

Bakalářská práce



České  
vysoké  
učení technické  
v Praze

**F3**

Fakulta elektrotechnická

## **Návrh elektroinstalace bytového domu s obnovitelnými zdroji energie**

Jiří Weiss

Vedoucí práce: Mgr. Ing. Vít Klein, Ph.D.  
2022

## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Weiss** Jméno: **Jiří** Osobní číslo: **492000**  
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**  
Zadávající katedra/ústav: **Katedra elektroenergetiky**  
Studijní program: **Elektrotechnika, energetika a management**  
Specializace: **Aplikovaná elektrotechnika**

## II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

**Návrh elektroinstalace bytového domu s obnovitelnými zdroji energie**

Název bakalářské práce anglicky:

**Design of electrical installation of an apartment building with renewable energy sources**

Pokyny pro vypracování:

- 1) Charakteristika bytového domu.
- 2) Dimenzování tepelného čerpadla.
- 3) Návrh fotovoltaické elektrárny pro dům.
- 4) Projekt elektroinstalace bytového domu.

Seznam doporučené literatury:

- 1) BENDA, Vítězslav. Obnovitelné zdroje energie. Praha: Profi Press, 2012. ISBN 978-80-86726-48-9.
- 2) MATAJS, Vladimír. Optimální orientace a sklon fotovoltaických panelů [online]. Praha: Topinfo, ©2001-2021. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/114865-optimalniorientace-a-sklon-fotovoltaickych-panelu>.
- 3) Tepelná čerpadla [online]. © Copyright Topinfo, 2021. Dostupné z: <https://vytapani.tzbinfo.cz/tepelna-čerpadla>.
- 4) Vytápíme plynem [online]. Praha: Topinfo, ©2001-2021. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/vytapimeplynem>

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

**Ing. Mgr. Vít Klein, Ph.D. katedra elektroenergetiky FEL**

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

Datum zadání bakalářské práce: **08.02.2022** Termín odevzdání bakalářské práce: **20.05.2022**

Platnost zadání bakalářské práce: **30.09.2023**

Ing. Mgr. Vít Klein, Ph.D.  
podpis vedoucí(ho) práce

podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Mgr. Petr Páta, Ph.D.  
podpis děkana(ky)

## III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

\_\_\_\_\_  
Datum převzetí zadání

\_\_\_\_\_  
Podpis studenta

## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne 10. 05. 2022

Jiří Weiss

## Poděkování

Děkuji panu Mgr. Ing. Vítu Kleinovi, Ph.D., za pomoc a ochotu při vedení této práce.  
Dále děkuji své rodině a přátelům, kteří mě při vytváření této práce podpořili.

## Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá návrhem bytové elektroinstalace doplněné o obnovitelné zdroje energie.

Práce začíná úvodem do problematiky návrhu elektroinstalace bytového domu. Shrnuje základní normy používané k projektování a na základě těchto norem jsou čtenáři sděleny podstatné náležitosti, které by neměly být opomenuty při každém návrhu elektroinstalace bytového domu.

Dále má práce za cíl seznámit čtenáře s možností dovybavit bytové domy obnovitelnými zdroji energie. Konkrétně jsou v práci zmíněny dva obnovitelné zdroje energie – solární elektrárna a tepelné čerpadlo. Čtenář je informován o základním principu jejich fungování a o klíčových parametrech důležitých pro jejich návrh.

Nakonec je proveden konkrétní návrh elektroinstalace a fotovoltaické elektrárny s akumulací do baterie na zadaném bytovém domě.

## Klíčová slova

Elektroinstalace bytového domu, fotovoltaická elektrárna, baterie, tepelné čerpadlo.

## **Abstract**

The bachelor's thesis deals with the design of residential wiring supplemented by renewable energy sources.

The work begins with an introduction to the design of wiring of an apartment building. It summarizes the basic standards used for design and based on these standards, the reader is informed of the essentials that should not be overlooked in any electrical design of an apartment building.

Furthermore, the work aims to acquaint the reader with the possibility of retrofitting apartment buildings with renewable energy sources. Specifically, there are two renewable energy sources that are mentioned in the work - a solar power plant and a heat pump. The reader is informed about the basic principle of their operation and about the key parameters important for their design.

Finally, a specific design of electrical installations and photovoltaic power plants with accumulation in the battery on the specified apartment building is made.

## **Keywords**

Wiring of an apartment building, photovoltaic power plant, battery, heat pump.

## Obsah

1	ÚVOD.....	1
2	ELEKTROINSTALACE BYTOVÉHO DOMU .....	3
2.1	Vymezení působnosti této práce v oblasti elektroinstalace .....	3
2.2	Hlavní domovní skříň.....	4
2.3	Hlavní domovní vedení.....	5
2.3.1	Obecné informace.....	5
2.3.2	Dimenzování HDV .....	5
2.3.3	Kontrola vedení na zkraty .....	8
2.4	Elektroměrová rozvodnice .....	10
2.4.1	Standardní provedení v bytovém domě .....	10
2.4.2	Provedení pro bytové domy se solární elektrárnou .....	10
2.5	Jistící prvky pro bytový rozváděč.....	11
2.5.1	Pojistka .....	11
2.5.2	Jistič.....	11
2.5.3	Proudový chránič .....	12
2.6	Bytový rozváděč .....	12
2.6.1	Vybavení a funkce rozváděče.....	12
2.6.2	Světelné okruhy .....	12
2.6.3	Zásuvkové okruhy.....	13
2.7	Vedení vodičů a umístění vývodů vedení .....	14
2.7.1	V běžných místnostech.....	14
2.7.2	V koupelně a v okolí umyvadel .....	15
3	TEPELNÉ ČERPADLO .....	17
3.1	Princip funkce.....	17
3.2	Hlavní vlastnosti TČ.....	18

3.3	Typy provozů TČ .....	18
3.4	Druhy TČ .....	20
3.4.1	Země – Voda .....	20
3.4.2	Voda – Voda .....	20
3.4.3	Vzduch – voda .....	21
3.5	Bivalentní zdroje .....	21
3.6	Potřeba tepla .....	22
3.7	Dimenzování TČ.....	23
3.7.1	Úvod .....	23
3.7.2	Metoda A.....	24
3.7.3	Metoda B.....	26
4	SOLÁRNÍ ELEKTRÁRNA.....	29
4.1	Princip funkce .....	29
4.2	Nejběžnější vlivy umístění FV článků na produkovaný výkon .....	30
4.3	Co je potřeba znát pro návrh solární elektrárny.....	31
4.4	Solární systém.....	33
4.4.1	Druhy systémů .....	33
4.4.2	FV moduly.....	34
4.4.3	Střídač a měření .....	34
4.4.4	Baterie .....	35
4.4.5	Obousměrný elektroměr .....	36
5	Praktická část .....	37
5.1	Bytový dům.....	37
5.1.1	Seznámení s bytovým domem.....	37
5.1.2	Rozbor spotřeby elektrické energie bytového domu pro FVE .....	37
5.2	Návrh baterie a FVE .....	39



5.2.1	Zásady návrhu .....	39
5.2.2	Prvotní odhad velikosti baterie a FVE .....	39
5.2.3	Bilance FVE a návrh velikosti baterie.....	42
5.2.4	Návratnost FV systému.....	46
5.3	Návrh elektroinstalace .....	49
5.3.1	Přípojka.....	49
5.3.2	HDV .....	50
5.3.3	Společné prostory .....	51
5.3.4	Bytová elektroinstalace .....	52
6	Závěr .....	53
7	Seznam literatury.....	55
8	Seznam příloh .....	61

## Obrázky

Obr. 2.1: Schéma elektroinstalace bytového domu .....	3
Obr. 2.2: Hlavní domovní skříň – schéma.....	4
Obr. 2.3: Schéma instalačních zón v místnosti.....	15
Obr. 2.4: Minimální vzdálenosti elektrických předmětů od umyvadla .....	16
Obr. 2.5: Zóny pro používání elektrických předmětů v koupelně .....	16
Obr. 3.1: Technologické schéma TČ (vzduch-voda).....	17
Obr. 3.2: Typy provozů TČ .....	19
Obr. 3.3: Příklad grafu křivek výkonu TČ a tepelných ztrát budovy .....	22
Obr. 4.1: VA charakteristika fotovoltaického článku.....	29
Obr. 4.2: Výnos energie v závislosti na sklonu a orientaci článku .....	30
Obr. 4.3: Příklad denní skutečné spotřeby dle TDD 4 roku 2021 .....	32
Obr. 4.4: Příklad hybridní FVE.....	33
Obr. 5.1: Spotřeba elektrické energie po dnech .....	40
Obr. 5.2: Příklad měsíční výroby FVE o výkonu 20 kWp .....	40
Obr. 5.3: FV moduly pohled z boku .....	42
Obr. 5.4: FV moduly pohled shora.....	42
Obr. 5.5: Stav baterie 80,6 kWh .....	45
Obr. 5.6: Stav baterie 65,28 kWh .....	48
Obr. 5.7: Součásti FV systému od firmy WATTSONIC .....	49
Obr. 5.8: Náhradní zkratový obvod.....	50

## Tabulky

Tab. 2.1: Soudobost .....	6
Tab. 2.2: Stupně elektrizace bytu .....	6
Tab. 2.3: Počet a minimální průřezy HDV.....	7
Tab. 2.4: Činitel $k_e$ .....	9
Tab. 5.1: Hlavní parametry střídače .....	43
Tab. 5.2: Hlavní parametry baterie .....	44
Tab. 5.3: Bilance FVE a cena FV systému pro různé baterie .....	45
Tab. 5.4: Návrhovatelnost FV systémů s různými bateriemi .....	47

## Seznam zkratek

BR	Bytová rozvodnice
ER	Elektroměrová rozvodnice
FV	Fotovoltaický (přídavné jméno)
FVE	Fotovoltaická elektrárna
HDV	Hlavní domovní vedení
MET	Hlavní uzemňovací svorka
NP	Nadzemní podlaží
OZE	Obnovitelné zdroje energie
PP	Podzemní podlaží
TČ	Tepelné čerpadlo
TDD	Typový diagram dodávky

## Seznam použitých technických norem

- I. ČSN 33 2000-1 ed.2. Elektrická instalace nízkého napětí – Část 1: Základní hlediska, stanovení základních charakteristik, definice. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009.
- II. ČSN 33 2000-5-54 ed.3. Elektrická instalace nízkého napětí – Část 5-54: Výběr a stavba elektrických zařízení – Uzemnění a ochranné vodiče. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012.
- III. ČSN 33 2130 ed.3. Elektrická instalace nízkého napětí – Vnitřní elektrické rozvody. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014.
- IV. ČSN 33 2130 ed.3 Změna Z1. Elektrická instalace nízkého napětí – Vnitřní elektrické rozvody. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2018.
- V. ČSN 33 2000-4-43 ed. 2. Elektrické instalace nízkého napětí – Část 4-43: Bezpečnost – Ochrana před nadproudy. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010
- VI. ČSN 33 2000-5-52 ed. 2. Elektrická instalace nízkého napětí – Část 5-52: Výběr a stavba elektrických zařízení – Elektrická vedení. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012.
- VII. ČSN 33 2000-5-54 ed. 3 Elektrické instalace nízkého napětí – Část 5-54: Výběr a stavba elektrických zařízení – Uzemnění a ochranné vodiče. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012.
- VIII. ČSN 73 0540-3. Tepelná ochrana budov – Část 3: Návrhové hodnoty veličin. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2005.
- IX. ČSN EN 15316 – 4 – 2. Energetická náročnost budov – Metoda výpočtu energie a účinností soustav – Část 4 – 2: Výroba tepla pro vytápění, tepelná čerpadla, Modul M3-8-2, M8-8-2. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2020



# 1 ÚVOD

V současné době je jedním z hlavních společenských témat globální oteplování. Svět se toto riziko snaží řešit snižováním vypouštění skleníkových plynů do ovzduší. Jedním z největších emitentů skleníkových plynů jsou elektrárny spalující fosilní paliva jako je uhlí a zemní plyn. Tepelné elektrárny a teplárny se tak ocitly v popředí snah o snižování emisí. Nástrojem pro omezování výroby tepla a elektřiny z těchto zdrojů se staly regulace, které mají za cíl učinit jejich provoz neekonomickým. Naneštěstí stále neexistuje zdroj elektrické energie a tepla, který by byl bezemisní, a dal se postavit rychle a ve velkém množství. Domácnosti se tak dostávají do situace, kdy na ně musí výrobci elektřiny a tepla přenášet náklady spojené s provozem nebo náhradou fosilních zdrojů. Z tohoto důvodu začínají růst tendence zajišťovat si teplo a elektrickou energii sám z vlastních zdrojů pomocí obnovitelné energie. Pro účely vytápění se jako bezemisní zdroj nabízí použití tepelného čerpadla a pro výrobu elektřiny je možné použít fotovoltaických panelů. Donedávna drahá zařízení tak začínají i díky různým dotacím jako je Nová zelená úsporám získávat na oblibě.

Cílem práce je seznámit čtenáře s elektroinstalací bytového domu s vhodnými doplňky v podobě obnovitelných zdrojů energie. V praktické části pak bude předveden návrh elektroinstalace bytového domu spolu s fotovoltaickou elektrárnou doplněnou o baterie.



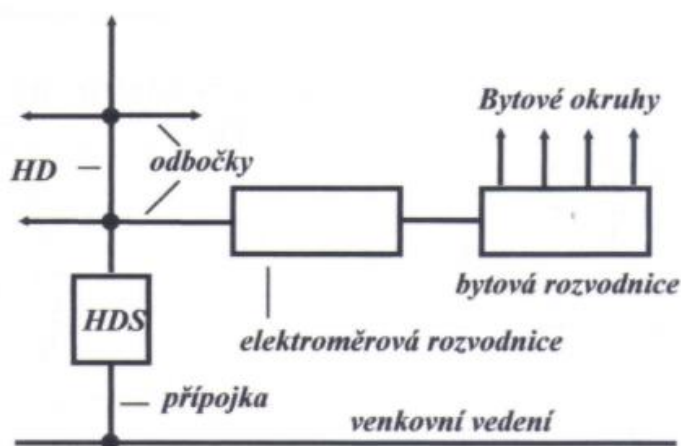


## 2 ELEKTROINSTALACE BYTOVÉHO DOMU

### 2.1 Vymezení působnosti této práce v oblasti elektroinstalace

Pod pojmem elektroinstalace se nachází poměrně široké spektrum, kterým se lze zabývat. Za domovní elektroinstalaci jde považovat už přívod napájení do domu (přípojka). Za přípojkou se zpravidla nachází hlavní domovní skříň. Z hlavní domovní skříně je napájení řešeno skrze hlavní domovní vedení do elektroměrové rozvodnice a teprve až z ní do bytové rozvodnice, které se vyskytují v bytech. Mají k nim přístup i v elektrotechnice nevzdělané či nepoučené osoby. Z rozvodnice jsou pak vedeny jednotlivé zásuvkové a světelné okruhy po celém domě. Stejně tak do domovní instalace může patřit ochrana proti bleskům – hromosvody. Nebo je možné se v bytě zabývat rozvodem komunikace a internetu, který může vést až k současným trendům chytrých domů. Pole možností je tedy široké.

Tato práce se dále zabývá pouze silovou elektroinstalací.



Obr. 2.1: Schéma elektroinstalace bytového domu <sup>1</sup>

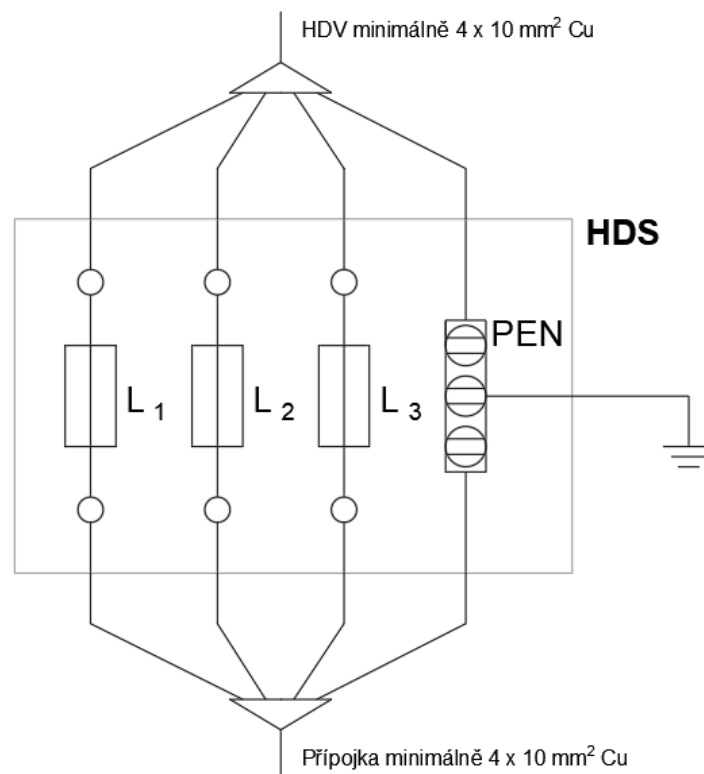
<sup>1</sup> MUDRUŇKOVÁ, Anna. *Schéma elektrického rozvodu v bytovém domě* [obrázek v PC programu]. Praha 2016. In: *Elektrická instalace v obytných budovách* [online]. [cit. 27.12.2021].

Dostupné z <https://publi.cz/books/260/02.html>

## 2.2 Hlavní domovní skříň

Hlavní domovní skříň (dále také HDS) je místo, kde je bytový dům připojen k distribuční síti. V této skříně se nacházejí pojistky a pásek pro rozvod vodiče PEN. Zároveň je z tohoto pásku připojena zemnicí elektroda. Za HDS zůstává zachována síť TN-C.

Pojistky v HDS se dimenzují o 1 stupeň výše, než je velikost nejvyššího hlavního jističe před elektroměrem.<sup>2</sup> Je zde snaha o dosažení selektivity.



Obr. 2.2: Hlavní domovní skříň – schéma<sup>3</sup>

<sup>2</sup> ČSN 33 2130 ed.3. Elektrická instalace nízkého napětí – Vnitřní elektrické rozvody. str. 18 [cit. 30.12.2021].

<sup>3</sup> KULHÁNEK Eduard. Schéma HDS [obrázek v PC programu]. 2016. In: MUDRUŇKOVÁ, Anna.

*Elektroenergetika 1.* [online]. 2016 [cit. 30.12.2021]. ISBN 978-80-88058-81-6.

Dostupné z: <https://publi.cz/books/260/02.html>

## 2.3 Hlavní domovní vedení

### 2.3.1 Obecné informace

Jedná se o vedení (dále také HDV), které spojuje hlavní domovní skříň s elektroměrovými rozvodnicemi pomocí soustavy TN-C. Jeho hlavní úlohou je tak přenést elektrickou energii ke všem bytům. Jelikož se v této práci zabýváme bytovými domy (více jak 3 byty), je nutný návrh HDV – nelze vést odbočky k jednotlivým bytům z HDS. Vedení by mělo být vedeno takovým způsobem, aby nebyly nutné stavební práce při výměně/rekonstrukci HDV a zároveň aby byla co nejvíce ztížena možnost černého odběru - např. v trubkách nebo ve zdi. Jištění tohoto vedení bývá v přípojkové skříni (hlavní domovní skříni) zajištěno pojistkami.

Od HDV jsou pak vedeny odbočky k jednotlivým bytovým elektroměrům.

### 2.3.2 Dimenzování HDV

Jak je vidět ze schématu HDS (Obr. 2.2), minimální průřez pro HDV je 10 mm<sup>2</sup> pro měděné jádro vodiče. Pokud se pohybujeme ve starším objektu s HDV z hliníku, je minimální přípustný průřez 16 mm<sup>2</sup>. Pro nové instalace se již hliník nepoužívá. V praxi si však s minimálními průřezy vodičů zpravidla nevystačíme. Na následujících řádcích bude popsán způsob výpočtu HDV podle normy ČSN 33 2130 ed.3 - Elektrická instalace nízkého napětí – Vnitřní elektrické rozvody. Tato norma využívá pro výpočet HDV proudové hledisko a požaduje kontrolu úbytku napětí.

Nejprve je nutné zjistit, jaký výkon bude potřeba dodat bytům potažmo bytovému domu. K tomu budeme potřebovat výkony dodávané bytům a soudobost všech bytů, neboť dimenzování HDV na maximální dodávku by bylo neekonomické a neekonomické. Ve stejný čas všechny byty totiž neodebírají maximální výkon.

