



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

---

**Fakulta elektrotechnická**

**Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd**

**Ekonomické vyhodnocení provozu FVE na střeše rodinného domu**

**Economic Evaluation of Residential PV Power Plant**

Diplomová práce

Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management

Studijní obor: Ekonomika a řízení energetiky

Vedoucí práce: Ing. Jiří Beranovský, Ph.D. MBA

**David Vobořil**

---

**Praha 2013**

České vysoké učení technické v Praze  
Fakulta elektrotechnická

Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student: Vobořil David

Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management  
Obor: Ekonomika a řízení energetiky

Název tématu: Ekonomické vyhodnocení provozu FVE na střeše rodinného domu

Pokyny pro vypracování:

- lokalita a související legislativa
- komponenty systému
- model systému v programu MATLAB
- ekonomická analýza

Seznam odborné literatury:

Practical Handbook of Photovoltaics: Fundamentals and Applications, McEvoy, A., Markvart, t., Castaner, L., 2012, Academic Press, ISBN 9780123859341

Fotovoltaika. Elektřina ze Slunce: Beranovský, J., Tomeš, M., 2007, Brno, ERA group spol. s r.o., ISBN 978-80-7366-100-7

Vedoucí diplomové práce: Ing. Jiří Beranovský, MBA, Ph.D. – Ekowatt

Platnost zadání: do konce letního semestru akademického roku 2016/2017

L.S.

*Prof. Ing. Jaroslav Knápek, CSc.*  
vedoucí katedry

*Prof. Ing. Pavel Ripka, CSc.*  
děkan

V Praze dne 11.2.2016

## 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 \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
David Vobořil

## PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych rád poděkoval svému vedoucímu Ing. Jiřímu Beranovskému za jeho čas a cenné poznatky a připomínky.

David Vobořil

# OBSAH

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	10
SEZNAM TABULEK	11
SEZNAM GRAFŮ	12
ÚVOD	15
<b>1 METODIKA</b>	<b>16</b>
1.1 Matematicko-ekonomické model	16
1.2 Hodnocení ekonomické efektivity investic	17
<b>2 PODMÍNKY PRO FOTOVOLTAICKÉ ELEKTRÁRNY V ČR</b>	<b>19</b>
2.1 Legislativní podmínky	19
2.2 Klimatické podmínky	21
2.3 Investiční podpora	22
<b>3 FOTOVOLTAICKÉ SYSTÉMY</b>	<b>25</b>
3.1 Typy systémů	25
3.2 Komponenty	25
<b>4 PLÁNOVÁNÍ FVE</b>	<b>35</b>
4.1 Parametry a prvky systému	35
4.2 Výpočet výroby systému	36
4.3 Ztráty systému	39
4.4 Energie uložená v akumulátorech	40
<b>5 POPIS LOKALITY A OBJEKTU</b>	<b>42</b>
5.1 Plocha pro umístění panelů	42
5.2 Klimatické podmínky	42
5.3 Spotřeba Energie	45
<b>6 NÁVRH A ANALÝZA VARIANT FV SYSTÉMŮ</b>	<b>58</b>
6.1 FV systém s tepelným využitím přebytků	58
6.2 FV systém s akumulátory	64
6.3 FV systém pro přímý ohřev vody	65
<b>7 EKONOMICKÉ HODNOCENÍ</b>	<b>67</b>
7.1 Vstupní data	67
7.2 Hodnocení variant	71
7.3 Diskuse (varianta 1A)	73
<b>SHRNUTÍ A ZÁVĚRY</b>	<b>77</b>
<b>REFERENCE</b>	<b>79</b>
<b>ILUSTRACE</b>	<b>81</b>
<b>PŘÍLOHY</b>	<b>82</b>

## ABSTRAKT

Cílem této práce je ekonomické vyhodnocení investice do fotovoltaické elektrárny instalované na střeše konkrétního rodinného domu v současných legislativních a ekonomických podmínkách. Pro kvantifikování přínosů investice je provedena analýza soudobosti výroby elektřiny, provedené výpočtem na základě předpokladů představených v teoretických části práce, a spotřeby daného objektu, odečtené z průběhových měření spotřeby v daném objektu. V práci je navrženo několik variant systému, výstupem je výsledné doporučení ohledně provedení investice do některého z představených systémů.

### Klíčová slova

fotovoltaická elektrárna, fotovoltaický systém, obnovitelné zdroje energie

## ABSTRACT

The aim of this work is an economic evaluation of investment into the residential photovoltaic power plant under current legislative and economic conditions in the Czech Republic. The quantification of investment benefits is done by a comparison of the system production, based on the information provided in the theoretical part of the work, and power consumption, measured in 15-minute intervals. The thesis includes design of several variants of the photovoltaic system. The outcome is a final recommendation regarding investment into the specified systems.

### Key words

photovoltaic power plant, photovoltaic system, renewable energy sources

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

ČNB	Česká národní banka
DS	distribuční soustava
ERÚ	Energetický regulační úřad
FV	fotovoltaický
FVE	fotovoltaická elektrárna
INOCT	instalovaná nominální provozní teplota fotovoltaického článku/panelu
NOCT	nominální provozní teplota fotovoltaického článku/panelu
NZÚ	Nová zelená úsporám (dotační program)
OZE	obnovitelné zdroje energie
PoZE	podporované zdroje energie
STC	Standard Test Conditions – standardní testovací podmínky (intenzita záření 1 000 W/m <sup>2</sup> , teplota článků 25 ± 2 °C a spektrální složení záření AM 1,5)



## SEZNAM TABULEK

Tabulka 1   Výše podpory programu Nová zelená úsporám, bez podpory na projektovou dokumentaci	22
Tabulka 2   Závislost instalované nominální provozní teploty FV článku na upevnění panelů	28
Tabulka 3   Dlouhodobé průměry maximálních a minimálních teplot pro uvažovanou lokalitu	43
Tabulka 4   Časy spínání HDO	45
Tabulka 5   Seznam spotřebičů v uvažovaném domě	46
Tabulka 6   Přepočítání potřeby tepla z tuhých paliv na průměrnou topnou sezonu	52
Tabulka 7   Přehled klimatizačních jednotek v uvažovaném domě	52
Tabulka 8   Odhadovaná spotřeba pro ohřev TUV pro průměrný den měsíce	55
Tabulka 9   Spotřeba klimatizační jednotky při nahrazení křbových kamen	56
Tabulka 10   Prvky FV systému s tepelným využitím přebytků	58
Tabulka 11   Ztráty systému	60
Tabulka 12   Vyhodnocení spotřeby vyrobené energie (varianta 1) pro průměrný rok	61
Tabulka 13   Prvky FV systému s akumulátory	64
Tabulka 14   Vyhodnocení spotřeby vyrobené energie (varianta 2)	65
Tabulka 15   Prvky systému pro přímý ohřev vody	66
Tabulka 16   Ceny elektřiny pro produkty společnosti ČEZ Prodej	68
Tabulka 17   Úspora nákladů na vytápění při vytápění klimatizačními jednotkami	70
Tabulka 18   Ekonomické hodnocení varianty 1	71
Tabulka 19   Ekonomické hodnocení varianty 2	72
Tabulka 20   Ekonomické hodnocení varianty 3	72
Tabulka 21   Porovnání výchozího stavu a instalace FVE s přechodem na produkt D02d	74

## SEZNAM GRAFŮ

Graf 1   Roční suma energie slunečního záření dopadajícího na ideálně nakloněnou plochu, Evropa	21
Graf 2   Průměrné denní teploty v červnu (vlevo) a lednu, Evropa. Průměry za období 1995-2003	22
Graf 3   Závislost účinnosti polykrystalického a tandemového panelu na intenzitě záření	27
Graf 4   Výkonová a V-A charakteristika FV panelu	29
Graf 5   Závislost V-A charakteristiky panelu Canadian Solar CS6P-255P na intenzitě záření (vlevo) a provozní teplotě	29
Graf 6   Plnicí factor fotovoltaického panelu	31
Graf 7   V-A charakteristika sério-paralelní kombinace FV panelů	31
Graf 8   Závislost účinnosti střídače SMA Sunny Boy 2.5 na zatížení	32
Graf 9   Relativní odchylka vypočtené výroby elektrické energie modelu 1 od modelu 2 a PVGIS kalkulátoru	38
Graf 10   Relativní odchylka vypočtené výroby elektrické energie modelu 2 od modelu 1 a PVGIS kalkulátoru	38
Graf 11   Celkové roční sluneční záření dopadající na vodorovnou plochu v ČR	42
Graf 12   Energie slunečního záření dopadajícího na nakloněnou plochu (azimut 20°, náklon 30°) v obci Stéblová, průměr za období 1981-1990	43
Graf 13   Denní teplotní profil pro průměrný den v lednu	44
Graf 14   Denní teplotní profil pro průměrný den v červnu	45
Graf 15   Roční a měsíční spotřeba v letech 2014 a 2015	46
Graf 16   Denní spotřeba a minimální a maximální teplota v lednu 2014	47
Graf 17   Denní spotřeba a minimální a maximální teplota v lednu 2015	47
Graf 18   Denní spotřeba a minimální a maximální teplota v červnu 2014	48
Graf 19   Denní spotřeba a minimální a maximální teplota v červnu 2015	48
Graf 20   Denní diagram spotřeby v úterý 20. 1. 2015	49
Graf 21   Denní diagram spotřeby v sobotu 25. 1. 2015	49
Graf 22   Denní diagram spotřeby v pondělí 8. 6. 2015	50
Graf 23   Denní diagram spotřeby v neděli 7. 6. 2015	50
Graf 24   Koeficient SCOP klimatizačních jednotek v závislosti na teplotě	53

Graf 25   Koeficient SEER klimatizačních jednotek v závislosti na teplotě _____	53
Graf 26   Čtvrt hodinová spotřeba elektřiny v průměrný víkendový den měsíce _____	54
Graf 27   Čtvrt hodinová spotřeba elektřiny v průměrný víkendový den měsíce _____	55
Graf 28   Spotřeba elektřiny na ohřev TUV ve všední den v lednu _____	55
Graf 29   Porovnání výroby FV systému (varianta 1) a spotřeby energie domu _____	60
Graf 30   Spotřeba a výroba elektřiny v průměrný všední den v lednu _____	61
Graf 31   Spotřeba a výroba elektřiny v průměrný víkendový den v lednu _____	62
Graf 32   Spotřeba a výroba elektřiny v průměrný všední den v červnu _____	62
Graf 33   Spotřeba a výroba elektřiny v průměrný víkendový den v červnu _____	62
Graf 34   Využití vyrobené energie v průměrný všední a víkendový den měsíce (varianta 1A) _____	63
Graf 35   Porovnání měsíční výroby a spotřeby systému pro přímý ohřev vody _____	66
Graf 36   Inflační cíl České národní banky _____	70
Graf 37   Závislost NPV a IRR na meziroční změně konečné ceny elektřiny pro domácnosti _____	75
Graf 38   Závislost NPV a IRR na změně investičních nákladů _____	75
Graf 39   Závislost NPV na výši diskontní míry _____	76



## ÚVOD

Se zvyšujícími se obavami spojenými se změnou světového klimatu roste v evropském i celosvětovém měřítku využívání obnovitelných zdrojů energie (OZE), především fotovoltaických a větrných elektráren. Evropská komise stanovila v rámci boje se změnou klimatu členskými státy Evropské unie cíle v podílu výroby OZE na konečné spotřebě energie, snížení emisí skleníkových plynů a zvýšení energetické účinnosti. V České republice se po boomu fotovoltaických elektráren (FVE) pozornost v souvislosti se splněním stanovených cílů obrací především na decentrální zdroje, mezi nimiž mají největší potenciál FVE instalované na střechách rodinných domů.

V posledních měsících se odehrálo mnoho změn v legislativě, které mají v České republice usnadnit instalaci a provoz decentrálních zdrojů a motivovat k jejich výstavbě. Problémem OZE obecně je jejich nízká rentabilita, využívaným řešením jsou různé druhy podpůrných opatření. Od roku 2016 je v České republice v platnosti program Nová zelená úsporám, který nabízí investiční podporu mimo jiné pro FVE na střechách rodinných domů. Jistou překážkou, jejímž řešením se práce zabývá, je splnění jednotlivých podmínek dotačního programu.

Cílem této práce je vyhodnotit ekonomickou efektivitu FVE pro konkrétní rodinný dům s využitím zmíněného dotačního programu. Výsledkem práce je stanovení doporučení zda se do některého z navrhovaných opatření pro daný objekt vyplatí investovat. Ačkoliv je v této práci vyhodnocena konkrétní instalace, postupy lze zobecnit a použít k hodnocení provozu FVE prakticky na jakémkoliv objektu.

Práci lze pomyslně rozdělit na dvě části, první část zabývající se sekundárním výzkumem a druhou část zaměřenou na primární výzkum. V první části práce je popsána podpora a legislativa související s instalací a provozem FVE na střeše rodinného domu. Dále se tato část zabývá popisem základních komponent systému, jejich vlastností a vlivem klimatických podmínek na výrobu elektřiny z FVE.

Druhá část práce obsahuje návrh jednotlivých variant FV systému včetně výběru komponent dostupných na českém trhu, výpočet výroby vzhledem k lokálním klimatickým podmínkám a parametrům použitých komponent. Dále je určena soudobost výroby systému se spotřebou, získanou z hodnot průběhového měření a optimalizovanou z pohledu využití tepelných přebytků. Na základě ocenění vzniklých úspor je vyhodnocena ekonomická efektivnost jednotlivých variant. Závěrem práce je formulace doporučení ohledně investice do FVE pro daný rodinný dům.

# 1 METODIKA

Investice v podobě malé fotovoltaické elektrárny na střeše rodinného domu přináší svému majiteli úsporu na nákladech za elektřinu odebíranou od distributora elektřiny a případně dodatečné výnosy z exportu elektřiny do distribuční sítě. Počáteční investovaná suma přináší řádově nižší finanční úspory v průběhu životnosti zařízení. Aby byla investice ekonomicky výhodná, musí být výsledný přínos vyšší než na počátku investovaná částka.

Jelikož není z ekonomického hlediska výhodné elektřinu exportovat do distribuční soustavy, je žádoucí, aby maximální možná část vyrobené energie byla spotřebována v místě výroby. Z tohoto důvodu je zásadní stanovit spotřebu elektřiny, kterou bude elektrárna pokrývat, a předpokládanou výrobu elektrárny, z porovnání obou hodnot určit uspořenou elektrickou energii a tu následně finančně ocenit.

