná se o pokročilejší program, což s sebou nese i překážky spočívající v náročnosti jeho obsluhy. Software je propojen s cloudovým úložištěm, což slouží jako výborná prevence před ztrátou dat při zhroucení. Je celosvětově známý a hojně využívaný, což má následek vlastního portálu, na který známí výrobci zveřejňují své produkty, jejich výrobní data a schématické značky, a to za účelem ulehčit projektantovi práci.

2 Praktická část

Pro vlastní návrh vhodného fotovoltaického systému jsem zvolil reálný rodinný dům, jehož majitelé mají zájem o fotovoltaickou elektrárnu. Dům se nachází v Ústeckém kraji, ve městě Duchcov. Je nově zateplený a po rekonstrukci střechy. Vzhledem k tomu, že je dům rohový, je střecha poměrně členitá. Její sedlový tvar doplňují různé vikýře. Na střechě je vyústěn komín, a také se zde nachází pár průduchů vzduchu a střešní okno. Ve své práci jsem se rozhodl využít plochu střechy orientovanou na jih. Tato část ale nestačila pro dosažení optimálního výkonu, a tak jsem navrhl umístění panelů i na část střechy směřující k jihovýchodu. Objekt je poněkud vysoký, což s sebou nese výhodu, že v okolí nejsou žádné objekty výrazně vyšší (stromy, komíny, věžáky), které by na něj vrhaly stín. Samotný komín tohoto domu také není příliš vysoký, tudíž nikdy nebude vrhat stín na solární panely. Výška objektu ale přináší i ztížení v podobě přístupnosti. Nejlepší přístup bude z přilehlých ulic, zde se nachází chodníky, které jsou vhodné k přistavení žebříku nebo stavbě lešení. Dle mého názoru je zde lešení výrazně lepším řešením, ať už kvůli výšce objektu, komfortu dělníků, tak i pro jednodušší zabezpečení proti pádu náradí ze střechy. K návrhu a vizualizaci jsem použil internetovou aplikaci SolarProTool.[15] Tato aplikace umožňuje kromě předdefinovaných typů střech i nastavení vlastních parametrů střechy. Aplikace má přístup k obsáhlé databázi, ve které jsou obsaženy všechny typy fotovoltaických panelů od známých a některých méně známých výrobců. Dále umožňuje vizualizaci rozmístění panelů na střechu a 3D náhled. Výstupem z této aplikace je materiálový list pro nosnou konstrukci. Součástí projektu je i vytápěcí systém, jenž jsem po návrhu ztvárnil a nasimuloval pomocí softwaru LoopCAD.



obr. 12 Plocha střechy navržená pro instalaci FVE

2.1 Stanovení optimálního výkonu

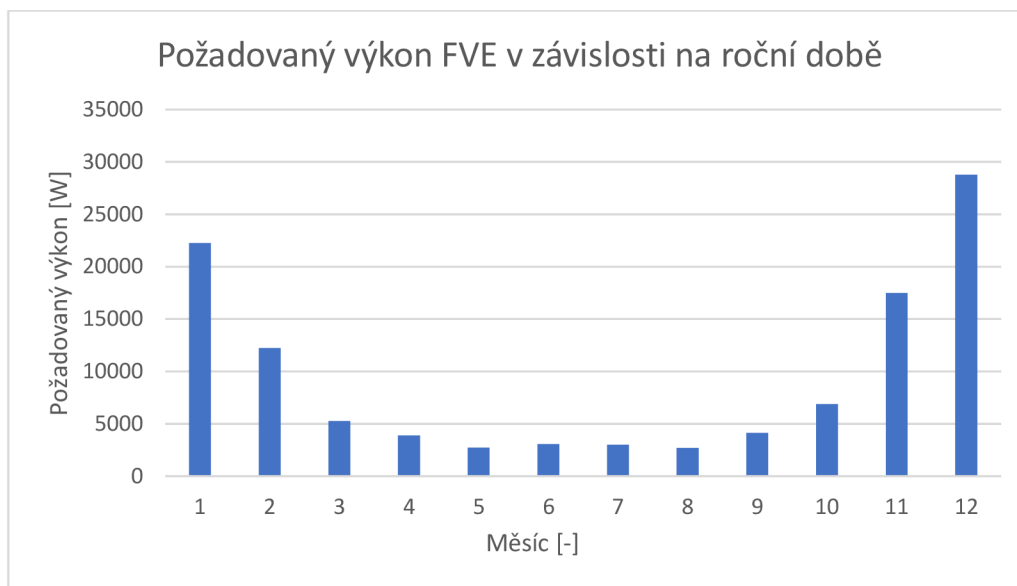
Celková spotřeba energie za minulý rok činí 5,875 MWh. Jelikož je vytápění řešeno jinak než elektricky, můžeme měsíční spotřebu zhruba považovat za dvanáctinu celkové spotřeby, tedy 489,6 kWh. Vezmeme-li v potaz podnební podmínky, zjistíme že doba slunečního svitu je přibližně 1197 hodin.

Město	Měsíc/počet hodin v měsíci												CELKEM (h/rok)
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	
Turnov	27	55	102	125	194	196	169	190	129	85	33	27	1 332
Ústí nad Labem	22	40	93	126	179	159	163	181	118	71	28	17	1 197
Valašské Meziříčí	36	60	114	133	194	190	181	199	140	108	43	33	1 431

Tabulka 2 Sluneční svit v závislosti na ročním období [27]

Z počtu hodin slunečního svitu a průměrné spotřeby dokážeme pro každý měsíc spočítat požadovaný výkon panelů, tedy takový výkon fotovoltaické elektrárny, při kterém by byla spotřeba zcela pokryta. To nám poskytne prvotní představu, nikoliv však směrodatnou. Tato představa, znázorněna v grafu níže (Graf 1), ukazuje, že pro pokrytí celé spotřeby, v zimních měsících, by bylo nemyslitelné, a to hned z několika důvodů. Do podzimu roku 2022 byla velikost FVE omezena do 10 kWhp (pro instalaci výkonnější elektrárny bylo potřeba stavební povolení). Na podzim roku 2022 byl sice odsouhlasen návrh na navýšení limitu pro výrobu energie na 50 kWhp, ale náklady na realizaci by ale byly mnohonásobně vyšší, velikost a nosnost střechy nedostačující a letní přebytky nespoteřovatelné. Proto se optimální výkon FVE nastavuje tak, aby pokryl průměrnou roční spotřebu. V létě i tak vzniknou nemalé přebytky, ty však lze využít k ohřevu vody pro vytápění domácnosti nebo bazénu, k nabíjení elektromobilu nebo je uchovat v akumulátorech, či virtuální baterii. V zimních měsících bude spotřeba snížena zhruba o polovinu, a to jen z přímé výroby FVE. Další úsporu přinesou dříve vyrobené přebytky, „uchované“ ve virtuální baterii.

$$pP = \frac{\text{roční průměrná spotřeba}}{\text{počet vyzářených hodin za rok}} = \frac{5875000}{1197} = 4908 \text{ W} \quad (6)$$



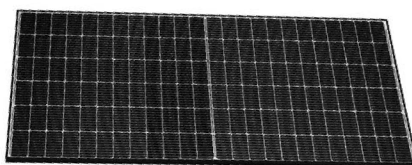
Graf 1 Požadovaný výkon FVE v závislosti na roční době

2.2 Fotovoltaické panely

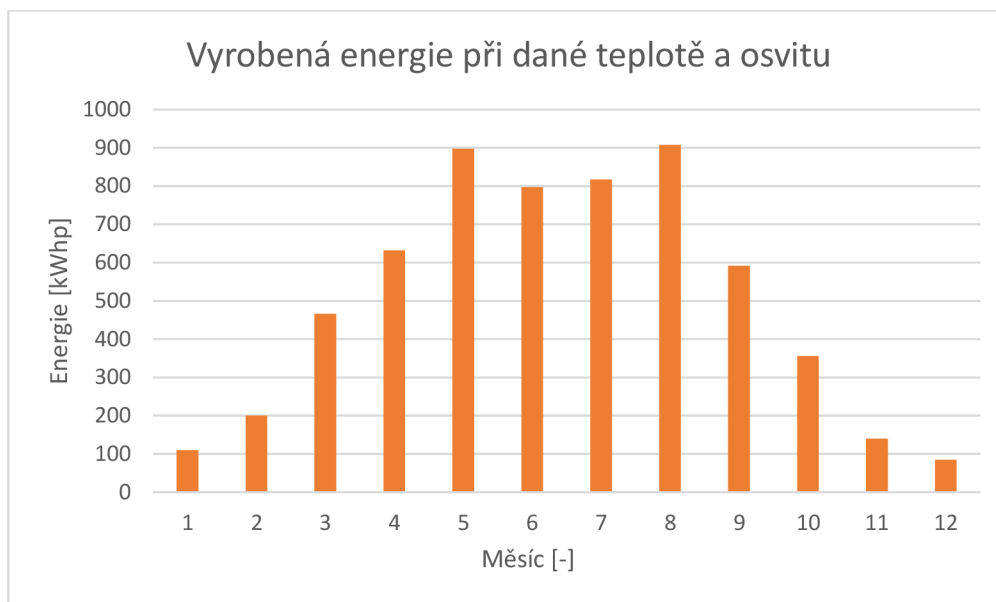
Po stanovení optimálního výkonu následoval průzkum trhu a na něm dostupných panelů. Pro velkou popularitu solárního zdroje energie je celá řada výrobců fotovoltaických panelů. Výběr tedy záležel na několika faktorech, některými z nich jsou účinnost, spolehlivost, rozměry a v neposlední řadě finanční dostupnost. Na základě průzkumu jsem se nakonec rozhodl využít monokrystalické panely od firmy AEG typu AS-M1442Z-H(M6)-450. Velkým konkurentem těchto solárních panelů byly panely Phono Solar 450Wp Bifacial které měly jen o 0,3 % menší účinnost, byly cenově dostupnější, ale měly výrazně větší hmotnost a rozměry [56]. Dalším velkým konkurentem byly panely Trina450Wp, tyto panely dosahují se pohybují ve stejné cenové relaci, mají i dosti podobnou účinnost, jen o 0,1 % nižší, dosahují však menších maximálních hodnot napětí a proudů [55]. Panely AEG typu AS-M1442Z-H(M6)-450 dosahují účinnosti 20,7 %. Maximální výkon jednoho panelu při normální provozní teplotě, tzn. 20 °C a osvitu 800 W/m² je 334,2 W. Uvedená hodnota osvitu odpovídá hodnotě osvitu v místě objektu. Výkon panelu je tedy 334,2 W. Pro dosažení optimálního výkonu je tedy zapotřebí 15 těchto panelů [16]. Rozměry panelů jsou 2,094 m × 1,038 m, v součtu tedy necelých 33 m². Váha jednoho panelu je 24 kg celkem tedy 360 kg.

$$E = \text{počet vyzářených hodin} \times \text{výkon FVE dle katalogu [kWh]}$$

$$E = 22 \times 5013 = 110,3 \text{ kWh} \quad (7)$$



obr. 13 Fotovoltaický panel [28]



Graf 2 Vyrobená energie v jednotlivých měsících

2.3 Střídač

Střídač je nedílnou a jednou z nejdůležitějších součástí FVE. Podle zvoleného střídače se pak odvíjí návrh zapojení panelů tak, aby byli v pracovní oblasti střídače, tedy aby dodávali takové napětí a proud, aby byla co největší účinnost. Na základě průzkumu trhu jsem se rozhodl pro střídač SUN2000-5KTL-M1 od firmy Huawei, a to pro jeho účinnost přesahující 98 %, flexibilní komunikaci, lze komunikovat prostřednictvím WLAN, ETH i v pásmu 4G. A v poměru cena/výkon předčil své konkurenty. Např. GoodWe GW10K-ET, také jeden z nejlepších střídačů na trhu, oproti Huawei má ale nižší účinnost, větší vlastní spotřebu energie a je hlučnější [53] nebo střídač Growatt SPH 10000TL3, který ale odradil svou cenou a nižší účinností [54]. Vybraný střídač je třífázový, 10kW s nejvyšší účinností 98,6 %, při 600 V. Napětí z panelů bude, za přímého slunečního záření 750 V, účinnost měniče se tedy bude pohybovat mezi 98 a 98,6 % [44].



obr. 14 DC/AC Střídač [44]