Soudobost pro  $n$  bytů lze určit pomocí následujícího vztahu.

$$\beta_n = \beta_{At} + \frac{1 - \beta_{At}}{\sqrt{n}} \quad [-; -; -; \text{bytů}] \quad (2.1)$$

$n$  – počet bytů;  $\beta_{At}$  – soudobost nekonečně mnoha bytů (0,15 - 0,20)

Další možností je použít tabulku uvedenou v normě.

Počet bytů n	Soudobost $\beta_n$	Počet bytů n	Soudobost $\beta_n$	Počet bytů n	Soudobost $\beta_n$
2	0,77	13	0,42	24	0,36
3	0,66	14	0,41	25	0,36
4	0,60	15	0,41	26	0,36
5	0,56	16	0,40	27	0,35
6	0,53	17	0,39	28	0,35
7	0,50	18	0,39	29	0,35
8	0,48	19	0,38	30	0,33
9	0,47	20	0,38	31	0,31
10	0,45	21	0,37	32	0,30
11	0,44	22	0,37	33	0,30
12	0,43	23	0,37	34	0,28

**Tab. 2.1: Soudobost  $\beta_n$  pro n bytů** <sup>4</sup>

Jelikož je nemožné dopředu říct, jaká konkrétní zařízení bude mít uživatel bytu, a tedy jaký výkon bude požadovat, byly normativně stanoveny tři stupně elektrizace bytů a jejich soudobé příkony.

Stupeň elektrizace	Soudobý příkon $P_b$ (kW)	Použití elektriny
A	7	Běžné osvětlení a domácí spotřebiče do 3,5 kVA
B	11	Totéž co A + vaření a pečení s elektrickými spotřebiči nad 3,5 kVA
C	Nutno spočítat	Totéž co A nebo B + elektrické spotřebiče na vytápění nebo klimatizaci

**Tab. 2.2: Stupně elektrizace bytu** <sup>5</sup>

Se soudobostí a soudobými příkony lze spočítat výpočtové zatížení bytového domu.

$$P_P = \left( \sum_{i=1}^n P_{bi} \right) \cdot \beta_n \quad [\text{kW}; \text{kW}; -] \quad (2.2)$$

$P_{bi}$  – soudobý příkon i-tého bytu;  $\beta_n$  – soudobost

<sup>4</sup> Volně dle ČSN 33 2130 ed.3. *Elektrická instalace nízkého napětí – Vnitřní elektrické rozvody*. str. 37. [cit. 30.12.2021].

<sup>5</sup> Stejně jako výše, ale na straně 17.

Ze znalosti výpočtového zatížení (2.2) je možné spočítat výpočtový proud, který představuje skutečný proud, který očekáváme, že poteče skrz HDV.

$$I_P = \frac{1000 \cdot P_P}{\sqrt{3} \cdot U_S \cdot \cos \varphi} \quad [\text{A}; \text{kW}; \text{V}; -] \quad (2.3)$$

$P_P$  – výpočtový výkon;  $U_S$  – sdružené napětí (400 V);  $\cos \varphi$  – účinník (0,95)

Dále si najdeme takový průřez vodiče, aby jeho jmenovitá proudová zatížitelnost  $I_N$  byla vyšší než výpočtový proud. Jmenovitou hodnotu nalezeného proudu vynásobíme přepočítávacími činiteli, které zohledňují konkrétní podmínky uložení vodičů. Tím získáme dovolené proudové zatížení  $I_{dov}$ . Následně musí platit podmínka:

$$I_P \leq I_{dov} \quad [\text{A}; \text{A}] \quad (2.4)$$

Bližší informace o uložení a přepočítávacích činitelích nejsou podstatné pro tuto práci, ale jsou k nalezení v normě ČSN 33 2000-5-52 ed. 2 - Elektrická instalace nízkého napětí – Část 5-52: Výběr a stavba elektrických zařízení – Elektrická vedení.

Kromě podmínky (2.4) je nutné splnit požadavek normy na minimální průřezy vodičů HDS. Pro byty stupně A a B je uvedena následující tabulka:

Počet a minimální průřez vodičů HDV S (mm <sup>2</sup> )		Stupeň elektrizace bytů	
		A	B
Al	Cu	Počet bytů připojených na HDV	
4 x 16	4 x 10	do 7	do 3
4 x 25	4 x 16	8 - 10	4 - 5
4 x 35	4 x 25	11 - 14	6 - 7
4 x 50	4 x 35	15 - 19	8 - 10
4 x 70	4 x 50	20 - 26	11 - 14
4 x 95	4 x 70	27 - 32	15 - 19
	4 x 95	33 - 46	20 - 27

**Tab. 2.3: Počet a minimální průřezy HDV**<sup>6</sup>

<sup>6</sup> Volně dle ČSN 33 2130 ed.3. *Elektrická instalace nízkého napětí – Vnitřní elektrické rozvody*. str. 38. [cit. 30.12.2021].

Nakonec by se měla provést kontrola na úbytek napětí. Úbytek napětí mezi HDS a bytovým rozváděčem by neměl přesáhnout 2 % pro smíšené odběry (světelné a jiné) a 3 % pro jiné než světelné odběry.<sup>7</sup> Bude tak nutné spočítat úbytky jak na HDV, tak na vedení za elektroměrem.

Pro jednofázový systém je výpočet úbytku napětí následující:

$$\Delta U_f = \frac{1000 \cdot P_p \cdot l}{\gamma \cdot U_f \cdot S} \quad \left[ \text{V}; \text{kW}; \text{m}; \frac{\text{S} \cdot \text{m}}{\text{mm}^2}; \text{V}; \text{mm}^2 \right] \quad (2.5)$$

$P_p$  – výpočtový výkon;  $l$  – délka vedení;  $\gamma$  – měrná elektrická vodivost;

$U_f$  – fázové napětí (230 V);  $S$  – průřez vodiče

Pro třífázový systém je vzorec pro výpočet úbytku napětí podobný:

$$\Delta U_s = \frac{1000 \cdot P_p \cdot l}{\gamma \cdot U_s \cdot S} \quad \left[ \text{V}; \text{kW}; \text{m}; \frac{\text{S} \cdot \text{m}}{\text{mm}^2}; \text{V}; \text{mm}^2 \right] \quad (2.6)$$

$P_p$  – výpočtový výkon;  $l$  – délka vedení;  $\gamma$  – měrná elektrická vodivost;

$U_s$  – sdružené napětí (400 V);  $S$  – průřez vodiče

### 2.3.3 Kontrola vedení na zkrat

Spolu s návrhem vedení, podle nadproudového hlediska popsaného dříve, by se měl návrh vedení zaobírat ještě hlediskem zkratovým, neboť při zkratech dochází k velkému proudovému a tepelnému namáhání vodičů, které může vést k degradaci a případně až k destrukci vodiče a jeho izolace. Většina vzorců je použita z absolvovaných přednášek Elektroenergetika1 na ČVUT FEL.<sup>8</sup>

Pro výpočet zkratu se sestavuje obvod zkratu, který zahrnuje všechna vedení a přístroje mezi místem zkratu a sítí. Pro každou komponentu obvodu pak vypočteme jejich impedanci. Díky impedanci jsme pak schopni spočítat počáteční rázový zkratový proud.

$$I_k'' = \frac{1,1 \cdot U_s}{\sqrt{3} \cdot Z_k} \quad [\text{A}; \text{V}; \Omega] \quad (2.7)$$

$U_s$  – sdružené napětí (400 V);  $Z_k$  – zkratová impedance obvodu

<sup>7</sup> ČSN 33 2130 ed.3. *Elektrická instalace nízkého napětí – Vnitřní elektrické rozvody*. str. 23. [cit. 30.12.2021].

<sup>8</sup> MUSIL, Ladislav. *Přednášky z předmětu Elektroenergetika 1*. (B1B15EN11). FEL ČVUT v Praze, 2020.

Po vypočtení proudu je možné přejít k výpočtu ekvivalentního oteplovacího proudu, což je proud konstantní hodnoty, který vyvolá stejné tepelné účinky jako časově proměnný proud zkratu.

$$I_{ke} = I_k'' \cdot k_e \quad [A; A; -] \quad (2.8)$$

$I_k''$  – počáteční rázový zkratový proud;  $k_e$  – činitel, závisející na době zkratu

Činitel se volí podle doby trvání zkratu  $t_k$ . Doby trvání předpokládáme do vybavení pojistek. Pro odečtení času vybavení z příslušných diagramů je potřeba znát nárazový zkratový proud:

$$I_p = \sqrt{2} \cdot I_k'' \cdot K \quad [A; A; -] \quad (2.9)$$

$I_k''$  – počáteční rázový zkratový proud;  $K$  – činitel podle druhu sítě

Činitel  $K$  lze spočítat jako: <sup>9</sup>

$$K = 1,02 + 0,98 \cdot e^{\frac{-3 \cdot R}{X}} \quad [-; \Omega; \Omega] \quad (2.10)$$

$R$  – reálná část zkratové impedance;  $X$  – imaginární část zkratové impedance

Známe-li čas vybavení pojistky, pak lze zjistit činitel  $k_e$  z následující tabulky a spočítat ekvivalentní oteplovací proud.

Doba trvání zkratu [s]	< 0,05	0,05 - 0,1	0,1 - 0,2	0,2 - 1,0	1,0 - 3,0	> 3
Činitel $k_e$ [-]	1,50	1,20	1,10	1,05	1,00	1,00

Tab. 2.4: Činitel  $k_e$  <sup>10</sup>

Proud spočtený ze vzorce (2.8) pak využijeme k výsledné kontrole zvoleného průřezu na tepelné účinky zkratu tím, že průřez navrhovaného kabelu musí být větší, než vyjde spočítaný průřez následujícím vzorcem:

<sup>9</sup> MUDRUŇKOVÁ, Anna. Přednášky z předmětu Elektroenergetika 2. VOŠ a SPŠE Františka Křižíka v Praze, 2019

<sup>10</sup> MUSIL, Ladislav. Přednášky z předmětu Elektroenergetika 1. (B1B15EN11). FEL ČVUT v Praze, 2020.

$$S = \frac{I_{ke} \cdot \sqrt{t_k}}{k} \quad \left[ \text{mm}^2; \text{A}; \text{s}; \frac{\text{A} \cdot \text{s}}{\text{mm}^2} \right] \quad (2.11)$$

$I_{ke}$  – ekvivalentní oteplovací proud;  $t_k$  – doba trvání zkratu;

$k$  – materiálová konstanta (pro vodič z mědi a izolaci z PVC = 115) <sup>11</sup>

## 2.4 Elektroměrová rozvodnice

### 2.4.1 Standardní provedení v bytovém domě

Elektroměrová rozvodnice (dále také ER) je rozvodnice, která obsahuje elektroměr, hlavní jistič pro daný byt a nulovou svorkovnici PE. Každý byt má svůj elektroměr. Umístění rozvodnice má být takové, aby byl umožněn neustálý přístup. To je nutné z důvodu měření a z požárních důvodů. Dále musí být zajištěn bezpečný pracovní prostor, který má šířku ER a hloubku alespoň 0,8 m. V rámci ER je hlavní jistič umístěn před elektroměrem. Vyžaduje se, aby měl stejný počet fází jako elektroměr. Zároveň se jedná o jistič, na jehož základě jsou vypočítávány ceny elektřiny. Elektroměry jsou v dnešní době digitální a novější umožňují vzdálený odečet a HDO. Pokud elektroměr umožňuje HDO, je v rozváděči přítomen ještě sazbový spínač a může zde být ještě ovládací relé akumulacních spotřebičů. Můstek PE je tu z toho důvodu, aby nedošlo k přerušení PEN vodiče při manipulaci s elektroměrem. Všechny dříve zmíněné komponenty musí být upraveny tak, aby nemohlo dojít k vnějším zásahům neoprávněných osob.

### 2.4.2 Provedení pro bytové domy se solární elektrárnou

Chceme-li využívat elektrickou energii jak ze sítě, tak ze solární elektrárny takovým způsobem, aby nebylo složité provést elektrickou instalaci, je vhodné se v rámci bytového domu domluvit na zřízení společného odběrného místa (hlavní jistič s elektroměrem) pro celý dům. Pro každý byt pak jsou zřízeny podružné elektroměry. Toto opatření přináší výhody úspory za platbu hlavního jističe, kdy se za jeden „velký“ jistič platí méně než za všechny bytové rozváděče dohromady, což šetří náklady ještě

<sup>11</sup> Kolektiv autorů OEZ. Příručka elektrikáře [online]. Letohrad. [cit. 09.05.2022]. Dostupné z:

[http://www.bqz.sk/download/\\_info/oez\\_prirucka\\_elektrikare\\_web.pdf](http://www.bqz.sk/download/_info/oez_prirucka_elektrikare_web.pdf)



dříve než bytové družstvo / společenství vlastníků jednotek začne přemýšlet nad osazením střechy solární elektrárnou.

## 2.5 Jistící prvky pro bytový rozváděč

### 2.5.1 Pojistka

Jedná se o zařízení, které chrání proti zkratu. Využívá k tomu principu tenkého drátku, který se při překročení jmenovitého proudu přepálí, čímž dojde k přerušení toku proudu a chráněné zařízení je odpojeno od napájení. Výhodou je rychlost působení. Pojistka se však musí po každém zapůsobení vyměnit, což je nevhodné, a proto se pojistky do nových instalací nepoužívají. Stále je však možné se s nimi setkat ve starých instalacích.

### 2.5.2 Jistič

Na rozdíl od pojistky je jistič aktuálním a nejpoužívanějším jistícím prvkem. Kombinuje v sobě ochranu proti přetížení (nadproudu) a zkratu. Pro vybavení při přetížení je jistič vybaven bimetalem. Ten je při přetížení ohýbán, což je důsledek rozdílné délkové roztažnosti materiálů, čímž zapůsobí na vnitřní mechanismus, který provede vybavení jističe. Zkraty jsou jističe pomoci elektromagnetické spouště. Při příchodu zkratového proudu dojde v cívice k vytvoření magnetického pole, které zapůsobí na spoušť a odpojí zařízení od napájení. Podle velikosti násobků jmenovitých proudů ( $I_N$ ) při zkratu, dělíme jističe do tří charakteristik – B, C, D. Charakteristika B nám říká, že jistič vybaví při 3 – 5násobku jmenovitého proudu. Tyto jističe se v bytech používají nejčastěji. Další charakteristiky C a D se odlišují vyššími použitými násobky. Jistič s charakteristikou C vybaví při 5 - 10  $I_N$  a jistič charakteristiky D při 10 - 20  $I_N$ . Jističe typu C a D slouží k jistění zařízení, které mají proudový ráz při zapínání. Může se jednat např. o spouštění většího množství zářivek – v bytech se tedy příliš neuplatní. Ve společných prostorách domu se může najít prostor pro jejich využití.

### 2.5.3 Proudový chránič

Proudový chránič je zařízení, které poskytuje doplňkovou ochranu při poruše. V bytech nesmí být používán samostatně, ale vždy v kombinaci s jističem. Jeho úkolem je hlídat unikající proud z obvodu. K tomu slouží diferenciální relé, které hlídá, zda proud, který přitekne do obvodu z něj také odtéká. Hlídní je zajištěno mechanickým spojením magnetického obvodu relé s vypínacím mechanismem. V bezporuchovém stavu je magnetický obvod relé spojen. Pokud dojde k poruše, dochází k zeslabení magnetického pole, které drží magnetický obvod spojený. Rozpojení magnetického obvodu je zajištěno pomocí vypínací pružiny, která se celou dobu snaží přitáhnout kotvu magnetického obvodu. Přitažená kotva pak zapůsobí na vypínací mechanismus. Proudové chrániče pro bytovou instalaci nepovolí rozdíl proudu větší než 30 mA.

## 2.6 Bytový rozváděč

### 2.6.1 Vybavení a funkce rozváděče

Bytový rozváděč (dále také BR) slouží k přivedení napájení z elektroměru do bytu, resp. do bytových okruhů. Další úlohou je rozdělení čtyřvodičové sítě TN-C na pětivodičovou síť TN-S. Toho dosáhneme rozdělením vodiče PEN na N a PE, kde vodič N je nulový vodič a vodič PE je ochranný.

Vybavení rozváděče může být různé a závisí na použitých zařízeních v bytě. Standardně se v rozváděči vyskytují zejména jističe a proudové chrániče, které jsou umístěné na DIN liště. Dále je možné v rozváděči nalézt svorkovnice pro N a PE vodiče. Mezi nestandardní věcí v rozváděči může být například přítomnost zvonku.

### 2.6.2 Světelné okruhy

Světelné okruhy jsou obvykle prováděny kabelem o průřezu  $3 \times 1,5 \text{ mm}^2$ . Jištěny bývají jističem 10 A charakteristiky B, nicméně platí, že součet jmenovitých proudů nesmí překročit jmenovitý proud jističe. Od roku 2018 dle normy ČSN 33 2130 ed.3 ZMĚNA Z1 – Elektrická instalace nízkého napětí – Vnitřní elektrické rozvody by měl být pro každý světelný okruh připojen proudový chránič, přičemž každý obvod by měl mít svůj

chránič. Spínání světelných obvodů v jednotlivých místnostech je realizováno spínači, které by měly být umístěny na straně dveří u kliky.

### 2.6.3 Zásuvkové okruhy

Jedná se o okruhy na jejichž konci je umístěna zásuvka, která má takový tvar, aby do ní bylo možné vložit zástrčku vidlicového tvaru. Pro běžné okruhy, které napájí běžné spotřebiče, které se nacházejí v domácnostech jsou v normě ČSN 33 2130 ed.3 - Elektrická instalace nízkého napětí – Vnitřní elektrické rozvody uvedeny minimální počty zásuvkových a světelných obvodů na plochu bytu, průřezy jader vodičů a k nim jmenovité hodnoty jističů. Podobně jako u HDV i zde je potřeba dodržet požadavek na maximální úbytek napětí. Ten nesmí být mezi BR a zásuvkou (spotřebičem) větší než 2 % pro světelné obvody, 3 % pro obvody vařidel a topidel, a 5 % pro ostatní obvody.<sup>12</sup> Pro zajištění maximálního úbytku jsou tak uvedeny i maximální vzdálenosti.

Běžné zásuvkové obvody pro připojování spotřebičů jsou prováděny kabelem o průřezu  $3 \times 2,5 \text{ mm}^2$ . Jištěny bývají jističem 16 A charakteristiky B. Součástí těchto obvodů může být až 10 vývodů, kdy se za jeden vývod bere i „čtyřzásuvka“. Na jednom obvodu mohou být v jednom okamžiku připojeny přístroje do celkového příkonu 3 680 VA (viz napětí jedné fáze proti zemi je 230 V a jmenovitý proud jističe 16 A). Jelikož se v bytech vyskytují i zařízení o větším příkonu (okolo 2 kW a víc) a bývají často neustále zapojené do zásuvky, byly stanoveny speciální zásuvkové obvody pro tyto přístroje, jakými jsou např. pračka, lednička, sušička, sporák a akumulární kamna. Vyjma ledničky a akumulárních kamen, které jsou napájeny kabelem o průřezu  $3 \times 1,5 \text{ mm}^2$  a jištěny 10 A jističem, je většina speciálních obvodů jištěna stejně jako běžné obvody. Pro zařízení s výkonem nad 2 kW, které nespádají do normativně stanovených speciálních obvodů je nutné provést výpočet průřezu kabelů a jištění. Pro průřez lze použít stejných vzorců jako byly použity u HDV – vzorce (2.3) a (2.4). Pro výběr jmenovitého proudu jističe  $I_{Nj}$  je nutné splnit dvě podmínky:<sup>13</sup>

---

<sup>12</sup> ČSN 33 2130 ed.3. *Elektrická instalace nízkého napětí – Vnitřní elektrické rozvody*. str. 23. [cit. 01.02.2022].