Spotřeba elektřiny v objektu a výroba elektřiny ve FV systému se mění v čase a to jak v průběhu jednotlivých dní, tak i v průběhu roku. Pro co nejpřesnější určení úspory elektrické energie je vhodné výrobu se spotřebou porovnat v intervalech s minimálním časovým krokem.

## 1.1 MATEMATICKO-EKONOMICKÝ MODEL

### 1.1.1 Využitý nástroj

Ačkoliv je v zadání práce stanoveno vyhotovení modelu v aplikaci MATLAB, který byl původně zvolen pro širší možnosti implementace a prezentace matematických výpočtů, v průběhu vypracování práce byl tento postoj změněn a kompletní matematicko-ekonomický model byl vyhotoven v aplikaci Microsoft Excel. K tomuto rozhodnutí vedla především větší přehlednost při práci s velkými objemy dat, vytvářením tabulek a celková přehlednost a snazší orientace ve vytvořeném modelu i při prvním setkání s ním.

### 1.1.2 Metodika výpočtu a omezení modelu

Výroba FV systému je vypočtena v 15minutových intervalech všedního a víkendového dne každého měsíce. Vstupními parametry výpočtu jsou intenzita slunečního záření dopadající na orientovanou plochu, vypočtené teplotní profily dnů a vlastností prvků FV systému. Spotřeba domu je odečtena v 15minutových intervalech za roky 2014 a 2015, z těchto dat je vypočten profil průměrného všedního a víkendového dne každého měsíce. Výroba a spotřeba jsou následně porovnány a v případě přebytečné vyrobené energie je spotřeba optimalizována přesunem spotřeby na ohřev vody v rámci denních profilů a dále případně přičtena spotřeba pro vytápění. Tímto způsobem je určena soudobost výroby s optimalizovanou spotřebou a vypočten podíl přímo spotřebované energie a energie exportované do sítě. Zvolený časový interval umožňuje potřebné údaje poměrně přesně určit.

V případě využití akumulátorů je přebytečná energie kumulována v akumulátorech v závislosti na jejich stavu nabití. V případě nedostatku výroby energie je naopak energie pro pokrytí spotřeby z akumulátorů okamžitě čerpána. Stav nabití na počátku dne je určen cyklickým výpočtem ze stavu nabití na konci dne. Tím je reflektována návaznost jednotlivých dnů na sebe. Do výpočtu je tak vnesena jistá nepřesnost především v případě přechodu ze všedních dnů na víkendové a naopak.

Z důvodu využití hodnot průměrného všedního a víkendového dne pro každý měsíc, je pro výpočet měsíčních hodnot předpokládáno, že každý měsíc obsahuje 5/7 všedních dnů a 2/7 víkendových dnů. Výsledné hodnoty přímo spotřebované energie, exportované energie a případně energie využitě z akumulátorů slouží jako vstup ekonomického modelu, ve kterém jsou jednotlivé položky finančně ohodnoceny a tvoří příjmy z investice v jednotlivých letech.

## 1.2 HODNOCENÍ EKONOMICKÉ EFEKTIVNOSTI INVESTIC

Základním předpokladem při hodnocení investic je volba správné metody hodnocení, která odpovídá účelu a cíli investice. Pro hodnocení dlouhodobých investic hraje významnou roli časová hodnota peněz a rizikovost spojená s nemožností stanovit veškeré budoucí vlivy. Obě využitě metody, čistá současná hodnota (NPV) a vnitřní výnosové procento (IRR), jsou jedny z nepoužívanějších metod při hodnocení investic, které zmíněné faktory zohledňují. Pro výpočet obou metod je nezbytné znát peněžní toky (Cash Flow – CF) v jednotlivých letech projektu, jejich odhad nemusí být vždy jednoduchý a přesný. Hodnocení je tedy závislé na celé řadě budoucích událostí.

### 1.2.1 Čistá současná hodnota (NPV)

Čistá současná hodnota představuje sumu peněžních toků v jednotlivých letech po dobu hodnocení investice, které jsou diskontováním přepočteny na jejich současnou hodnotu. Tyto peněžní toky představují součet kapitálových výdajů a příjmů z investice.

$$NPV = \sum_{t=0}^{T_z} \frac{CF_t}{(1+r)^t} = \sum_{t=0}^{T_z} DCF_t \quad [\text{Kč}] \quad (1.1)$$

kde	CF	peněžní toky (cash flow)
	DCF	diskontovaná hodnota peněžních toků
	T <sub>z</sub>	doba životnosti projektu
	t	rok projektu
	r	diskontní sazba

NPV představuje finanční sumu, kterou investor obdrží navíc nad investovanou částku. Investice je vzhledem ke zvolenému diskontu výhodná, pokud je  $NPV \geq 0$ . Je-li hodnota nižší, investice nedosáhne požadovaného výnosu.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> KISLINGEROVÁ, Eva a kolektiv. *Manažerské finance 2*, Praha: C. H. Beck, 2007. ISBN 978-80-7179-903-0

<sup>2</sup> SCHOELLOVÁ, Hana. *Investiční controlling: jak hodnotit investiční záměry a řídit podnikové investice*, Praha: Grada, 2009.

Diskontní sazba neboli úroková míra reprezentuje vyšší požadovaného výnosu investice se zohledněním ceny ušlé příležitosti a míry rizika investice. Riziko představuje nejistotu budoucích výnosů investice. Obecně platí, že čím vyšší je nejistota, tím vyšší výnos je požadován.<sup>3 4</sup>

### 1.2.2 Vnitřní výnosové procento (IRR)

Ukazatel IRR udává relativní výnosnost investice za dobu její životnosti se zohledněním časové hodnoty peněz. Jedná se tedy o diskontní míru, při které vyjde NPV rovno nule.

$$\sum_{t=0}^T \frac{CF_t}{(1 + IRR)^t} = 0 \quad [\text{Kč}] \quad (1.2)$$

Při stanovování výhodnosti investice metodou IRR je nutné výsledek porovnat s požadovaným výnosem. Pro přijetí investice by mělo vnitřní výnosové procento investice dosahovat stejné, nebo vyšší hodnoty než požadovaný výnos. Ovšem v některých případech, kdy investice přináší nepeněžní benefity, je možné ji přijmout i při nesplnění výše zmíněných podmínek. To samé platí pro podmínku přijetí ukazatele NPV.<sup>3, 4</sup>

### 1.2.3 Porovnání metod NPV a IRR

Obě metody mají stejné východisko, není tedy možné, aby pro konkrétní investici rozhodovaly různě vzhledem k jejímu přijetí či zamítnutí. Při porovnání více investic může každá z metod indikovat různé pořadí výhodnosti investic. To znamená, že investice preferované metodou NPV jsou výhodnější z hlediska absolutních přínosů a investice preferované metodou IRR z hlediska přínosů relativních. Při porovnávání více investic je tedy vhodné využít obou metod zároveň.

### 1.2.4 Rizika metodiky

Největší riziko při použití výše zmíněných ukazatelů spočívá především ve správném určení budoucích peněžních toků plynoucích z investice. Ty je mnohdy obtížné predikovat vzhledem k neočekávaným událostem, které mohou v budoucnu nastat. Dalším úskalím může být správné určení doby hodnocení investice a hodnoty diskontu, především ocenění rizika.

### 1.2.5 Citlivostní analýza

Pro vstupní parametry ekonomického hodnocení, které jsou zatíženy nejistotou, je vhodné provést citlivostní analýzu závislosti změny ekonomických ukazatelů na změně daného parametru. Namísto konkrétní hodnoty je při provádění citlivostní analýzy voleno rozmezí přípustných hodnot daného parametru.

<sup>3</sup> KISLINGEROVÁ, Eva a kolektiv. *Manažerské finance 2*, Praha: C. H. Beck, 2007. ISBN 978-80-7179-903-0

<sup>4</sup> SCHOELLOVÁ, Hana. *Investiční controlling: jak hodnotit investiční záměry a řídit podnikové investice*, Praha: Grada, 2009. ISBN 978-80-247-2952-7



## 2 PODMÍNKY PRO FOTOVOLTAICKÉ ELEKTRÁRNY V ČR

### 2.1 LEGISLATIVNÍ PODMÍNKY

Současné změny v legislativě týkající se malých výroben elektřiny jsou snahou o odstranění jistých administrativních a ekonomických bariér, které mnohé od pořízení zdroje odrazovaly. Před novelizací byly výrobcům kladeny do cesty v některých případech až absurdní překážky. Například platba za související službu v elektroenergetice za lokální spotřebu snižovala rentabilitu instalovaných zdrojů. Změny mají společně s investiční podporou solárních elektráren na střechách rodinných domů sloužit k motivaci zákazníků k pořízení daných systémů.

Novela energetického zákona spolu s novelizací prováděcích vyhlášek a souvisejících zákonů přináší pro zdroje s instalovaným výkonem do 10 kW změny v provozu a připojení. Podle novely energetického zákona<sup>5</sup> není pro provoz výroby elektřiny s instalovaným výkonem do 10 kW určené pro vlastní spotřebu (i připojené k distribuční soustavě) nutná licence ERÚ.

#### Připojovací podmínky

Vyhláška o podmínkách připojení k elektrizační soustavě<sup>6</sup> definuje novou kategorii mikrozdvořů, pro které platí zjednodušený proces připojení. Tato kategorie je omezena maximálním instalovaným výkonem ve výši do 10 kW včetně a jmenovitým střídavým fázovým proudem do 16 A na fázi připojenou k DS. Mikrozdvoje musí být vybaveny zařízením zamezujícím dodávku elektřiny do DS v místě připojení, s výjimkou krátkodobých přetoků nutných pro reakci omezujícího zařízení, které nezvyšuje hodnotu napětí v soustavě. Dále nesmí překročit stanovené hodnoty impedance proudové smyčky v místě připojení. Pokuty za dodání elektřiny do sítě nad rámec stanovený vyhláškou definuje cenové rozhodnutí ERÚ<sup>7</sup>, jejich výše je uvedena v tabulce 1.

**Tabulka 1 | Pokuty za dodání elektřiny do sítě nad rámec stanovený vyhláškou**

Hodnota překročení rezervovaného výkonu	Kč/kW/měsíc
do 2,5 % včetně*	36
od 2,5 % do 5 % včetně*	72
od 5 % do 10 % včetně*	145
od 10 %*	1449

\* z instalovaného výkonu výroben v odběrném místě

Zdroj: ERÚ<sup>7</sup>

<sup>5</sup> Zákon č. 458/2000 Sb., o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů, ve znění zákona č. 104/2015 Sb. (energetický zákon). 2015. Dostupné z: <https://www.eru.cz/documents/10540/463082/Energetick%C3%BD%20%C3%A1kon/5f823e96-cc2b-42d6-bca3-6c32f50c888f>. § 3 odst. 3. [cit. 2016-04-24]

<sup>6</sup> Vyhláška č. 16/2016 Sb. o podmínkách připojení k elektrizační soustavě. 2016. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2016-16>. [cit. 2016-04-24]

<sup>7</sup> ENERGETICKÝ REGULAČNÍ ÚŘAD [ERÚ]. *Cenové rozhodnutí ERÚ č. 7/2015*. [online]. Dostupné z: [https://www.eru.cz/documents/10540/1174016/ERV\\_8\\_2015.pdf/afe1400e-2277-4835-8228-15c27aaa8d9a](https://www.eru.cz/documents/10540/1174016/ERV_8_2015.pdf/afe1400e-2277-4835-8228-15c27aaa8d9a). bod 3.28 d). [cit. 2016-04-24]

Při nesplnění daných podmínek, nebo požadavku prodeje přebytků vyrobené energie na základě dohody s obchodníkem s energií je nutné absolvovat standardní připojovací proces. Podmínkou připojení je v tomto případě vyplnění žádosti o připojení výrobní elektřiny a jejího následného odeslání distributorovi elektřiny v elektronické podobě, či poštou. Při standardním připojení nových výroben elektřiny na hladině nízkého napětí nejsou s procesem spojeny žádné poplatky.

## Prodej elektřiny

Pro možnost exportu vyrobené elektrické energie do distribuční sítě a inkasování plateb za dodané množství je nutné uzavřít smlouvu s obchodníkem o výkupu přebytků exportovaných do sítě. Smlouvou se obchodník zaváže k přebrání odpovědnosti za odchylku výrobce.

Novelizací zákona o daních z příjmu<sup>8</sup> příjem z prodeje elektřiny ve výrobě s instalovaným výkonem do 10 kW není příjmem z podnikání, ale tzv. ostatním příjmem. Tím odpadá nutnost disponovat statutem OSVČ pro inkasování plateb za export elektřiny do DS. V případě, že tyto příjmy nepřesáhnou 30 000 Kč, jsou osvobozeny od daně.

## Platby za lokálně spotřebovanou elektřinu

Od 1. 1. 2016 odpadá povinnost plateb za související službu v elektroenergetice za lokální spotřebu, jejíž součástí je platba za systémové služby, náklady spojené s podporou elektřiny a platba za činnost operátora trhu.<sup>9, 10</sup>

Novela energetického zákona od 1. 1. 2016 zrušila osvobození od platby daně z elektřiny vyrobenou v tzv. „ekologicky šetrných zdrojích“. Na základě upozornění na tuto skutečnost bylo novelou zákona o spotřebních daních<sup>8</sup> toto osvobození pro zdroje s instalovaným výkonem nepřesahujícím 30 kW opět zavedeno.