2.4 Smartmeter

Protože navržená fotovoltaická elektrárna obsahuje bateriové úložiště, je tu i smartmeter nezbytným komponentem. Zvolil jsem smartmetr od firmy GoodWe. Tento komponent jsem zvolil na základě spolehlivosti, kompatibility a nízkých pořizovacích nákladů. Přesný typ GoodWe SmartMeter 3-fázový.



obr. 15 Smartmeter [29]

2.5 Regulátor přebytků

Jako regulátor přebytků jsem zvolil Wattrouter MX, a to kvůli kompatibilitě, tichému běhu a možnosti vzdáleného přístupu přes internet, díky kterému lze snadno naplánovat čas ohřevu vody. Wattrouter komunikuje se střídačem pomocí ethernetového kabelu, konkrétně po dvou datových žilách, skládá se ze dvou částí, měřícího modulu a vlastního regulátoru. Tento regulátor obsahuje SSR relé namísto výkonových triaků, což zajišťuje již zmíněný tichý provoz a menší náchylnost na poruchy.



obr. 16 Regulátor [30]

2.6 Bateriové úložiště

Bateriové úložiště jsem volil tak, aby splňovalo požadavky nejen majitelů domu, ale i požadavky nutné pro uznání dotací na projekt. Tedy bateriové úložiště musí mít větší kapacitu, než je maximální výkon panelů ve špičce. Ten je, jak již jsem výše uvedl, 6750 kWp. Dále jsem se zaměřil na charakteristické vlastnosti média, kterými jsou energetická hustota, schopnost reagovat na změny vnější teploty, tepelná stálost, počet cyklů a pořizovací náklady. Výše v práci jsou zmíněny výhody a nevýhody jednotlivých médií, dle kterých vychází jako nejvýhodnější technologie LFP nebo LiFePO₄, jejíž vlastnosti se protínají v téměř ideálním středu. Vysoký počet životních cyklů a relativně velká hustota energie, široký rozsah provozních teplot, tepelná stabilita, bezpečnost a spolehlivost. Na úkor výraznému snížení výkonu při vyšších proudech a o trochu nižší hustotě energie než u NMC a NCA. Po zvolení technologie byly rozhodující pořizovací náklady, rozměry, vzhled a typ předchozích komponentů. Na základě těchto vlastností jsem vybíral mezi bateriemi Pylontech FORCE H2, Growatt 9.9 KWh ARO HV a Huawei LUNA2000-5-E0. Baterie od firmy Pylontech se pohybují ve stejné cenové relaci, jsou ale hlučnější a větší [57]. Baterie od firmy Growatt mají větší počet cyklů, jsou ale výrazně dražší [58]. Nakonec jsem se tedy rozhodl pro bateriové úložiště LUNA2000-5-E0., jedná se o modulární design, kdy má jeden modul kapacitu 5 kWh s možností poskládání celkového úložiště až 30 kWh (viz. produktový list [46]). Pro naši instalaci se nejvíce vyplatí dva tyto moduly, tedy 10 kWh. A to proto, že pokryjí maximální výrobu elektrárny, což je požadavkem pro dotaci, a také proto, že množství naakumulované energie dokáže pokrýt téměř celou průměrnou spotřebu domu za den.



obr. 17 Akumulátory [47]

2.7 Nosná konstrukce

Nosná konstrukce u šikmé střechy je nejčastěji kotvena přímo do krovu střechy. K tomuto ukotvení se používají háky s nastavitelnou délkou. Tím se zajistí, že celá konstrukce bude v rovině a bude mít požadovaný sklon. Pevnost a nosnost konstrukce nezáleží jen na samotných fotovoltaických panelech, je ovlivněna i vnějšími podmínkami. Musí snést váhu napadnutého sněhu a odolat náporu větru. Proto se při návrhu počítá individuálně podle toho, v jaké oblasti se objekt nachází, a to s hodnotami dle normy ČSN EN 1991-1-3 a ČSN EN 1991-1-4.

obr. 18 Zatížení vlivem sněhu[15]

obr. 19 Zatížení náporu větru[15]

Tabulka 3 Materiálový list nosné konstrukce [15]

Image	Part number	Description	Packaging	Anzahl (VPE)	Required number of pieces (single item)	Weight (kg)	Total weight (kg)
	700-0080	middle clamp 30-40mm alu	40	1	22	0.043	0
	702-0193	end clamp 30-40mm alu	10	2	16	0.054	0.1
	706-0032	connector for CCS Rail assembled	10	1	1	0.058	0.1
	707-0048	roof hook alu 100-7-45 assembled	20	2	40	0.479	1
	800-1414	Rail 4/35CCS 6m	1	8	8	4.783	38.3
	806-0072	wood screw 6x80 standard	100	1	80	0.008	0

2.8 Kabely

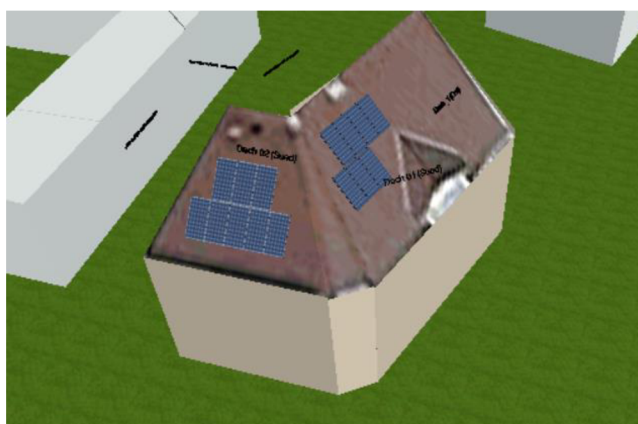
Instalace vyžaduje hned několik typů kabelů, a to CYKY-J 5x6 pro hlavní přívod, CYKY-J 5x4 pro připojení měniče, bateriové zálohy a vydrátování rozvaděče, datové kabely pro komunikaci měniče s regulátorem a stringy pro přivedení stejnosměrného proudu ze solárních panelů.



obr. 20 Stringy [32]

2.9 Vizualizace

Vizualizace umístění panelů na střechu je vytvořena pomocí internetové aplikace Mounting Systems, která je po registraci zdarma dostupná [15]. Aplikace je propojena s Google mapami, takže parametry okolí jsou přizpůsobeny skutečné lokalitě objektu. Dále umožňuje nejen výběr fotovoltaických panelů ze široké škály předdefinovaných produktů od výrobců, ale i vytvoření panelů s vlastním nastavením parametrů.



obr. 21 3D zobrazení navržených fotovoltaických panelů[15]

2.10 Virtuální baterie

Virtuální baterie slouží k uchování nespotřebovaných přebytků. Je to služba poskytovaná distributorem elektrické energie. Za tuto službu se platí měsíční taxa za 1 MWh/rok 49 Kč až 4+ MWh/rok 499 Kč [59]. Přebytky uložené díky této službě si může zákazník kdykoliv vyčerpat, a to pouze za cenu distribuce elektrické energie, neplatí tedy za energii jako takovou, pouze za její distribuci. Díky této službě se sníží zátěž na energetickou infrastrukturu.

3 Ohřev vody a vytápění

Stávající vytápění je řešeno nástěnnými radiátory, které jsou připojeny k plynovému kotli. Cílem projektu je navrhnout úspornější způsob vytápění, než je stávající.

Způsobů ohřevu vody a vytápění je hned několik, liší se od sebe např. zdrojem energie, provedením a účinností. Na první pohled by se mohlo, jako nejlepší řešení vytápění, jevit přímé vytápění elektrickou energií, např. elektrickým podlahovým topením nebo infračervenými topnými panely. Vzhledem k instalované FVE by to byla reálná možnost. Problém by mohl nastat pokud energie a přebytky uchované v akumulátorovém úložišti nebudou dostačující pro provoz tohoto způsobu vytápění. Pak bude vytápění vyžadovat příjem elektrické energie přímo ze sítě distributora, zde sice budeme mít, formou virtuální baterie uložené přebytky z letních měsíců, ty ale nepokryjí celou otopnou sezónu, a tak by se vytápění mohlo dosti prodražit.

Zvolil jsem proto nepřímé vytápění elektrickou energií, to znamená, že se ke stávajícímu plynovému kotli přidá kotel elektrický, který bude ohřívat vodu a pomocí teplovodního podlahového topení tak objekt vytápět. Když nebude stačit panely vyrobená energie ani uložené přebytky bude se objekt vytápět z plynového kotle. Jedná se o nízkoteplotní vytápění, voda se bude zahřívat na teplotu 35 °C. Tato teplota odpovídá hygienickým standardům. Podlahová plocha určená k vytápění činí 197 m² na níž bude umístěno 811 m hadice. Tento údaj vychází z návrhu okruhů, vzdálenosti mezi rovnoběžnými částmi hadice jsou pro každou vytápěnou místnost jiné, záleží na využití místnosti (Tabulka 4). Okruhy budou připojeny do dvou rozdělovačů pro podlahové topení, ty tedy budou mít 5 a 6 vstupů a výstupů. S každým dalším vstupem a výstupem navíc by cena exponenciálně rostla. Voda do rozdělovačů bude přiváděna za použití oběhového čerpadla.

Tabulka 4 Hustota trubek [34]

Hustota trubek	Spotřeba trubek	Kdy a kde se často využívá
10 cm	10m / m ²	<ul style="list-style-type: none">▪ Koupelny pro vyšší teplotu interiéru kolem 24 °C.▪ Rodinné domy, kde se podlahou i chladí.▪ Tam, kde má podlahová krytina vysoký tepelný odpor.▪ Vhodné pro starší budovy s velmi vysokou potřebou tepla.
15 cm	6,6m / m ²	<ul style="list-style-type: none">▪ Vyšší, ale stále obvyklá hustota trubek v běžných místnostech s průměrnou potřebou tepla.▪ Ideální k tepelnému čerpadlu, bude fungovat efektivněji.▪ Vhodné k plovoucím podlahám s vyšším tepelným odporem.
20 cm	5m/m ²	<ul style="list-style-type: none">▪ Obvyklá hustota trubek v běžných místnostech s průměrnou potřebou tepla.▪ Moderní nízkoenergetické domy čím dál více umožňují tuto hustotu trubek.▪ Ideální k plynovému kotli, který nemá problém s vyšší teplotou otopné vody.▪ Vhodné k dobře vodivým podlahovým krytinám.
30 cm	3,3m/m ²	<ul style="list-style-type: none">▪ Průmyslové nebo skladové prostory.▪ Ostatní prostory, kde stačí nižší teploty interiéru 15–18 °C.

3.1 Tepelné ztráty

Tepelnými ztrátami se rozumí množství tepla, které objekt ztratí za 1 hodinu při extrémní teplotě cca $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Mezi tepelné ztráty řadíme ztrátu prostupem, větráním a tepelné mosty. Dům je po rekonstrukci, ve které bylo mimo jiné provedeno zateplení a výměna oken. Tudiž ztrátovost tepelnými mosty bude minimální. Celkovou tepelnou ztrátu získáme sečtením všech těchto ztrát. Výpočty vycházejí z normy ČSN 73 0540-4 a ČSN EN 15665.