<sup>13</sup> Vzorce převzaty z: ČSN 33 2000-4-43 ed. 2. *Elektrické instalace nízkého napětí – Část 4-43: Bezpečnost – Ochrana před nadproudy*. str. 8. [cit. 05.05.2022]

$$I_P \leq I_{Nj} \leq I_{dov} \quad [A; A; A] \quad (2.12)$$

$I_P$  – výpočtový proud;  $I_{Nj}$  – jmenovitý proud jističe;  $I_{dov}$  – dovolený proud

$$1,45 \cdot I_{Nj} \leq 1,45 \cdot I_{dov} \quad [A; A] \quad (2.13)$$

$K$  – součinitel přiřazení jistícího prvku;  $I_N$  – jmenovitý proud vodiče

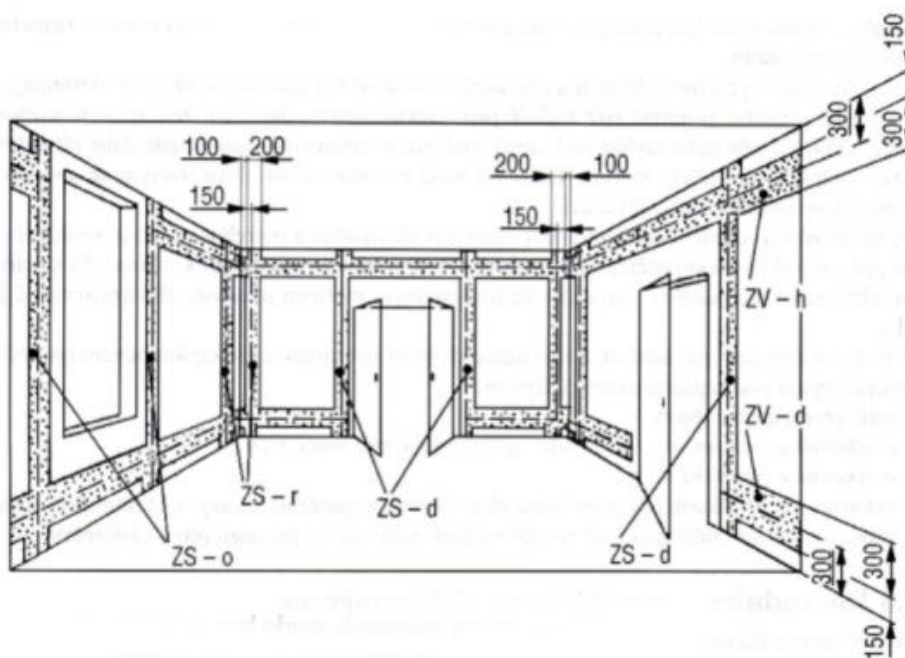
Stejně jako světelné okruhy, zásuvkové okruhy musí být doplněny proudovými chrániči. Na rozdíl od světelných okruhů, na jednom proudovém chrániči může být více zásuvkových okruhů, tudíž se zásuvkové okruhy připojují k chráničům, které jsou již zřízeny pro světelné okruhy.

## 2.7 Vedení vodičů a umístění vývodů vedení

### 2.7.1 V běžných místnostech

Vodiče běžně vedeme v instalačních zónách, které se vyskytují pod stropem, při zemi a v prostoru u oken a dveří (či jiných objektů). Pro zachování profesionality, přehlednosti a budoucí snadné úpravy instalace, jsou vodiče vedeny v pravých úhlech. Konkrétní rozměry jsou zobrazeny na Obr. 2.3. Zásuvky se taktéž zpravidla nachází v instalační zóně, a to při zemi. Vodiče jsou nejčastěji umístěny pod omítkou ve zdi. V současnosti se začíná také rozmáhat vedení nad stropem v případech, kdy je v místnosti umístěn podhled, což se děje například při rekonstrukcích bytů v panelovém domě.

V takovém případě jsou vodiče položeny na podhledu a z Obr. 2.3 se využijí jen vertikální zóny.

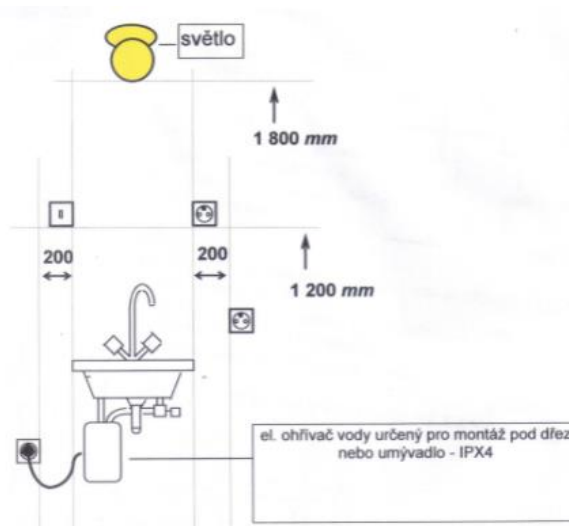


**Obr. 2.3: Schéma instalačních zón v místnosti** <sup>14</sup>

### 2.7.2 V koupelně a v okolí umyvadel

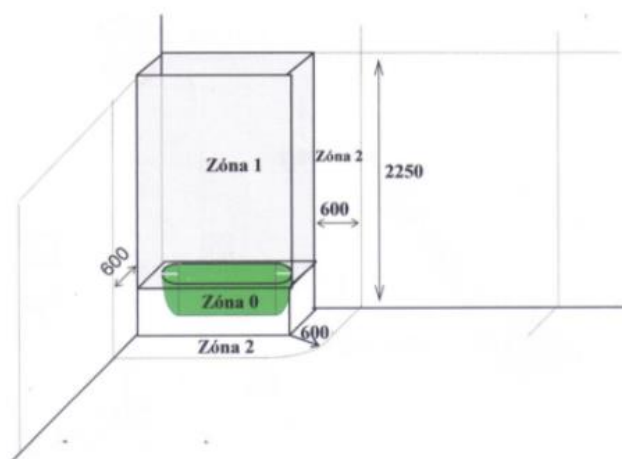
V koupelnách platí podobná pravidla jako v kapitole 2.7.1. Z důvodu zajištění bezpečnosti jsou zde však některé specifické prvky, které je potřeba zmínit. V koupelnách musí být doplněno ochranné pospojování, které uvede všechny kovové předměty na stejný potenciál (např. sprcha, vodovodní kohoutek). Mezi místy se stejným potenciálem nemůže téct elektrický proud, a proto nehrozí nebezpečí úrazu. Pospojování se obvykle provádí žlutozeleným vodičem o průřezu 4 mm<sup>2</sup>, jehož konec je připojen na svorkovnici PE v BR. Dalším specifikem je umístění elektrických zařízení v blízkosti tekoucí vody, což zvyšuje možnost elektrického úrazu. Proto jsou vymezeny zóny a vzdálenosti, které definují možnou přítomnost určitých zařízení. V případě umyvadel jsou stanoveny minimální vzdálenosti zásuvek, spínačů a světel od umyvadla dle Obr. 2.4.

<sup>14</sup> DVOŘÁČEK Karel. Instalační zóny: Instalační zóny [obrázek]. 2004. In: MUDRUŇKOVÁ, Anna. *Elektroenergetika 1*. [online]. 2016 [cit. 31.01.2022]. ISBN 978-80-88058-81-6. Dostupné z: <https://publi.cz/books/260/02.html>



**Obr. 2.4: Minimální vzdálenosti elektrických předmětů od umyvadla** <sup>15</sup>

Pro vany a sprchové kouty jsou pak vytyčeny zóny 0-2. V zóně 0, tedy ve vaně, lze používat jen přístroje určené do zóny 0. V zóně 1, tedy nad vanou, mohou být nanejvýš ohřivače vody nebo ventilátory. Pro zónu 2, která je v okolí vany platí, že přístroje by měly být schváleny pro používání v této zóně. Dále je zde možné umísťovat svítidla. Ta by měla mít zesílenou izolaci nebo být ve výšce alespoň 1,8 m od podlahy. V žádné z těchto oblastí by neměly být zásuvky nebo spínače. Bližší představu o velikosti a rozložení zón představuje Obr. 2.5.



**Obr. 2.5: Zóny pro používání elektrických předmětů v koupelně** <sup>16</sup>

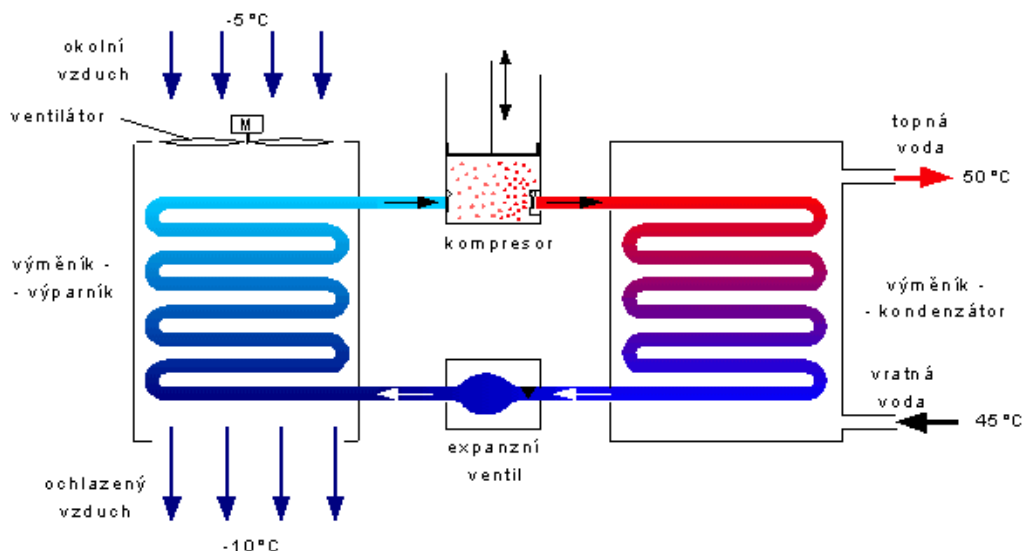
<sup>15</sup> KULHÁNEK Eduard. Zóny okolo umyvadla [obrázek v PC programu]. 2016. In: MUDRUŇKOVÁ, Anna. *Elektroenergetika 1*. [online]. 2016 [cit. 30.12.2021]. ISBN 978-80-88058-81-6. Dostupné z: <https://publi.cz/books/260/02.html>

<sup>16</sup> KULHÁNEK Eduard. Zóny okolo vany [obrázek v PC programu]. 2016. In: Stejně jako výše

## 3 TEPELNÉ ČERPADO

### 3.1 Princip funkce

Teplené čerpadlo (dále také TČ) je zařízení, jehož základní myšlenkou je převzít tepelnou energii uloženou v zemi, ve vodě či ve vzduchu a s její pomocí ohřát zpravidla vodu pro využití při vytápění nebo při ohřevu teplé vody. TČ k tomu využívá tepelných výměníků, kompresoru a čerpadla, které realizují přeměny skupenství a předávání tepla chladivu (teplonosnému médiu) obíhajícím uvnitř TČ. Nejprve je odebráno teplo z venkovního prostředí přes kolektor. Toto teplo je předáno ve výparníku chladivu, které dodáním energie přemění své skupenství z kapalného na plynné (pára). Následně je pára stlačena v kompresoru, čímž se zvýší její teplota. Takto ohřátá pára putuje do kondenzátoru, kde předá své teplo další pracovní látce. Tou je v bytových domech voda na topení nebo teplá voda. Po předání tepla chladivo kondenzuje a přes expanzní ventil je posláno zpět do výparníku. Expanzní ventil přitom způsobí rozpínání chladiva a jeho ochlazení.



Obr. 3.1: Technologické schéma TČ (vzduch-voda) <sup>17</sup>

<sup>17</sup> STRAKA Tomáš. Princip tepelného čerpadla [obrázek v PC programu]. Praha 2002. In: *tzbinfo* [online]. [cit. 27.12.2021]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/966-tepelne-cerpadlo-topeni-budoucnosti>

## 3.2 Hlavní vlastnosti TČ

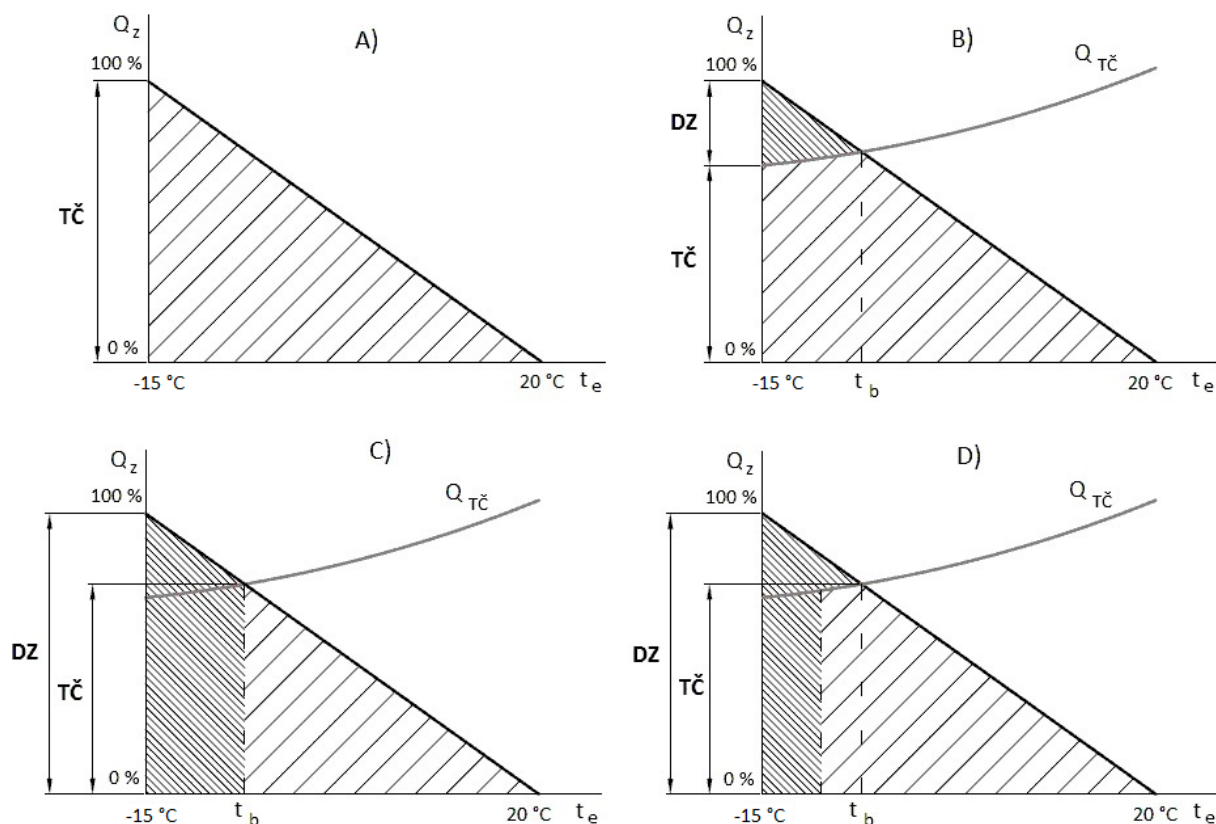
Mezi hlavní vlastnosti TČ patří topný faktor (COP). Jedná se o poměr, který nám říká, kolik získáme tepla dodáním 1 kW elektrického výkonu. Obvyklé hodnoty současných TČ se pohybují okolo hodnoty 3 až 4. Výhodou je tak relativně malá spotřeba elektřiny. Nevýhodou TČ je ale pokles topného faktoru s poklesem teploty okolí, resp. s poklesem teploty média, kterému odebíráme teplo. To je nevýhodné s ohledem na fakt, že topit potřebujeme především v zimě. Další vlastností, kterou je potřeba vzít v potaz je teplota výstupní vody z TČ. Pro dosažení co nejvyššího topného faktoru a nižších investičních nákladů na pořízení TČ je dobré mít co nejnižší výstupní teplotu vody. Tato vlastnost je důležitá zejména při zvažování, jaký využít způsob vytápění (např. podlahové nebo pomocí radiátorů) a při zvažování použití TČ do již existujících staveb, kdy starší radiátory byly projektovány na vyšší teplotu vody (50 - 70 °C). Topný faktor tak lze spočítat jen pro konkrétní parametry. Pro zjednodušení a přehlednost se tak zavedl tzv. sezónní topný faktor SCOP, který nám udává průměrný topný faktor za celou dobu topné sezóny v průměrném objektu. Jedná se o jeden z nejdůležitějších parametrů pro efektivní a ekonomický návrh. O důležitosti tohoto parametru svědčí i fakt, že se vyskytuje na energetickém štítku každého TČ ve formě tříd (A+++ až D).

## 3.3 Typy provozů TČ

S ohledem na dříve zmíněné vlastnosti TČ je nutné zvolit typ provozu. Tím se myslí, jakým způsobem budeme využívat TČ k vytápění i při nejnepříznivějších podmínkách, kterými jsou zejména nízká venkovní teplota. Zda pomocí TČ pokryjeme celou potřebu po teple v bytovém domě, či snížíme jeho velikost a potřebné teplo dodáme i z jiných zdrojů. Na Obr. 3.2 jsou pro názornost zobrazeny 4 možné typy provozů. Na jednotlivých grafech jsou dvě křivky. Křivka  $Q_{TČ}$  zobrazuje topný výkon TČ a klesající přímka zobrazuje tepelnou ztrátu příslušného objektu v závislosti na venkovní teplotě. Graf A představuje situaci, kdy všechny tepelné ztráty pokrývá TČ. Tomuto provozu říkáme monovalentní. Dalším třem říkáme bivalentní, neboť zde s nejvyššími ztrátami pomáhají doplňkové (bivalentní) zdroje, kterým může být např. plynový kotel. Liší se mírou doplnění TČ. Provoz B, neboli provoz paralelně bivalentní, doplňuje TČ,



které tak běží celou dobu, kdy je potřeba vytápět. Naopak při provozu C – alternativně bivalentním, dochází k vypnutí TČ a nahrazení potřeby po teplu plně bivalentním zdrojem. Provoz D pak představuje kombinaci provozů B a C.



Obr. 3.2: Typy provozů TČ <sup>18</sup>

V praxi se nejčastěji používá bivalentní provoz takovým způsobem, aby při nejnižší výpočtové teplotě TČ pokrývalo 60 – 80 % potřebného výkonu na vytápění.<sup>19</sup> TČ pro monovalentní provoz by bylo investičně velice náročné, vzhledem k poklesu topného faktoru v zimě. Bylo by nutné umístit větší tepelné čerpadlo, což by zvýšilo výrazně investici. U bivalentního provozu nejhorší období roku (nejtužší zima) překonáme s pomocí pomocného zdroje, který není závislý na teplotě. U druhu B stačí jen malý zdroj na dohřev vody. U bivalentního provozu C je sice potřeba zařízení velkého

<sup>18</sup> KREINER Robert. Typy provozů tepelného čerpadla [obrázek v PC programu]. Praha 2015. In: *tzbinfo* [online]. [cit. 25.03.2022] Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/12401-postup-pri-navrhu-tepelnychcerpadel>

<sup>19</sup> BLÁHA Marek, Pavel MICHAL, Richard BEBER. *SPRÁVNÝ VÝKON TEPELNÉHO ČERPADLA VZDUCH/VODA*. 2019 - 2022 [online]. Praha: GT Energy s.r.o. [cit. 15.04.2022] Dostupné z: <https://www.projektuj-tepelna-cerpadla.cz/cz/spravny-vykon-tepelneho-cerpadla-vzduch-voda>

výkonu, ale takovéto zařízení zpravidla pracuje jen několik dní v roce, tudíž tolik nezatíží finanční stránku provozu v roce. Konkrétní délka provozu TČ a bivalentního zdroje je závislá na volbě tzv. bivalentního bodu, což je teplota, při které se spouští bivalentní zdroj. Zpravidla je jedná o teplotu pod 0 °C.

## 3.4 Druhy TČ

### 3.4.1 Země – Voda

TČ typu země – voda využívá jako zdroj tepla energii uloženou v zemi. Energie je získávána tak, že teplo je předáváno ze země/hornin trubkám, kterými prochází nemrznoucí směs. Ohřátá směs je čerpána do výparníku, kde předá teplo chladivu. V praxi se lze setkat se dvěma uloženími trubek – vodorovným a svislým. Vodorovné uložení je jednodušší na výstavbu a je tedy zpravidla levnější. Bohužel na ploše, kde se nachází kolektory již nelze zpravidla dále stavět. Dále je potřeba relativně velká plocha kolem objektu pro dostatečné dimenzování a topný faktor TČ (poměr získaného tepla k dodané elektrické energii) je ovlivněn střídáním ročních období. Proto se vodorovné kolektory používají spíše pro menší aplikace (rodinné domy apod.). Svislé uložení je co do využitého prostoru a stability topného faktoru výrazně přívětivější. Jisté komplikace mohou nastat při budování kolektorů. Jelikož je nutné umístit trubky kolektoru do určité hloubky, která je zpravidla desítky metrů, je tedy stavba technologicky i finančně náročnější. Navíc je potřeba provést geologický průzkum. V geologicky chráněných lokalitách dokonce nelze tyto kolektory využít. Vzhledem k výše uvedeným komplikacím je TČ se svislým kolektorem vhodnější pro větší aplikace (bytové domy, školy atd.), kde se cena lépe rozloží v celkově větší investici.