---

<sup>8</sup> Zákon č. 586/1992 Sb. o daních z příjmů, ve znění od 1. 5. 2016. Dostupné z: <http://www.podnikatel.cz/zakony/zakon-c-586-1992-sb-o-danich-z-prijmu/uplne/>. [cit. 2016-04-24]

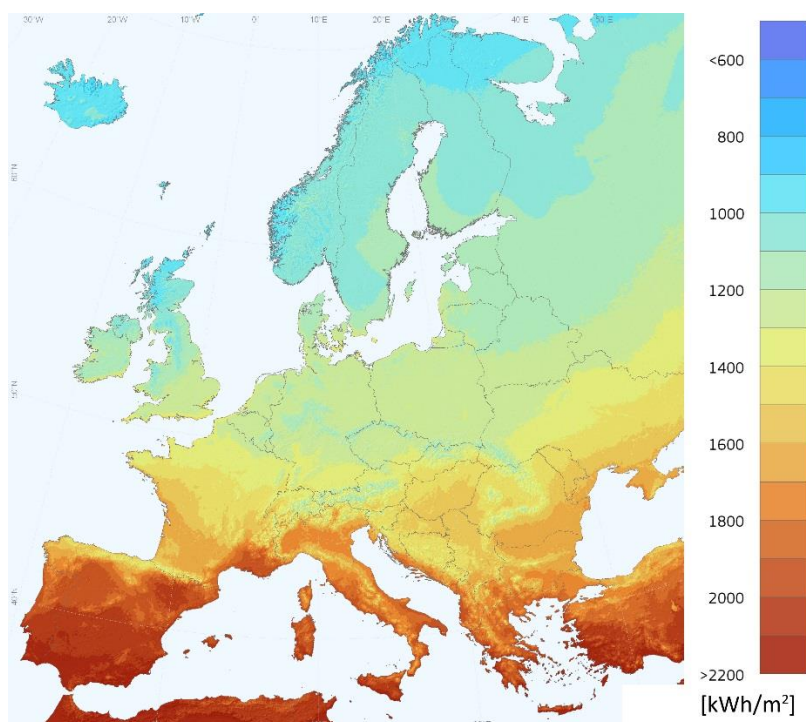
<sup>9</sup> ČEZ DISTRIBUCE. *Legislativní změny, podpora a účtování překročení rezervovaného příkonu a výkonu*. 2016. [online]. Dostupné z: <http://www.cezdistribuce.cz/cs/pro-zakazniky/potrebuji-vyresit/podpora-vyroby-elektřiny.html>. [cit. 2016-03-12]

<sup>10</sup> Zákon č. 458/2000 Sb., energetický zákon ve znění zákona č. 131/2015 Sb. (znění účinné do 31. 7. 2017) Dostupné z: <https://www.eru.cz/-/energeticky-zakon-ve-zneni-zakona-c-131-2015-sb-zneni-ucinne-do-31-7-2017>. [cit. 2016-03-12]

## 2.2 KLIMATICKÉ PODMÍNKY

Výroba elektřiny fotovoltaických elektráren závisí především na množství a intenzitě dopadajícího slunečního záření. Průměrná roční suma energie dopadajícího záření v České republice dosahuje hodnoty mezi 1 200-1 300 kWh/m<sup>2</sup>. V jižních evropských státech tato suma dosahuje hodnot mezi 1 600-2 200 kWh/m<sup>2</sup>, což je ve srovnání s ČR zhruba o 30-70 % více. Délka trvání slunečního svitu dosahuje v ČR v průměru 1 400-1 800 hodin za rok, což odpovídá průměrné hodnotě 3,8-4,9 hodin slunečního svitu za den.<sup>11</sup>

**Graf 1 | Roční suma energie slunečního záření dopadajícího na ideálně nakloněnou plochu, Evropa**



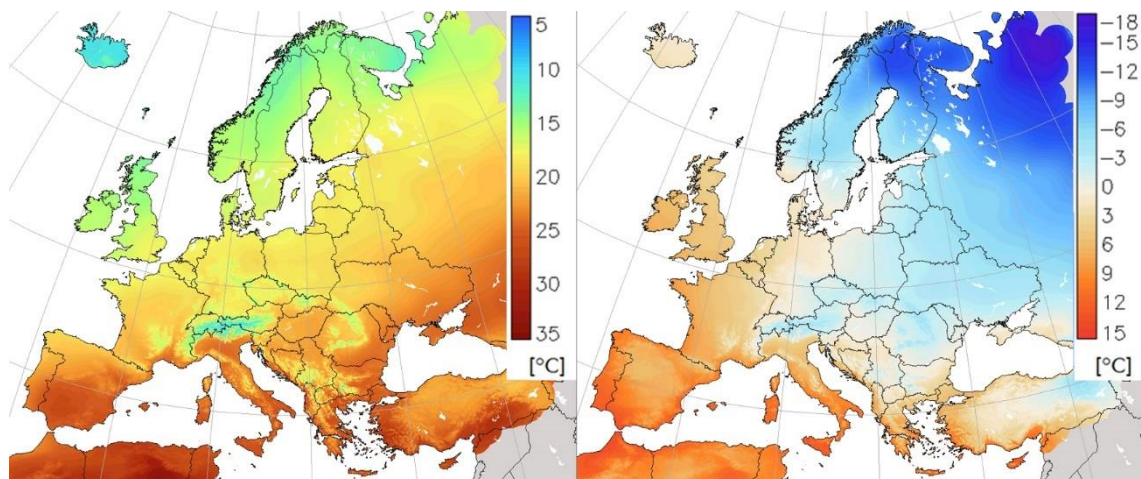
Zdroj: Evropská komise, Společné výzkumné středisko (JRC)<sup>12</sup>, upraveno

Vliv na výrobu solárních elektráren má také okolní teplota. S rostoucí teplotou klesá u FVE účinnost přeměny energie slunečního záření na elektřinu. Z grafu 2 je patrné, že v červnu dosahuje průměrná denní teplota hodnoty zhruba o 5 °C menší ve srovnání s jihem Evropy. V lednu dosahuje rozdíl téměř 10 °C.

<sup>11</sup> TOLASZ, R. *Atlas podnebí Česka*. 1. vyd. Český hydrometeorologický ústav. 2007. Praha

<sup>12</sup> European Commission, Joint Research Centre. *Solar radiation and photovoltaic electricity potential country and regional maps for Europe*. [online]. Aktualizováno 4. 9. 2012. Dostupné z: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/cmmaps/eur.htm>. [cit. 2016-03-12]

**Graf 2 | Průměrné denní teploty v červnu (vlevo) a lednu, Evropa. Průměry za období 1995-2003**



Zdroj: Evropská komise, Společné výzkumné středisko (JRC)<sup>13</sup>, upraveno

## 2.3 INVESTIČNÍ PODPORA

Na uvažovaný projekt se vztahuje 3. výzva podpory Nová zelená úsporám, konkrétně oblast podpory C - Efektivní využití zdrojů energie, podoblast C.3 - Instalace solárních termických a fotovoltaických systémů.<sup>14</sup> Přijímání žádostí v rámci programu bylo spuštěno 22. 10. 2015 a bude pokračovat do roku 2021.<sup>15</sup> Podpora je dána fixní částkou a je závislá na typu pořízeného zařízení, celková výše podpory na jednu žádost je omezena na maximální výši 50 % řádně doložených způsobilých výdajů, do kterých patří „výdaje přímo související s dodávkou a montáží podporovaného opatření do budovy“<sup>14</sup>. Dalších 5 000 Kč, maximálně však 15 % z alokované částky podpory, je možné získat na projektovou dokumentaci, která je pro získání dotace nezbytná.

**Tabulka 2 | Výše podpory programu Nová zelená úsporám, bez podpory na projektovou dokumentaci**

Podoblast podpory	Typ systému	Výše podpory [Kč]
C.3.3	Solární FV systém pro přípravu teplé vody s přímým ohřevem	35 000
C.3.4	Solární FV systém bez akumulace elektrické energie s tepelným využitím přebytků a celkovým využitelným ziskem $\geq 1\,700 \text{ kWh.rok}^{-1}$	55 000
C.3.5	Solární FV systém s akumulací elektrické energie a celkovým využitelným ziskem $\geq 1\,700 \text{ kWh.rok}^{-1}$	70 000
C.3.6	Solární FV systém s akumulací elektrické energie a celkovým využitelným ziskem $\geq 3\,000 \text{ kWh.rok}^{-1}$	100 000

Zdroj: Nová zelená úsporám<sup>14</sup>

<sup>13</sup> European Commission, Joint Research Centre. *Ambient temperature in Europe*. [online]. Aktualizováno 10. 2. 2012 Dostupné z: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/temper/index.htm> [cit. 2016-03-12]

<sup>14</sup> STÁTNÍ FOND ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ ČR. *Závazné pokyny pro žadatele a příjemce podpory z podprogramu Nová zelená úsporám*, Říjen 2015. [Online]. Dostupné z: [http://www.novazelenausporam.cz/file/476/zavazne-pokyny-pro-zadatele-rd\\_3\\_vyzva.pdf](http://www.novazelenausporam.cz/file/476/zavazne-pokyny-pro-zadatele-rd_3_vyzva.pdf). [cit. 2015-12-29].

<sup>15</sup> STÁTNÍ FOND ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ ČR. *Nová zelená úsporám: Startuje kontinuální výzva*. Říjen 2015. [Online]. Dostupné z: <http://www.novazelenausporam.cz/clanek/nova-zelena-usporam-startuje-kontinualni-vyzva-pobezi-do-roku-2021-domacnosti-si-sahnou-az-na-27-miliard-korun/>. [cit. 2015-12-29].

Získání podpory podléhá splnění podmínek, které se odvíjí od typu systému. Pro jednotlivé systémy jsou podmínky následující:<sup>16</sup>

C.3.3 - Solární FV systém pro přípravu teplé vody s přímým ohřevem:

- instalovaný výkon systému maximálně 10 kW<sub>p</sub>,
- FV systém vybaven technologií pro účinnou optimalizaci systému v závislosti na zátěži (např. MPPT),
- účinnost při standardních testovacích podmínkách (STC) musí dosahovat minimálně 15 % pro mono- a polykrystalické moduly a 10 % pro tenkovrstvé amorfní moduly,
- systém nesmí být propojen s distribuční soustavou,
- pokrytí potřeby teplé vody v minimální výši 50 %,
- akumulční zásobník tepla o minimálním objemu 45 l na 1 kW<sub>p</sub> instalovaného výkonu solárního systému.

Podmínky podoblastí podpory solárních FV systémů propojených s distribuční soustavou (C.3.4, C.3.5 a C.3.6):

- instalovaný výkon systému maximálně 10 kW<sub>p</sub>,
- systém propojený s distribuční soustavou,
- měnič s minimální účinností 94 % (Euro účinnost) a technologií pro sledování bodu maximálního výkonu (MPPT) s minimální účinností přizpůsobení 98 %,
- účinnost při standardních testovacích podmínkách (STC) musí dosahovat minimálně 15 % pro mono- a polykrystalické moduly a 10 % pro tenkovrstvé amorfní moduly,
- míra využití vyrobené elektřiny pro krytí spotřeby v místě výroby v minimální výši 70 % z celkového teoretického zisku systému, který zohledňuje klimatická data, parametry FV modulů vč. orientace, ztrát v rozvodech, parametrů měniče a dalších komponent systému a stanoví přesným výpočtem, nebo podle zjednodušeného vztahu (2.1),

$$Q_{\text{FV,celk}} = P_{\text{inst}} \cdot 1000 \quad [\text{kWh/rok}] \quad (2.1)$$

- zařízení pro optimalizaci vlastní spotřeby vyrobené elektrické energie - automatické řízení systému v závislosti na aktuální výrobě a spotřebě el. energie s prioritním využitím pro krytí okamžité spotřeby el. energie a akumulaci přebytků energie.

C.3.4 - Solární FV systém bez akumulace elektrické energie s tepelným využitím přebytků a celkovým využitelným ziskem přesahujícím 1700 kWh za rok:

- povinná akumulace přebytků energie do teplé vody,
- objem zásobníku teplé vody nebo akumulční nádrže nejméně 80 l na 1 kW<sub>p</sub> instalovaného výkonu solárního systému, případně nižší dle požadavků normy, nejméně však 120 l.

---

<sup>16</sup> STÁTNÍ FOND ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ ČR. *Závazné pokyny pro žadatele a příjemce podpory z podprogramu Nová zelená úsporám*, Říjen 2015. [Online]. Dostupné z: [http://www.novazelenausporam.cz/file/476/zavazne-pokyny-pro-zadatele-rd\\_3\\_vyzva.pdf](http://www.novazelenausporam.cz/file/476/zavazne-pokyny-pro-zadatele-rd_3_vyzva.pdf). [cit. 2015-12-29].

C.3.5, C.3.6 - Solární FV systém s akumulací elektrické energie a celkovým využitelným ziskem přesahujícím 1 700 kWh za rok, resp. 3 000 kWh za rok:

- povinná akumulace přebytků energie do akumulátorů, nedovolené typy akumulátorů: „startovací“ olověné akumulátory, Ni-Cd akumulátory,
- kapacita akumulátorů v minimální výši 1,75 kWh na 1 kW<sub>p</sub> instalovaného výkonu solárního systému, 1,25 kWh/kW<sub>p</sub> v případě využití akumulátorů na bázi lithia (Li-Ion, LiFePO<sub>4</sub>, LiFeYPO).

## 3 FOTOVOLTAICKÉ SYSTÉMY

### 3.1 TYPY SYSTÉMŮ

Fotovoltaické systémy pro rodinné domy lze rozdělit na dva základní typy:

- **Off-grid systémy**, které pracují nezávisle na distribuční síti. Jsou dimenzovány tak, aby vykryly veškerou spotřebu domácnosti. Tyto systémy vyžadují ukládání přebytečné energie do baterií a přítomnost záložního zdroje energie, například diesel generátoru. Jsou vhodné především do oblastí, kde je jejich instalace ekonomicky výhodná například z důvodu nedostatečně rozvinutých přenosových sítí nebo vysokých cen elektřiny. Speciálním typem off-grid systému je systém na přímý ohřev vody. Tento systém je jediným vhodným off-grid systémem pro instalaci v uvažovaném domě.
- **On-grid systémy** pracují paralelně s distribuční sítí a částečně snižují náklady za dodávku elektřiny. I tyto systémy mohou využívat ukládání elektrické energie do akumulátorů, z důvodu jejich vysoké ceny je ovšem běžnější využívat přebytky z výroby akumulací do tepelné energie. Tento typ je vhodný pro uvažovaný objekt.

### 3.2 KOMPONENTY

Znalost technických specifikací jednotlivých komponent fotovoltaického systému je stěžejní pro jeho návrh, výběr jednotlivých prvků a ekonomické hodnocení systému.

#### 3.2.1 Fotovoltaické panely

Fotovoltaické články zajišťují přímou přeměnu slunečního záření na stejnosměrný proud. Sério-paralelním zapojením jednotlivých FV článků vznikne tzv. fotovoltaický panel s požadovanou hodnotou výstupního stejnosměrného napětí a proudu. Standardní polykrystalický panel obsahuje 36 nebo 72 sériově spojených FV článků, s napětím FV článku okolo 0,5 V tak celkové výstupní napětí při maximálním výkonu dosahuje hodnoty 18, resp. 36 V. Součástí panelu jsou dále prvky jako krycí tvrzené sklo a laminát, které chrání FV články před povětrnostními vlivy a zamezují jejich nežádoucí degradaci.<sup>17</sup>

Jednotlivé technologie FV článků se liší způsobem výroby, která ovlivňuje jejich vlastnosti i cenu. Články lze rozdělit podle materiálu a technologie výroby na články z polykrystalického křemíku, monokrystalického křemíku a tenkovrstvé technologie, kde se jako polovodičového materiálu využívá amorfní křemík, kadmium-telurid a další. Následující popis se zabývá především technologií polykrystalického křemíku, která je nejrozšířenější a na českém trhu nejdostupnější.