3.1.1 Ztráty prostupem

Ztráty prostupem mají největší podíl na celkovou teplotní ztrátu. Každý materiál má vlastní tepelnou vodivost, tepelný odpor a schopnost zadržovat teplo. Ztráty prostupem značíme Q_p a spočítáme je jako:

$$Q_p = (U * A * b) * (q_{ai} - q_{ae}) \quad (8)$$

U – součinitel prostupu tepla [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$]

A – plocha konstrukce [m^2]

b – součinitel vlivu exteriéru

q_{ai} – průměrná teplota interiéru v topné sezóně (cca $20\text{ }^{\circ}\text{C}$)

q_{ae} – extrémní teplota exteriéru (v Ústí nad Labem $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$)

Součinitel prostupu tepla (U) u dveří a oken je možné najít v produktových listech výrobce [40][41][42]. Pro zdi je třeba výpočtu:

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_i + R + R_e + R_z} \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} \right] \quad (9)$$

R_T – celkový odpor konstrukce k prostupu tepla [$\text{m}^2\text{K}/\text{W}$]

R_i – odpor vnitřní omítky k prostupu tepla [$\text{m}^2\text{K}/\text{W}$]

R – odpor materiálu zdi k prostupu tepla [$\text{m}^2\text{K}/\text{W}$]

R_e – odpor vnější omítky k prostupu tepla [$\text{m}^2\text{K}/\text{W}$]

R_z – odpor tepelné izolace k prostupu tepla [$\text{m}^2\text{K}/\text{W}$]

Odpor k prostupu tepla (R) vypočítáme jako: $R = \frac{d}{\lambda} \text{ [m}^2\text{K}/\text{W}]$

d – tloušťka vrstvy [m]

λ – součinitel tepelné vodivosti [W/mK]

$$R + R_i + R_z + R_e = \frac{0,5}{1,4} + \frac{0,01}{1} + \frac{0,02}{1} + \frac{0,1}{0,039} = 2,924 \text{ m}^2\text{K}/\text{W} \quad (10)$$

Celkový odpor k prostupu tepla tedy činí $2,924 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$. To znamená, že součinitel prostupu tepla zdi je $0,342 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$. Plocha všech zdí bez oken a dveří činí dohromady $163,19 \text{ m}^2$.

$$Qp_1 = (U * A * b) * (q_{ai} - q_{ae}) =$$

$$= (0,342 * 163,19 * 3) * (20 - (-12)) = 5357,76 \text{ W} \quad (11)$$

Hlavní dveře mají součinitel prostupu tepla $U=1,9 \text{ W/m}^2\text{K}$ a plochu $1,845 \text{ m}^2$.

$$Qp_2 = (1,9 * 1,845 * 3) * (32) = 392,64 \text{ W} \quad (12)$$

Balkónové dveře mají $U=0,93 \text{ W/m}^2\text{K}$ a plochu $3,329 \text{ m}^2$.

$$Qp_3 = (0,93 * 3,329 * 3) * 32 = 297,12 \text{ W} \quad (13)$$

Součinitel prostupu tepla oken je výrobcem udávaná hodnota $U=0,71 \text{ W/m}^2\text{K}$. Plocha tvořená okny je $26,4 \text{ m}^2$.

$$Qp_4 = (0,71 * 26,4 * 3) * 32 = 1799,82 \text{ W} \quad (14)$$

Podlaha díky izolaci a podsklepení objektu má součinitel prostupu tepla $U=0,341 \text{ W/m}^2\text{K}$. Ve sklepě je stálá teplota $16 \text{ }^\circ\text{C}$, tudíž rozdíl teplot bude menší a nebudou vznikat tak velké tepelné ztráty.

$$Qp_5 = (0,341 * 197,1 * 3) * (20 - 16) = 800,6 \text{ W} \quad (15)$$

Tepelná ztráta stropu bude ještě nižší, a to proto, že se nad bytem nachází ještě jeden, stejně velký byt. V tomto případě je vzorec pro výpočet trochu upraven, tedy:

$$Qp = (U * A * b) * 1 \text{ [W]}$$

$$Qp_6 = (0,5 * 197,1 * 3) = 295,66 \text{ W} \quad (16)$$

Celková tepelná ztráta prostupem je tedy součtem všech tepelných ztrát prostupem.

$$Qp_c = Qp_1 + Qp_2 + Qp_3 + Qp_4 + Qp_5 + Qp_6 =$$

$$= 5357,76 + 392,64 + 297,12 + 1799,82 + 800,6 + 295,66 = 8943,6 \text{ W} \quad (17)$$

3.1.2 Tepelné ztráty větráním

Pro tyto ztráty jsou dané standardy, dle kterých je lze spočítat. Standardy vychází z norem ČSN EN 15665 a ČSN 73 0540-4. Ztráty pak spočítáme podle vzorce:

$$Q_{vv} = cvz * n * \frac{V}{3600} * (q_{ai} - q_{ae}) W \quad (18)$$

cvz – měrné teplo vzduchu

n – násobnost výměny vzduchu

V – objem místnosti nebo budovy

q_{ai} – průměrná teplota interiéru v otopné sezóně (cca 20 °C)

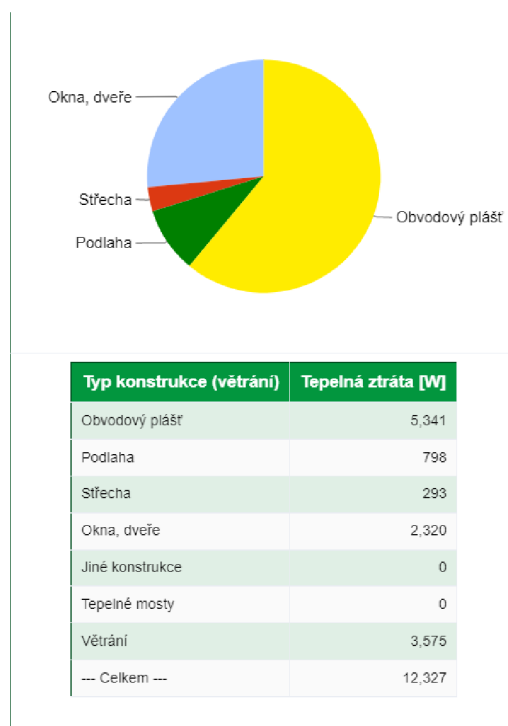
q_{ae} – extrémní teplota exteriéru (v Ústí nad Labem -12 °C)

Měrné teplo vzduchu činí přibližně 1250 J/m³K a násobnost výměny vzduchu je normou doporučena 0,5 h⁻¹. Objem bytu je 600 m³.

$$Q_{vv} = 1250 * 0,5 * \frac{600}{3600} * (32) = 3333 W \quad (19)$$

3.1.3 Celkové tepelné ztráty

Zanedbáme-li ztráty tepelnými mosty, můžeme říct, že celková tepelná ztráta bude součtem ztráty tepla prostupem a ztráty větráním. Celková ztráta, vypočtená uvedenými rovnicemi je tedy 12276,6 W. To se shoduje s výpočtem provedeným v programu LoopCAD i s výpočty z online kalkulačky tepelných ztrát.



obr. 22 Tepelné ztráty [43]

3.2 Hadice

K realizaci budou použity PEX/EVOH/PEX (PE-RT/EVOH/PE-RT) hadice s vnějším průřezem 16 mm. Výše uvedené zkratky uvádí materiálové složení hadice, jejich význam je stejný, tedy polyetylen/etylvinylalkohol/polyetylen. To znamená, že je stěna hadice složena ze dvou vrstev polyetylenu, mezi nimiž je kyslíková bariéra, která zamezuje pronikání vzdušného kyslíku do vody [36]. Tloušťka stěny hadice činí 2 mm, vnitřní průřez tedy bude 12 mm. Objem vody v hadcích bude celkově 92 l. Tyto hadice jsem zvolil na základě porovnání cena/životnost/účinnost.



obr. 23 Hadice [35]

3.3 Rozdělovače

Jak již bylo zmíněno výše, cenově nejvýhodnějším řešením je rozdělit 11 vstupů a výstupů mezi dva rozdělovače, po pěti a šesti. Výběr samotných rozdělovačů byl těžší, než by se zdál, a to hlavně kvůli nedostatku informací poskytovaných k výrobkům a možnosti průtoku nad 6 l/min. To však umožňují KIIP THERM PROFI 4R – 5 okruhů a 6 okruhů. Jedná se o mosazné rozdělovače české výroby vybavené průtokoměry pro každý okruh samostatně. Ty zajistí pohodlné vyvážení systému.



obr. 24 Rozdělovač podlahového vytápění [38]

3.4 Izolace a upevnění

Izolace podlahy je důležitým prvkem podlahového vytápění, zabraňuje prostupu tepla směrem dolů a zároveň teplo směřuje směrem nahoru. Skládá se z několika částí. První část tvoří obvodový dilatační pás, který slouží k oddělení podlahy od stěn, brání tak tepelným mostům z topné desky do stěn. Druhou částí je hydroizolační fólie, která se pokládá přímo na nosný beton. Další částí je izolace polystyrenem. Polystyren položíme do dvou vrstev tak, aby druhá vrstva překrývala spáry první vrstvy. Tyto 3 podlahové vrstvy jsou již ve stávající podlaze obsaženy, nově se tedy přidá pouze separační fólie, deska s uchycením hadic a samotné hadice. Poté zalijeme podlahu 4,5cm vrstvou betonu, na kterou po zaschnutí pokládáme podlahovou krytinu. Výška podlahy naroste cca o 6 cm.

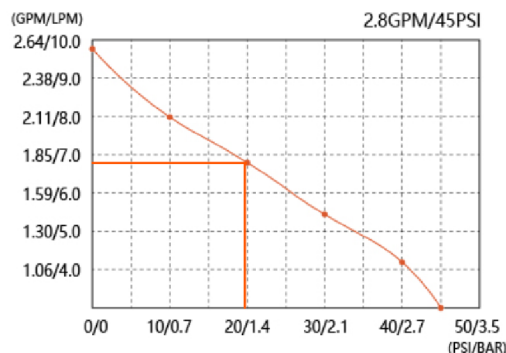
3.5 Čerpadlo

K instalaci podlahového topení bude přidáno oběhové čerpadlo. Po prozkoumání trhu jsem volil mezi čerpadly od firem Werter, Grundfos, Seaflo a Wilo, a to pro jejich spolehlivost, technologické parametry a cenovou dostupnost. Nakonec jsem vybral čerpadlo od firmy Seaflo, typ Seaflo 33 Series AC Diaphragm SFDPA2-030-045-33. Křivka výkonu tohoto čerpadla nejvíce odpovídá našim požadavkům, kterými je průtok 6,29 l/min při tlaku 1,4 bar.

PERFORMANCE

2.8 GPM

PRESSURE		FLOW		CURRENT
PSI	BAR	GPM	LPM	APMS
0	0	2.56	9.70	2.8
10	0.69	2.11	8.00	4.46
20	1.38	1.80	6.80	4.82
30	2.07	1.43	5.40	5.27
40	2.72	1.11	4.20	5.5
45	3.11	0	0	5.61



obr. 25 Výkonová křivka [37]

3.6 Elektrický kotel a zásobník TUV

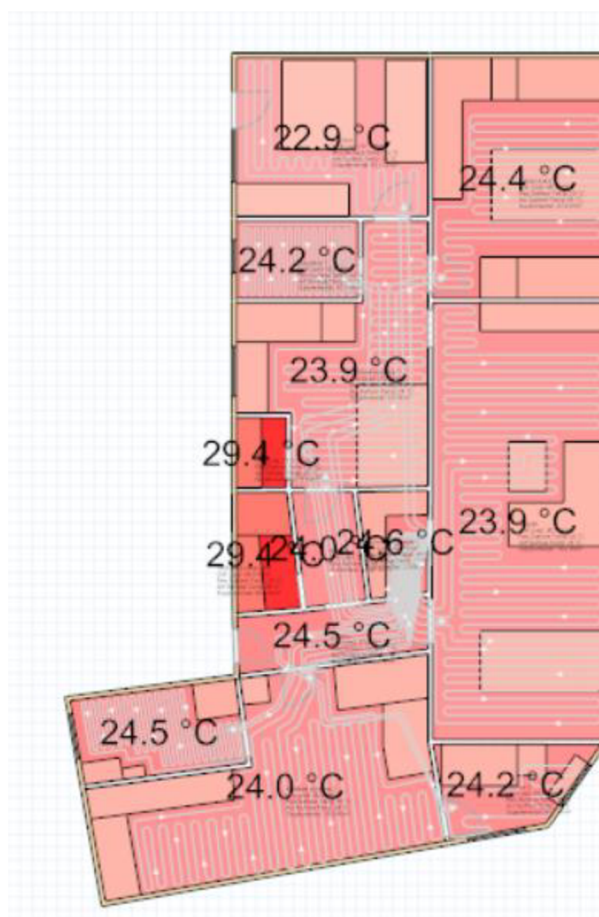
Do stávajícího systému se přidá elektrický kotel a zásobník TUV. Elektrický kotel bude zužitkovávat vyrobené přebytky a ohřívat tak vodu v zásobníku. V případě nedostatku přebytků, okamžitých i uložených ve fyzických akumulátorech a ve virtuální baterii, bude použit pro vytápění plynový kotel. Vzhledem k tepelným ztrátám bytu a vyrobeným přebytkům jsem zvolil 12kW elektrický kotel BOSCH TRONIC HEAT 3500 H – 12 od firmy Junkers (Bosch). Při výběru kotle rozhodovala účinnost, dále pořizovací náklady, hmotnost a rozměry. Účinnost dosahuje 99 % [50]. Ve výběru bylo hned několik kotlů od různých firem, např. Protherm RAY 12KE, kotel se špičkovou účinností 99,5 %, ale také s velkými rozměry a velkou hmotností [52] nebo kotel BENEKOV E12 spolehlivý kotel, ale za vyšší cenu, a to i při nižší účinnosti 98,4 % [51]. Výběr zásobníku TUV závisel hlavně na možnosti kombinace zdrojů. Zásobník TUV nemusí být příliš velký, pro nás je rozhodující průtok při dané teplotě. Podlahový systém, při plném využití potřebuje 377,4 l vody zahřáté na 35 °C za hodinu. Tudíž jsem se rozhodl pro zásobník JUNKERS WD 120 B od firmy Junkers (Bosch). Jedná se o 115l zásobník TUV s možností ohřevu z více zdrojů, jeho nominální průtok je 590 l/h. K tomuto zásobníku je vhodné připojit kotle do 25 kW, což oba kotle splňují. Dalším benefitem je nízká cena a malá tepelná ztráta, pouhých 52 W [49].