### 3.4.2 Voda – Voda

TČ typu voda – voda využívá jako zdroj tepla energii uloženou ve vodě. Toto TČ se ale moc často nepoužívá, neboť je investičně a provozně poměrně nákladné. Vodu z podloží je nutné dostat k tepelnému čerpadlu. Proto je nutné vybudovat kolektor v oblasti, kde je stálý přítok vody. Další komplikací je nutnost filtrovat vodu, neboť podzemní voda obsahuje velké množství nevhodných látek, které by znečišťovaly zařízení, což by mohlo vést až k jeho poškození. Proto se toto TČ používá spíše

v místech, které je z hydrologického hlediska známé. Při použití systému voda – voda je výhodou vysoký konstantní topný faktor v celém roce.

### 3.4.3 Vzduch – voda

TČ typu vzduch – voda využívá jako zdroj tepla energii uloženou ve vzduchu. Vzduch je skrze ventilátor vháněn k výparníku. Nevýhodou tohoto systému je zejména nižší tepelný zisk v zimním období, a tedy nízký topný faktor v zimě. Proto je nutné vytápěcí systém vybavit doplňkovým zdrojem např. plynovým kotlem. Dále je TČ poměrně hlučné (i při splnění hygienických norem). Na druhou stranu zařízení nevyžaduje velký prostor pro instalaci, lze rozdělit kolektor (ventilátory) od tepelného čerpadla na dvě zařízení, což umožňuje umístění TČ i do menších prostorů. Výše zmíněné charakteristiky jsou důvodem, proč TČ vzduch – voda je investičně jedno z nejlevnějších.

## 3.5 Bivalentní zdroje

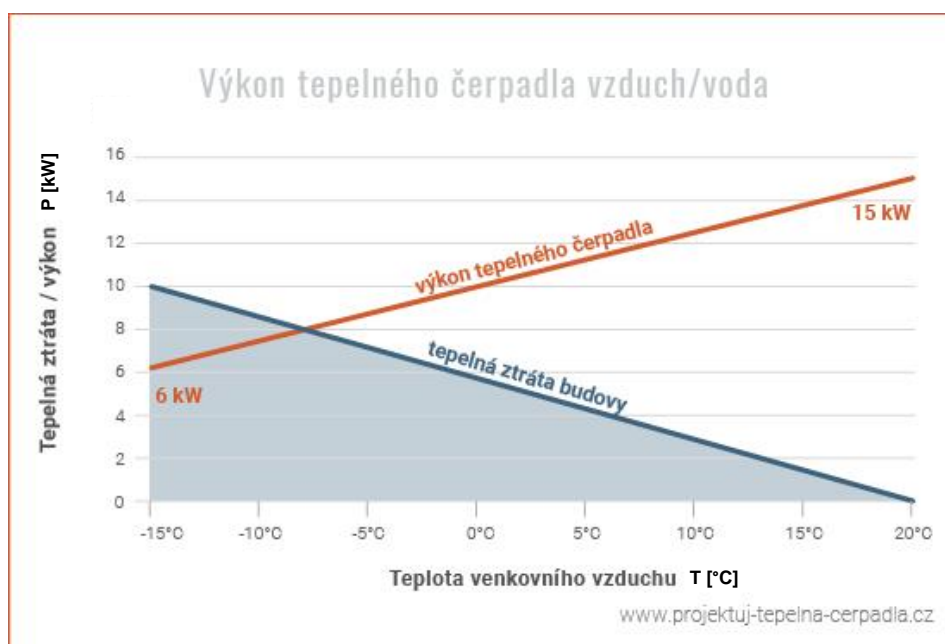
Jak již bylo řečeno dříve, jedná se o zdroje, jejichž úkolem je doplnit či nahradit TČ při nízkých teplotách pod teplotou bivalence. Umísťují se za TČ. Bivalentním zdrojem pak obvykle bývá buď topná spirála nebo plynový kotel.

Topná spirála se umísťuje buď do akumulární nádrže nebo u lepších TČ bývá přímo jeho součástí. Ohřev vody funguje na principu elektrického ohřevu, kdy průchodem proudu spirálou dochází k ohřevu spirály, která pak ohřívá vodu na topení.

Plynový kotel dodává teplo spalováním plynu za vniku tepla, které ohřívá vodu. U tohoto zdroje je nutný kvalitní návrh, neboť investice do plynového kotle nebývá nízká (stále je nižší než do TČ) a zároveň vyžaduje, aby měl bytový dům napojení na distribuci plynu.

### 3.6 Potřeba tepla

Cílem vytápění je dosáhnout u člověka tepelné pohody a vyhovět hygienickým normám. Vytápění se provádí v topné sezóně, která začíná 1. září. Topit se následně začíná, když klesne venkovní teplota 2 dny po sobě pod 13 °C. Topná sezóna pak zpravidla bývá více jak 200 dní dlouhá. Po tuto dobu je nutné zajistit, že je v domácnostech poskytována tepelná pohoda, která je např. pro obývací pokoj stanovena na teplotu 20 °C.<sup>20</sup> Pro každý návrh tepelného zdroje a otopné soustavy je potřeba znát zejména tepelné ztráty domu. Ty se se snižující venkovní teplotou zvyšují. Vzniklá křivka tepelných ztrát je klíčová zejména kvůli existenci bivalentního bodu. Složením křivky TČ a tepelných ztrát vznikne tak graf podobný Obr. 3.2.



Obr. 3.3: Příklad grafu křivek výkonu TČ a tepelných ztrát budovy <sup>21</sup>

<sup>20</sup> ČSN 73 0540-3. *Tepelná ochrana budov – Část3: Návrhové hodnoty veličin*. str. 75. [cit. 15.04.2022].

<sup>21</sup> BLÁHA Marek, Pavel MICHAL, Richard BEBER. Výkon tepelného čerpadla vzduch/voda [graf]. Praha 2019-2021. In: *projektuj-tepelna-cerpadla.cz* [online]. [cit. 15.04.2022]

Dostupné z: <https://www.projektuj-tepelna-cerpadla.cz/cz/spravny-vykon-tepelneho-cerpadla-vzduch-voda>

## 3.7 Dimenzování TČ

### 3.7.1 Úvod

Jak doteď víme, hlavním ukazatelem TČ je topný faktor, a že jeho hodnota závisí na mnoha okolnostech. Taktéž je zjevné, že COP i SCOP prakticky nikdy neřeknou, jak se bude chovat TČ v konkrétních aplikacích. K tomu je zaveden třetí topný faktor SPF, kterému se taktéž říká sezónní topný faktor. Prakticky se jedná o topný faktor tepleného čerpadla s doplňkovým zdrojem pro konkrétní aplikaci.

$$SPF = \frac{Q_{TČ} + Q_{BIV}}{E_{TČ} + E_{BIV} + E_{POM}} \quad [-; kWh; kWh; kWh; kWh; kWh] \quad (3.1)$$

$Q_{TČ}$  – teplo dodané tepelným čerpadlem;  $Q_{BIV}$  – teplo dodané bivalentním zdrojem;  
 $E_{TČ}$  – elektrická energie poskytnutá tepelnému čerpadlu;  $E_{BIV}$  – elektrická energie poskytnutá bivalentnímu zdroji;  $E_{POM}$  – pomocná energie na regulaci a cirkulační čerpadla

Pro výše zmíněný vzorec je tak potřeba provést energetický výpočet TČ pro danou aplikaci. Ten lze provést pomocí normy ČSN EN 15316 – 4 – 2 Energetická náročnost budov – Metoda výpočtu energie a účinností soustav – Část 4 – 2: Výroba tepla pro vytápění, tepelná čerpadla, Modul M3-8-2, M8-8-2. Následující text nemá za cíl nahradit, či kompletně popsat normu, jelikož se zde vyskytuje velké množství vzorců a tabulek (norma má 80 stran). Spíše je cílem poukázat, jak se energetický výpočet provádí, co je potřeba vzít v potaz a ukázat nejdůležitější poznatky.

Při energetickém výpočtu se nelze omezit na jedny konkrétní parametry soustavy TČ a okolí. Z toho důvodu se výpočty provádí v intervalech, a to buď časových (hodiny, měsíce či roky) nebo teplotních. Do soustavy TČ se řadí samotné TČ, doplňkový (bivalentní) zdroj, akumulace vody (topné i užitkové) a pomocná zařízení jako jsou například regulace či cirkulační čerpadla. V závislosti na použitém intervalu norma nabízí 2 metody výpočtu A a B. Metodu A, která je vhodná pro hodinové intervaly. Metodu B je pak možné použít na měsíční a roční intervaly. Při zvolení teplotních intervalů je možné použít obě metody. Cílem obou metod je vyřešit následující energetickou bilanci pro každý interval:

$$E \cdot COP = Q_{DOD} + Q_{ztrát} - Q_{OD} - f \cdot W \quad [\text{kWh}; -; \text{kWh}; \text{kWh}; \text{kWh}; -; \text{kWh}] \quad (3.2)$$

$E$  – elektrická energie;  $COP$  – topný faktor;  $Q_{DOD}$  – dodané (výstupní) teplo;  $Q_{ztrát}$  – ztráty tepla v soustavě;  $Q_{OD}$  – teplo odebrané z okolí;  $f$  – využitý podíl tepelné energie z pomocných zařízení (nejsou-li zahrnuty v  $COP$ );  $W$  – pomocná energie

### 3.7.2 Metoda A

Jedná se o metodu, která využívá normalizovaných (tabelovaných) informací o výrobcích (tepelných čerpadlech). K výpočtu výkonů jednotlivých částí soustavy slouží následující postup:

*„Krok 1: Stanovení potřeb pro otopná období*

*Krok 2: Výpočet COP a tepelného výkonu pro konkrétní interval*

*Krok 3: Výpočet energie dodané sestavou TČ v závislosti na klimatických podmínkách*

*Krok 4: Kontrola, zda je potřeba doplňkový ohřivač*

*Krok 5: Výpočet poměru zatížení tepelného čerpadla při různých provozních režimech*

*Krok 6: Výpočet dodávky pomocné energie*

*Krok 7: Výpočet využitelných tepelných ztrát*

*Krok 8: Výpočet dodávky celkové hnací energie pro pokrytí potřeb*

*Krok 9: Výpočet doplňkové energie*

*Krok 10: Souhrn požadovaných a volitelných výstupních hodnot“<sup>22</sup>*

Nejdříve je potřeba vypočítat spotřeby pro jednotlivé intervaly. Ty se počítají zvlášť jak pro ohřev vody, tak pro vytápění. Pro TČ, které ohřívá střídavě obě spotřeby je nutné ještě spočítat doby, které budou jednotlivé spotřeby potřebovat na svůj ohřev. Pokud by v daném intervalu nebylo potřeba celou dobu provozovat TČ, lze uvažovat o ohřevu akumulace.

Dále se počítá COP a topný výkon pro konkrétní podmínky a interval. U obou hodnot se počítá se jmenovitým COP a topným výkonem, které pomocí opravných činitelů přepočteme na aktuální situaci. Opravné činitele se počítají s využitím tabulek v příloze této normy, přičemž hlavními parametry jsou vstupní a výstupní teplota TČ. Díky

<sup>22</sup> ČSN EN 15316 – 4 – 2. Energetická náročnost budov – Metoda výpočtu energie a účinností sousta – Část 4–2:

Výroba tepla pro vytápění, tepelná čerpadla, Modul M3-8-2, M8-8-2. str. 27. [cit. 11.05.2022]

přepočtenému COP a topnému výkonu pak je možné spočítat hnací elektrickou energii pro daný interval jako:

$$E_{\text{hnací}} = \frac{\phi_p(\vartheta_{\text{in}}, \vartheta_{\text{out}})}{COP_p(\vartheta_{\text{in}}, \vartheta_{\text{out}})} \cdot t_i \quad [\text{kWh}; \text{kW}; -; \text{h}] \quad (3.3)$$

$\phi_p$  – přepočtený tepelný výkon;  $COP_p$  – přepočtený topný faktor;  $t_i$  – doba intervalu;  
 $(\vartheta_{\text{in}}, \vartheta_{\text{out}})$  – závislost  $\phi_p$  a  $COP_p$  na konkrétní vstupní a výstupní teplotě

Výše zmíněné výpočty se dají ještě udělat složitějším uvážením, že TČ může také pracovat v částečném zatížení a případně v přerušovaném režimu (v závislosti na regulaci kompresoru: ON x OFF režim vs invertorový). K částečnému zatížení dochází, když v je v intervalu požadován ohřev vody a vytápění, přičemž ohřev vody má přednost. Zavádí se poměr částečného zatížení:

$$LR(t) = \frac{t_H + t_{\text{sto}}}{t_i + t_W} \quad [-; \text{h}; \text{h}; \text{h}; \text{h}] \quad (3.4)$$

$t_H$  – doba vytápění;  $t_{\text{sto}}$  – doba akumulace;  $t_i$  – doba intervalu;  
 $t_W$  – doba ohřevu vody

S využitím tohoto poměru a dalších výpočtů se tak opět dosáhne spočítání potřebné elektrické energie.

Následují výpočty pomocné energie, energie využitě ze ztrát a energie z doplňkového zdroje. Výpočet pomocné energie souvisí přímo s provozem TČ.

$$W = (f_p + f_{p,TČ}) \cdot E_{\text{HW}} + LR_{\text{sto}} \cdot P_{\text{sto},p} \cdot t_i \quad [\text{kWh}; -; -; \text{kWh}; -; \text{kW}; \text{h}] \quad (3.5)$$

$f_p$  – podíl energie využitě pomocnými zařízeními;  $f_{p,TČ}$  – podíl elektrické energie využitě pro provoz TČ (pomocných zařízení);  $E_{\text{HW}}$  – elektrická energie na ohřev a topení;  $LR_{\text{sto}}$  – poměr částečného zatížení pro akumulaci;  $P_{\text{sto},p}$  – pomocný topný výkon pro akumulaci;  $t_i$  – doba intervalu

Tepelná energie doplňkového ohříváče se pak vypočte jako součet tepelných energií:

$$Q_{\text{DOP}} = Q_{\text{HWout}} - Q_{\text{HWin}} + Q_{\text{ztráty}} \quad [\text{kWh}; \text{kWh}; \text{kWh}; \text{kWh}] \quad (3.6)$$

$Q_{\text{HWout}}$  – potřeba tepelné energie pro části vytápění a ohřevu vody;  $Q_{\text{HWin}}$  – tepelná energie dodaná tepelným čerpadlem za podmínek pro vytápění a ohřev vody;  $Q_{\text{ztrát}}$  – ztráty tepla

### 3.7.3 Metoda B

Jedná se o metodu, která pracuje s většími intervaly, ale jinak je princip práce s metodou B podobný metodě A. I zde je vytvořen postup výpočtu:

*„Krok 1: Stanovení intervalu*

*Krok 2: Stanovení potřeby energie jednotlivých teplotních intervalů*

*Krok 3: Výpočet tepelného výkonu tepelného čerpadla*

*Krok 4: Stanovení doplňkové energie*

*Krok 5: Výpočet dodávky pomocné energie*

*Krok 6: Výpočet využitelných ztrát tepla částí soustavy pro výrobu*

*Krok 7: Výpočet energie ze zdroje tepla*

*Krok 8: Výpočet dodávky celkové hnací energie pro pokrytí potřeb“<sup>23</sup>*

V prvním kroku je potřeba sestavit intervaly. Ty se vytvářejí s ohledem na rovnoměrné rozložení intervalů. Střední hodnoty intervalů by měly odpovídat parametrům při měření TČ ve zkušebnách a zároveň počet intervalů by měl zohledňovat změny teplot zdroje a odvodu tepla v daném intervalu.

Následuje stanovení potřeb. To se může provést buď pomocí normy ČSN EN 12831 - 3 - Energetická náročnost budov - Výpočet tepelného výkonu - Část 3: Tepelný výkon pro soustavy přípravy teplé vody a charakteristika potřeb, Modul M8-2, M8-3, nebo s pomocí popisované normy a váhových činitelů. Potřebu energie pro vytápění v intervalu lze spočítat jako:

$$Q_{H,j} = \text{Max}[f_{H,j} \cdot f_{Hctrl,j} \cdot Q_H - Q_{Hrvd,j}; 0] \quad [\text{kWh}; -; -; \text{kWh}; \text{kWh}] \quad (3.7)$$

$f_{H,j}$  – váhový činitel provozu TČ při vytápění v intervalu;  $f_{Hctrl,j}$  – váhový činitel vlivu systému regulace na vytápění v intervalu;  $Q_H$  – celková potřeba tepelné energie na vytápění;  $Q_{Hrvd,j}$  – zpětně využitá energie pro vytápění v intervalu

Váhový činitel provozu TČ se vypočítá pomocí kumulovaných hodinostupňů pro vytápění:

---

<sup>23</sup> ČSN EN 15316 – 4 – 2. Energetická náročnost budov – Metoda výpočtu energie a účinností sousta –Část 4–2:

Výroba tepla pro vytápění, tepelná čerpadla, Modul M3-8-2, M8-8-2. str. 41. [cit. 11.05.2022]



$$f_{H,j} = \frac{NB\_DH_{H,h,j} - NB\_DH_{H,l,j}}{NB\_DH_{H,tot}} \quad [-; -; -; -] \quad (3.8)$$

$NB\_DH_{H,h,j}$  – kumulovaný počet hodinostupňů pro vytápění do horní meze teplotního intervalu;  $NB\_DH_{H,l,j}$  – kumulovaný počet hodinostupňů pro vytápění do horní meze teplotního intervalu;  $NB\_DH_{H,tot}$  – celkový kumulovaný počet hodinostupňů do horní teplotní meze pro vytápění

Dále se spočítá teplo na přípravu teplé vody:

$$Q_{W,j} = k_{W,j} \cdot Q_W \quad [\text{kWh}; - ; \text{kWh}] \quad (3.9)$$

$k_{W,j}$  – váhový činitel provozu TČ při přípravě teplé vody v intervalu;

$Q_W$  – celková potřeba tepelné energie pro teplou vodu;

Váhový činitel provozu TČ se spočítá jako:

$$k_{W,j} = \frac{t_j}{t_{tot}} \quad [-; s ; s] \quad (3.10)$$

$t_j$  – doba intervalu;  $t_{tot}$  – celková doba (roční) pro přípravu teplé vody;

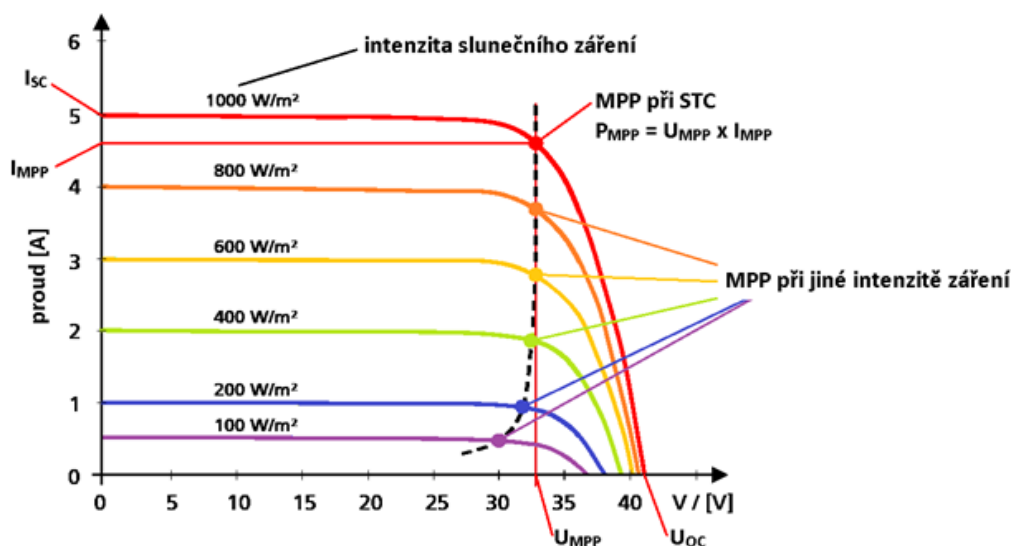
Po spočítání výše popsaných spotřeb je možné přejít na stanovení výkonu TČ, výpočet doplňkové energie, výpočet pomocné energie, využitelných ztrát tepla, energie ze zdroje tepla a hnací energie pro pokrytí spotřeb. Tyto výkony a energie se počítají obdobně jako v metodě A, kde se počítalo v hodinových intervalech. Rozdíl je tedy ten, že pro každý interval vynásobíme danou veličinu počtem hodin v daném intervalu.