---

<sup>17</sup> STAPLETON, Geoff and NEILL Susan, *Grid-connected solar electric systems: the Earthscan expert handbook for planning, design and installation*, New York: Earthscan, 2012. s. 51. ISBN 978-1-84971-344-3



## Nominální výkon panelu

Jedním ze základních parametrů FV panelu je jeho nominální výkon. Určuje výstupní výkon panelu ve W<sub>p</sub> (watt-peak), kterého je dosaženo v laboratorních standardních testovacích podmínkách (STC - Standard Test Conditions). Při těchto podmínkách dopadá na panel záření o intenzitě 1 000 W/m<sup>2</sup>, teplota článků dosahuje 25 ± 2 °C a spektrální složení záření je AM 1,5. Současné komerční fotovoltaické moduly dosahují nominálního výkonu nejčastěji v rozmezí 100-300 W<sub>p</sub>.<sup>18</sup>

## Účinnost FV panelů

Účinnost fotovoltaického panelu určuje jaké množství dopadajícího záření je přeměněno na elektřinu na výstupu panelu. Nominální účinnost uvedená v technických specifikacích panelu určuje jeho účinnost při standardních testovacích podmínkách. Výpočet nominální účinnosti panelu lze na základě jeho nominálního výkonu a plochy určit podle následujícího vzorce.

$$\eta_n = \frac{P_n}{S} \quad [\%] \quad (3.1)$$

kde	$\eta_n$	nominální účinnost panelu
	$P_n$	nominální (peak) výkon panelu
	$S$	plocha panelu

Nominální účinnosti dosahuje FV panel pouze při standardních testovacích podmínkách. Při odlišných provozních podmínkách se projevuje závislost účinnosti panelu na intenzitě slunečního záření a teplotě. V případě polykrystalických panelů s vyšší intenzitou dopadajícího záření roste účinnost, naopak s rostoucí teplotou účinnost klesá. Přibližnou účinnost polykrystalického panelu jako funkci intenzity záření při konstantní teplotě určuje rovnice 3.2. Závislost účinnosti panelu na teplotě solárních článků při konstantní hodnotě intenzity slunečního záření popisuje rovnice 3.3.<sup>19</sup>

$$\eta(G) \approx \eta_n \left[ 1 + k_{1G} \cdot \ln\left(\frac{G_i}{1000}\right) + k_{2G} \cdot \ln\left(\frac{G_i}{1000}\right) \right] \quad [\%] \quad (3.2)$$

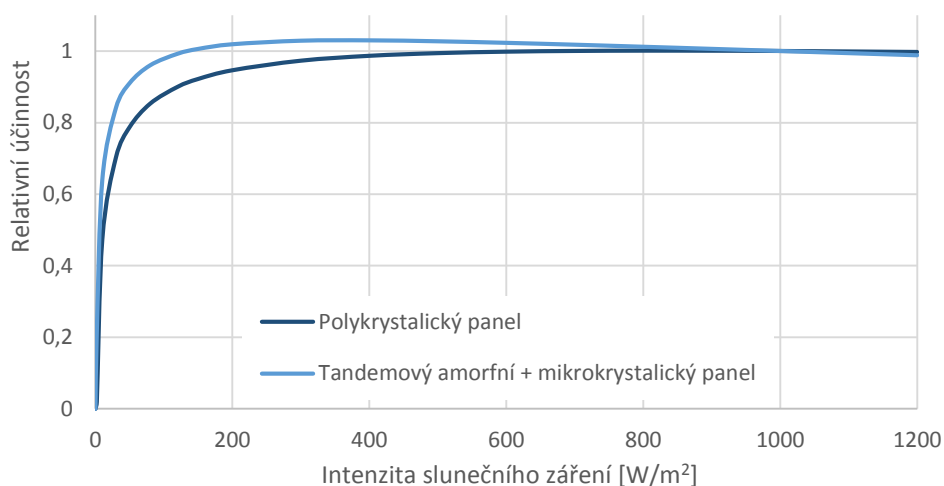
kde	$k_{1G}, k_{2G}$	součinitele pro daný panel (průměr pro polykrystalické panely $k_{1G}=-0,01$ , $k_{2G}=-0,027$ , tandemový panel $k_{1G}=-0,06$ , $k_{2G}=-0,03$ )
	$G_i$	okamžitá hodnota intenzity dopadajícího slunečního záření
	1 000	intenzita dopadajícího slunečního záření při STC

<sup>18</sup> STAPLETON, Geoff and NEILL Susan, *Grid-connected solar electric systems: the Earthscan expert handbook for planning, design and installation*, New York: Earthscan, 2012. s. 49. ISBN 978-1-84971-344-3

<sup>19</sup> YORDANOV, Georgi Hristov, *Relative efficiency revealed: Equations for k1-k6 of the PVGIS model*, IEEE 40th Photovoltaic Specialist Conference (PVSC), 2014. Dostupné z: <http://ieeexplore.ieee.org.ezproxy.techlib.cz/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6925178>



**Graf 3 | Závislost účinnosti polykrystalického a tandemového panelu na intenzitě záření**



$$\eta(T) \approx \eta_n [1 - k_T \cdot (25^\circ\text{C} - T_{\text{cell}})] \quad [\%] \quad (3.3)$$

kde  $T_{\text{cell}}$  teplota fotovoltaického článku  
 $k_T$  výkonový teplotní koeficient (záporná hodnota)

Výkonový teplotní koeficient uvádí výrobci v parametrech panelů, hodnota v případě polykrystalických panelů se pohybuje okolo -0,45 %/°C. U amorfních panelů tento koeficient obecně dosahuje nižší záporné hodnoty.<sup>20</sup> Velikost koeficientu je závislá na intenzitě dopadajícího záření, s klesající hodnotou intenzity záření roste hodnota koeficientu, u amorfních panelů může dosahovat až mírně kladných hodnot, tento vliv je v práci zanedbán.

Výslednou účinnost při proměnné intenzitě slunečního záření a teplotě lze zjednodušeně vypočítat podle následujícího vzorce.

$$\eta(G, T) = \eta_n \left[ 1 + 0,04 \cdot \ln \left( \frac{G_i}{S \cdot 1000} \right) \right] \cdot [1 - k_T \cdot (25^\circ\text{C} - T_{\text{cell}})] \quad [\%] \quad (3.4)$$

### Provozní teplota panelu

Provozní teplota fotovoltaického článku, resp. panelu závisí na okolní teplotě, intenzitě slunečního záření a umístění panelů vzhledem k možnosti jeho ochlazování vlivem proudění okolního vzduchu. Tato závislost je popsána následujícím vzorcem.

$$T_{\text{cell}} = T_{\text{amb}} + (\text{INOCT} - 20) \cdot \frac{G_i}{800} \quad [^\circ\text{C}] \quad (3.5)$$

kde  $T_{\text{cell}}$  teplota fotovoltaického článku  
 $T_{\text{amb}}$  okolní teplota  
 INOCT „instalovaná“ nominální provozní teplota FV článku  
 $G_i$  okamžitá hodnota intenzity slunečního záření

<sup>20</sup> DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR SONNENENERGIE. *Planning and installing photovoltaic systems: a guide for installers, architects and engineers*. London: Earthscan, 2008. ISBN 978-1-84407-442-6

Výrobci panelů ve specifikacích uvádí tzv. NOCT (Nominal Operating Cell Temperature), jež představuje nominální provozní teplotu použitého fotovoltaického článku, které je dosaženo při intenzitě slunečního záření 800 W/m<sup>2</sup>, okolní teplotě 20 °C a rychlosti proudění větru 1 m/s.

INOCT neboli „instalovaná“ nominální provozní teplota je založena na NOCT, zohledňuje ovšem typ instalace FV panelů.<sup>21</sup> Jedná se o zjednodušený model zohlednění vlivu zhoršeného ochlazování panelů vlivem instalace například na střechách domů. V principu model funguje na zvýšení NOCT v závislosti na vzdálenosti zadní strany panelů od povrchu, na kterém jsou panely instalovány. Hodnoty navýšení teploty pro jednotlivé vzdálenosti jsou uvedeny v následující tabulce.

**Tabulka 3 | Závislost instalované nominální provozní teploty FV článku na upevnění panelů**

Upevnění	INOCT hodnota
Konstrukce	INOCT = NOCT – 3 °C
Přímé upevnění	INOCT = NOCT + 18°C
S odstupem	INOCT = NOCT + X°C
-ve vzdálenosti [cm]	X
2,5	11
7,6	2
15,2	-1

Zdroj: M. K. Fuentes, A Simplified Thermal Model for Flat-Plate Photovoltaic Arrays<sup>21</sup>, upraveno

## Výkonové a volt-ampérové charakteristiky

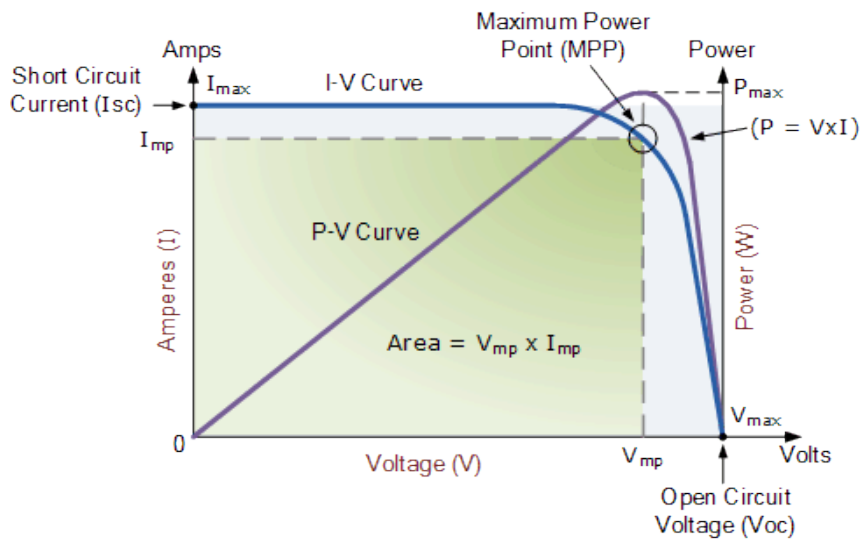
Chování FV modulu v závislosti na okolních podmínkách je popsáno výkonovými nebo V-A charakteristikami. Základními parametry panelů, které lze odečíst z těchto charakteristik jsou:

- **Napětí naprázdno ( $V_{OC}$ )** je maximálním napětím panelu, kterého je za daných podmínek dosaženo, pokud na jeho svorky není připojena zátěž. Na základě maximální dosažitelné hodnoty napětí naprázdno se určuje maximální možné napětí fotovoltaického zdroje. Na tento parametr je nutné dbát při výběru komponent systému.
- **Zkratový proud ( $I_{SC}$ )** je maximální proud, který může být na výstupu z panelu za daných podmínek naměřen. Na základě maximální dosažitelné hodnoty zkratového proudu se dimenzují nadproudové ochrany a vodiče systému.
- **Bod maximálního výkonu (MPP)** určuje maximální výkon panelu při daných podmínkách. Je dán součinem napětí při maximálním výkonu ( $V_{mp}$ ) a proudu při maximálním výkonu ( $I_{mp}$ ).

$V_{OC}$ ,  $I_{SC}$ ,  $V_{mp}$  a  $I_{mp}$  jsou pro standardní testovací podmínky uvedeny v parametrech panelu.

<sup>21</sup> FUENTES, Martin K., *A Simplified Thermal Model for Flat-Plate Photovoltaic Arrays*, New Mexico: Sandia National Laboratories, 1987.

**Graf 4 | Výkonová a V-A charakteristika FV panelu**

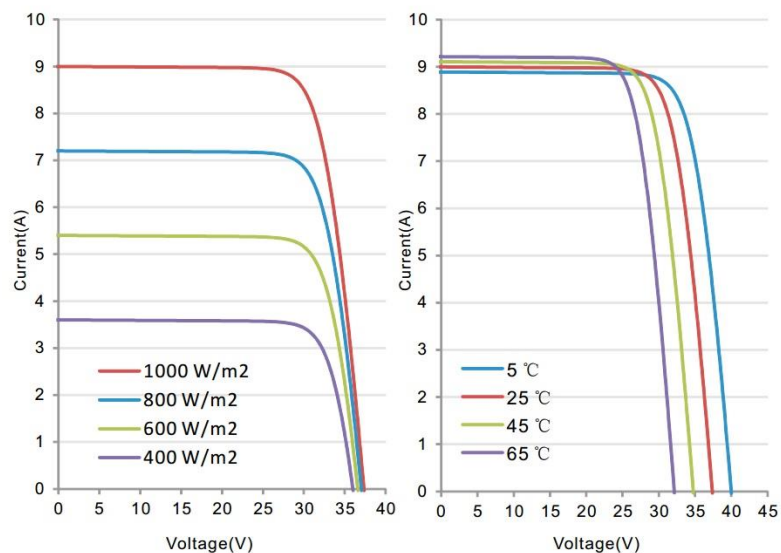


Zdroj: Alternative Energy Tutorials<sup>22</sup>

### Vliv intenzity záření a teploty na V-A charakteristiku

Standardních testovacích podmínek je při provozu fotovoltaických panelů dosahováno velmi zřídka. Převážně je zdroj provozován při odlišné teplotě a intenzitě slunečního záření. Obě veličiny značně ovlivňují V-A charakteristiku panelu, z čehož vychází i výše zmíněná závislost účinnosti panelu. Intenzita slunečního záření ovlivňuje především proud, na změnu napětí má pouze malý vliv. Teplota naproti tomu významně ovlivňuje výstupní napětí panelu a pouze minimálně jeho proud.