obr. 26 Elektrický kotel [50]

3.7 Vizualizace

K vizualizaci návrhu vytápěcího systému jsem použil software LoopCAD, který umožňuje přímou kalkulaci tepelných ztrát, potřebného tlaku v systému a optimální průtok. Software nabízí již předpřipravené typy zdí, jejich tepelnou izolaci, různé typy dveří a oken s velkou škálou předdefinovaných parametrů. Tyto parametry však svými hodnotami odpovídají standardům pro USA a Kanadu. Zvolené parametry jsou tedy zadávány manuálně. U dveří a oken jsou zjištěny z produktových listů a u zdí vychází z teoretického výpočtu.



obr. 27 Vytápěcí systém s analýzou teploty podlahy

4 Bezpečnost práce při instalaci FVE

Jako ve všech pracovních oblastech, i při instalaci fotovoltaické elektrárny platí jistá bezpečnostní opatření. Ta se dělí na bezpečnostní opatření při práci na střeše a bezpečnostní opatření při elektroinstalaci.

4.1 Práce na střeše

Nejprve je důležité vybrat vhodný přístup na střechu, ze které strany přistavit žebřík. Žebřík musí být vždy zajištěn. U vyšších objektů je pro bezpečný přístup třeba přistavit lešení. Dále je povinností zabezpečit nástroje a materiál proti pádu ze střechy. Toho lze dosáhnout ochrannou sítí, nainstalovanou na okraj střechy. Pracovníci jsou při řezání či broušení tašek povinni nosit ochranné brýle. Pracovníci také musí dbát na požívání ověřených prodlužovacích přívodů a nepřekročení maximální délky 50 m.



obr. 28 Ochranná síť [33]

4.2 Elektroinstalace

Při elektroinstalaci musí pracovník dodržovat běžná pravidla pro práci s elektrickými zařízeními a musí být řádně proškolen dle zákona 250/2021 Sb. Při práci v hlavním domovním rozváděči musí být odpojen hlavní přívod.

5 Požární ochrana

Pokud jsou dodržena všechna bezpečnostní opatření, zejména pak zásady bezpečné vzdálenosti, smí hasiči, navzdory všeobecně rozšířené informaci, že je před samotným hašením fotovoltaické elektrárny nutné vypnout výkonový DC odpínač, okamžitě hasit. Norma VDE 0132 určuje bezpečné vzdálenosti při hašení, viz. tabulka níže.

Tabulka 5 Vhodná vzdálenost pro hašení

Rozprašovací trubka	nízké napětí (N)	vysoké napětí (H)
	AC ≤ 1 kV DC $\leq 1,5$ kV	AC > 1 kV DC $> 1,5$ kV
rozptýlený proud	1 m	5 m
plný proud	5 m	10 m

Primárním cílem ochrany je ochrana osob, proto se v budově s fotovoltaickou elektrárnou nesmí v případě požáru vyskytovat žádná nebezpečná dotyková DC napětí.

Zastřešení musí být dostatečně dlouho odolná vůči požáru (tvrdé zastřešení). Přesahy střechy mohou být jen takové, aby se oheň nemohl přenést na další části budovy nebo sousední pozemky. Solární panely musí být minimálně 0,5 m vzdáleny od okraje střechy a hromosvodu. Pokud není dodržena tato vzdálenost mezi panely a hromosvodem, je nutné vodivě spojit hromosvodní ochranu s kovovým rámem panelů.

6 Ochrana proti nadproudu a přepětí

V celém fotovoltaickém systému se nachází hned několik ochran. Pro ochranu baterií a panelů proti nadproudu se používají DC pojistkové odpínače, pro odpojení střídače z AC strany se používají AC odpojovače. Proti přepětí se mezi panely a střídač přidávají dvě DC ochrany proti přepětí, nejlépe hned za panely a těsně před střídač. Pokud je kabelová trasa od střídače do rozvaděče, doporučuje se přidat AC ochrana proti přepětí, a to hned za střídač.

7 NZÚ – Nová zelená úsporám

Nová zelená úsporám je program Ministerstva životního prostředí, zaměřený na úspory energie v budovách pro bydlení. Tím se rozumí např. snižování energetické náročnosti budov zateplením, šetrné způsoby vytápění, využití dešťové vody, výstavba infrastruktury pro elektromobilitu nebo využití obnovitelných zdrojů energie. Hlavním cílem tohoto programu je zlepšit stav životního prostředí. Snižit produkci emisí a skleníkových plynů. Tento program je financován zejména nástroji pro podporu a odolnosti (RRF) a z podílu na výnosu aukcí emisních povolenek EUA a EUAA v rámci systému Evropské Unie pro obchodování s emisemi (EU ETS). V rámci NZÚ může výše dotace dosáhnout až 50 % nákladů, ovšem je nutno brát v potaz, že dotace na jednotlivé prvky mohou být zastropovány [48].

7.1 Náklady

Tabulka 6 Náklady – FVE

Solární panely	96 000 Kč
DC/AC Měnič	69 000 Kč
Bateriové úložiště	165 177Kč
Regulátor	14 150 Kč
Smartmeter	7 000 Kč
Konstrukce	16 500 Kč
Kabely	3 500 Kč
Práce	83 850 Kč
Celkem	475 177 Kč

Tabulka 7 Náklady – podlahové vytápění

Hadice	14 500 Kč
Rozdělovače	10 400 Kč
Separční fólie	5 000 Kč
Deska s uchycením	47 000 Kč
Litá vrstva betonu	65 000 Kč
Čerpadlo	4 350 Kč
Elektrický kotel	18 132 Kč
Akumulační nádrž	18 305 Kč
Celkem	180 687 Kč

7.2 Výše získané dotace

Dotace na fotovoltaickou elektrárnu s bateriovým úložištěm začíná na 60 000 Kč, a to pro elektrárnu s výkonem 2 kWp. Za každou další kWp se dotace zvýší o 10 000 Kč. Dotace na bateriové úložiště je limitována minimální kapacitou, stejně velkou, jako je maximální výkon FVE. Platí, že za každou kWh je dotace 10 000 Kč maximálně až do 10 kWh.

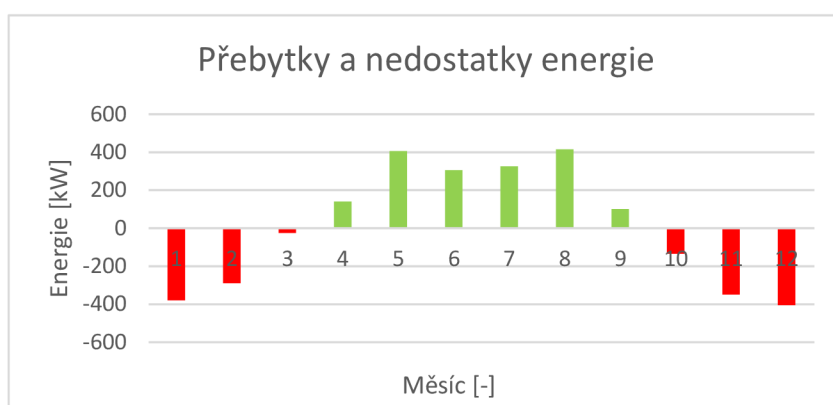
V tomto případě tedy dotace na FVE činí 60 000 Kč + 40 000 Kč za maximální výkon 6,750 kWp a 100 000 Kč na bateriové úložiště. Tím je splněna i podmínka, že výše dotace na tento typ FVE s bateriovým úložištěm nepřesáhne 200 000 Kč.

Dotace je navýšena o 29 000 Kč, to je dáno tím, že se objekt nachází v ústeckém kraji. Finální výše dotace tedy činí 229 000 Kč. Dotací se cena nákladů sníží téměř o polovinu z původního obnosu.

K vytápění pomocí FVE můžeme zažádat o další typ dotace, a to příprava teplé vody, solární ohřev. V rámci této dotace získáme 45 000 Kč. Což nám pokryje čtvrtinu výdajů na podlahové vytápění.

7.3 Úspora za energie a návratnost

Zanedbáme-li přebytky bude spotřeba elektrické energie snížena z 5,875 MWh sníží na 1,6 MWh za rok. To v přepočtu, při 3,76 Kč/kWh, činí úsporu 16 075 Kč/rok. Připočítáme-li přebytky z virtuální baterie, které budou zhruba ve výši jedné megawatthodiny a jenž nám distributor poskytne za měsíční taxu 49Kč, což je za rok 588 Kč a za cenu distribuce (1,83 Kč/kWh), získáme úsporu zhruba 1 412 Kč, ročně tedy za elektrickou energii zaplatíme 4 000 Kč. Další úspora bude za snížení nákladů na provozování plynového kotle. Díky podlahovému vytápění elektrickým kotlem s akumulací nádrží ušetříme dalších 20 000 Kč za plyn. Po vydělení počáteční investice celkovou úsporou za rok zjistíme, že se tato prvotní investice do 10 let úsporami vyrovná. Návratnost je počítána z fixních cen energií, při cenových nárustech v následujících letech můžeme předpokládat, že tato doba bude kratší.