## 4 SOLÁRNÍ ELEKTRÁRNA

### 4.1 Princip funkce

Solární elektrárna přijímá energii ze slunce. Ke sběru energie slouží fotovoltaické (dále také FV) články zpravidla na bázi polovodičů z křemíku. V křemíkových článcích dochází k absorpci fotonů. Dopadající foton, předá svojí energii krystalové mřížce, ve které dojde k uvolnění elektronu a tím vnikne díra. Tím vnikají páry elektron-díra, které jsou v PN přechodu součástky odváděny do P a N oblastí. Dochází tak ke vzniku fotovoltaického napětí a k průchodu proudu, který pak může procházet obvodem. Článek nyní představuje stejnosměrný zdroj. Pro potřeby využití by nyní už stačilo jen přeměnit stejnosměrnou energii článků na střídavou pro využití v domácnosti. Jelikož je ale výstupní proud silně závislý na intenzitě dopadajícího záření, mění se i jeho VA charakteristika viz. Obr. 4.1. Snahou je získat z článků co největší výkon. K tomu poslouží přístroj MPPT vložený mezi články a střídač. Jedná se o měnič DC/DC, který mění velikost proudu tak, aby byl výkon co největší. V současné době je MPPT často součástí střídače.



Obr. 4.1: VA charakteristika fotovoltaického článku<sup>24</sup>

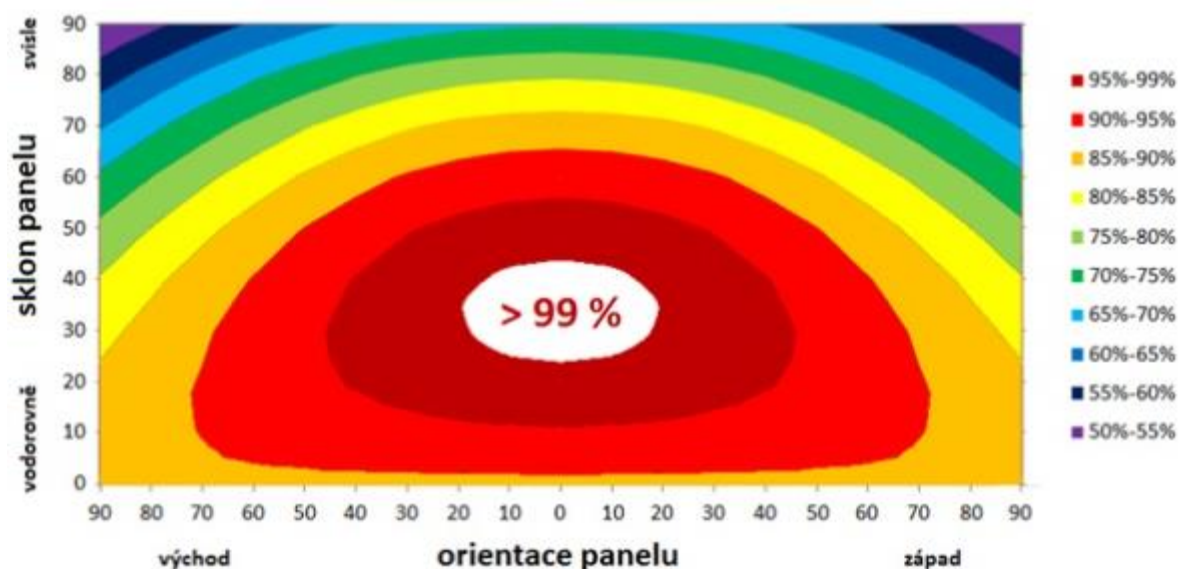
<sup>24</sup> BECHNÍK Bronislav. VA charakteristika fotovoltaického článku [graf v PC programu]. Praha 2014.

In: BECHNÍK Bronislav. *Nejpoužívanější pojmy ve fotovoltaice* [online]. Praha 2014. [cit. 02.02.2022].

Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika/11772-nejpouzivanejsi-pojmy-ve-fotovoltaice>

## 4.2 Nejběžnější vlivy umístění FV článků na produkovaný výkon

Výkon článku je možné ovlivnit mnoha způsoby. Jedním z vlivů, který má největší dopad na generovaný výkon je úhel sklonu článku a jeho orientace. Pro Českou republiku je optimálním sklonem úhel  $35^\circ$  a ideální orientace je jižní. S jinými sklony a orientacemi dochází k poklesu zisku. Orientací na západ nebo východ dosáhneme relativně malých ztrát oproti jihu do cca 10 %. Manipulací se sklonem lze dosáhnout vyšších ztrát než manipulací s orientací. Platí, že pokud nelze články umístit v ideálním sklonu je lepší moduly umístit do vodorovné polohy než do svislé. Blíže je závislost orientace a sklonu vidět na Obr. 4.2.



Obr. 4.2: Výnos energie v závislosti na sklonu a orientaci článku<sup>25</sup>

V neposlední řadě je také nutné zajistit, aby nedocházelo k zastínění článků. To souvisí s vnitřním zapojením článků do sérioparalelní kombinace, ze které jsou následně tvořeny moduly. Zastíněním článků dochází v článcích k poklesu proudu (a trochu i napětí), což způsobí snížení výkonu, který se projeví i u všech ostatních článcích v řetězci.

<sup>25</sup> BECHNÍK Bronislav. Výnos energie v závislosti na sklonu a orientaci panelu [graf v PC programu]. Praha 2014.

In: BECHNÍK Bronislav. *Nejpoužívanější pojmy ve fotovoltaice* [online]. Praha 2014. [cit. 02.02.2022].

Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika/11772-nejpouzivanejsi-pojmy-ve-fotovoltaice>

### 4.3 Co je potřeba znát pro návrh solární elektrárny

Mimo již zmíněnou pozici a polohu solárních modulů je nutné znát, kolik modulů potřebujeme umístit na střechu a kolik jich je možné vůbec na střechu umístit. Pro určení počtu panelů, a tedy výkonu solární elektrárny, je určující spotřeba bytového domu. Ta se skládá ze spotřeby ve společných prostorách a jednotlivých bytech. Do společných prostor patří zejména osvětlení a případná zařízení jakými mohou být různé kotle pro vytápění, či v našem případě tepelná čerpadla. V bytech je to pak kombinace osvětlení a elektrospotřebičů. Elektrospotřebiče jsou jak zařízení většího výkonu, pro které jsou zřizované speciální zásuvkové okruhy, tak malá zařízení jako je např. nabíječka na mobil. Naneštěstí nelze jen tak sečíst výkony všech zařízení a k tomu pak navrhnout elektrárnu. Je nutné vzít v potaz soudobost zařízení a různé využití zařízení v čase. Většina lidí má největší spotřebu ráno a večer, kdy jde a vrací se z práce. Naproti tomu solární elektrárna vyvábí nejvíce elektrické energie přes den okolo poledne. Pro efektivní návrh je tak potřeba znát denní průběh spotřeby elektrické energie v bytě/domu. V ideálním případě zákazník data zná nebo mu jsou poskytnuta distributorem, v případě, že má průběhové měření. Většinou denní spotřebu neznáme nebo se FV elektrárna dělá pro nové objekty. V takovém případě lze využít tzv. typových diagramů dodávek (dále jen TDD). Jedná se o statisticky nasbíraná data pro různé skupiny odběratelů. Pro běžné odběratele, kterými jsou zákazníci v tarifní skupině D01d a D02d (běžná spotřeba bez tepelného využití) je určena skupina TDD4.<sup>26</sup> Hodnoty jsou měřeny hodinově a jsou k dostání na stránkách OTE.<sup>27</sup> Data jsou normalizovaná, tudíž pro návrh je nutné data přepočítat na skutečnou spotřebu pro každou hodinu na kWh. To se provede následujícím vzorcem:

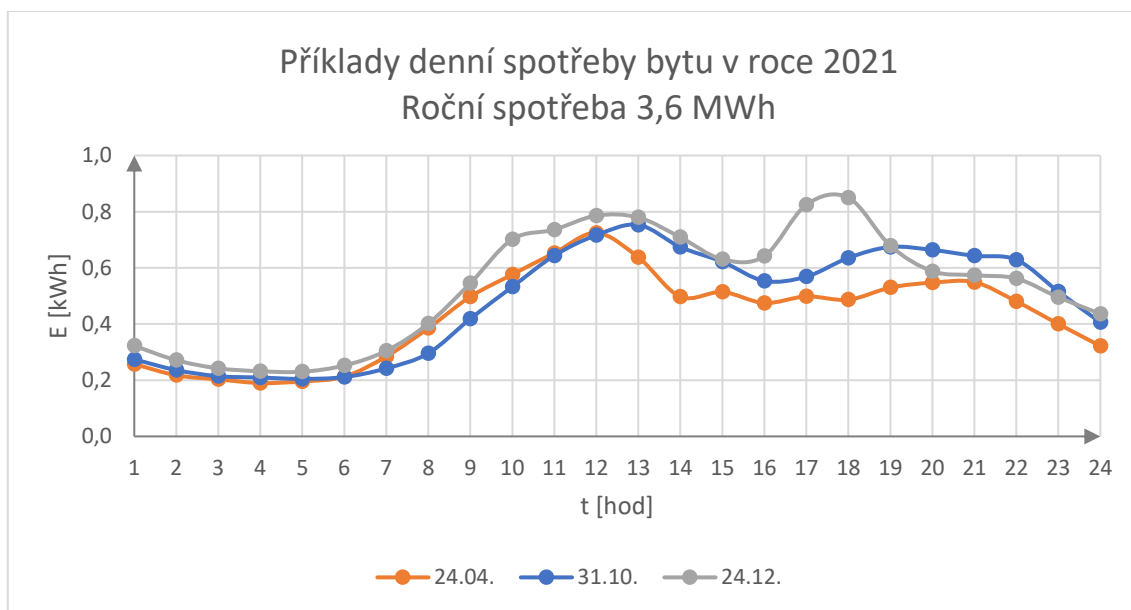
$$E_{\text{hod}} = E_{\text{rok}} \cdot \frac{n_{\text{hod}}}{\sum_1^{8760} n_{\text{hod}}} \quad [\text{kWh}, \text{kWh}, -, -] \quad (4.1)$$

$E_{\text{hod}}$  – hodinová spotřeba;  $E_{\text{rok}}$  – roční spotřeba;  $n_{\text{hod}}$  – hodnota TDD pro danou hodinu

<sup>26</sup> Vyhláška č. 125/2021 Sb., Vyhláška, kterou se mění vyhláška č. 408/2015 Sb., o Pravidlech trhu s elektřinou, ve znění pozdějších předpisů. str. 1049. [cit. 23.04.2022].

<sup>27</sup> OTE, a.s. *Normalizované TDD* [online]. Praha. 2018. [cit. 10.04.2022]. Dostupné z: <https://www.ote-cr.cz/cs/statistika/typove-diagramy-dodavek-elektřiny/normalizovane-tdd?date=2021-10-01>

Jak je tedy zjevné, tímto přístupem nedostaneme přesná data. TDD průměruje hodnoty napříč celou Českou republikou. Navíc je potřeba vycházet z roční spotřeby, kterou u nových bytů musíme odhadovat.



**Obr. 4.3: Příklady denní skutečné spotřeby dle TDD 4 roku 2021** <sup>28</sup>

Pro efektivní využití nasbírané energie pak bude nutné k solární elektrárně postavit nějaký zásobník energie – akumulaci. Akumulaci je možné provádět do vody jejím ohřevem skrze bojler nebo do baterií (případně do obojího dle priorit zákazníka).

Dalším podstatným faktorem pro návrh solární elektrárny je vzít v úvahu počasí, resp. kolik je možné získat solární energie ze Slunce v každém dni v roce. K tomu jsou pro řadu lokalit v ČR sestavená měřicí stanoviště na základě jejichž měření se pak stanovují průměrná data slunečního záření pro každý den v roce. Tato data se uvádějí pro TMY, což je typický meteorologický rok. Data je možné běžně získat na veřejně přístupné webové stránce PVGIS (Fotovoltaický geografický informační systém)<sup>29</sup> pro každou lokalitu v Evropské unii. Na této stránce je taktéž možné zjistit odhad získané energie pro navrženou elektrárnu.

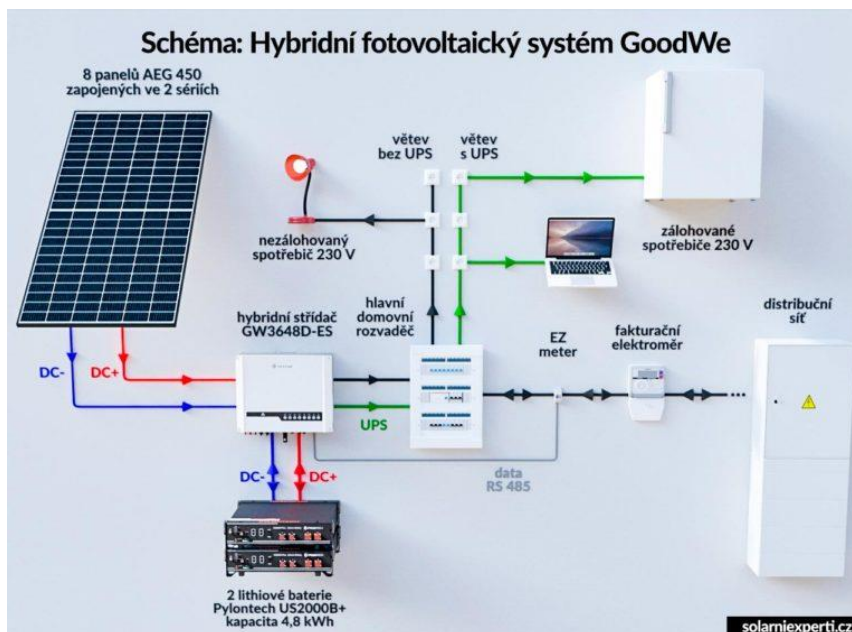
<sup>28</sup> Graf autora. Hodnoty získány převedením normalizovaného TDD4 na skutečné hodnoty.

<sup>29</sup> PVGIS Photovoltaic Geographical Information System [online]. Ispra: European Commission, Joint Research Centre 2001 - 2017. 2020 [cit. 08.04.2022]. Dostupné z: [https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/en/](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/)

## 4.4 Solární systém

### 4.4.1 Druhy systémů

FV elektrárnu (dále také FVE) můžeme postavit do tří různých systémů, které se liší různým připojením k distribuční síti a využitím akumulace. Každý ze systémů má svá specifika. Nejjednodušší je systém grid-on, který se vyznačuje absencí akumulace. Systém je konstrukčně jednoduchý a levný. Jeho nevýhodou je pak posílání přebytků FVE do sítě za nízké ceny v porovnání s cenou, za kterou elektrickou energii ze sítě odebíráme v případě slabého nebo žádného výkonu FVE. Opakem je systém grid-off, který je odpojen od distribuční sítě. Zde už je nutná akumulace do baterií. U tohoto systému je veškerá elektrická energie získána od FVE. To velmi limituje spotřebu. Grid-off systémy vyžadují velké dimenzování jak FVE, tak baterie nebo změnu chování spotřebitele (často obojí). Grid-off systémy se tak používají zejména v případech, kdy není dostupná distribuční síť. Posledním systémem je hybridní systém, který kombinuje oba dříve zmíněné systémy. Hybridní FVE disponuje akumulací a zároveň je připojena do distribuční sítě. Jedná se o nejvyužívanější systém v oblasti řešení domovních FVE.



Obr. 4.4: Příklad hybridní FVE<sup>30</sup>

<sup>30</sup> Hybridní solární elektrárna 3,6 kWp s baterií. SOLÁRNÍ EXPERTI [online]. České Budějovice: © Solární Experti s.r.o. [cit. 01.05.2022]. Dostupné z: <https://www.solarniexperti.cz/solarni-systemy/fotovoltaika/hybridni-solarni-elektrarna-s-bateriemi-li-ion-354-kwp-na-klic/>

#### 4.4.2 FV moduly

FV moduly, veřejností nesprávně označované jako panely, jsou zdrojem elektrické energie. Rozměr jednoho modulu je přibližně 1 x 1,6 metru, přičemž výkon modulu je cca 200 – 400 Wp podle použité technologie, výrobce a konkrétních rozměrů modulu. Výkon je udáván ve watt peaku, což je výkon modulu změřený za standardních (ideálních) testovacích podmínek (STC) tj. intenzita záření 1000 W.m<sup>-2</sup>, spektrum AM1,5 Global a teplota panelu 25 °C.<sup>31</sup> Účinnost přeměny energie z dopadajícího slunečního záření na energii elektrickou se pohybuje okolo 20 % v závislosti na technologii výroby. Monokrystalické moduly, které se vyrábí tažením křemíku z taveniny dosahují účinnosti 21 %. Dříve se ve velkém také prodávaly polykrystalické moduly, vzniklé lisováním rozdrčeného křemíku, jejichž výhodou byla nižší cena vykoupená nižší účinností 19 %. V současnosti je cena monokrystalických modulů srovnatelná s polykrystalickými. Výstupní napětí bývá okolo 25 V a proud přibližně 10 A (dle výkonu modulu). Pro napětí použitelné střídačem se předpokládá řazení modulů do série.

Volba počtu modulů, potažmo výkonu FVE, pak odpovídá požadavku na pokrytí denní spotřeby spolu s nabitím baterií (akumulace).

#### 4.4.3 Střídač a měření

Střídač je měnič, který ze stejnosměrného napětí a proudu dodávaného FVE udělá střídavé průběhy, které jsou očekávány spotřebiči v domácnosti a případně i sítí. Pro jeho návrh je potřeba znát u FVE zejména výstupní napětí naprázdno, velikost dodávaného proudu a výkon dodávaný FVE. Pro ekonomickou výhodnost by měl střídač disponovat také co nejvyšší účinností.

Na trhu jsou k dostání střídače symetrické a asymetrické. Symetrický je levnější, nicméně v případě třífázového rozvodu střídač dodává výkon rovnoměrně do všech tří fází, což způsobí odtok elektrické energie do sítě kdykoliv, kdy nemáme rovnoměrnou spotřebu na všech fázích. To přináší potíže zejména při fakturaci elektrické energie, neboť v České republice elektroměry měří po jednotlivých fázích, čímž prodáváme

---

<sup>31</sup> BECHNÍK Bronislav. *Nejpoužívanější pojmy ve fotovoltaice* [online]. Praha 2014. [cit. 24.04.2022].

Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika/11772-nejpouzivanejsi-pojmy-ve-fotovoltaice>



energii za levno místo toho, abychom ji využili nebo akumulovali na později. Oproti tomu existuje asymetrický střídač, který je opakem symetrického. Investice do jeho pořízení je vyšší, ale zase tím získáme lepší využití vyrobené energie z FVE.

Aby střídač mohl správně řídit směr toku elektrické energie do spotřeby, akumulace či do sítě, tak potřebuje měření. Standardně střídač dodává výkon spotřebě, nicméně jsou situace, kdy FVE má větší výkon, než je okamžitá spotřeba domu. K měření tohoto přebytku výkonu slouží smart meter, který měří, zda neodchází přebytek výkonu z FVE do sítě. Pokud ano, pak jsou přebytky ukládány do baterie. Pokud je baterie nabitá, pak už systému nezbyvá jiná možnost než poslat výkon do sítě. Pokud by dům měl navíc akumulaci do vody, pak by bylo vhodné dovybavit systém ještě watttroutrem, který také měří přebytky FVE, ale na rozdíl od smartmetru, který je spojen se střídačem, ovládá připojení akumulace ke spotřebě.

#### 4.4.4 Baterie

Baterie je jeden z možných druhů akumulace energie z FVE. Tato akumulace skladuje elektrickou energii, na rozdíl od bojleru, který skladuje vyrobenou energii ve formě tepla. Její úlohou je využít přebytky FVE získané přes den na večerní a noční využití. Volba velikosti baterie tak závisí na míře požadované nezávislosti na síti. Pro pokrytí většiny večera není nutné mít příliš velkou kapacitu. Pokud je ale požadavek na noční dodávku energie či realizaci baterie jako zálohy při výpadku distribuční sítě, pak by měla být kapacita baterie větší.