**Graf 5 | Závislost V-A charakteristiky panelu Canadian Solar CS6P-255P na intenzitě záření (vlevo) a provozní teplotě**



Zdroj: Canadian Solar<sup>23</sup>

<sup>22</sup> Alternative Energy Tutorials. *Solar Cell I-V Characteristics*. [online]. <http://www.alternative-energy-tutorials.com/energy-articles/solar-cell-i-v-characteristic.html>

<sup>23</sup> CANADIAN SOLAR. CS6P-250 | 255P. *Product Datasheet | V4.13\_EN*. May 2014. [online]. Dostupné z: <http://pvtrade.eu/img/sol/310-068.pdf>

Levá část grafu 5 prezentuje závislost V-A charakteristiky polykrystalického panelu Canadian Solar CS6P-255P o nominálním výkonu 255 W<sub>p</sub> na intenzitě slunečního záření. Zatímco velikost proudu je přímo úměrná intenzitě slunečního záření, napětí se při snížení intenzity záření na pětinu sníží o zhruba 15 %. Změna napětí je ve výpočtech obvykle zanedbána. Závislost zkratového proudu na dopadajícím slunečním záření je odvozena následujícím způsobem.

$$\frac{I_{SC}(G)}{I_{SC}(G_{STC})} = \frac{G}{G_{STC}} \quad [-] \quad (3.6)$$

$$I_{SC}(G) = I_{SC}(G_{STC}) \frac{G}{G_{STC}} \quad [A] \quad (3.7)$$

kde  $G_{STC}$  sluneční záření při STC,  $G_{STC} = 1000 \text{ W/m}^2$   
 $I_{SC}(G_{STC})$  zkratový proud při STC, uvedený v parametrech panelu

Vliv teploty na výstupní napětí panelu znázorňuje graf 5 ve své pravé části. S klesající teplotou roste napětí panelu. Naproti tomu velikost proudu se se změnou teploty téměř nemění. Změna napětí naprázdno panelu v závislosti na změně teploty je popsána teplotním koeficientem napětí naprázdno (vzorec 3.8). Napětí naprázdno jako funkci teploty vyjadřuje vzorec 3.9. Tato závislost by měla být brána v potaz při výpočtu energetického zisku FV systému, ale také při jeho návrhu a určení maximálního a minimálního napětí systému pro danou lokalitu.

$$\frac{\Delta V_{OC}}{\Delta T} = k_{T,VOC} \quad [V/^{\circ}C] \quad (3.8)$$

kde  $\Delta V_{OC} = V_{OC}(T_{cell}) - V_{OC}(T_{STC})$   
 $\Delta T = T_{cell} - T_{STC}$   
 $T_{STC} = 25^{\circ}C$   
 $k_{T,VOC}$  teplotní koeficient napětí naprázdno

$$V_{OC}(T) = V_{OC}(T_{STC}) + (T_{cell} - T_{STC})(V_{OC}(T_{STC}) \cdot k_{T,VOC}) \quad [V] \quad (3.9)$$

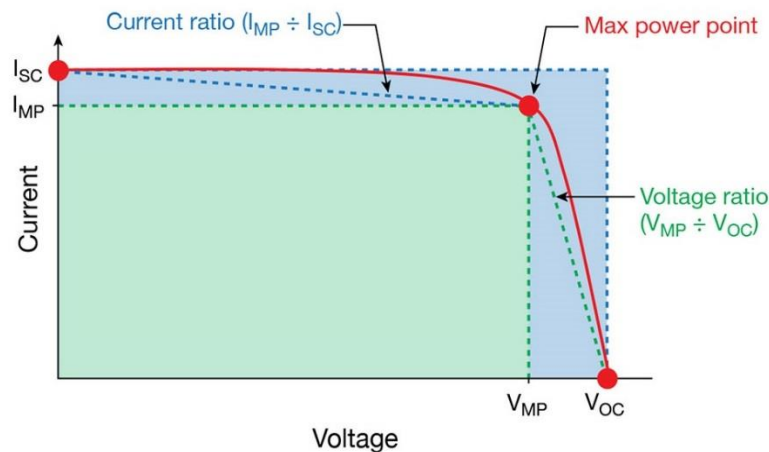
## Plnicí faktor (Fill factor)

Při výpočtech využívajících závislost napětí naprázdno a zkratového proudu na intenzitě slunečního záření a teplotě je pro zjištění výstupního výkonu panelu nutné využít přepočtu těchto hodnot na napětí a proud při maximálním výkonu panelu. K tomu slouží tzv. plnicí faktor neboli „Fill Factor“. Plnicí faktor FV článku, resp. panelu je kvocient maximálního výkonu a teoretického maximálního výkonu. Teoretický maximální výkon je součinem napětí naprázdno a zkratového proudu panelu. Plnicí faktor pro krystalické panely dosahuje hodnoty okolo 0,75, v případě amorfních panelů hodnoty 0,5-0,7.<sup>24</sup>

$$FF = \frac{V_{mp} \cdot I_{mp}}{V_{OC} \cdot I_{SC}} = \frac{P_n}{V_{OC} \cdot I_{SC}} \quad [-] \quad (3.10)$$

<sup>24</sup> DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR SONNENENERGIE. *Planning and installing photovoltaic systems: a guide for installers, architects and engineers*. London: Earthscan, 2008. s. 60. ISBN 978-1-84407-442-6

**Graf 6 | Plnicí factor fotovoltaického panelu**

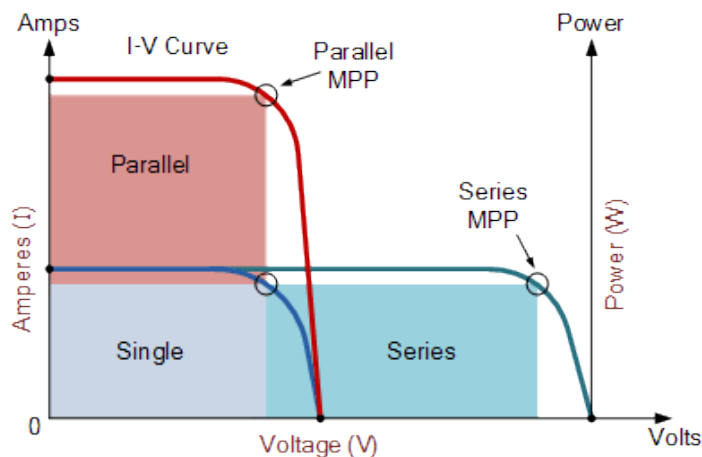


Zdroj: SOLARPRO<sup>25</sup>

### Zapojení FV panelů

FV panely jsou zapojovány v sério-parallelních kombinacích k vytvoření fotovoltaického systému o požadovaném výstupním napětí, proudu a výkonu. Celkové výstupní napětí systému je dáno součtem výstupních napětí panelů zapojených v sérii neboli v tzv. stringu. Celkový výstupní proud systému je dán součtem proudů panelů resp. stringů zapojených v paralelní kombinaci. Hodnota napětí ve stringu, případně proudu v paralelní kombinaci je dána nejnižší hodnotou napětí, resp. proudu panelu v dané kombinaci. Z toho vyplývá, že je v rámci daného systému vhodné používat panely jednoho typu.<sup>26</sup>

**Graf 7 | V-A charakteristika sério-parallelní kombinace FV panelů**



Zdroj: Alternative Energy Tutorials<sup>27</sup>

<sup>25</sup> SOLARPRO. *Solar I-V Curves Interpreting Trace Deviations*. Srpen/září 2014. [online]. <http://resources.solmetric.com/get/SolarPro%20I-V%20feature%20article,%20Hernday.pdf> [cit. 2016-04-03]

<sup>26</sup> STAPLETON, Geoff and NEILL Susan. *Grid-connected solar electric systems: the Earthscan expert handbook for planning, design and installation*, New York: Earthscan, 2012. s. 49-51. ISBN 978-1-84971-344-3

<sup>27</sup> Alternative Energy Tutorials. *Solar Cell I-V Characteristics*. [online]. <http://www.alternative-energy-tutorials.com/energy-articles/solar-cell-i-v-characteristic.html>

### 3.2.2 Invertor

Invertor neboli střídač slouží pro přeměnu stejnosměrného napětí na střídavé, díky tomu je možné FV systémem napájet spotřebiče v domácnosti. Střídače lze rozdělit na jednofázové a třífázové vzhledem k počtu fází, které napájí. Systémy o výkonu do 5 kWp jsou obvykle jednofázové, u větších systémů je využito třífázového nebo tří jednofázových invertorů. Mimo přeměny napětí disponují střídače schopností sběru dat, ta mohou být buď zobrazena na displeji střídače, nebo zaslána do PC, případně mobilních zařízení.

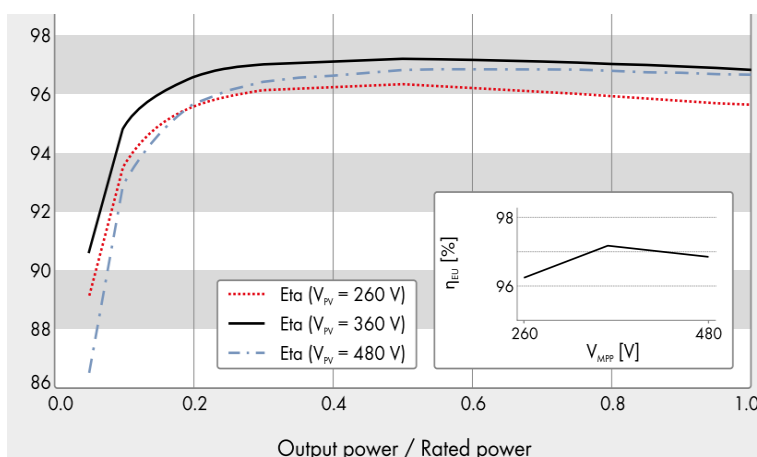
### MPP regulátor

Pro využití maximálního potenciálu FV panelů disponují střídače tzv. MPP trackerem neboli regulátorem bodu maximálního výkonu. Maximální výkon je dán součinem odpovídajícího napětí a proudu, z toho vyplývá, že je závislý na intenzitě slunečního záření a teplotě. MPP regulátor je v podstatě vysokofrekvenční DC/DC měnič, který změnou výstupního napětí zajistí, že soustava FV panelů pracuje s napětím odpovídajícím bodu maximálního možného výkonu pro aktuální intenzitu záření a teplotu panelu.<sup>28</sup>

### Účinnost invertoru

Celková účinnost invertoru popisuje ztráty způsobené samotnou přeměnou stejnosměrného napětí na střídavé, ztráty způsobené MPP regulátorem a v případě transformátorového střídače i ztráty způsobené transformátorem. Nominální účinnost invertoru uvedená ve specifikacích odpovídá účinnosti při provozu při jmenovitém zatížení, kterého se v běžném provozu dosahuje pouze sporadicky. Z tohoto důvodu uvádějí výrobci ve specifikacích křivku závislost účinnosti invertoru na zatížení.

**Graf 8 | Závislost účinnosti střídače SMA Sunny Boy 2.5 na zatížení**



Zdroj: SMA<sup>29</sup>

<sup>28</sup>DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR SONNENENERGIE. *Planning and installing photovoltaic systems: a guide for installers, architects and engineers*. London: Earthscan, 2008. ISBN 978-1-84407-442-6

<sup>29</sup>SMA. *Sunny Boy 1.5 / 2.5*. Březen 2015. [online]. Dostupné z: <http://files.sma.de/dl/26198/SB15-25-DEN1548-V12web.pdf>

Pro přesnější výpočet ztrát invertoru, které odpovídají skutečným provozním podmínkám, byl zaveden evropský standard výpočtu účinnosti, tzv. Euro účinnost. Euro účinnost je získána jako vážený průměr účinnosti invertoru pro různé zatížení na základě jeho četnosti ve středoevropském klimatu. Euro účinnost bere v úvahu šest různých účinností v závislosti na zatížení a je vypočtena dle následujícího vzorce.<sup>28</sup>

$$\eta_{\text{Euro}} = 0,03 \cdot \eta_{5\%} + 0,06 \cdot \eta_{10\%} + 0,13 \cdot \eta_{20\%} + 0,1 \cdot \eta_{30\%} + 0,48 \cdot \eta_{50\%} + 0,2 \cdot \eta_{100\%} \quad [\%] \quad (3.11)$$

kde  $\eta_{x\%}$  účinnost invertoru při x% zatížení

### 3.2.3 Akumulátory

Akumulátory nejsou nezbytným komponentem on-grid FV systémů, vzhledem k nesoudobosti výroby energie ze slunce se spotřebou ovšem zajišťují vyšší využití vyrobené energie. Fungují na principu uložení elektrické energie v podobě chemických vazeb pro její pozdější využití. Existuje mnoho technologií akumulátorů, které se liší svou cenou a parametry. Mezi základní typy využívané ve FV systémech patří trakční olovené akumulátory (s tekutým elektrolytem, AGM, gelové) a akumulátory na bázi lithia (Li-Ion, LiFePO<sub>4</sub>, LiFeYPO).

Při výběru a porovnávání baterií je vhodné hledět na několik základních parametrů:

- **Kapacita** – představuje množství proudu, resp. výkonu, který je akumulátor schopen dodávat po určitý časový úsek. Je udávána v ampér-hodinách (Ah), případně watt-hodinách (Wh). Kapacita je závislá na vybíjecím proudu. Čím rychleji je baterie vybíjena, tím nižší je její kapacita.
- **Hloubka vybití (depth of discharge)** – určuje část kapacity, která může být pravidelně využívána při zachování určité životnosti akumulátoru. Výrobcem deklarovaná hloubka vybití by měla být dodržena pro zachování stanovené životnosti akumulátoru.
- **Životnost** – představuje počet cyklů při určité hloubce vybití, po kterých je kapacita akumulátoru trvale snížena na 80 % své původní hodnoty.
- **Účinnost cyklu** – udává podíl energie, který je možný z baterií získat, oproti energii, která byla do baterií vložena.
- **Samovybití** – udává podíl uložené energie, který je ztracen za určitou dobu při nepoužívání baterie.
- **Provozní teplota** – určuje optimální teplotu provozu akumulátoru, při vyšších teplotách klesá jeho životnost.
- **Údržba** – některé typy akumulátorů vyžadují pravidelnou údržbu. Náklady na údržbu je nutné připočítat k ceně baterií.