Graf 3 Přebytky a nedostatky energie

8 Elektroinstalační schéma

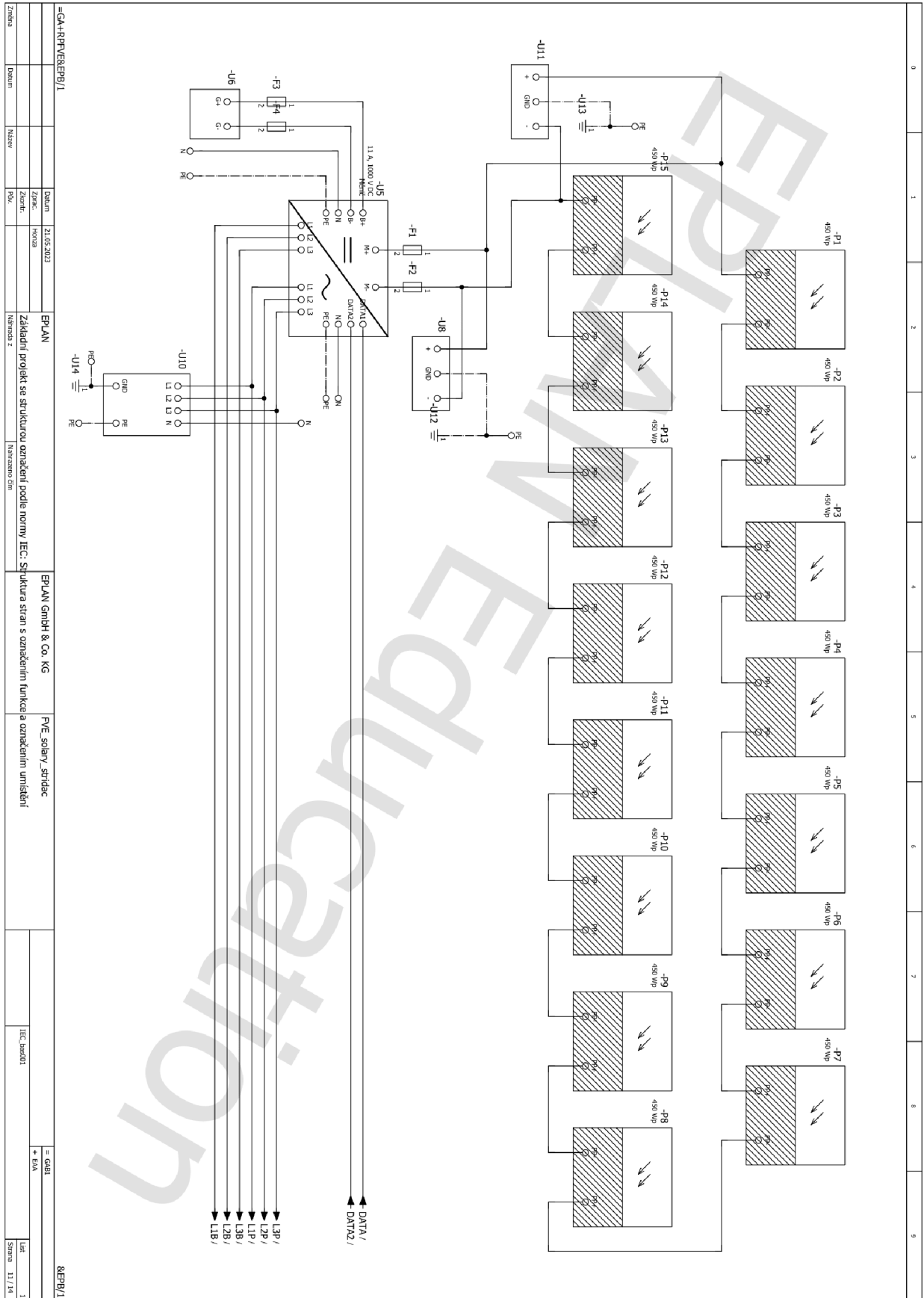


Schéma 1 Zpojení FVE

Závěr

Zadáním bakalářské práce bylo seznámit se s možnostmi výroby elektrické energie z fotovoltaických panelů a stanovit jejich optimální výkon s ohledem na roční období podle dat z minulých let. Dalšími cíli bylo stanovit velikost a typ bateriového úložiště, vytvořit návrh vytápění, odhadnout ekonomickou návratnost a vytvořit elektroinstalační schéma navrženého systému. Posledním bodem zadání bylo vyhodnocení dosažených výsledků.

V úvodu práce jsou shrnuty základní principy fotovoltaiky, přiblížen fotovoltaický jev a vysvětleno chápání světla. Práce dále pojednává o slunečním záření jako takovém, jeho rozdělení, intenzitě a době svitu. Přibližuje čtenáři vývoj fotovoltaiky od počátků do podoby, jakou známe dnes. Hovoří o využití křemíku, o materiálu, jenž pro jeho vlastnosti nejvíce využíváme. O tom, jak tento materiál získáváme a jak z něj tvoříme fotovoltaické články, moduly, a nakonec i fotovoltaické panely. Popisuje rozdíly mezi různými fotovoltaickými systémy, jednotlivé komponenty, ze kterých se skládá fotovoltaická elektrárna a jejich funkce.

V praktické části je navržena fotovoltaická elektrárna s optimálním výkonem panelů tak, aby pokryla většinu roční spotřeby domu. Jsou zde popsány vybrané komponenty, které byly zvoleny na základě průzkumu a porovnávání technologických listů výrobců, účinnosti a cenové dostupnosti. Všechny komponenty jsou spolu kompatibilní, což zajistí bezproblémové zapojení a komunikaci. Dalším kritériem při výběru byla možnost získání dotace podle pravidel NZÚ, které jsou v práci také přiblíženy. V práci je obsažen návrh teplovodního podlahového topení, které je nejen efektivním, ale i elegantním řešením, jak vytápet dům. Návrh a vizualizace tohoto topného systému byly vytvořeny v softwaru LoopCAD, výpočty tepelných ztrát ze softwaru byly ověřeny manuálním výpočtem a výpočtem pomocí online kalkulačky tepelných ztrát. Hodnoty se téměř shodují. Práce také pojednává o bezpečnosti a bezpečnostních opatřeních při instalaci FVE. Předposledním bodem práce je přiblížení dotačního systému NZÚ, ověření a splnění podmínek k uznání finanční podpory a vypočítání návratnosti peněžního vkladu. Součástí práce je elektro-instalační schéma, zakreslené pomocí softwaru EPLAN a splňující všechny požadavky platných norem.

Práce splňuje všechny body zadání s výjimkou revizní zprávy.

Použitá literatura

- [1] CEZ. ČEZ [online]. 2021 [cit. 2021-12-15]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/o-cez/vyrobnizdroje/obnovitelne-zdroje>
- [2] TZBINFO. tzbinfo [online]. 2021 [cit. 2021-11-13]. Dostupné z: <https://oze.tzbinfo.cz/fotovoltaika>
- [3] ELEKTRINA.CZ. Elektřina.cz [online]. 2019 [cit. 2022-11-30]. Dostupné z: <https://www.elektrina.cz/recyklace-solarnich-panelu>
- [4] SPSZENGROVA. SPŠ Zengrova [online]. 2021 [cit. 2021-11-15]. Dostupné z: https://www.spszengrova.cz/wp-content/uploads/2020/04/FYZ_4_Fotoelektricky_jev_JUT.pdf
- [5] SVOBODA, Emanuel. Přehled středoškolské fyziky. 3. vydání. Praha : Nakladatelství Prometheus, 2014. [ISBN 978-80-7196-307-7](#)
- [6] ŠTOLL, Ivan. Fyzika pro gymnázia. 4. vydání Praha; Nakladatelství Prometheus, 2010. [ISBN 978-80-7196-386-8](#)
- [7] SOLÁRIANOVOTNÝ. solária Novotný [online] 2018 [cit. 2021-12-15]. Dostupné z: <https://www.solarianovotny.cz/co-je-to-slunecni-zareni>
- [8] RADEKJANDORA. Radek Jandora [online]. 2020 [cit. 2021-12-12]. Dostupné z: <http://radek.jandora.sweb.cz/index.html>
- [9] MATERIALOVAVEDA. Materiálová věda [online]. 2020 [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <http://materialovaveda.blogspot.com/2011/07/kde-se-bere-monokrystalicky-kremik.html>
- [10] FOTOVOLTAIKA, FOTOTERMIKA. Fotovoltaika, fototermika [online]. 2021 [cit. 2022-01-05]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/91/06.html>
- [11] ISOFENERGY. IsofEnergy [online]. 2021 [cit. 2022-01-05]. Dostupné z: <http://www.isofenergy.cz/slunecni-zareni-v-cr.aspx>
- [12] TERMS. Terms [online]. 2021 [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <http://eshop.terms.eu/cz/eshop/c68829/polykrystalicke-panely.html>
- [13] WORLDSOLAR. World solar [online]. 2018 [cit. 2022-12-01]. Dostupné z: <https://www.worldsolar.co.nz/blog/pros-and-cons-of-off-grid-vs-hybrid>
- [14] TZBINFO. tzbinfo [online]. 2021 [cit. 2021-12-31]. Dostupné z: <https://oze.tzbinfo.cz/fotovoltaika/5571-fotovoltaicky-stridac-ucinnost-neni-vse>
- [15] MOUNTING-SYSTEMS. Mounting-systems [online]. 2022 [cit. 2022-11-20]. Dostupné z: <https://mounting-systems.solarprotool.com>
- [16] AEG. AEG [online]. 2022 [cit. 2022-01-28]. Dostupné z: https://www.solsol.cz/sites/default/files/produktove-listy/high_efficiency_as-m1442-hm6_202012_v2_cz_solsol_vz_0.pdf
- [17] OTE. ote [online]. 2021 [cit. 2022-03-21]. Dostupné z: <https://www.ote-cr.cz/cs/statistika/narodni-energeticky-mix>
- [18] SPSZENGROVA. SPŠ Zengrova [online]. 2021 [cit. 2021-11-15]. Dostupné z: https://www.spszengrova.cz/wp-content/uploads/2020/04/FYZ_4_Fotoelektricky_jev_JUT.pdf
- [19] ŠTOLL, Ivan. Fyzika pro gymnázia. 4. vydání Praha; Nakladatelství Prometheus, 2010. [ISBN 978-80-7196-386-8](#) [online]. 2012 [cit. 2021-11-20]. Dostupné z: <https://www.oag.cz/uc/fyz/406/406.html#p=11>
- [20] INESSA SKLENIČKOVÁ. Inessa Skleničková [online]. 2013 [cit. 2022-04-29]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/17892530-Slunecni-energie-1.html>
- [21] ISOFENERGY. IsofEnergy [online]. 2019 [cit. 2021-12-30]. Dostupné z: <http://www.isofenergy.cz/fotovoltaika.aspx>

- [22] ISOENERGY. IsofEnergy [online]. 2020 [cit. 2022-03-30]. Dostupné z: <http://www.isofenergy.cz/slunecni-zareni-v-cr.aspx>
- [23] CEZ. cez [online]. 2020 [cit. 2022-03-13]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/edee/content/microsites/solarni/k32.htm>
- [24] SOLARNO. solarno [online]. 2021 [cit. 2022-04-20]. Dostupné z: <https://www.solarno.cz/rozdily-mezi-panely/>
- [25] RESEARCHGATE. ResearchGate [online]. 2020 [cit. 2022-04-22]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/figure/Off-grid-PV-System-Schematic_fig2_322738988
- [26] RESEARCHGATE. ResearchGate [online]. 2020 [cit. 2022-04-22]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/figure/An-illustration-of-the-solar-PV-on-grid-system_fig9_319505523
- [27] TZBINFO. tzbinfo [online]. 2022 [cit. 2022-04-05]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/99-prumerne-mesicni-doby-slunecniho-svitu-ve-vybranych-lokalitach-cr>
- [28] SOLSOL. solsol [online]. 2022 [cit. 2022-05-03]. Dostupné z: <https://www.solsol.cz/fotovoltaicke-panely?vyrobcce%5BAEG%5D=AEG&vykon%5Bmin%5D=235&vykon%5Bmax%5D=700&zaruka%5Bmin%5D=10&zaruka%5Bmax%5D=30&delka%5Bmin%5D=1550&delka%5Bmax%5D=2500&sirka%5Bmin%5D=990&sirka%5Bmax%5D=1350&title=>
- [29] ECO PRODUCT. ECO product [online]. 2021 [cit. 2022-05-03]. Dostupné z: <https://ecoprodukt.cz/p/85435-smartmeter-3-fazovy-goodwe-30571>
- [30] SOLARTEC. solartec [online]. 2021 [cit. 2022-05-04]. Dostupné z: <https://shop.solartec.eu/watrouter-mx-regulator-prebytku-fve/>
- [31] ZEROPOVER™. zeropover™ [online]. 2018–2021 [cit. 2022-04-20]. Dostupné z: <https://www.blog.zeropower.in/2021/05/25/what-are-the-benefits-of-on-grid-solar/>
- [32] SOLARNO. solarno [online]. 2022 [cit. 2022-10-20]. Dostupné z: <https://www.solarno.cz/prislusenstvi-k-solarni-sestave-2/>
- [33] PVMAGAZINE. Pv magazine [online]. 2022 [cit. 2022-11-29]. Dostupné z: <https://www.pv-magazine.de/2022/03/21/mit-anhebung-der-photovoltaik-verguetungssaetze-klaren-impuls-fuer-zubausteigerung-setzen/>
- [34] REHAU. REHAU [online]. 2022 [cit. 2023-05-03]. Dostupné z: <https://kvalitnipodlahovka.cz/jak-vypocitat-delku-trubek-na-podlahove-vytapeni/>
- [35] DEK. DEK [online]. 2023 [cit. 2023-04-29]. Dostupné z: <https://cdn1.idek.cz/dek/document/869873700-pvd-pert-5-dek>
- [36] CUBE. CUBE [online]. 2023 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: <https://www.eshopcube.cz/trubka-pro-podlahove-topeni-cube-pe-rt/evoh/pe-rt-16x2-mm--100-200-500m---akce>
- [37] SEAFLO. Seaflo [online]. 2023 [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: <http://www.seaflo.com/en-us/product/detail/21696.html>
- [38] TOPENILEVNE.cz. topenilevne.cz [online]. 2023 [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: <https://www.topenilevne.cz/kiiptherm-profi-4-5-okruhu-rozdelovac-podlahoveho-vytapeni-s-hlavicemi-a-prutokomery-p35400/#gallery>
- [39] ECOPRODUKT. ECOprodukt [online]. 2010–2023 [cit. 2023-03-03]. Dostupné z: <https://d1dy1ppyuurun.cloudfront.net/web/image/10831790-dc797ed/False>
- [40] VEKRA. VEKRA [online]. 2023 [cit. 2023-04-28]. Dostupné z: <https://www.vekra.cz/produkt/vekra-premium-evo/>
- [41] VEKRA. VEKRA [online]. 2023 [cit. 2023-04-28]. Dostupné z: <https://www.vekra.cz/produkt/dvere-komfort-evo/>