V současné době existuje velmi mnoho druhů baterií. Pro FV systémy se používají nebo používaly olověné a lithium iontové. Olověné patří spíše do kategorie, které se používaly, neboť obsahují škodlivé olovo. Zároveň nízký počet nabíjecích cyklů způsobuje nutnou údržbu a častější výměny. Oproti olovu, lithiové baterie nabízejí delší životnost, bezpečnost a menší rozměry, za cenu vyšších pořizovacích nákladů, které se ale daří výrobcům snižovat. Tudiž začínají získávat převahu. Nejpoužívanější lithiovou baterií je pak baterie  $\text{LiFePO}_4$ , která nabízí životnost až 5000 cyklů, mají vysokou hustotu energie 120 Wh/kg a lze ji vybit až na 20 % kapacity bez poškození. Nevýhodou je pak zmíněná vyšší cena přibližně 580 \$ / kWh a nutná přítomnost battery

management systému, který hlídá baterii před vybitím a přebitím, a před vyšší teplotou.<sup>32</sup>

#### 4.4.5 Obousměrný elektroměr

Jelikož se z čistého spotřebitele stává dům i výrobcem elektrické energie, dochází ke změně směru toků energie mezi domem a sítí. Aby se mohlo vypočítat, kolik energie bylo dodáno do sítě a kolik odebráno, jen nutné, aby distributor provedl výměnu běžného elektroměru za tzv. čtyřkvadrantový elektroměr.

---

<sup>32</sup> BENDA Vítězslav, Pavel HRZINA. *Přednášky z předmětu Solární systémy a elektrochemické zdroje (B1B13SSE1)*. FEL ČVUT v Praze, 2022

## 5 Praktická část

### 5.1 Bytový dům

#### 5.1.1 Seznámení s bytovým domem

Praktická část bakalářské práce se zabývá návrhem FVE a elektroinstalace bytového domu, Na Spádu v Ústí nad Labem. Jedná se o dům, který v době psaní této práce ještě nestojí a jeho projektování a stavba bude teprve probíhat. Bytový dům je projektován na tři nadzemní podlaží (dále jen NP) a jedno podzemní podlaží (dále jen PP). V nadzemních podlažích se vyskytuje osm bytů 3 + kk a jeden byt 2 + kk, přičemž se jedná o byty stupně B (spotřebiče + vaření). Dále objekt bude připojen k plynu, tudíž vytápění a ohřev teplé vody bude ústřední, pomocí kondenzačního kotle. Tepelný výkon tohoto kotle je odhadován na 40 kW. Z hlediska elektroinstalace se tak ohřev vody na topení a užívání projeví pouze v přívodu napájení pro kotel a čerpadla. Dále se v objektu do budoucnosti počítá s možností nabíjení elektromobilů (22 kW).

#### 5.1.2 Rozbor spotřeby elektrické energie bytového domu pro FVE

Spotřeba bytového domu je dána spotřebou bytů a obsluhou společných prostor. Roční spotřebu jednoho bytu stupně B budu uvažovat trochu vyšší, než je u bytů v ČR obvyklé (2-3 MWh pro spotřebu s běžnými spotřebiči)<sup>33</sup> a to 3,6 MWh. Rozpočítání spotřeby do jednotlivých hodin bude provedeno dle kapitoly 4.3. Do spotřeby zbytku domu pak spadá spotřeba společných prostor daná zejména osvětlením, vytápěním domu s pomocí kotle a cirkulačního čerpadla, zásuvky v technických místnostech a chodbě v 1. PP a nakonec dvě třífázové zásuvky pro nabíjení elektromobilů.

Roční spotřebu osvětlení společných prostor odhaduji při použití LED světel 10 x 12 W na chodbách, 2 x 12 W nad vchodovými dveřmi v 1. PP a 1. NN.

---

<sup>33</sup> LAMA energy. Jaká je průměrná spotřeba elektřiny u rodinného domu? [online]. Praha. 2007. [cit. 01.05.2022]. Dostupné z: <https://www.lamaenergy.cz/podpora/zajimavosti/jaka-je-prumerna-spotreba-elekriny-u-rodinneho-domu-2/>

Světla ve sklepních kójích 9 x 6 W pro účely návrhu FVE zanedbám, neboť je zde předpoklad jejich velmi malého využití. Dále pro návrh rozložení spotřeby zohledním časy východů a západů slunce, kdy v Ústí nad Labem v zimním období (od listopadu do dubna) vychází slunce okolo 7. hodiny a zapadá kolem 16. hodiny. V letním období pak vychází slunce již kolem 5. hodiny a zapadá přibližně po 20. hodině.<sup>34</sup> Pro každou hodinu pak předpokládám, že v době nočního klidu (22:00 – 6:00) světla svítí 0,25 hodiny pro každý hodinový interval a v době mimo nočního klidu 0,5 hodiny. Spotřeby společného osvětlení pro časy při a mimo nočního klidu pak jsou za hodinu:

$$E_{osv} = \text{světel} \cdot P \cdot 0,5 \text{ hodiny} \cdot 0,001 = 12 \cdot 12 \cdot 0,5 = 72 = 0,072 \text{ [kWh]} \quad (5.1)$$

$$E_{osv} = \text{světel} \cdot P \cdot 0,25 \text{ hodiny} \cdot 0,001 = 12 \cdot 12 \cdot 0,25 = 36 = 0,036 \text{ [kWh]} \quad (5.2)$$

Svícení přes den nebudu do spotřeb uvažovat, neboť zde předpokládám dostatečné osvětlení z venkovního prostředí skrze okna.

Spotřebu zásuvek ve společných prostorách podobně jako u světel ve sklepních kójích zanedbám, neboť se opět nepředpokládá časté využívání.

Spotřeba elektrické energie na vytápění a ohřev vody je díky použití kondenzačního kotle malá. Díky tomu jde spotřeba pouze za ovládáním kotle a čerpadel, kterými cirkuluje voda v domě. Na základě průzkumu příkonů kotlů a čerpadel v e-shopech předpokládám součet jejich příkonů po většinu času okolo 100 W, což je 0,1 kWh.

Posledním bodem návrhu je elektromobilita. Vzhledem k omezené velikosti střechy a počtu parkovacích míst (9) by byla FVE a k tomu pořizovaná baterie velmi velká (a tedy i drahá), proto při návrhu FVE a baterie nebudu požadovat napájení elektromobilů z FVE.

---

<sup>34</sup> Meteogram.cz. V kolik se rozednívá a stmívá?: Ústí nad Labem, Česká republika - východ a západ slunce 1. května 2022. [online]. Ústí nad Labem, 2022 [cit. 01.05.2022]. Dostupné z: <https://www.meteogram.cz/vychod-zapad-slunce/ceska-republika/usti-nad-labem/>

## 5.2 Návrh baterie a FVE

### 5.2.1 Zásady návrhu

Pro návrh baterie a FVE se vychází z požadavku na pokrytí spotřeby přes den z produkce FVE a akumulace z baterie. Určení velikosti baterie vychází z požadavku na době nezávislosti na odběru ze sítě. Od odpoledne, kdy výkon FVE poklesne pod spotřebu až do večerních hodin. V případě většího dimenzování baterie až do příštího dne či několika příštích dní. Zároveň je potřeba zohlednit ztráty konverzí stejnosměrného průběhu na střídavý průběh.

Pro návrh FVE pak platí podobné zásady. FVE by měla za celý den vyrobit tolik elektrické energie, aby pokryla spotřebu a zároveň dobila baterii. Součet těchto potřeb je potřeba doplnit o ztráty v systému, než se energie z FVE dostane na místo spotřeby či do baterie.

Dále do návrhu může vstoupit požadavek na využití dotací. V takovém případě jsou klíčovými parametry výkon FVE pod 100 kWp a použití dostatečně efektivních panelů a střídačů. Pro baterie je pak klíčová kapacita, kdy je podporovaná pro 0,5 – 1,5 násobek výkonu FVE v kWh. Zároveň se nesmí použít baterie s nebezpečnými kovy jako jsou například olověné akumulátory.<sup>35</sup>

### 5.2.2 Prvotní odhad velikosti baterie a FVE

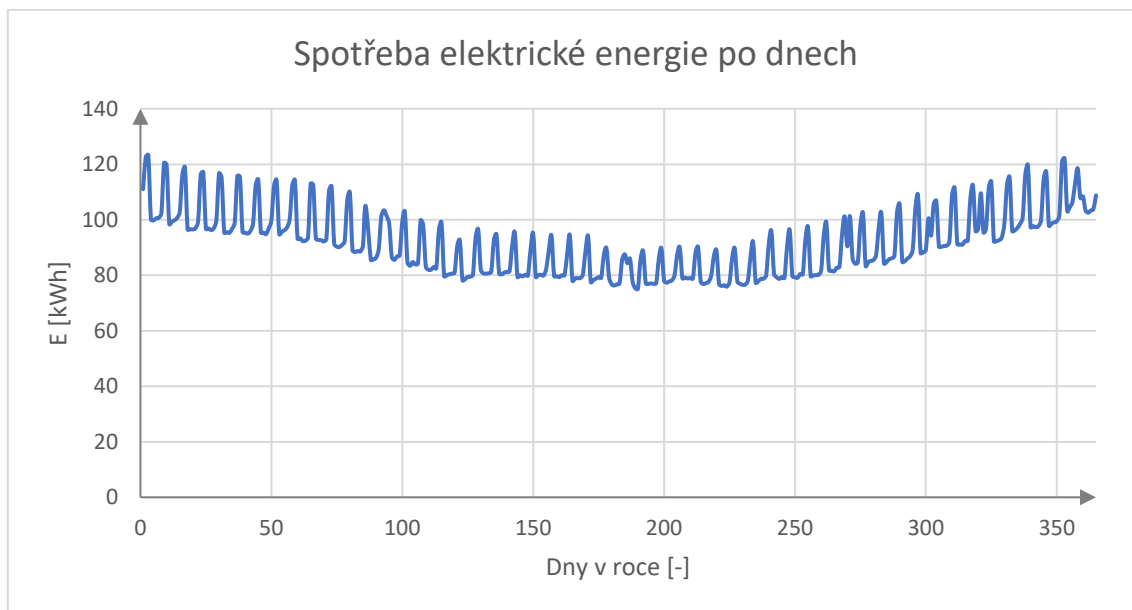
Vzhledem k tomu, že výroba elektrické energie z FVE je silně závislá na počasí, je obvykle požadavek na „úplnou soběstačnost“ pouze v měsících největšího zisku z FVE. Jelikož nevytápíme elektřinou, není mezi zimou a létem takový propad spotřeby, jak je vidět na grafu níže. Pro návrh FVE budu využívat data o spotřebě z roku 2021.

Data výroby FVE budou z roku 2020, neboť v nástroji PVGIS aktuálnější rok není. Snahou pro můj návrh bude dosáhnout „samostatnosti“ v období největších zisků,

---

<sup>35</sup> MATAJS, Vladimír. Dotace na fotovoltaické elektrárny pro bytové domy [online]. České Budějovice: © Solární Experti s.r.o. [cit. 06.05.2022]. Dostupné z: <https://www.solarniexpert.cz/dotace-nzu-fve-pro-panelove-a-bytove-domy/>

kteřé pro Ústí nad Labem vychází od dubna po srpen, jak je vidět na grafu na Obr. 5.2, kde je pro příklad uveden zisk energie pro FVE o velikosti 20 kWp.



**Obr. 5.1: Spotřeba elektrické energie po dnech**<sup>36</sup>



**Obr. 5.2: Příklad měsíční výroby FVE o výkonu 20 kWp**<sup>37</sup>

<sup>36</sup> Graf autora.

<sup>37</sup> Graf autora. Data vygenerována pro FVE 20 kWp, orientaci na jih a úhlu sklopení 35° v lokalitě Ústí nad Labem PVGIS Photovoltaic Geographical Information System [online]. Ispra: © PVGIS © European Communities, 2001-2017. 2020 [cit. 08.04.2022]. Dostupné z: [https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/en/](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/)

Období mezi dubnem a srpnem vychází mezi 91. a 243. dnem roku. Z předešlého Obr. 4.5 je vidět, že v té době denní potřeba domu většinou nepřekročí 100 kWh. Aby dům zůstal soběstačný, je nutné, aby FVE vyrobila dostatek elektrické energie pro pokrytí spotřeby a nabití baterie pro překlenutí večera a noci. FVE totiž zpravidla začíná vyrábět elektrickou energii ve velkém až kolem 10. hodiny dopolední. S velkou dodávkou energie pak končí obvykle v 16 hodin. Velikost akumulátoru tedy musí pokrýt dobu mezi výrobou FVE. Pro nejnáročnější den tohoto období, který byl ze 3.4. na 4.4., je potřeba energie mezi 16. a 10. hodinou cca 72 kWh. Zbytek, cca 32 kWh, má být pokryto z FVE.

Pro ochranu baterie se nevyužívá spodní a horní část kapacity baterie. Ponechávají se rezervy. Pro spodní limit je to zpravidla 15-20 % a pro horní limit to bývá 90 %. Dále se může přidat rezerva např. pro degradaci baterie.

Odhad kapacity baterie tak vychází:

$$C = \text{spotřeba} + \text{limity} + \text{rezerva} = 72 + 0,2 \cdot 72 + (1 - 0,9) \cdot 72 + 0,1 \cdot 72 = 93,6 \\ = 100,8 \text{ [kWh]} \quad (5.3)$$

FVE tedy musí za den vyrobit:

$$E_{FVE} = \text{denní spotřeba} + \text{baterie} = 32 + 100,8 = 132,8 \text{ [kWh]} \quad (5.4)$$

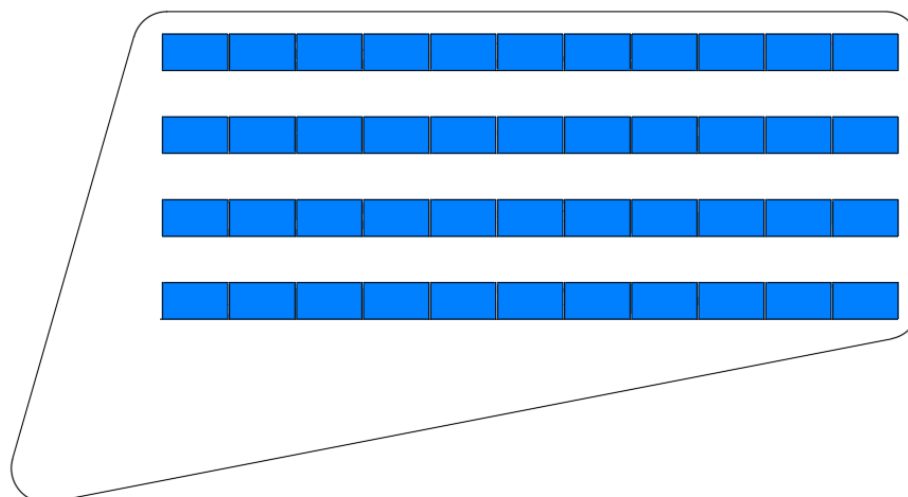
Jelikož je největší výroba rozprostřena do času mezi 10. a 14. hodinou, měl by i výkon FVE odpovídat tomu, aby většinu požadované energie vyrobil v této době. Výkon FVE lze tedy odhadnout na 40 kWp. 40kWp FVE dosáhne jen po krátkou dobu, lze tedy počítat s nižší výrobou. Toto je návrh pro ideální případ.

Bohužel se zde ale projeví technická omezení daná velikostí střechy. Pokud si vezmeme rozměry „lepšího panelu“ 1903 x 1134 mm o výkonu 450 W a rozmístíme je s nízkým sklonem 20° (není to optimálních 30°) po střeše tak, aby si moduly nestínily ani při zimním slunovratu (úhel paprsků mezi horizontem a Sluncem je cca 17°) zjistíme, že se na střechu vejde přibližně 44 modulů ve čtyřech řadách po 11. Součtem výkonů pak dojdeme k výkonu 19 800 kWp. Dalším omezením je mírný odklon od jihu v úhlu 20° na východ, což trochu sníží zisk energie.

Z toho vyplývá, že v tomto případě lze návrh baterie dělat jen vůči výkonu instalovatelnému na střeše.



Obr. 5.3: FV moduly pohled z boku<sup>38</sup>



Obr. 5.4: FV moduly pohled shora<sup>39</sup>

Nevyužitým prostorem střechy zohledňuji fakt, že ještě není jasné, kde je přístup na střechu, vzduchotechnika a hromosvody.

### 5.2.3 Bilance FVE a návrh velikosti baterie

Pro rozebrání, jak se bude přibližně chovat navržený FV systém jsem si vytvořil tabulku v MS Excel, která je poskytnuta v příloze práce pod názvem Návrh FVE s baterií (příloha 5). V tabulce se vyskytuje přehled spotřeb domu, výroba z FVE a akumulace v podobě baterie. Tabulka zohledňuje horní a dolní limity baterie a maximální výkony nabíjení a vybíjení baterie. Ztráty v systému (střídače, rozvody atd.) byly nástrojem PVGIS přednastaveny na 14 %, což se mi zdá jako hodně, tudíž v tabulce již s dalšími ztrátami nepočítám. Zohledňované parametry jsou měnitelné, což mi usnadnilo hledání vhodné velikosti baterie. Výsledkem tabulky je přehled, jak se podařilo

<sup>38</sup> Obrázek autora

<sup>39</sup> Obrázek autora



akumulovat energii do baterie, s čímž úzce souvisí, kolik energie oteklo nevyužito do sítě a kolik bylo naopak potřeba odebrat.

Při parametrech FVE zmíněných výše, je roční výroba přibližně 19 000 kWh.

Pro provedení návrhu potřebujeme už konkrétní parametry FV systému. Pro realizaci zadaného bytového domu s výkonem FVE 19,8 kWp jsem vybral střídač a baterie od firmy WATTSONIC. Střídačem je hybridní třífázový střídač WTS 15KTL - HT. Jsou od stejného výrobce a jedná se o typ WATTSONIC 3,84kWh. Střídač je dimenzován na výkon 22 kWp a vybaven 2 MPPT.

Střídač WTS - 15KTL - HT		
Max vstupní výkon	22	kWp
Rozsah MPPT	240 - 850	V
Počet MPPT	2	-
Počet stringů na MPPT	2	-
Náběhové napětí	180	V
Maximální vstupní proud	26 / 13	A
Výstupní výkon	15	kWp
Baterie	Li	-
Nabíjecí a vybíjecí proudy	50	A
Cena	144 000	Kč

**Tab. 5.1: Hlavní parametry střídače** <sup>40</sup>

Baterie se skládá z jednotlivých modulů. Celkem je možné poskládat 21 modulů o kapacitě 3,84 kWh (minimální počet modulů je 5). Výhodou tohoto systému je jeho rozšiřovatelnost jak paralelní spoluprací více střídačů (při navýšení výkonu FVE), tak rozšiřováním počtu bateriových modulů, kdy je možné sestavit až pět baterií o kapacitě 80,6 kWh paralelně (pro tuto práci to však nebude mít vliv).

Nevýhodou tohoto systému jsou vyšší pořizovací náklady, neboť se jedná o systém pro použití spíše do komerčního prostředí. Nicméně mnoho jiných možností jsem neměl, jestliže usiluji o použití hybridního střídače s výkonem okolo 20 kW, který je schopný pracovat s většími kapacitami baterií (50 kWh a více).

<sup>40</sup> Výpis parametrů z datasheetu střídače s baterií. Datasheet je k dostání ve zdroji níže.

Třífázový hybridní měnič WATTSONIC 20kW,wifi,smart: Wattsonic systems intro. IfTECH [online].