Většina výše zmíněných parametrů je závislá na technologii akumulátoru, pro porovnání nákladů na akumulátor napříč jednotlivými technologiemi je vhodné využít cenu za jednotku uložené energie po dobu životnosti akumulátoru.<sup>30</sup>

$$P_{E,Tz} = \frac{P}{C \cdot V \cdot T_z(DOD) \cdot \frac{DOD}{100} \cdot \eta_{C/D}} \quad [Kč] \quad (3.12)$$

kde	P	cena akumulátoru
	C	kapacita v Ah
	V	jmenovité napětí
	DOD	hloubka vybití v procentech
	$T_z(DOD)$	životnost při dané hloubce vybití
	$\eta_{C/D}$	účinnost cyklu

### 3.2.4 Ostatní součásti

Mimo zmiňované komponenty FV systému je nutné mít na paměti, že FVE vyžaduje další prvky, které je nutné uvažovat při počítání ztrát systému a celkových nákladů. Jedná se o přepět'ové a nadproudové ochrany, odpojovače, vodiče a např. wattrouter, který je schopen spínat zátěž jako elektrické ohříváče, klimatizace nebo přímotopy podle požadavků využívání energetických přebytků systému.

---

<sup>30</sup> TOŠER, Pavel. *Náklady na akumulaci elektřiny v sekundárních člancích*. TZB-info.cz. 23. 9. 2013. [online]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/10362-naklady-na-akumulaci-elektriny-v-sekundarnich-clancich> [cit. 2016-04-24]



## 4 PLÁNOVÁNÍ FVE

Tato kapitola přibližuje postupy při výběru základních komponent systému a následný výpočet ztrát a výroby systému. Výsledky představených modelů pro výpočet výroby jsou porovnány mezi sebou a s online kalkulátorem PVGIS.

### 4.1 PARAMETRY A PRVKY SYSTÉMU

Prvním důležitým parametrem, od kterého se odvíjí výběr jednotlivých součástí je nominální výkon FV systému. V tomto ohledu je nutné zohlednit především spotřebu a možnosti využití případných přebytků výroby FVE. Z důvodu nízkých výkupních cen přebytků elektřiny není ekonomicky výhodné elektřinu exportovat do distribuční soustavy. Z toho vyplývá, že výkon elektrárny by měl být dimenzován s ohledem na letní spotřebu a to z toho důvodu, že letní spotřeba je vlivem nižší potřeby svícení a případně i vytápění ve srovnání se zimní spotřebou nižší. Dalším důvodem je výroba FVE, která je vlivem příznivějších podmínek z pohledu intenzity a doby slunečního záření vyšší. Nejvhodnější je při volbě nominálního výkonu vycházet z ekonomického modelu.

Na volbu výkonu systému navazuje volba jednotlivých prvků systému. U volby parametrů invertoru je jeho vstupní výkon otázkou spíše ekonomičnosti provozu než technických omezení. Při překročení vstupního výkonu je část výkonu přesahující maximální vstupní výkon střídače nevyužita, na provoz nebo životnost střídače její překročení nemá vliv. Důležitým parametrem je maximální vstupní napětí invertoru, při jehož překročení může dojít k poškození elektroniky. Nižší napětí než minimální způsobí vypnutí invertoru, což vede ke snížení efektivity systému. Pro dosažení maximální možné účinnosti systému by napětí FV systému mělo vyhovovat napět'ovému rozpětí MPP regulátoru invertoru. Jelikož napětí FV systému závisí na počtu panelů ve stringu, napět'ové omezení v podstatě omezuje počet panelů, které je možné sériově zapojit a tím i volbu nominálního výkonu systému. Maximální a minimální počet panelů v sériové kombinaci vzhledem k napětí střídače, resp. MPP regulátoru střídače se vypočte dle následujících vzorců.<sup>31,32</sup>

$$N_{\max} = \frac{V_{\max,inv}}{V_{OC}(T_{\min})} \quad [-] \quad (4.1)$$

kde	$N_{\max}$	maximální počet panelů ve stringu
	$V_{\max,inv}$	maximální vstupní napětí invertoru/MPP regulátoru
	$V_{OC}(T_{\min})$	napětí naprázdno FV systému při minimální teplotě

<sup>31</sup>PARTLIN. Scott Partlin, *7 Reasons Why You Should Oversize Your PV Array*. SMA, 2016-04-13. [Online]. Dostupné z: <http://www.smainverted.com/2016/04/13/7-reasons-why-you-should-oversize-your-pv-array/>

<sup>32</sup> STAPLETON, Geoff and NEILL Susan. *Grid-connected solar electric systems: the Earthscan expert handbook for planning, design and installation*, New York: Earthscan, 2012. s. 125-135 ISBN 978-1-84971-344-3

$$N_{\min} = \frac{V_{\min,inv}}{V_{mp}(T_{cell,max})} \quad [-] \quad (4.2)$$

kde	$N_{\min}$	minimální počet panelů ve stringu
	$V_{\min,inv}$	minimální vstupní napětí invertoru/MPP regulátoru
	$V_{mp}(T_{cell,max})$	napětí FV systému při maximálním výkonu při maximální provozní teplotě FV článku/panelu

Dalším důležitým parametrem je maximální vstupní proud invertoru, který omezuje množství paralelně zapojených panelů. Součet zkratových proudů paralelně zapojených panelů nesmí maximální vstupní hodnotu proudu invertoru přesáhnout.

## 4.2 VÝPOČET VÝROBY SYSTÉMU

Pro návrh a ekonomické vyhodnocení fotovoltaického systému je zásadní určení výroby elektrické energie systému. Na jedné straně by měl být výpočet dostatečně jednoduchý, aby nevyžadoval velké množství obtížně získatelných vstupních dat, na straně druhé by měl být dostatečně přesný a brát v úvahu klimatické podmínky lokality, stejně jako parametry jednotlivých součástí.

V této práci jsou využity dvě metody výpočtu výroby elektrické energie FV systému. První metoda je založena na energetické bilanci, druhá metoda využívá výpočtu na základě volt-ampérové charakteristiky. Obě metody jsou následně porovnány mezi sebou a s hodnotami online kalkulátoru PVGIS.

### 4.2.1 Model 1 – energetická bilance

Výpočet založený na bilanční metodě vychází ze závislosti účinnosti FV panelů na intenzitě dopadajícího slunečního záření a na teplotě, tato závislost byla představena v kapitole 3.2.1. Vyrobená elektrická energie je vypočtena podle vzorce 4.3.<sup>33</sup> Výkonový poměr (Performance Ratio) FV systému zohledňuje veškeré ztráty systému, jeho výpočet je uveden v následující kapitole.

$$E = A \cdot G \cdot \eta(G, T) \cdot PR \cdot \tau \quad [\text{kWh}] \quad (4.3)$$

kde	E	vyrobená elektrická energie
	A	celková plocha FV panelů
	$\eta(G, T)$	účinnost FV panelů v závislosti na intenzitě slunečního záření a provozní teplotě panelů
	G	intenzita slunečního záření dopadající na nakloněnou plochu
	PR	Performance Ratio – výkonový poměr
	$\tau$	čas v hodinách

<sup>33</sup> DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR SONNENENERGIE. *Planning and installing photovoltaic systems: a guide for installers, architects and engineers*. London: Earthscan, 2008. s. 178-179. ISBN 978-1-84407-442-6

## 4.2.2 Model 2 – V-A charakteristika

Druhý model vychází z volt-ampérové charakteristiky daného panelu. Pro výpočet je využito závislosti zkratového proudu na intenzitě dopadajícího záření, závislosti napětí naprázdno na provozní teplotě panelu a plnicího faktoru panelu, zmíněných v kapitole 3.2.1.

$$E = FF \cdot I_{SC}(G) \cdot V_{OC}(T_{cell}) \cdot PR \cdot \tau \quad [\text{kWh}] \quad (4.4)$$

## 4.2.3 Porovnání modelů

Elektrická energie vyrobená ve FV systému byla výše zmíněnými metodami vypočtena v patnáctiminutových intervalech průměrného dne každého měsíce. Vstupními daty pro účely porovnání modelů jsou hodnoty intenzity slunečního záření pro uvažovanou lokalitu a teplotní profily v průběhu dne. Data jsou získána, případně dopočtena pro patnáctiminutové intervaly průměrného dne každého měsíce a jsou představena v následujících kapitolách. Uvažovanou FVE je systém s polykrystalickými panely o celkovém nominálním výkonu 2,5 kWp s výkonovým poměrem ve výši 0,869. Výsledky obou modelů jsou následně porovnány s výsledky kalkulátoru PVGIS<sup>34</sup> pro stejný systém.

Výstup PVGIS modelu byl vypočten na základě metodiky kalkulátoru PVGIS, který používá oproti modelu 1 a 2 složitější metodu výpočtu závislosti účinnosti panelu na intenzitě záření a teplotě. Tato metoda vyžaduje znalost podrobných dat o použitých fotovoltaických článcích, případně data laboratorní. Kalkulátor PVGIS využívá průměrných parametrů pro polykrystalické panely. Dále tento model využívá k výpočtu odlišnou metodiku určení teploty FV článků. Podrobný popis výpočtu je uveden v příloze 4.

V případě dat ‚PVGIS střešní instalace‘ a ‚PVGIS volně stojící‘ byla data získána z online kalkulátoru PVGIS při využití totožných hodnot intenzity slunečního záření, nominálního výkonu a výkonového poměru daného FV systému s předchozími modely. Rozdílné jsou parametry využívaných panelů, které nelze do PVGIS kalkulátoru zadat, a v případě modelu 1 a modelu 2 i vstupní údaje teploty.

Vzájemné odchylky modelu 1 a modelu 2 a odchylky od modelů PVGIS jsou znázorněny v grafu 9 a grafu 10. Graf 9 představuje, o kolik model 1 vyrobil více, resp. méně energie v relativních hodnotách vztažených k hodnotám porovnávaného modelu, podobně graf 10 pro model 2.

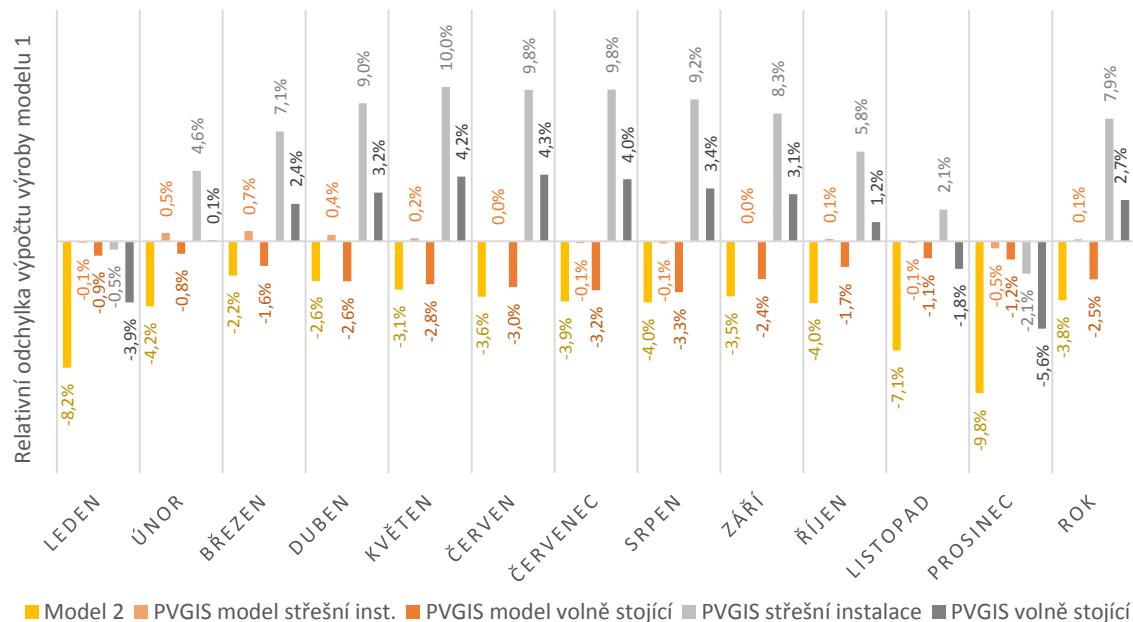
Všechny představené modely pracují s určitým zjednodušením oproti skutečnosti. Ve všech případech se jedná o zjednodušení závislosti účinnosti panelů na intenzitě dopadajícího záření a teplotě. Ačkoliv modely PVGIS využívají nejpřesnější popis této závislosti, používají vlastnosti průměrného FV panelu, což do výpočtu rovněž vnáší jisté zkreslení. Z grafů je patrné, že model 1 vykazuje ve srovnání s modelem 2 nižší odchylky od modelů PVGIS a současně nižší absolutní

---

<sup>34</sup> International Energy Agency, MESoR, Ecole des Mines de Paris/Armines. *PVGIS Performance of Grid-connected PV*. 10. 2. 2012. [online]. Dostupné z: [http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/PVcalchelp\\_en.html](http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/PVcalchelp_en.html). [cit. 2016-03-10].

hodnoty výroby. Z důvodu zachování konzervativního přístupu při ekonomickém vyhodnocení PV systémů bude v této práci zvolen model 1 jako výchozí.

**Graf 9 | Relativní odchylka vypočtené výroby elektrické energie modelu 1 od modelu 2 a PVGIS kalkulatoru**



**Graf 10 | Relativní odchylka vypočtené výroby elektrické energie modelu 2 od modelu 1 a PVGIS kalkulatoru**



## 4.3 ZTRÁTY SYTÉMU

Celkovou účinnost FV systému vyjadřuje výkonový poměr (PR - Performance Ratio), který je složen z jednotlivých dílčích účinností, resp. ztrát dle následujícího vzorce.<sup>35</sup>

$$PR = \eta_{\text{Euro}} \cdot (1 - k_{Zt}) \cdot (1 - k_{ZDC}) \cdot (1 - k_{ZAC}) \cdot (1 - k_{Zs}) \cdot (1 - k_{Zd}) \quad [\%]$$

kde	$\eta_{\text{Euro}}$	euro účinnost invertoru
	$k_{ZDC}$	ztráty ve stejnosměrné části (kabely, pojistky, jističe, odpínač)
	$k_{ZAC}$	ztráty ve střídavých kabelech
	$k_{Zs}$	ztráty stíněním
	$k_{Zd}$	ztráty znečištěním a působením sněhu
	$k_{Zar}$	ztráty úhlovou odrazivostí dopadajícího záření

Mezi ztráty systému jsou často započítávány teplotní ztráty a ztráty vlivem snížené intenzity slunečního záření. V této práci jsou zmíněné ztráty zahrnuty v účinnosti, resp. volt-ampérové charakteristice panelu.