- [42] OBI. OBI [online]. 2023 [cit. 2023-04-28]. Dostupné z: <https://www.obi.cz/domovni-dvere/o-k-doors-venkovni-ocelove-vchodove-dvere-ra40-50w-zlaty-dub-90-l/p/4372983#Artikelbeschreibung>
- [43] TZBINFO. tzbinfo [online]. 2023 [cit. 2023-05-02]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/128-on-line-kalkulacka-uspor-a-dotaci-zelena-usporam>
- [44] HUAWEI. HUAWEI [online]. 2023 [cit. 2023-04-04]. Dostupné z: <https://solar.huawei.com/eu/Products/FusionSolarResidential>
- [45] HUAWEI. HUAWEI [online]. 2023 [cit. 2023-04-04]. Dostupné z: <https://solar.huawei.com/en-GB/download?p=%2f-%2fmedia%2fSolar%2fattachment%2fpdf%2feu%2fdatasheet%2fSUN2000-3-10KTL-M1.pdf>
- [46] HUAWEI. HUAWEI [online]. 2023 [cit. 2023-04-06]. Dostupné z: <https://d1dy1ppyuurun.cloudfront.net/web/image/10831790-dc797ed/False>
- [47] ECOPRODUKT. ECOprodukt [online]. 2023 [cit. 2023-04-06]. Dostupné z: <https://ecoprodukt.cz/p/85522-huawei-luna-2000-power-control-modul-10-kwh-bateriovy-blok-30703#productDescriptionLong>
- [48] NOVÁZELENÁÚSPORÁM. Novázelenáúsporám [online]. 2022 [cit. 2022-11-11]. Dostupné z: <https://novazelenausporam.cz/zakladni-informace/>
- [49] JUNKERS+. JUNKERS+ [online]. 2023 [cit. 2023-05-02]. Dostupné z: <https://www.junkersplus.cz/ST-120-2-E-STORACELL-WD-120B-d72.htm>
- [50] JUNKERS+. JUNKERS+ [online]. 2023 [cit. 2023-05-01]. Dostupné z: <https://www.junkersplus.cz/Elektrokotel-Bosch-Tronic-Heat-3500-12-d532.htm#detail-anchor-description>
- [51] KOTLENAKLIC. Kotlenaklic [online]. 2023 [cit. 2023-05-01]. Dostupné z: <https://www.kotlenaklic.cz/kotle/kotel-elektricky-benekov-e12/>
- [52] PROTHERM. Protherm [online]. 2023 [cit. 2023-04-30]. Dostupné z: <https://www.protherm.cz/pro-nase-zakazniky/produkty/elektricky-kotel-ray-ke-325.html>
- [53] GOODWE. GoodWe [online]. 2023 [cit. 2023-04-04]. Dostupné z: https://en.goodwe.com/Ftp/EN/Downloads/Datasheet/GW_ET%20PLUS+ Datasheet-EN.pdf
- [54] AAASOLAR. AAAsolar [online]. 2023 [cit. 2023-04-04]. Dostupné z: <https://www.aaasolar.cz/soubor/growatt-sph-10000t13-bh-up/>
- [55] GREENENERGYTRADING. GreenEnergyTrading [online]. 2023 [cit. 2023-02-20]. Dostupné z: https://www.getrading.eu/solarni-panely_trina_450wp/
- [56] FVEMP. FVEMP [online]. 2023 [cit. 2023-02-18]. Dostupné z: <https://www.fve-mp.cz/eshop/p/solarni-panel-phono-solar-450wp-bifacial-0-157>
- [57] PYLONTECH. Pylontech [online]. 2023 [cit. 2023-03-02]. Dostupné z: <https://cdn.solar-eshop.cz/files/products/3784/FORCE%2BH1%2BH2-20F1031002%2B.pdf>
- [58] GROWATT. Growatt [online]. 2023 [cit. 2023-03-03]. Dostupné z: https://drive.google.com/file/d/1VYetn0XZNath-XOLUoGii9dKcd-CHJv_/preview
- [59] USETRENO.CZ. USETRENO.cz [online]. 2023 [cit. 2023-04-25]. Dostupné z: <https://www.usetreno.cz/clanky/virtualni-baterie/>

Použité normy a zákony

- 1) ČSN EN 1991-1-3 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem
- 2) ČSN EN 1991-1-4. Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem
- 3) ČSN EN 61643-31 Ochrany před přepětím nízkého napětí – Část 31: Požadavky a zkoušky pro SPD ve fotovoltaických instalacích
- 4) ČSN EN 62446-1 Fotovoltaické (PV) systémy – Požadavky na zkoušení, dokumentaci a údržbu – Část 1: Systémy spojené s rozvodnou sítí – Dokumentace, zkoušky při uvádění do provozu a kontrola
- 5) ČSN EN 62446:2010 Dokumentace, zkoušky a kontroly fotovoltaiky
- 6) DIN VDE 0132 VDE 0132:2018-07 Hašení požárů a technická pomoc v elektrických instalacích nebo v jejich blízkosti
- 7) Zákon č. 133/1985 Sb. zákon České národní rady o požární ochraně
- 8) Zákon č. 458/2000 Sb. o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů
- 9) Zákon č. 250/2021 Sb. o bezpečnosti práce v souvislosti s provozem vyhrazených technických zařízení a o změně souvisejících zákonů
- 10) Zákon č. 298/2022 Sb. o stanovení cen elektřiny a plynu v mimořádné tržní situaci
- 11) Zákon č. 165/2012 Sb. o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů
- 12) Zákon č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií
- 13) Zákon č. 22/1997 Sb. o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů
- 14) Vyhláška č. 246/2001 Sb. vyhláška Ministerstva vnitra o stanovení podmínek požární bezpečnosti a výkonu státního požárního dozoru (vyhláška o požární prevenci)
- 15) ČSN 73 0540-4 (730540) Tepelná ochrana budov – Část 4: Výpočtové metody
- 16) ČSN EN 15665 (127021) Větrání budov – Stanovení výkonových kritérií pro větrací systémy obytných budov



Firma / zákazník Technická Univerzita v Liberci
 Typ projektu Bakalářská práce
 Číslo projektu 1
 Název projektu Návrh a zapojení fotovoltaické elektrárny

Místo instalace Duchcov
 Zhotovitel Jan Kunert
 Studijní číslo M19000134
 Kontaktní email jan.kunert@tul.cz

Vytvořeno dne 25.2.2022
 Zpracováno dne 12.5.2023

14

Příloha A Titulní strana

Přílohy

Datum		22.05.2023		EPLAN		EPLAN GmbH & Co. KG		Titulní strana		=	
Zprac.		Honza		Základní projekt se strukturou označení podle normy IEC: Struktura stran s označením funkce a označením umístění						+	
Zkontr.				Náhrada z		Nahrazeno čím		IEC_bas001		List Titulní strana Strana 14 / 14	
Změna	Datum	Název	Přív.								

Obsah

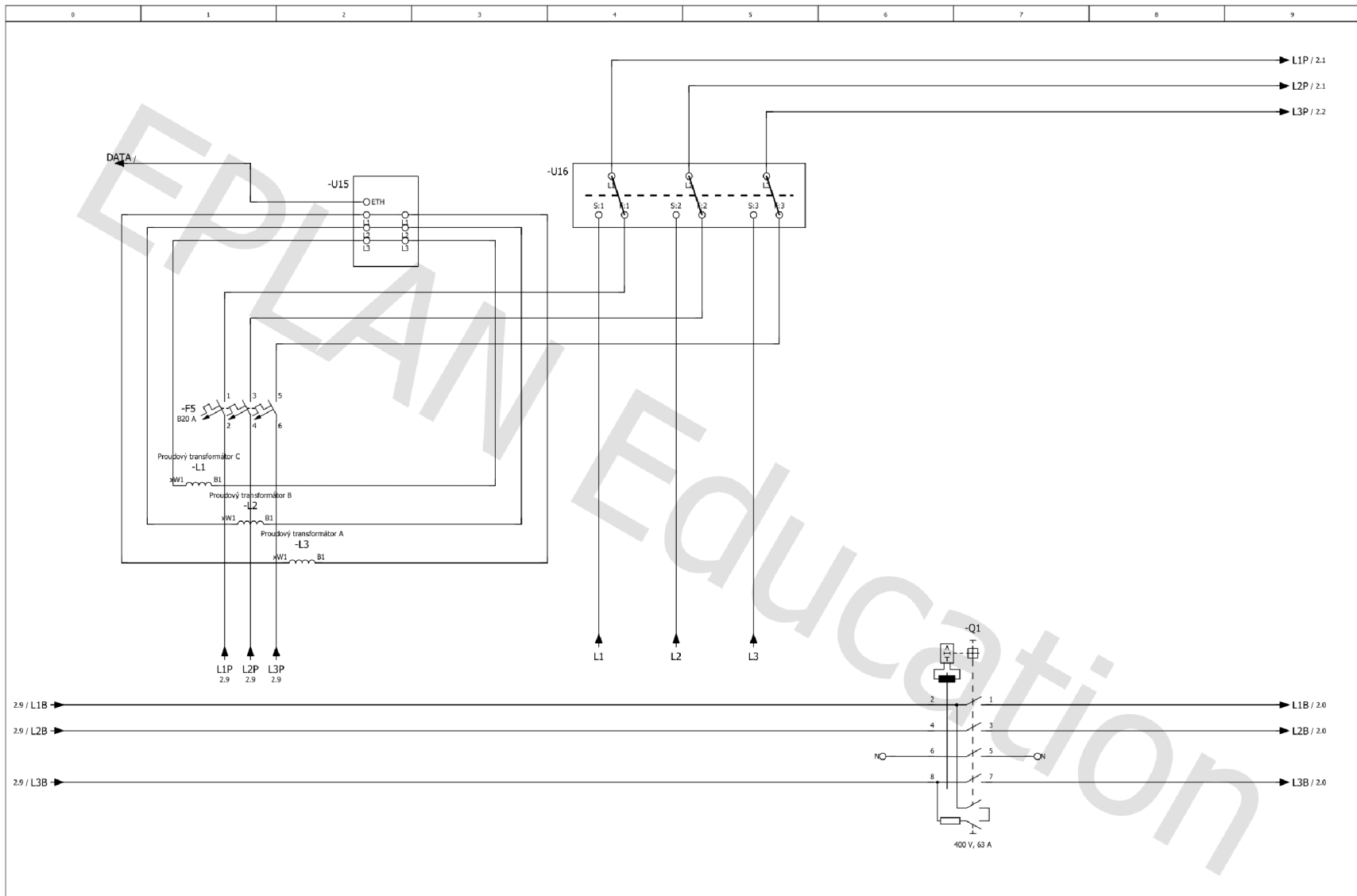
Sloupec X: Automaticky generovaná strana byla dodatečně ručně upravena

F06_001

Strana	Popis stran	Doplňkové pole strany	Datum	Zpracoval	X
=GA+RH1&EFS/1	Hlavní rozváděč		04.05.2023	Honza	X
=GA+RH1&EPB/1	Kusovník artiklů : TUL010 - TUL010		22.05.2023	Honza	
=GA+RP1&EFS/4	Poddružný rozváděč		21.05.2023	Honza	
=GA+RP1&EPB/1	Kusovník artiklů : TUL017 - TUL011		22.05.2023	Honza	
=GA+RP2&EFS/5	Poddružný rozváděč 2		22.05.2023	Honza	
=GA+RP2&EPB/1	Kusovník artiklů : TUL018 - TUL011		22.05.2023	Honza	
=GA+RP3&EFS/6	Poddružný rozváděč 3		22.05.2023	Honza	
=GA+RP3&EPB/1	Kusovník artiklů : TUL010 - TUL002		22.05.2023	Honza	
=GA+RPVE&EFS/2	Rozváděč FVE		21.05.2023	Honza	
=GA+RPVE&EPB/1	Kusovník artiklů : TUL014 - TUL004		22.05.2023	Honza	
=GAB1+EAA&EFS/1	FVE_solary_stridac		21.05.2023	Honza	
=GAB1+EAA&EPB/1	Kusovník artiklů : TUL008 - TUL012		22.05.2023	Honza	
&EPA/Titulní strana	Titulní strana		21.05.2023	Honza	X
&AAB1/1	Obsah : =GA+RH1&EFS/1 - &AAB1/1		22.05.2023	Honza	