Olomouc, 2008 [cit. 13.04.2022]. Dostupné z: <https://shop.iftech.cz/solarni-menice/3194-trifazovy-hybridni-menic-wattsonic-20kwwifismart.html>

Baterie		
1 modul baterie		
Typ	LiFePo4	-
Jmenovité napětí	38,4	V
Kapacita	3,84	kWh
Max. nabíjecí a vybíjecí proud	100	Ah
Cena	55 000	Kč
Battery controle module		
Max počet bateriových modulů	21	ks
Cena	65 000	Kč

**Tab. 5.2: Hlavní parametry baterie** <sup>41</sup>

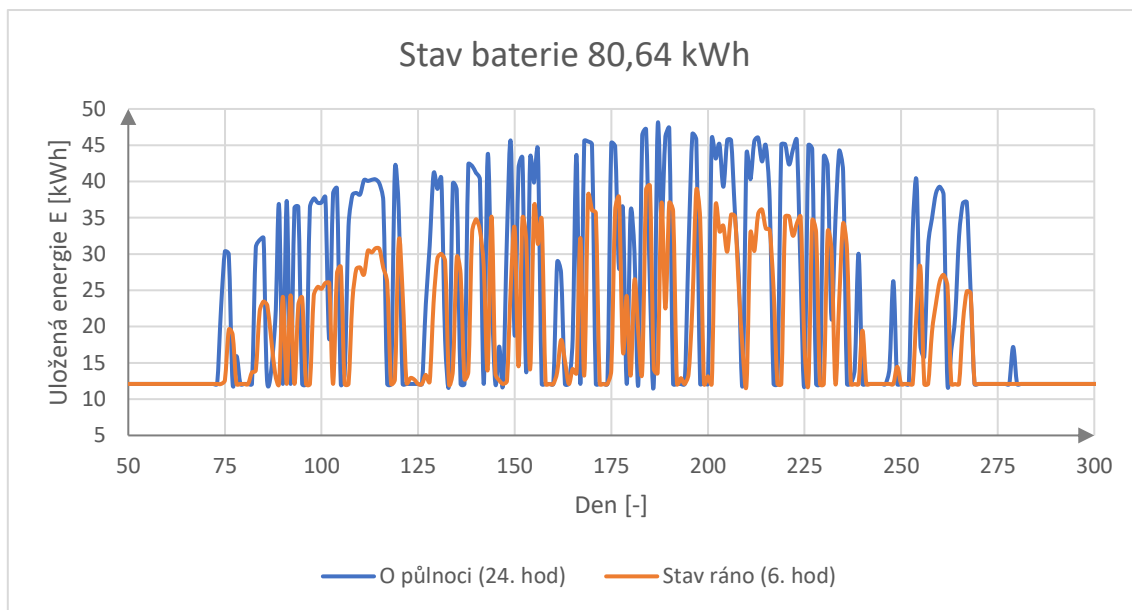
Excelovská tabulka má posloupnost výpočtů takovou, že nejdříve sečteme spotřebu domu s výrobou FVE. Tím získáme saldo energie. Následně proběhne určení, jakým výkonem lze baterii nabíjet / vybíjet (zda jmenovitým nebo nižším aktuálním). Poté se zjistí stav nabití baterie a tím se určí, jak velkým výkonem lze nabíjet baterii / pomáhat spotřebě. Výsledkem jsou data o přebytku či nedostatku výkonu. Výpočty jsou prováděny pro každou hodinu v roce. Výsledkem zkoumání vlivu velikostí baterií na bilanci výroby je uvedená následující Tab. 5.3.

Co v tabulce není vidět je, že většinu dní v období mezi dubnem a srpnem vystačí nashromážděná energie v bateriích na pokrytí večerní špičky. U baterií nad 60 kWh pak v létě přes den uložená energie dovolí samostatný provoz domu až do brzkých ranních hodin kdy začíná provoz FVE (samostatnosti je dosaženo s rezervou 1 – 2 hodiny). S baterií 80 kWh je pak možné v létě dosahovat jistější nezávislosti na síti, neboť jak je vidět na následujícím grafu, vyjma zatažených dní zbývá ráno v baterii využitelná energie cca 20 kWh, což vystačí skoro až do poledne. Celkově další zvyšování kapacity baterií již nepřináší velký užitek, neboť díky 80,64 kWh baterii využívá dům po celý rok přes 92 % vyrobené energie z FVE. Tedy jen 8 % energie je prodáno jako přebytek.

<sup>41</sup> Výpis parametrů z datasheetu střídače s baterií. Datasheet je k dostání ve zdroji níže.

Třífázový hybridní měnič WATTSONIC 20kW,wifi,smart: Wattsonic systems intro. IfTECH [online].

Olomouc, 2008 [cit. 13.04.2022]. Dostupné z: <https://shop.iftech.cz/solarni-menice/3194-trifazovy-hybridni-menic-wattsonic-20kwwifismart.html>



Obr. 5.5: Stav baterie 80,6 kWh <sup>42</sup>

Naměřené výsledky					
Zkoumané info	Jednotky	Bez baterie	Baterie 19,2 kWh	Baterie 30,72 kWh	Baterie 42,24 kWh
Celkové přebytky	kWh	8 752	5 656	4 283	3 137
Celkové nedostatky	kWh	23 251	20 150	18 775	17 627
Počet hodin samostatnosti systému	hod	1 845	2 727	3 008	3 353
Počet hodin s nutnou výpomocí ze sítě	hod	6 945	6 033	5 752	5 407
Cena baterie	Kč	0	275 000	440 000	605 000
Battery controle module	Kč	0	65 000	65 000	65 000
Cena střídače	Kč	144 000	144 000	144 000	144 000
Cena FV modulů (44 ks.)	Kč	242 000	242 000	242 000	242 000
Cena celkem	Kč	386 000	726 000	891 000	1 056 000
Zkoumané info	Jednotky	Baterie 53,76 kWh	Baterie 65,28 kWh	Baterie 80,64 kWh	
Celkové přebytky	kWh	2 245	1 749	1 369	
Celkové nedostatky	kWh	16 732	16 233	15 851	
Počet hodin samostatnosti systému	hod	3 803	4 076	4 223	
Počet hodin s nutnou výpomocí ze sítě	hod	4 957	4 684	4 537	
Cena baterie	Kč	770 000	935 000	1 155 000	
Battery controle module	Kč	65 000	65 000	65 000	
Cena střídače	Kč	144 000	144 000	144 000	
Cena FV modulů (44 ks.)	Kč	242 000	242 000	242 000	
Cena celkem	Kč	1 221 000	1 386 000	1 606 000	

Tab. 5.3: Bilance FVE a cena FV systému pro různé baterie <sup>43</sup>

<sup>42</sup> Obrázek autora

<sup>43</sup> Tabulka autora

## 5.2.4 Návratnost FV systému

Na základě výše uvedených bilancí je pak možné vypočítat prostou dobu návratnosti jednotlivých systémů. K tomu využijí následující jednoduchý vzorec:

$$T_s = \frac{IV}{CF} \quad [\text{roky}; \text{Kč}; \text{Kč} \cdot \text{rok}^{-1}] \quad (5.5)$$

$IV$  – investiční výdaj (investice ponížena o dotaci);  $CF$  – roční peněžní tok (výnosy a úspory);

Jedná se o velice zjednodušený výpočet, který nezahrnuje změnu hodnoty peněz, tudíž výsledek je v principu pouze orientační. Jelikož nenavrhuji velký systém, je možné využít ceny komponentů běžně k nalezení v internetových obchodech. Z toho plyne, že všechny ceny budou počítány včetně DPH 21 %. Na systémy je pak možné využít dotační program Nová zelená úsporám pro bytové domy. FV moduly jsou dotovány 15 tisíci Kč za 1 kWp a baterie 10 tisíci Kč za 1 kWh. Limity pro výkon FVE je 100 kWp a pro baterii 1,5násobek kapacity v kWh vůči výkonu FVE. Dále je v dotaci zohledněn počet bytů a lokalita. Na každý byt vychází dotace 5 tisíc Kč. Lokalita Ústeckého kraje pak nabízí násobení dotací koeficientem 1,1. Celkově dotace může pokrýt maximálně 50 % investice.<sup>44</sup> Pro výpočet výnosů z přebytků vycházím z přibližné ceny 1 Kč / kWh.<sup>45</sup> Určení ceny elektrické energie, díky které je možno zjistit úsporu, je v dnešní době velice těžké určit s ohledem na budoucí vývoj cen v Evropě – Green Deal, válka na Ukrajině a rostoucí inflace. Zároveň se ale dá očekávat pokles cen vůči aktuálnímu stavu. Cenu tedy odhadnu jako průměr za poslední roky 2020, 2021 a 2022 z kalkulačky energetického regulačního úřadu.<sup>46</sup> Pro budoucí společné odběrné místo jsem zadával malopodnikatelský odběr, severočeský kraj, sazbu CO<sub>2</sub>d, jistič 3 x 80 – 3 x 100 A, spotřebu 33 500 kWh, prodejce ČEZ Prodej, a. s. , a produkt Elektřina na 3 roky. Průměrem ceny vysokého tarifu (nizký zde není) za poslední tři roky je cena 7,9 Kč / kWh. Uspořádáním těchto dat vznikne Tab. 5.4., která je zároveň

<sup>44</sup> MATAJS, Vladimír. Dotace na fotovoltaické elektrárny pro bytové domy [online]. České Budějovice: © Solární Experti s.r.o. [cit. 06.05.2022]. Dostupné z: <https://www.solarniexperti.cz/dotace-nzu-fve-pro-panelove-a-bytove-domy/>

<sup>45</sup> MATAJS, Vladimír. Kolik stojí fotovoltaická elektrárna? [online]. České Budějovice: © Solární Experti s.r.o. [cit. 06.05.2022]. Dostupné z: <https://www.solarniexperti.cz/kolik-stoji-solarni-elektrarna-kalkulace-cena/>

<sup>46</sup> Cenový kalkulátor [online]. Praha: CYGNI SOFTWARE, 2022 [cit. 06.05.2022]. Dostupné z: <http://kalkulator.eru.cz>

součástí přílohy Návrh FVE s baterií. Z tabulky je vidět, že dotace pokrývají přibližně polovinu nákladů na FV systém. U větších systémů jen třetinu. Dále jsou vidět krátké doby návratnosti, které se zvyšují až u největších FV systémů. Na doby má vliv zejména vysoká cena elektrické energie v posledních letech, díky které je možné dosahovat vysokých úspor.

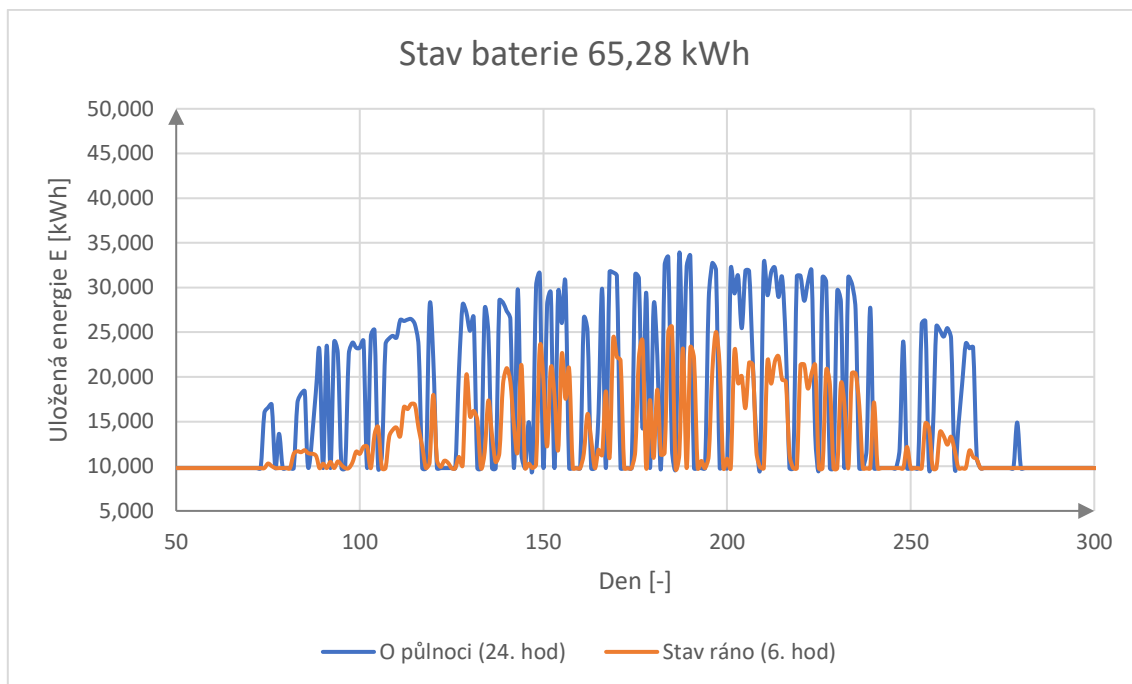
		Návratnost FV systému						
		Typ systému						
		Bez BAT	19,2 kWh	30,72 kWh	42,24 kWh	53,76 kWh	65,28 kWh	80,64 kWh
		Cena FV systému						
Cena systému	Kč	386 000	726 000	891 000	1 056 000	1 221 000	1 386 000	1 606 000
Cena konstrukce	Kč	255 200	255 200	255 200	255 200	255 200	255 200	255 200
Vedení	Kč	9 000	9 000	9 000	9 000	9 000	9 000	9 000
Jištění	Kč	15 000	15 000	15 000	15 000	15 000	15 000	15 000
Cena práce	Kč	56 000	64 000	64 000	64 000	64 000	70 400	70 400
Cena projektu	Kč	20 000	20 000	20 000	20 000	20 000	20 000	20 000
Cena celkem	Kč	741 200	1 089 200	1 254 200	1 419 200	1 584 200	1 755 600	1 975 600
		Dotace						
FV moduly	Kč	297 000	297 000	297 000	297 000	297 000	297 000	297 000
Baterie	Kč	0	192 000	297 000	297 000	297 000	297 000	297 000
Byty	Kč	45 000	45 000	45 000	45 000	45 000	45 000	45 000
Ústecký kraj	-	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
Dotace celkem	Kč	370 600	544 600	627 100	702 900	702 900	702 900	702 900
		Úspory a výnosy						
Výkup elektřiny	kWh	8 752	5 656	4 283	3 137	2 245	1 749	1 369
Výkupní cena	Kč/kWh	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Cena elektřiny	Kč/kWh	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9
Elektrina z BAT a FVE	kWh	10 286	13 382	14 755	15 901	16 793	17 289	17 669
Výnosy a úspory	Kč	90 010	111 372	120 846	128 754	134 908	138 331	140 953
Návratnost	roky	4,1	4,9	5,2	5,6	6,5	7,6	9,0

**Tab. 5.4: Návratnost FV systémů s různými bateriemi** <sup>47</sup>

Kdybychom počítali s donedávna běžnými cenami 5 Kč / kWh, dosáhli bychom u každého systému v průměru prodloužení doby návratnosti o 50 %. V tom případě největší tři varianty překonají dobu návratnosti 10 let. V takovou chvíli bych doporučoval provést podrobnější ekonomickou analýzu, neboť se začneme dostávat do období, kdy hrozí zvýšené riziko předčasných výměn komponentů systému (záruky bývají na 10 let). Ekonomické zhodnocení nicméně není součástí požadavků této práce, a proto nebude dále provedeno. Pro odhad dob návratnosti jsem zanedbal vliv stárnutí systému a meziroční změny hodnoty peněz, neboť tyto vlivy pokládám za málo výrazné v porovnání s nejistotou ohledně ceny za elektrickou energii v budoucích letech a která tvoří většinu částky za výnosy a úspory. Bez provedení ekonomické

<sup>47</sup> Tabulka autora

analýzy bych volil kapacitu baterie 65,28 kWh, a to z toho důvodu, že návratnost se pohybuje i při snížení ceny elektrické energie okolo 10 - 11 let a zároveň tato kapacita baterie při slunečných dnech v létě stačí na zachování samostatnosti (s malou rezervou). Dále je vidět klesající přínos zvyšování kapacity baterie pro množství vykupované energie a velikosti úspor. Navyšování kapacity nad zvolených 65,28 kWh přináší v zásadě jen rezervu pro výpadek sítě, či do budoucna rezervu pro pokrytí degradace baterií.



**Obr. 5.6: Stav baterie 65,28 kWh**<sup>48</sup>

<sup>48</sup> Obrázek autora



Obr. 5.7: Součásti FV systému od firmy WATTSONIC <sup>49</sup>

## 5.3 Návrh elektroinstalace

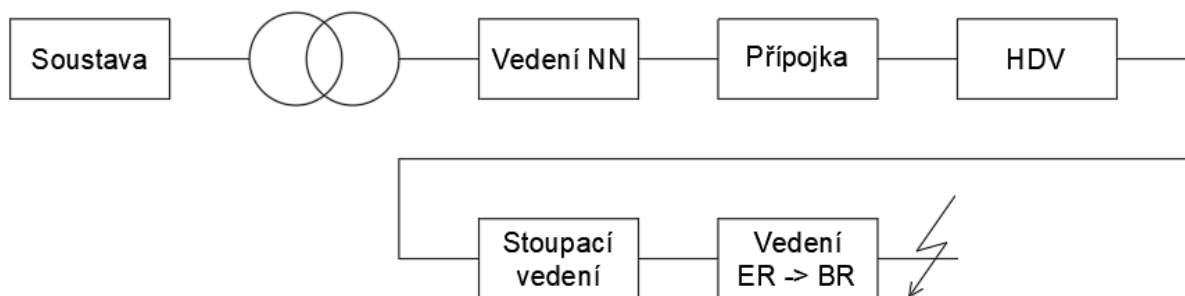
### 5.3.1 Přípojka

Pro návrh přípojky jsou klíčové 2 věci – očekávaný příkon domu a stav distribuční sítě vedoucí k domu. Příkon je důležitý pro návrh průřezu vedení a stav sítě pro kontrolu na zkratovou odolnost kabelů. Výpočet průřezu přípojky je proveden v příloze 4 dle kapitoly 2.3.2 a 2.3.3. K návrhu vedení poslouží známé příkony bytů, společných prostor a očekávané elektromobility. Pro následnou kontrolu na zkraty pak poslouží informace o distribuční síti v okolí plánovaného domu, které mi poskytl vedoucí práce. Přípojka domu bude napojena na kabel AYKY 3 x 120 + 70 dlouhý 350 m. Toto vedení nízkého napětí vede k transformátoru 22 / 0,4 kV o výkonu 0,4 MVA, který napájí okolní oblast. Transformátor je pak napájen ze sítě (soustavy), jejíž zkratový výkon je 295,6 MVA. Tím může vzniknout náhradní obvod pro počítání zkratů. Pro výpočet zkratu např. v bytové rozvodnici ve 3. NP pak bude obvod vypadat následovně:

---

<sup>49</sup> Třífázový hybridní měnič WATTSONIC 20kW,wifi,smart: Wattsonic systems intro. *IfTECH* [online]. Olomouc, 2008 [cit. 13.04.2022]. Dostupné z: <https://shop.iftech.cz/solarni-menice/3194-trifazovy-hybridni-menic-wattsonic-20kwwifismart.html>

Wattsonic Commercial High Voltage Power Cabinet. *Wattsonic* [online]. Wuxi (Čína), 2017 [cit. 14.04.2022]. Dostupné z: <http://www.wattsonic.com/index.php?c=category&id=11>



Obr. 5.8: Náhradní zkratový obvod <sup>50</sup>

Výsledkem návrhu a kontroly je kabel 1 – CYKY – J 4 x 50 + CY 25. Přípojka bude 5 m dlouhá, vedená v zemi k přípojkové skříni, ve které jsou umístěny pojistky 200 A. Přípojková skříň je umístěna zvenku v 1. PP na zdi sousedící s technickou místností.

### 5.3.2 HDV

Z přípojkové skříně vede stejným kabelem jako přípojka krátké vedení do elektroměrové rozvodnice ER0, ve které je zřízeno společné odběrné místo. Z ER0 HDV dále pokračuje do DR1, kde dochází k rozdělení HDV na několik stoupacích vedení, což je umožněno dle ČSN 33 2130 ed.3. Elektrická instalace nízkého napětí – Vnitřní elektrické rozvody na straně 18. Celkem jsou zřízeny 3 stoupací vedení. V rozvaděči RD1 je pak také provedeno odbočení pro společnou spotřebu (a elektromobilitu) a připojení střídače k domovní elektroinstalaci. Vedení k podružným elektroměrovým rozvaděčům ER1, ER2 a ER3 jsou provedena kabelem 1 – CYKY – J 5 x 10 + CY 10. Tato vedení jsou jistěna jističem 40 A charakteristiky B. Odbočka v RD1 pro FV systém a společnou spotřebu je provedena kabelem 1 – CYKY – J 5 x 10 + CY 10, ale s jistěním 50 A. Výpočty jsou podobně jako pro přípojku provedeny v příloze 4.