### 4.3.1 Ztráty ve stejnosměrné střídavé části

Ztráty ve stejnosměrné a střídavé části obvodu FV systému se skládají ze ztrát kabelů a využitých ochranných prvků. Tyto ztráty se určí jako úbytek napětí na daném prvku. Úbytek napětí na kabelech je vypočítán dle vzorce 4.5.<sup>36</sup> Úbytek na ostatních prvcích je vypočten pomocí Ohmova zákona součinem odporu prvku a procházejícího proudu.

$$\Delta V = b \left( \rho \cdot \frac{L}{S} \cdot \cos \varphi + \lambda \cdot L \cdot \sin \varphi \right) \cdot I \quad [\text{V}] \quad (4.5)$$

kde	b	koeficient, b=2 pro jednofázové vedení, b=1 pro třífázové vedení
	$\rho$	rezistivita vodiče, přibližně 0,023 pro měď a 0,037 pro hliník, pokud není uvedeno jinak v parametrech kabelu (pro okolní teplotu 25°C) [ $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ ]
	L	jednoduchá délka vodiče
	S	průřez vodiče
	$\cos \varphi$	účiník, $\cos \varphi=1$ pro stejnosměrný obvod nebo odporovou zátěž
	$\lambda$	poměrná reaktance
	I	přenášený proud

### 4.3.2 Ztráty stíněním

Ztráty stíněním jsou způsobeny zastíněním panelů okolím, případně součástmi budovy, na které jsou FV panely umístěny. Stromy, okolní budovy a překážky na obzoru mohou vést ke snížení dopadajícího záření. Pro přesné určení ztrát stíněním lze využít k tomuto účelu vyvinuté přístroje.

<sup>35</sup> DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR SONNENENERGIE. *Planning and installing photovoltaic systems: a guide for installers, architects and engineers*. Lodnon: Earthscan, 2008. s. 178-179. ISBN 978-1-84407-442-6

<sup>36</sup> VÍTEK, Miroslav. *Ekonomika dopravních energetických systémů*. Praha: ČVUT 2002. ISBN 9788001025468

### 4.3.3 Ztráty znečištěním a působením sněhu

Ztráty způsobené prachem, listy, znečištěným ovzduším, exkrementy ptáků a dalšími typy znečištění mají dlouho trvající účinky. Vliv těchto ztrát je snížen dostatečným náklonem panelů díky samočisticímu efektu způsobenému stékající dešťovou vodou. Obvykle dostačující náklon pro samočištění panelů je 12°. <sup>37</sup> Ztráty systémů znečištěním jsou v běžných lokalitách mezi 2-5 %. <sup>38</sup>

Sníh na panelech obvykle taje rychleji než okolní sníh a způsobuje tedy zastínění panelů po krátké časové úseky. Tento efekt je opět omezen dostatečným náklonem panelů. <sup>37</sup>

### 4.3.4 Ztráty úhlovou odrazivostí záření

Ztráty způsobené úhlovou odrazivostí záření nastávají odrazem záření při dopadu pod jiným úhlem než kolmým vzhledem k ploše panelů. Podíl těchto ztrát závisí především na povrchu a náklonu panelů. PVGIS kalkulátor umožňuje odhadnout velikost těchto ztrát v závislosti na lokalitě a orientaci panelů.

### 4.3.5 Ztráty degradací panelů

Degradace panelů nemá vliv na systém bezprostředně po jeho instalaci, ale má nezanedbatelnou roli při dlouhodobém hodnocení systému. Degradace polykrystalických panelů dosahuje 0,6-0,7 % ročně. <sup>39</sup> Pro zachování konzervativního přístupu je v této práci využita horní hranice tohoto intervalu, tedy hodnota 0,7 %, pokud není ve specifikaci panelu uvedeno jinak.

## 4.4 ENERGIE ULOŽENÁ V AKUMULÁTORECH

### 4.4.1 Využitelná kapacita

Pro zachování výrobcem udávané životnosti akumulátoru je nutné dodržet stanovenou hloubku vybíjení (DOD). Z tohoto důvodu lze v závislosti na typu akumulátoru využít pouze část jeho kapacity. Závislost kapacity na velikosti vybíjecího proudu je ve výpočtech této práce zanedbána.

V průběhu životnosti akumulátoru se jeho celková kapacita snižuje. Jak bylo uvedeno v kapitole 3.2.3, životnost akumulátoru udává počet cyklů, po jejichž absolvování poklesne celková kapacita akumulátoru na 80 % původní celkové kapacity. Na základě toho je podle následujících vzorců vypočtena roční degradace akumulátoru.

---

<sup>37</sup> DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR SONNENENERGIE. *Planning and installing photovoltaic systems: a guide for installers, architects and engineers*. Lodnon: Earthscan, 2008. s. 133. ISBN 978-1-84407-442-6

<sup>38</sup> QUASCHNING, Volker. *Simulation der Abschattungsverluste bei solarelektrischen Systemen*. Berlin: Verlag Dr. Köster, 1996.

<sup>39</sup> JORDAN, Dirk C., KURTZ, Sarah R.. *Photovoltaic Degradation Rates — An Analytical Review*. National Renewable Energy Laboratory, Progress in Photovoltaics: Research and Applications, 2012. s. 18. [online]. Dostupné z: <http://www.nrel.gov/docs/fy12osti/51664.pdf> [cit. 2016-04-20]

$$E_{T_{SL}} = C \cdot V \cdot DOD \cdot SL(DOD) \quad [\text{kWh}] \quad (4.6)$$

kde	$E_{T_{SL}}$	celková energie uložená a využitá po dobu životnosti akumulátoru
	$C$	kapacita akumulátoru v Ah
	$V$	napětí akumulátoru
	$DOD$	hloubka vybití
	$SL(DOD)$	životnost baterie v cyklech při dané DOD

$$T_{80\%} = \frac{E_{T_{SL}}}{E_a} \quad [\text{roky}] \quad (4.7)$$

kde	$T_{80\%}$	doba v letech, po které akumulátor dosáhne 80 % své původní celkové kapacity
	$E_a$	roční energie uložená a využitá v akumulátorech

$$1(1 - d_{aB})^{T_{80\%}} = 0,8 \quad [-] \quad (4.8)$$

kde	$d_{aB}$	roční snížení kapacity akumulátoru
-----	----------	------------------------------------

$$d_{aB} = 1 - \frac{2^{\frac{2}{T_{80\%}}}}{\sqrt{5}} \quad [\%] \quad (4.9)$$

#### 4.4.2 Ztráty v akumulátorech

Při výpočtu energie ukládané do akumulátorů a jejího následného využití je nutné započítat účinnost cyklu (nabití a vybití) akumulátoru. Tato hodnota se liší v závislosti na technologii akumulátoru. Pokud není přímo uvedena v parametrech daného akumulátoru, je použita průměrná hodnota pro danou technologii. Další ztráta je způsobena přeměnou stejnosměrného napětí energie z baterií na střídavé napětí využitě pro napájení spotřebičů. Tato hodnota je obvykle uvedena ve specifikacích střídače.

## 5 POPIS LOKALITY A OBJEKTU

Uvažovaným objektem pro návrh fotovoltaického systému je nově zrekonstruovaný rodinný dům v obci Stéblová nedaleko města Pardubice. S rekonstrukcí se začalo v létě roku 2012 a poslední významné práce v interiéru byly dokončeny v listopadu roku 2015. Dům je zateplen polystyrenem o tloušťce 140 cm. Disponuje užitnou plochou 138 m<sup>2</sup>, z čehož obytná plocha 96 m<sup>2</sup> zahrnuje 4 pokoje a kuchyň spojenou s jídelnou. Dále jsou v domě 4 místnosti ve sklepních prostorách o rozloze 42 m<sup>2</sup>, ty jsou využívány jako sklad a technická místnost s čerpadlem a kotlem. Dům obývají 2 osoby, které jsou pravidelně přítomny v průběhu víkendových dnů. V pracovních dnech obě osoby pracují mimo objekt, a zatímco jedna je vyjma pracovního času v objektu přítomna, pobyt druhé z osob je značně nepravidelný.

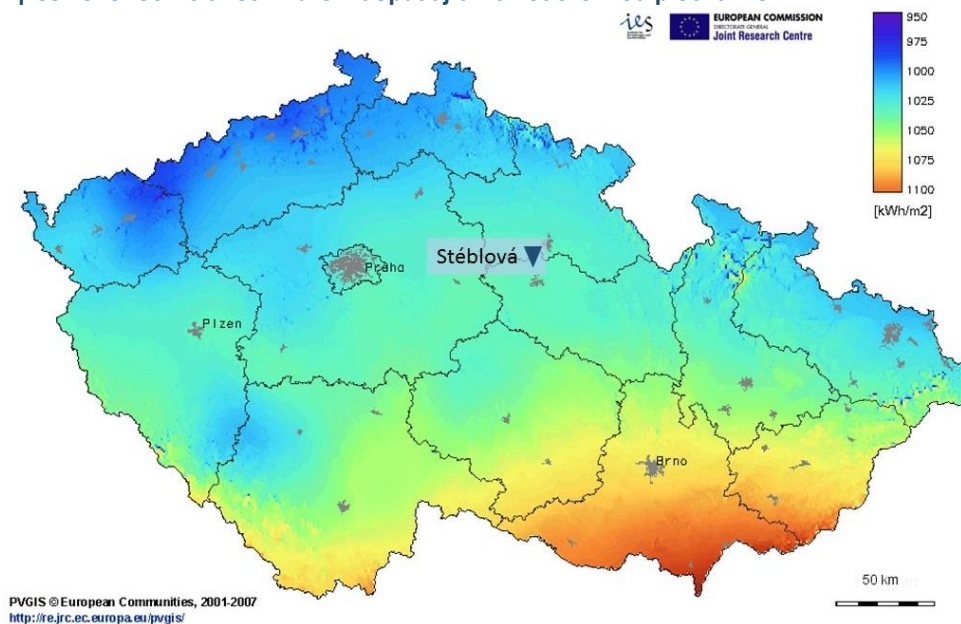
### 5.1 PLOCHA PRO UMÍSTĚNÍ PANELŮ

Základním předpokladem pro efektivní využití FV systému je vhodná orientace a sklon plochy pro umístění FV panelů se zároveň co nejmenší mírou zastínění. Část střechy o ploše 60 m<sup>2</sup> je orientována na jih s azimutem 20° (jih 0°, západ 90°) a sklonem 30°, a poskytuje tak ideální plochu pro instalaci panelů. Tato část střechy obsahuje 2 okna o rozměrech 160×80 cm. Povrch střechy je z vláknitocementové krytiny. Nákres jižní části střechy je v příloze 2.

### 5.2 KLIMATICKÉ PODMÍNKY

#### 5.2.1 Sluneční záření

**Graf 11 | Celkové roční sluneční záření dopadající na vodorovnou plochu v ČR**



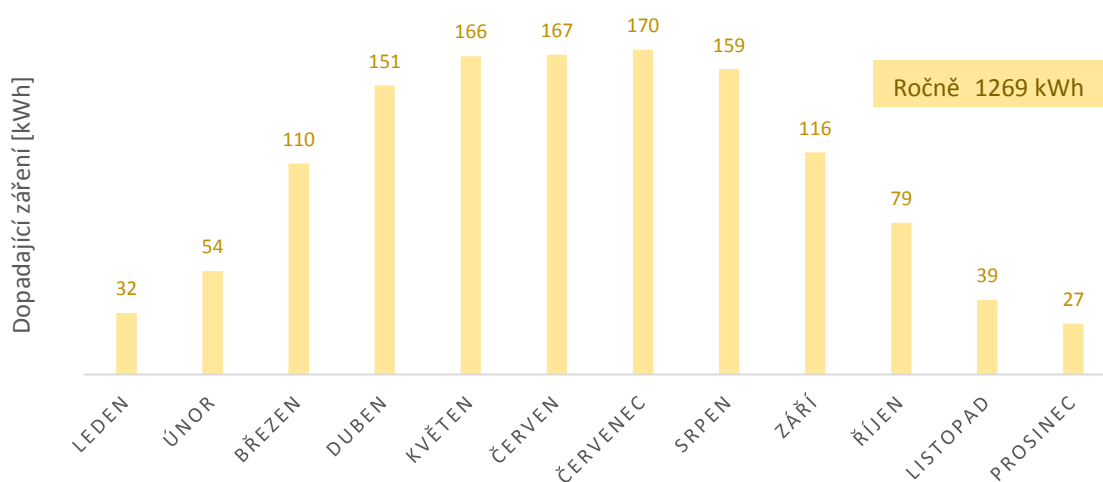
Zdroj: PVGIS<sup>40</sup>, upraveno

<sup>40</sup> European Commission, Joint Research Centre. *Ambient temperature in Europe*. [online]. Aktualizováno 10. 2. 2012 Dostupné z: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/temper/index.htm> [cit. 2016-03-12]



Graf 11 umožňuje porovnat jednotlivé lokality v České republice z pohledu roční sumy slunečního záření dopadajícího na vodorovnou plochu. Uvažovaná lokalita je z tohoto pohledu v rámci ČR průměrnou. Ačkoliv je tento pohled dostačující pro porovnání jednotlivých lokalit, pro samotný výpočet je znalost roční sumy dopadajícího záření nedostačující. Pro účely výpočtu byla z online kalkulatoru PVGIS získána data slunečního záření dopadajícího na orientovanou a nakloněnou rovinu v 15minutových intervalech průměrného dne každého měsíce, hodnoty jsou dlouhodobým průměrem za období 1981-1990. Tabulka hodnot je uvedena v příloze 5. Energie dopadajícího záření pro jednotlivé měsíce je zobrazena v následujícím grafu.

**Graf 12 | Energie slunečního záření dopadajícího na nakloněnou plochu (azimut 20°, náklon 30°) v obci Stéblová, průměr za období 1981-1990**



Zdroj: Vlastní z dat PVGIS<sup>41</sup>

## 5.2.2 Teplota

V následující tabulce jsou uvedeny maximální a minimální teploty v uvažované lokalitě jako průměr od roku 1985 do současnosti.<sup>42</sup>

**Tabulka 4 | Dlouhodobé průměry maximálních a minimálních teplot pro uvažovanou lokalitu**

Měsíc	led	úno	bře	dub	kvě	čer	čer	srp	zář	říj	lis	pro
Maximální teplota °C	2	3	8	15	19	22	25	25	20	15	8	3
Minimální teplota °C	-3	-2	0	4	8	11	13	13	9	6	2	-1

<sup>41</sup> International Energy Agency, MesoR, Ecole des Mines de Paris/Armines. *PVGIS Performance of Grid-connected PV*. 10. 2. 2012. [online]. Dostupné z: [http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/PVcalchelp\\_en.html](http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/PVcalchelp_en.html). [cit. 2016-03-10].