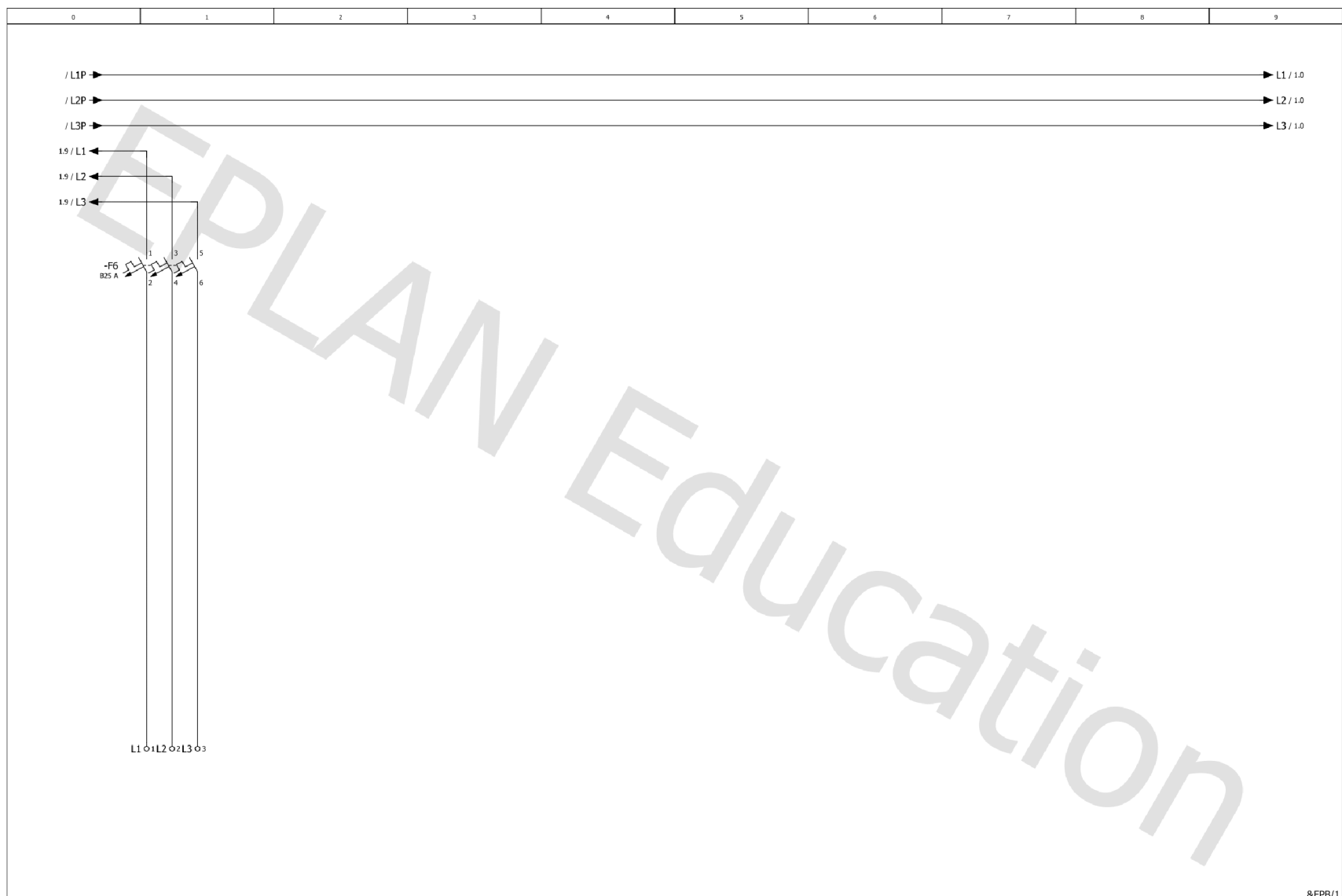
Příloha B Obsah

=GAB1+EAA&EPB/1								&AAA1/Titulní strana
Datum	22.05.2023	EPLAN	EPLAN GmbH & Co. KG	Obsah : =GA+RH1&EFS/1 - &AAB1/1	=			
Zprac.	Honza				+			
Zkontr.		Základní projekt se strukturou označení podle normy IEC: Struktura stran s označením funkce a označením umístění						
Změna	Datum	Název	Přív.	Náhrada z	Nahrazeno čím	IEC_bas001	Ušet. 1 Strana 13 / 14	



Příloha C Zapojení Smartmetru a switchce

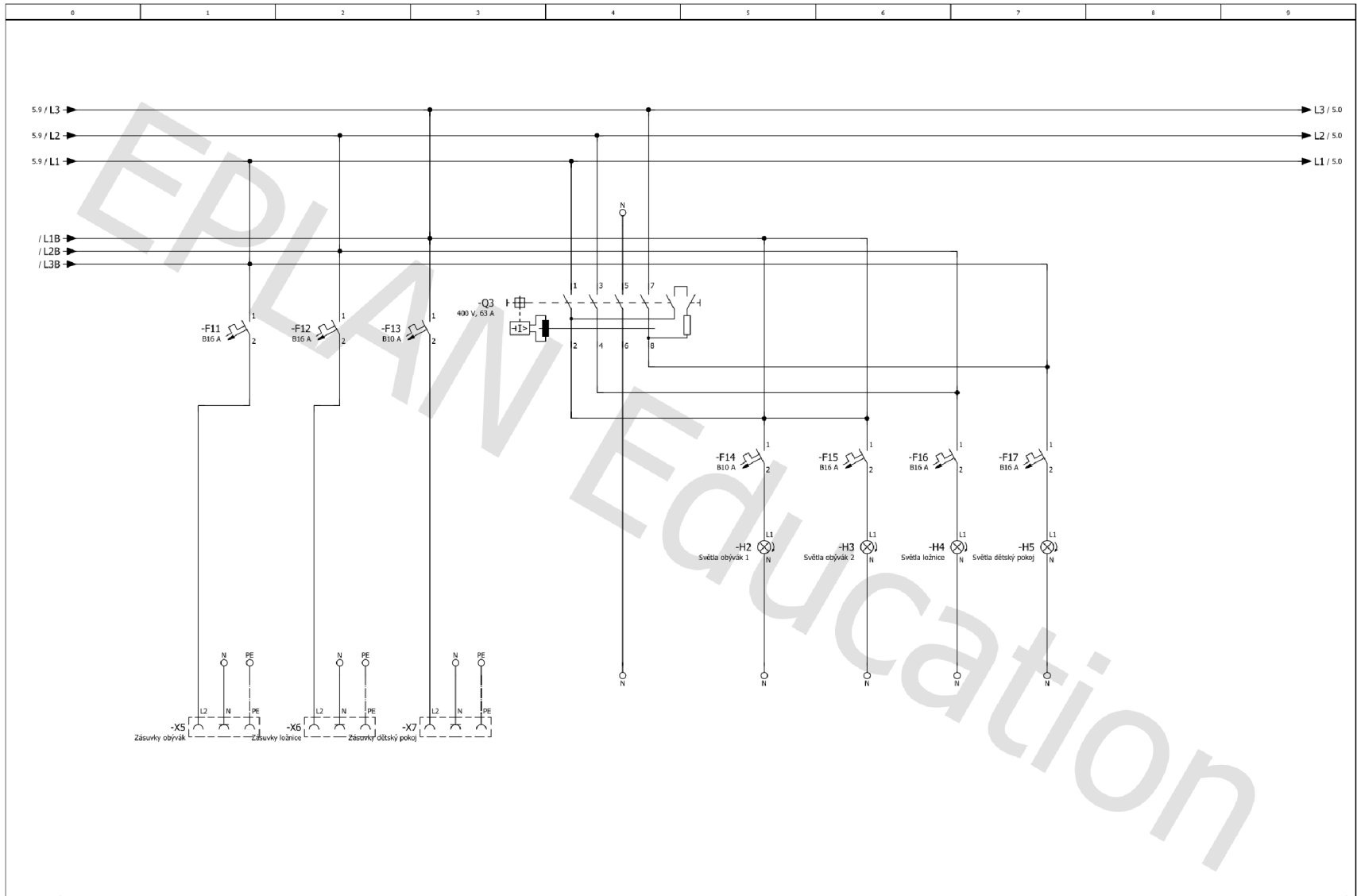
+RP3&EPB/1								&EPB/1			
			Datum Zprac. 21.05.2023 Hronza	EPLAN	EPLAN GmbH & Co. KG	Rozváděč FVE				= GA	
			Zkontr.	Základní projekt se strukturou označení podle normy IEC: Struktura stran s označením funkce a označením umístění						+ RPPVE	
Změna	Datum	Název	Přív.	Náhrada z	Nahrazeno čim			IEC_000001		List	2
										Strana	9 / 14



Příloha D Hlavní rozvaděč

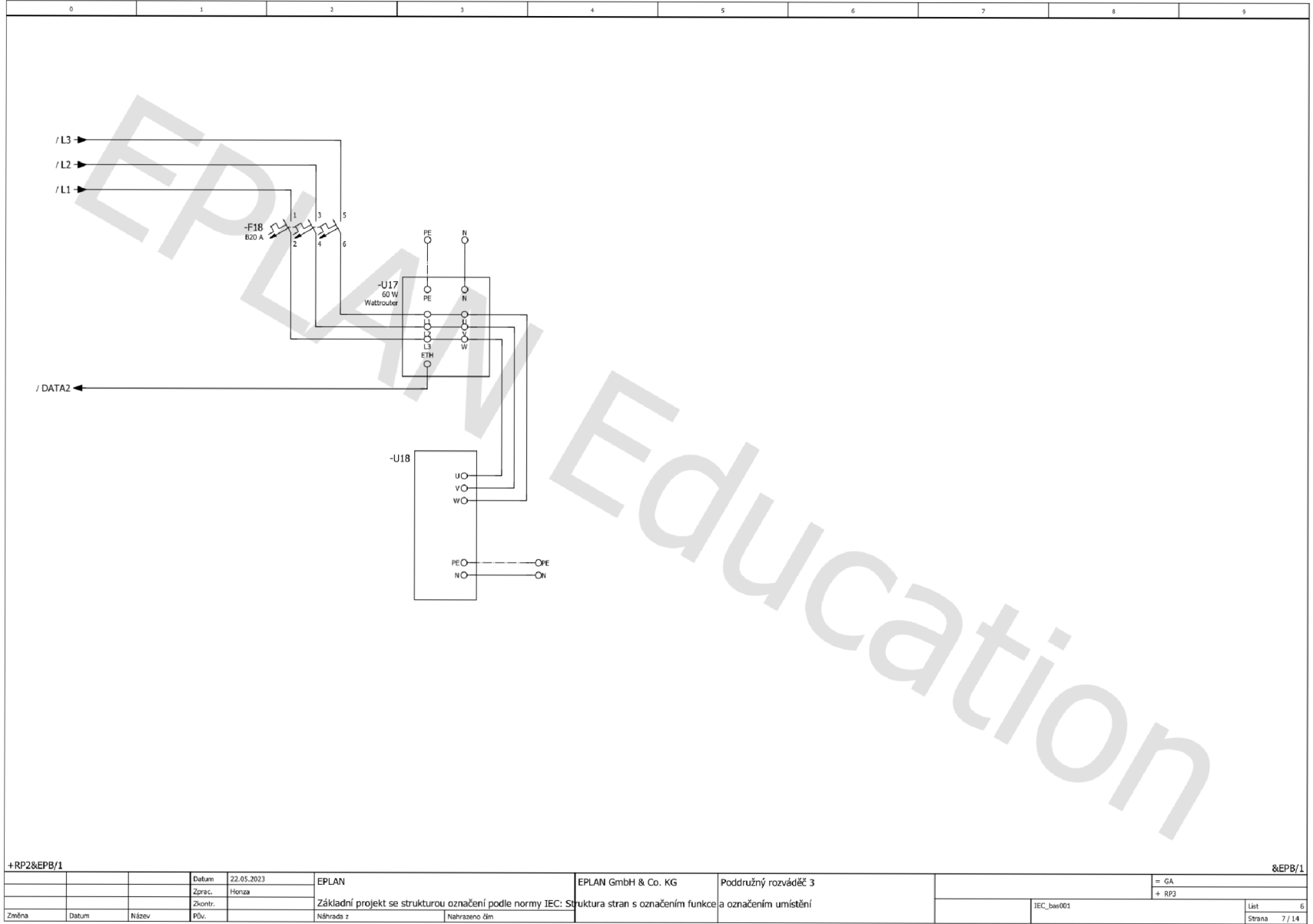
				EPLAN		EPLAN GmbH & Co. KG		Hlavní rozváděč		= GA	
				Zprac. Honza						+ RH1	
				Zkontr.		Základní projekt se strukturou označení podle normy IEC: Struktura stran s označením funkce a označením umístění				IEC_bas001	
Změna	Datum	Název	Přv.	Náhrada z	Nahrazeno čím					List	1
										Strana	1 / 14