Oproti zvyklostem dochází k přechodu na síť TN-S již před bytovými rozvodnicemi v RD1. To je provedeno z důvodu použití střídače, který na své AC straně má konektor pro TN - S síť.

<sup>50</sup> Obrázek autora



### 5.3.3 Společné prostory

Elektroinstalace se skládá ze světelných okruhů, zásuvkových okruhů a příslušenství k FVE. Světelné okruhy se skládají ze tří okruhů – jeden okruh pro sklepní kóje a dva okruhy pro osvětlení vchodů do domu a chodeb. Osvětlení vchodů je spínáno pohybovým čidlem. Spínání osvětlení chodeb je zajištěno složením přepínačů pro zajištění schodišťového spínání. Zároveň jsou tyto dva okruhy provedeny takovým způsobem, že v případě poruchy jednoho z nich je zajištěna druhým okruhem minimální osvětlenost chodeb.

Zásuvkové okruhy jsou zřízeny pro 1. PP, kočárkárnu a napájení systému vytápění (kotel + čerpadlo). Okruh pro 1. PP je proveden kabelem 1 – CYKY – J 3 x 2,5 a jištěn jističem 16 A typu B. Pro jištění vytápění budou zřízeny vedení podobných průřezů a jištění dle konkrétních použitých technologií. Vedení povede v kovových žlabech. V technické místnosti je dále provedeno pospojování kovových částí vodičem CY 6.

Elektroinstalace pro elektrická vozidla je zde provedena třemi třífázovými zásuvkami jištěnými jističi 3 x 10 A. Nejedná se tak o plné využití plánovaného příkonu 22 kW. Je to provedeno z toho důvodu, že je v současnosti v ČR nízký počet elektrických vozů, a zároveň ještě není zcela jasné, jak bude z pohledu distributorů řešena elektromobilita, až dojde k jejímu rozšíření. Dají se očekávat různé způsoby dálkového řízení, jak z pohledu distributora, tak z pohledu nabíjecích stanic mezi sebou, pro rozložení nabíjecího výkonu mezi vozidla, a to i v určitém čase. Navíc z pohledu vyhlášky č. 268/2009 Sb. Vyhláška o technických požadavcích na stavby, § 48b není povinnost připravovat nabíjecí místa pro domy pod 10 bytů.

Nakonec se zde vyskytují zařízení pro FVE. Spojení střídače s rozvaděčem RD 1 je provedeno dle manuálu střídače kabelem 1 – CYKY – J 5 x 10 a jištění je 3x40 A typu B.<sup>51</sup>

---

<sup>51</sup> Manuál dostupný ke stažení na stránce:

Třífázový hybridní měnič WATTSONIC 20kW,wifi,smart: Wattsonic 3F Instalační man. IFTECH [online]. Olomouc, 2008 [cit. 13.04.2022]. Dostupné z: <https://shop.iftech.cz/solarni-menice/3194-trifazovy-hybridni-menic-wattsonic-20kwwifismart.html>

### 5.3.4 Bytová elektroinstalace

Elektroinstalace v bytech je provedena podle ČSN 33 2130 ed.3. Elektrická instalace nízkého napětí – Vnitřní elektrické rozvody.

Přívod do jednotlivých bytů, u kterých je odhadován příkon 11 kW, je proveden třemi fázemi vodičem CYKY o průřezu 10 mm<sup>2</sup> z elektroměrové rozvodnice. Vedení povede v lištách. Společně s přívodem vede do rozvaděče vodič od hlavní uzemňovací svorky (MET).

Proudové chrániče se v bytech vyskytují 3 tak, aby pokryly počet světelných obvodů, kdy podle ČSN 33 2130 ed.3 Změna Z1. Elektrická instalace nízkého napětí – Vnitřní elektrické rozvody, je nutné mít pro každý světelný obvod vlastní proudový chránič. Jejich vybavovací proud je 30 mA.

Světelné okruhy, jak už bylo zmíněno jsou 3 – dva pro běžné prostory a jeden pro koupelnu se záchodem, jakožto prostoru se zvýšeným nebezpečím elektrického úrazu. Jsou jištěny jističem 10 A typu B a okruh je proveden kabelem 3 x 1,5 mm<sup>2</sup>.

V bytech se plánují spotřebiče, pro které se provádí speciální zásuvkové okruhy – chladničky, myčky a elektrické sporáky s troubou. Pro snížení zatížení jednotlivých fází jsou v kuchyni okruhy provedeny různými fázemi. Speciální obvody jsou jištěny dle normy 16 A jističi typu B s vedením CYKY 3 x 2,5 mm<sup>2</sup>, chladnička 10 A jističem typu B na vedení CYKY 3 x 1,5 mm<sup>2</sup>. Pro sporák s troubou je pak navrženo vedení CYKY 5 x 2,5 mm<sup>2</sup> s jističem 3 x 16 A. Zbylé zásuvkové okruhy jsou provedeny vedením 3 x 2,5 mm<sup>2</sup> a jističem 16 A typu B.

V bytech je dále zřízeno doplňkové ochranné pospojování kovových částí, u kterých hrozí riziko úrazu elektrickým proudem. Zejména tedy v koupelně a v kuchyni. Provedení je vodičem CY 4.

## 6 Závěr

Autor práce konstatuje, že splnil všechny body zadání. Návrh FVE a projekt instalace je popsán jak v teoretickém úvodu, tak v samotné praktické části. Dimenzování TČ je uvedeno v příslušné kapitole společně s představením TČ. Charakteristika bytového domu měla být myšlena jako vstupní informace pro návrhy elektroinstalace, TČ a FVE. Tyto informace jsou napříč kapitolami v práci uvedeny.

V úvodu práce dochází k popsání elektroinstalace bytového domu v návaznosti na nejdůležitější normy, které se dané problematiky týkají. Následně je přestaveno tepelné čerpadlo a informace o jeho dimenzování. Dimenzování je představeno na základě normy. Poslední částí teoretického úvodu je pojednání o FVE, kde byly popsány jednotlivé části, základní uspořádání a postup, jak přistupovat k jejímu návrhu.

Praktický návrh se pak skládá ze dvou částí – FVE a elektroinstalace. FVE byla navrhována primárně z hlediska velikosti elektrárny, baterie a střídače. Výsledkem tohoto návrhu jsou základní přehledy o možných kombinacích FVE + baterie pro zvolený hybridní střídač a doby návratnosti. V možných kombinacích je vidět relativně krátká doba návratnosti investice (jednotky let), což ještě navíc ovlivňuje současné období turbulentních změn ceny elektrické energie. Výsledkem tedy je, že pro bytové domy má rozhodně smysl uvažovat o FVE, pokud to podmínky umožňují. Výhodou jsou také dotace, které umožnily, že domovní FVE začínají dávat smysl. Druhou částí byl návrh elektroinstalace bytového domu. Zde byly překlopeny poznatky získané z literatury do praxe. Jelikož se jedná o odvětví, které je dlouho známé, a tedy i detailně popsané v normách, je výstupem práce zejména sumarizace zásad při návrhu a návrh konkrétního provedení.

Pokud bych někdy chtěl pokračovat v této práci, pak by se pokračování mohlo zaměřit na ochranu před blesky a přepětími. Dále by bylo možné zahrnout do návrhu i vytápění pomocí v práci zmiňovaných tepelných čerpadel. Nakonec by bylo možné dokončit návrh elektromobility komplexnějšími způsoby než jen třífázovou zásuvkou bez regulace.



## 7 Seznam literatury

- [1] Baterie pro fotovoltaiku – typy, výhody, nedostatky. *Bohemia civil engineering*. [online]. Brno 2020. [cit. 24.04.2022]. Dostupné z: <https://www.bce.cz/baterie-pro-fotovoltaiku-typy-vyhody-nedostatky/>
- [2] BECHNÍK Bronislav. *Nejpoužívanější pojmy ve fotovoltaice* [online]. Praha 2014. [cit. 24.04.2022]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika/11772-nejpouzivanejsi-pojmy-ve-fotovoltaice>
- [3] BENDA, Vítězslav, Helena DOLEŽALOVÁ aj. *Obnovitelné zdroje energie*. Praha: Profi Press, 2012. 208 s. ISBN 978-80-86726-48-9.
- [4] BENDA Vítězslav, Pavel HRZINA. *Přednášky z předmětu Solární systémy a elektrochemické zdroje (B1B13SSE1)*. FEL ČVUT v Praze, 2022
- [5] BLÁHA Marek, Pavel MICHAL, Richard BEBER. *SPRÁVNÝ VÝKON TEPELNÉHO ČERPADLA VZDUCH/VODA*. 2019 - 2022 [online]. Praha: © GT Energy s.r.o. [cit. 15.04.2022] Dostupné z: <https://www.projektuj-tepelna-cerpadla.cz/cz/spravny-vykon-tepelneho-cerpadla-vzduch-voda>
- [6] BLÁHA Marek, Pavel MICHAL, Richard BEBER. *Projektuj tepelná čerpadla* [online]. Praha: © GT Energy s.r.o. 2019-2021 [cit. 07.12.2021]. Dostupné z: <https://www.projektuj-tepelna-cerpadla.cz/>
- [7] Cenový kalkulátor [online]. Praha: CYGNI SOFTWARE, 2022 [cit. 2022-05-06]. Dostupné z: <http://kalkulator.eru.cz>
- [8] ČESKÁ REPUBLIKA. Vyhláška č. 125/2021 Sb., Vyhláška, kterou se mění vyhláška č. 408/2015 Sb., o Pravidlech trhu s elektřinou, ve znění pozdějších předpisů. In: *Sbírka zákonů*. Praha: Ministerstvo vnitra ČR. Ročník 2021. Částka 47. ISSN 1211-1244. Dostupné z: [https://aplikace.mvcr.cz/sbirkazakonu/SearchResult.aspx?q=47&typeLaw=zakon&what=Cislo\\_castky](https://aplikace.mvcr.cz/sbirkazakonu/SearchResult.aspx?q=47&typeLaw=zakon&what=Cislo_castky)

- [9] ČESKÁ REPUBLIKA. 268. Vyhláška o technických požadavcích na stavby. In: *Sbírka zákonů*. Praha: Ministerstvo vnitra ČR. Ročník 2009. Částka 81. ISSN 3702-3719. [cit 06.05.2022]. Dostupné z: <https://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/SearchResult.aspx?q=2009&typeLaw=zakon&what=Rok&stranka=8>
- [10] FIRSTOVÁ, Zdeňka. *Nová citační norma ČSN ISO 690:2011: Bibliografické citace – podrobný návod, jak citovat literaturu a prameny, s českými příklady*. [online]. Plzeň: Univerzitní knihovna Západočeské univerzity v Plzni, 2011. [27.12.2021]. Dostupné z: <https://www.iso690.zcu.cz/index.html>
- [11] Fotovoltaický solární panel JINKO 450Wp černý rám IP68. *Svět svítidel.cz* [online]. Blansko, 2022 [cit. 01.05.2022]. Dostupné z: [https://www.svet-svitidel.cz/fotovoltaicky-solarni-panel-jinko-450wp-33-91v-ip68/?gclid=EAlaIQobChMI1cXAxu659wIVUeN3Ch2QCQS5EAQYAyABEgK9wFD\\_BBw](https://www.svet-svitidel.cz/fotovoltaicky-solarni-panel-jinko-450wp-33-91v-ip68/?gclid=EAlaIQobChMI1cXAxu659wIVUeN3Ch2QCQS5EAQYAyABEgK9wFD_BBw)
- [12] GUMAROV, Amir, ed. *Spotřeba energie plynového kotle: kolik elektřiny je potřeba k provozu standardního vybavení* [online]. © 2016–2020 - engineer.decorexpro.com/cs/. 2019 [cit. 01.05.2022]. Dostupné z: <https://engineer.decorexpro.com/cs/otoplenie/kotly/elektropotreblenie-gazovogo-kotla.html>
- [13] Hybridní solární elektrárna 3,6 kWp s baterií. *SOLÁRNÍ EXPERTI* [online]. České Budějovice: © Solární Experti s.r.o. [cit. 01.05.2022]. Dostupné z: <https://www.solarniexperti.cz/solarni-systemy/fotovoltaika/hybridni-solarni-elektrarna-s-bateriemi-li-ion-354-kwp-na-klic/>
- [14] HRADÍLEK, Zdeněk, Ilona LÁZNIČKOVÁ, Vladimír KRÁL. *Elektrotepelná technika*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011, 266 s. ISBN 978-80-01-04938-9
- [15] Kolektiv autorů OEZ. *Příručka elektrikáře* [online]. Letohrad. [cit. 09.05.2022]. Dostupné z: [http://www.bqz.sk/download/\\_info/oez\\_prirucka\\_elektrikare\\_web.pdf](http://www.bqz.sk/download/_info/oez_prirucka_elektrikare_web.pdf)
- [16] Konstrukce na rovnou střechu 1 FV panel pro výšku / šířku Mounting Systems. *Ecoprodukt* [online]. Kanianka (Slovensko), 2022. [cit. 01.05.2022]. Dostupné z: <https://ecoprodukt.cz/p/86525-konstrukce-na-rovnou-strechu-1-fv-panel-pro-vysku-sirku-mounting-systems-32218>

- [17] KOREL, Jan. 2020. *Projektování a měření přídavného uzemnění vedení VVN a ZVN*. Praha. Diplomová práce. FEL ČVUT. Vedoucí práce Vít Klein.
- [18] KREINER Robert. *Postup při návrhu tepelných čerpadel*. [online]. Praha 2015. Topinfo, ©2001-2021. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/tepelnacerpada/12401-postup-pri-navrhu-tepelnychcerpadel>
- [19] Jaká je průměrná spotřeba elektřiny u rodinného domu? *LAMA energy* [online]. Praha. 2007. [cit. 01.05.2022]. Dostupné z: <https://www.lamaenergy.cz/podpora/zajimavosti/jaka-je-prumerna-spotreba-elektriny-u-rodinneho-domu-2/>
- [20] LED Stropní svítidlo AVESTA LED/12W/230V IP54. *Svět svítidel.cz* [online]. Blansko, 2022 [cit. 01.05.2022]. Dostupné z: <https://www.svet-svitidel.cz/led-stropni-svitidlo-avesta-led-12w-230v/>
- [21] LED Stropní svítidlo ORTO NT 1xLED/6W/230V 3000K 11,3 cm. *Svět svítidel.cz* [online]. Blansko, 2022 [cit. 01.05.2022]. Dostupné z: <https://www.svet-svitidel.cz/led-stropni-svitidlo-orto-nt-led-6w-230v-3000k-12-cm/>
- [22] MANDIČ, Blaženka. *Pojistkové vložky – ano, či ne?* *Elektro* [online]. Datum vydání 12. 6. 2018, Ročník 2018 (6), str. 48 [cit. 03.05.2022]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/elektro/clanek/pojistkove-vlozky-ano-ci-ne--3017>
- [23] MATAJS, Vladimír. *Optimální orientace a sklon fotovoltaických panelů*. [online]. Praha: Topinfo, ©2001-2021. [cit 30.03.2022]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/114865-optimalni-orientace-a-sklon-fotovoltaickych-panelu>.
- [24] MATAJS, Vladimír. *Dotace na fotovoltaické elektrárny pro bytové domy* [online]. České Budějovice: © Solární Experti s.r.o. [cit. 06.05.2022]. Dostupné z: <https://www.solarniexperti.cz/dotace-nzu-fve-pro-panelove-a-bytove-domy/>
- [25] MATAJS, Vladimír. *Kolik stojí fotovoltaická elektrárna?* [online]. České Budějovice: © Solární Experti s.r.o. [cit. 06.05.2022]. Dostupné z: <https://www.solarniexperti.cz/kolik-stoji-solarni-elektrarna-kalkulace-cena/>

- [26] MATUŠKA, Tomáš. *Parametry pro hodnocení efektivity soustav s tepelnými čerpadly: SPF a PER*. [online]. Praha: Topinfo, ©2001-2021. [cit. 05.05.2022]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/13272-parametry-pro-hodnoceni-efektivity-soustav-s-tepelnymi-cerpadly-spf-a-per>
- [27] MATUŠKA, Tomáš a Bořivoj ŠOUREK. Výpočet ročního provozu tepelného čerpadla intervalovou metodou podle TNI 73 0351. *Topenářství instalace* [online]. © Topin Media, 2017(7) [cit. 14.05.2022]. Dostupné z: <https://www.topin.cz/clanky/vypocet-rocniho-provozu-tepelneho-cerpadla-intervalovou-metodou-podle-tni-73-0351-detail-4913>
- [28] MINDL, Pavel. *Přednášky z předmětu Základy elektrických strojů a přístrojů (B1B14ZSP)*. FEL ČVUT v Praze, 2020.
- [29] MUDRUŇKOVÁ, Anna. *Elektroenergetika 1*. [online]. Praha. 2016 [cit. 06.12.2021]. ISBN 978-80-88058-81-6. Dostupné z: <https://publi.cz/books/260/Cover.html>
- [30] MUDRUŇKOVÁ, Anna. *Přednášky z předmětu Elektroenergetika 2*. VOŠ a SPŠE Františka Křižíka v Praze, 2019
- [31] MUSIL, Ladislav. *Přednášky z předmětu Elektroenergetika 1*. (B1B15EN11). FEL ČVUT v Praze, 2020.
- [32] NKT. *Silové kabely a vodiče* [online]. Kladno: NKT. Stran 208. [cit. 10.05.2022]. Dostupné z: [https://www.pslib.cz/ivo.petricek/prezentace/vyuka\\_ZAE/katalog/Silove\\_kabely\\_a\\_vodice.pdf](https://www.pslib.cz/ivo.petricek/prezentace/vyuka_ZAE/katalog/Silove_kabely_a_vodice.pdf)
- [33] Normalizované TDD. OTE, a.s. [online]. Praha. 2018. [cit. 10.04.2022]. Dostupné z: <https://www.ote-cr.cz/cs/statistika/typove-diagramy-dodavek-elektřiny/normalizovane-tdd?date=2021-10-01>
- [34] *PVGIS Photovoltaic Geographical Information System* [online]. Ispra: © PVGIS © European Communities, 2001-2017. 2020 [cit. 08.04.2022]. Dostupné z: [https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/en/](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/)
- [35] Solární UV kabely. *Ecoproduct* [online]. Kanianka (Slovensko), 2022 [cit. 14.05.2022]. Dostupné z: <https://ecoproduct.cz/c/vsechno-montaze-a-prislusenstvi-kabely-a-koncovky-solarni-uv-kabely-2789?ppg=12&pg=2>



- [36] Třífázový hybridní měnič WATTSONIC 20kW,wifi,smart: Wattsonic systems intro. *IfTECH* [online]. Olomouc, 2008 [cit. 13.04.2022]. Dostupné z: <https://shop.iftech.cz/solarni-menice/3194-trifazovy-hybridni-menic-wattsonic-20kwwifismart.html>
- [37] Třífázový hybridní měnič WATTSONIC 20kW,wifi,smart: Wattsonic 3F Instalační man. *IfTECH* [online]. Olomouc, 2008 [cit. 13.04.2022]. Dostupné z: <https://shop.iftech.cz/solarni-menice/3194-trifazovy-hybridni-menic-wattsonic-20kwwifismart.html>
- [38] VEGA-GARITA, V., A. HANIF, N. NARAYAN, L. RAMIREZ-ELIZONDO a P. BAUER. *Selecting a suitable battery technology for the photovoltaic battery integrated module* [online]. Elsevier, 2019, 1-11 [cit. 24.04.2022]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2019.227011>
- [39] V kolik se rozednívá a stmívá? Ústí nad Labem, Česká republika - východ a západ slunce 1. května 2022. *Meteogram.cz* [online]. Ústí nad Labem, 2022 [cit. 01.05.2022]. Dostupné z: <https://www.meteogram.cz/vychod-zapad-slunce/ceska-republika/usti-nad-labem/>
- [40] Wattsonic Commercial High Voltage Power Cabinet. *Wattsonic* [online]. Wuxi (Čína), 2017 [cit. 14.04.2022]. Dostupné z: <http://www.wattsonic.com/index.php?c=category&id=11>



## 8 Seznam příloh

Příloha 1: Blokové schéma elektroinstalace bytového domu (.pdf)

Příloha 2: Elektroinstalace bytového domu a bytů (.pdf)

Příloha 3: Bytový rozváděč (.pdf)

Příloha 4: Návrh kabelů (.xlsx)

Příloha 5: Návrh FVE s baterií (.xlsx)