&EPB/1



Příloha F Podružný rozvaděč 2

+RP1&EPB/1								&EPB/1	
Datum		22.05.2023		EPLAN		EPLAN GmbH & Co. KG		Podružný rozvaděč 2	
Zprac.		Honza		Základní projekt se strukturou označení podle normy IEC: Struktura stran s označením funkce a označením umístění				= GA	
Zkontr.								+ RP2	
Změna	Datum	Název	Přív.	Náhrada z	Nahrazeno čím	IEC_bas001		Let	5
								Strana	5 / 14



Příloha G Zapojení Regulatoru přebytků a el. bojleru

+RP2&EPB/1								&EPB/1	
			Datum 22.05.2023	EPLAN	EPLAN GmbH & Co. KG	Podružný rozváděč 3		= GA	
			Zprac. Honza					+ RP3	
			Zkontr.	Základní projekt se strukturou označení podle normy IEC: Struktura stran s označením funkce a označením umístění					
Změna	Datum	Název	Přív.	Náhrada z	Nahrazeno čím			IEC_base001	List 6 Strana 7 / 14

Kusovník artiklů

F01_001

Označení přístroje	Množství	Označení	Typové číslo	Dodavatel	Číslo artiklu
-F11	1	Jistič 3-fázový B16 A	325061431.0409	hager	TUL018
-F12	1	Jistič 3-fázový B16 A	325061431.0409	hager	TUL018
-F13	1	Jistič 3-fázový B10 A	325061461.4002	hager	TUL017
-F14	1	Jistič 3-fázový B10 A	325061461.4002	hager	TUL017
-F15	1	Jistič 3-fázový B16 A	325061431.0409	hager	TUL018
-F16	1	Jistič 3-fázový B16 A	325061431.0409	hager	TUL018
-F17	1	Jistič 3-fázový B16 A	325061431.0409	hager	TUL018
-H2	1	Stropní světlík	1540110610	EMOS Lighting	TUL020
-H3	1	Stropní světlík	1540110610	EMOS Lighting	TUL020
-H4	1	Stropní světlík	1540110610	EMOS Lighting	TUL020
-H5	1	Stropní světlík	1540110610	EMOS Lighting	TUL020
-Q3	1	Proudový chránič PF7	1187873	EATON	TUL016
-X5	2	Zásuvka dvojnásobná s ochrannými kolíky	5512-2249 B1	ABB	TUL011
-X6	2	Zásuvka dvojnásobná s ochrannými kolíky	5512-2249 B1	ABB	TUL011
-X7	2	Zásuvka dvojnásobná s ochrannými kolíky	5512-2249 B1	ABB	TUL011

Příloha J Kusovník artiklů RP2

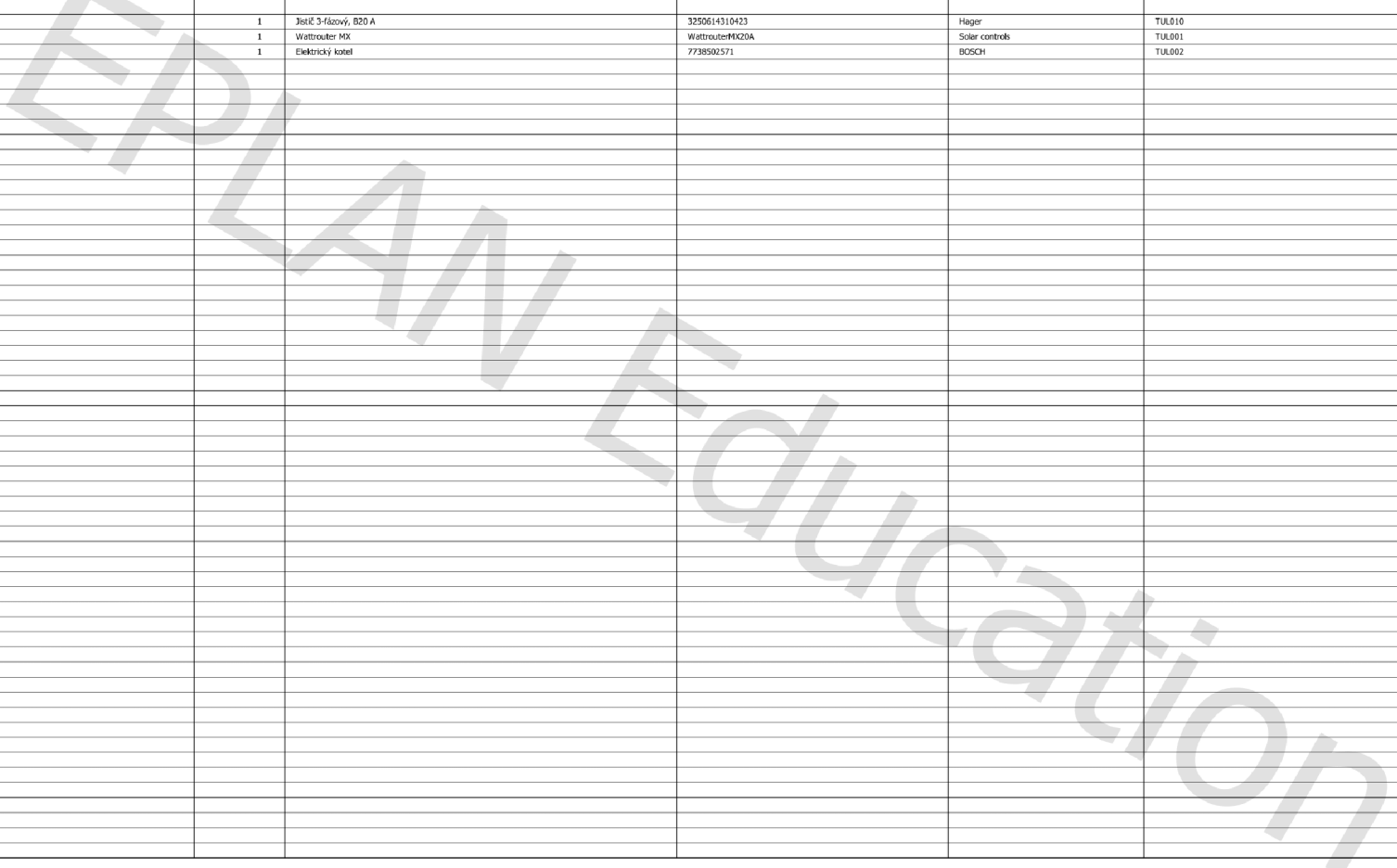
Změna		Datum	Název	Přív.	Náhrada z	Nahrazeno čím	EPLAN		EPLAN GmbH & Co. KG	Kusovník artiklů : TUL018 - TUL011	= GA	+ RP2	
Změna		Datum	Název	Přív.	Náhrada z	Nahrazeno čím	EPLAN		EPLAN GmbH & Co. KG	Kusovník artiklů : TUL018 - TUL011	= GA	+ RP2	
Změna		Datum	Název	Přív.	Náhrada z	Nahrazeno čím	Základní projekt se strukturou označení podle normy IEC: S		Struktura stran s označením funkce	a označením umístění	IEC_bas001	List	1
Změna		Datum	Název	Přív.	Náhrada z	Nahrazeno čím	Základní projekt se strukturou označení podle normy IEC: S		Struktura stran s označením funkce	a označením umístění	IEC_bas001	Strana	6 / 14

+RP3&EFS/6

Kusovník artiklů

F01_001

Označení přístroje	Množství	Označení	Typové číslo	Dodavatel	Číslo artiklu
-F18	1	Jistič 3-fázový, B20 A	3250614310423	Hager	TUL010
-U17	1	Watrrouter MX	WatrouterMX20A	Soler controls	TUL001
-U18	1	Elektrický kožel	7738502571	BOSCH	TUL002



Príloha K Kusovník artiklů RP3

&EFS/6												+RPFVE&EFS/2											
			Datum 22.05.2023			EPLAN			EPLAN GmbH & Co. KG			Kusovník artiklů : TUL010 - TUL002			= GA								
			Zprac. Honza												+ RP3								
			Zkontr.			Základní projekt se strukturou označení podle normy IEC: Struktura stran s označením funkce a označením umístění						IEC_bss001			List 1								
Změna			Datum			Název			Přív.			Náhrada z			Nahrazeno čim			Strana 8 / 14					

Kusovník artiklů

F01_001

Označení přístroje	Množství	Označení	Typové číslo	Dodavatel	Číslo artiklu
-F1	1	Odpisňáč vířkových pečetek	ETI EFH 10 DC 3P	ETI	TUL008
-F2	1	Odpisňáč vířkových pečetek	ETI EFH 10 DC 3P	ETI	TUL008
-F3	1	Odpisňáč vířkových pečetek	ETI EFH 10 DC 3P	ETI	TUL008
-F4	1	Odpisňáč vířkových pečetek	ETI EFH 10 DC 3P	ETI	TUL008
-P1	1	Fotovoltaický panel	AEG AS-M1442Z-H(M6)-450	AEG premium series	TUL005
-P2	1	Fotovoltaický panel	AEG AS-M1442Z-H(M6)-450	AEG premium series	TUL005
-P3	1	Fotovoltaický panel	AEG AS-M1442Z-H(M6)-450	AEG premium series	TUL005
-P4	1	Fotovoltaický panel	AEG AS-M1442Z-H(M6)-450	AEG premium series	TUL005
-P5	1	Fotovoltaický panel	AEG AS-M1442Z-H(M6)-450	AEG premium series	TUL005
-P6	1	Fotovoltaický panel	AEG AS-M1442Z-H(M6)-450	AEG premium series	TUL005
-P7	1	Fotovoltaický panel	AEG AS-M1442Z-H(M6)-450	AEG premium series	TUL005
-P8	1	Fotovoltaický panel	AEG AS-M1442Z-H(M6)-450	AEG premium series	TUL005
-P9	1	Fotovoltaický panel	AEG AS-M1442Z-H(M6)-450	AEG premium series	TUL005
-P10	1	Fotovoltaický panel	AEG AS-M1442Z-H(M6)-450	AEG premium series	TUL005
-P11	1	Fotovoltaický panel	AEG AS-M1442Z-H(M6)-450	AEG premium series	TUL005
-P12	1	Fotovoltaický panel	AEG AS-M1442Z-H(M6)-450	AEG premium series	TUL005
-P13	1	Fotovoltaický panel	AEG AS-M1442Z-H(M6)-450	AEG premium series	TUL005
-P14	1	Fotovoltaický panel	AEG AS-M1442Z-H(M6)-450	AEG premium series	TUL005
-P15	1	Fotovoltaický panel	AEG AS-M1442Z-H(M6)-450	AEG premium series	TUL005
-U5	1	3-fázový střídač	SUN2000-5KTL-M1	Huawei	TUL006
-U6	1	Akumulátory	LUNA2000-10-50	Huawei	TUL007
-UB	1	DC Svodič přepětí	002440581	ETI	TUL012
-U10	1	AC Svodič přepětí	HLSA12,5-275/4+0 M	hakel	TUL013
-U11	1	DC Svodič přepětí	002440581	ETI	TUL012

Příloha M Kusovník artiklů GAB1

&EFS/1						= + &AAB1/1		
	Datum	22.05.2023	EPLAN	EPLAN GmbH & Co. KG	Kusovník artiklů : TUL008 - TUL012			= GAB1
	Zprac.	Honzá						+ EAA
	Zkontr.		Základní projekt se strukturou označení podle normy IEC: Struktura stran s označením funkce a označením umístění					
Změna	Datum	Název	Přív.	Náhrada z	Nahrazeno tím			
							IEC_bas001	List 1
								Strana 12 / 14