<sup>42</sup> METEOBLUE, *Archiv - Podnebí 50.1°S 15.75°V*, [online]. 2016. Dostupné z: <https://www.meteoblue.com/cs/po%C4%8Das%C3%AD/p%C5%99edpov%C4%9B%C4%8F/modelclimate/50.096N15.752E> [cit. 2016-03-26]

Soustava rovnic 5.1<sup>43</sup> umožňuje z maximální a minimální denní teploty určit teplotu pro libovolný čas dne. Metodika výpočtu předpokládá, že denní teplotní profil je možné popsat třemi různými kosinovými funkcemi pro tři části dne:

- od půlnoci do úsvitu ( $t_{dawn}$ ),
- od úsvitu do doby nejvyšší teploty ( $t_{peak}$ ),
- od  $t_{peak}$  do půlnoci.

$$T(t) = T_m - T_a \cdot \cos\left(\frac{\pi \cdot (t_{dawn} - t)}{(24 + t_{dawn} - t_{peak})}\right) \quad \text{for } 0 < t < t_{dawn}$$

$$T(t) = T_m - T_a \cdot \cos\left(\frac{\pi \cdot (t_{peak} - t)}{t_{peak} - t_{dawn}}\right) \quad \text{for } t_{dawn} < t < t_{peak}$$

$$T(t) = T_m - T_a \cdot \cos\left(\frac{\pi \cdot (24 + t_{dawn} - t)}{(24 + t_{dawn} - t_{peak})}\right) \quad \text{for } t_{peak} < t < 24 \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (5.1)$$

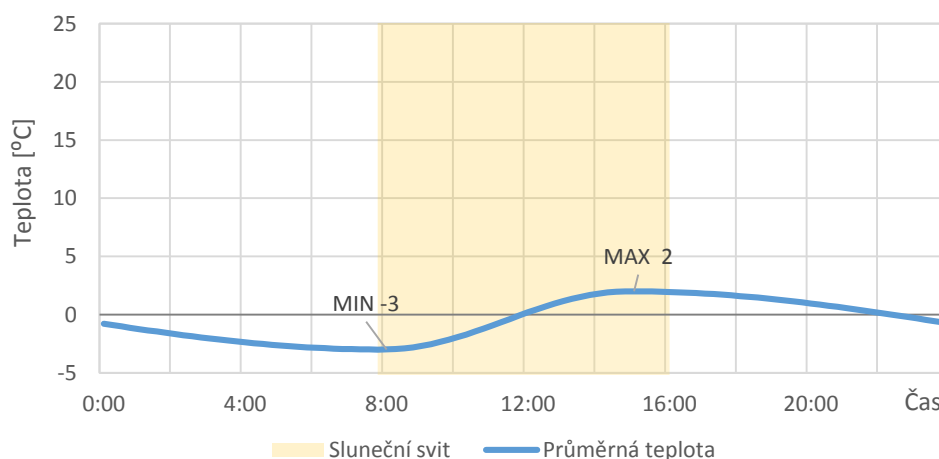
$$T_m = \frac{(T_{min} + T_{max})}{2}$$

$$T_a = \frac{(T_{max} - T_{min})}{2}$$

kde	T(t)	teplota v čas t
	$T_m$	střední denní teplota
	$T_a$	amplituda denní teploty
	$t_{dawn}$	čas úsvitu
	$t_{peak}$	čas maximální teploty, $t_{peak}=15$ h

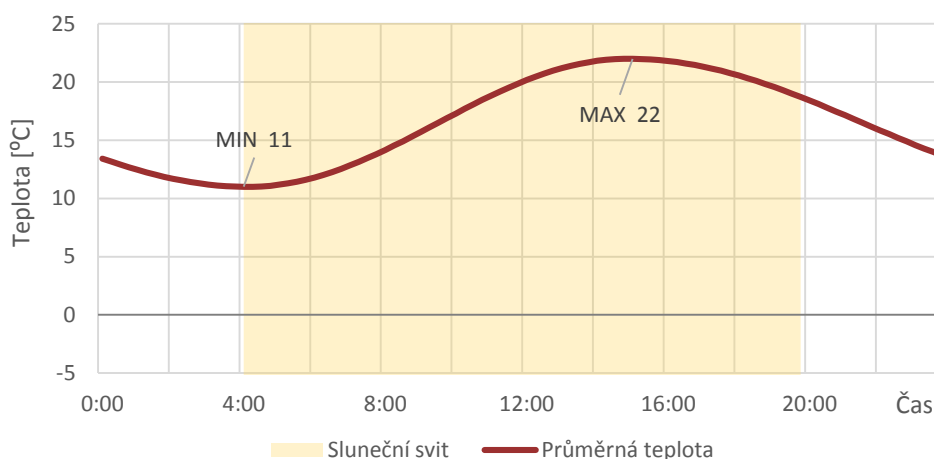
Graf 13 a 14 znázorňují namodelovaný denní profil pro průměrný den v lednu a červnu. Tabulka s denními profily pro všechny měsíce je uvedena v příloze 6.

**Graf 13 | Denní teplotní profil pro průměrný den v lednu**



<sup>43</sup> HULD, Thomas, ŠŮRI, Marcel, DUNLOP Ewan, MICALE, Fabio. *Estimating average daytime and daily temperature profiles within Europe*. Environmental Modelling & Software, č. 12, str. 1650-1661, 2006.

Graf 14 | Denní teplotní profil pro průměrný den v červnu



## 5.3 SPOTŘEBA ENERGIE

### 5.3.1 Spotřeba elektřiny

Měření spotřeby je zajištěno průběhově v 15minutových intervalech. Od distributora byla získána data spotřeby pro roky 2014 a 2015. Sběr dat za předchozí roky nemá smysl z důvodu provedené rekonstrukce, při které byly vyměněny téměř veškeré spotřebiče, zohledněním by došlo ke zkreslení dat. V této kapitole bude analyzována měsíční spotřeba v rámci obou let, denní spotřeba ve vybraných měsících a spotřeba v rámci vybraných dnů v patnáctiminutových intervalech.

Do spotřeby elektřiny se promítá typ a účinnost využívaných zařízení, stejně jako počet osob v domě, jejich návyky a doba, po kterou objekt obývají. Elektřina je odebírána od společnosti ČEZ Distribuce v tarifu D45d Přímotop. Rezervovaný příkon, resp. velikost jističe je 3×25 A. Jediným spotřebičem připojeným na systém HDO je elektrický ohřívač vody o výkonu 2 kW. Dům je vybaven dvěma klimatizačními jednotkami a elektrickým kotlem o výkonu 7,5 kW, který se ovšem k vytápění nevyužívá.

Tabulka 5 | Časy spínání HDO

Všední dny	Víkend
00:00-00:45	00:00-01:35
01:45-08:40	02:30-03:30
09:40-12:35	04:30-11:00
13:30-18:25	12:00-18:25
19:24-24:00	19:25-24:00

### Využívaná zařízení

V rámci provedené rekonstrukce byla většina zařízení vyměněna za vysoce energeticky účinná. Osvětlení v objektu je zajištěno převážně LED světelnými zdroji. Seznam jednotlivých zařízení a spotřebičů je uveden v následující tabulce.

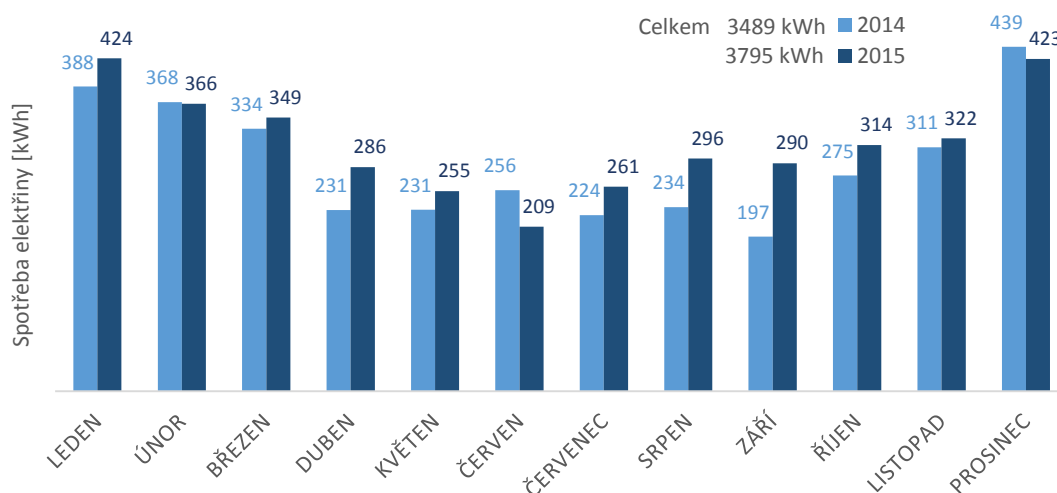
Tabulka 6 | Seznam spotřebičů v uvažovaném domě

Spotřebič	Výrobce	Typ	Ener. třída	Výkon [W]
Televizor	Panasonic	TX-47AS740E	A++	48
Mikrovlnná trouba	Siemens	HF25G5L2		900/1 300 (gril)
Trouba	Siemens	HB63AB521	A	
Varná deska (indukční)	Electrolux	EHL7640FOK		2 300/3 200
Digestoř	Electrolux	EFC90244x	E	120
Kombinovaná chladnička	Siemens	KG49EAI40	A+++	
Myčka nádobí	Siemens	SD6P1S	A++	
Pračka	AEG	Lavamat 86560TL	A++	2 200
Čerpadlo – spodní voda				1 000
Čerpadlo - studna				1 000
Vodárna				1 500
Klimatizační jednotka	Toshiba		A+ to A++	1 440
Klimatizační jednotka	Toshiba		A+ to A++	575
HDO Elektrický ohřívač vody	Dražice	OKHE 125	B	2 000
Kotel (momentálně nevyužíván)				7 500

## Roční a měsíční spotřeba

V následujícím grafu je prezentována spotřeba elektřiny v jednotlivých měsících roku 2014 a 2015, stejně jako celková spotřeba v obou letech. Spotřeba v roce 2015 téměř ve všech měsících převýšila spotřebu v roce 2014, celková spotřeba dosáhla vyšší hodnoty o téměř 9 %.

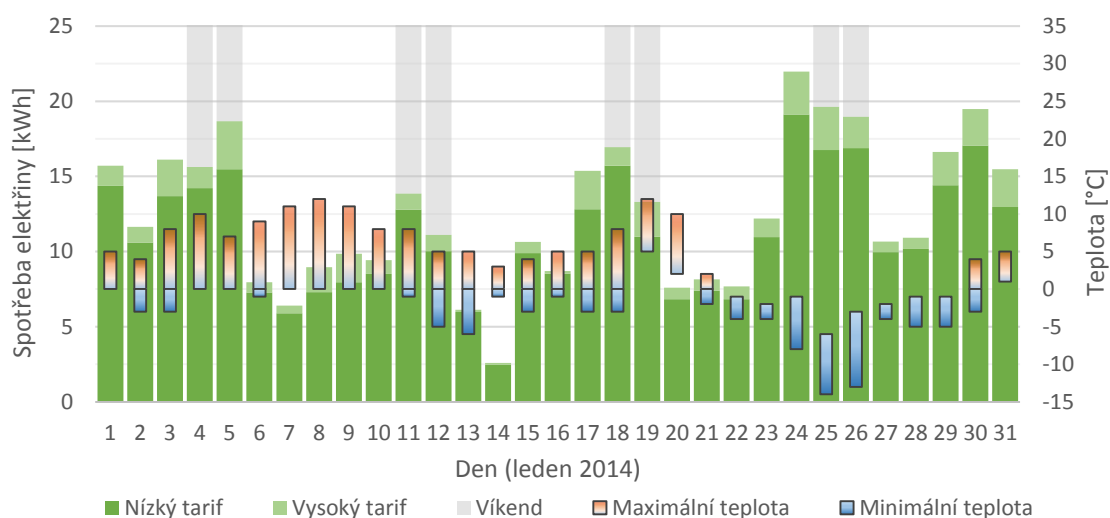
Graf 15 | Roční a měsíční spotřeba v letech 2014 a 2015



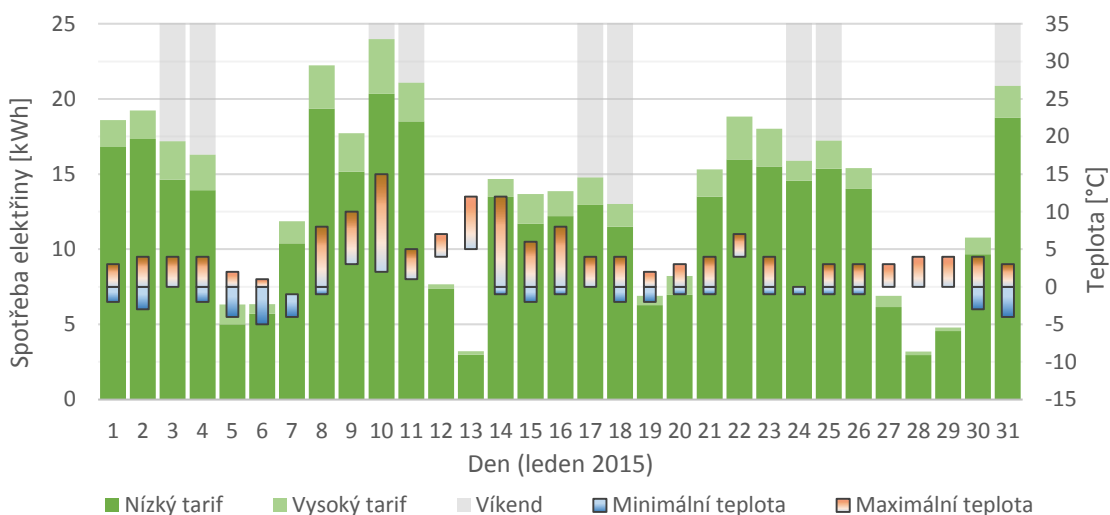
## Denní spotřeba

Pro bližší analýzu a představu o spotřebě elektřiny v objektu je v následujících grafech zobrazena spotřeba v nízkém a vysokém tarifu včetně minimálních a maximálních teplot jednotlivých dnů pro měsíc leden a červen v roce 2014 a 2015. Tabulka hodnot spotřeby je uvedena v příloze 7 a příloze 8.

**Graf 16 | Denní spotřeba a minimální a maximální teplota v lednu 2014**

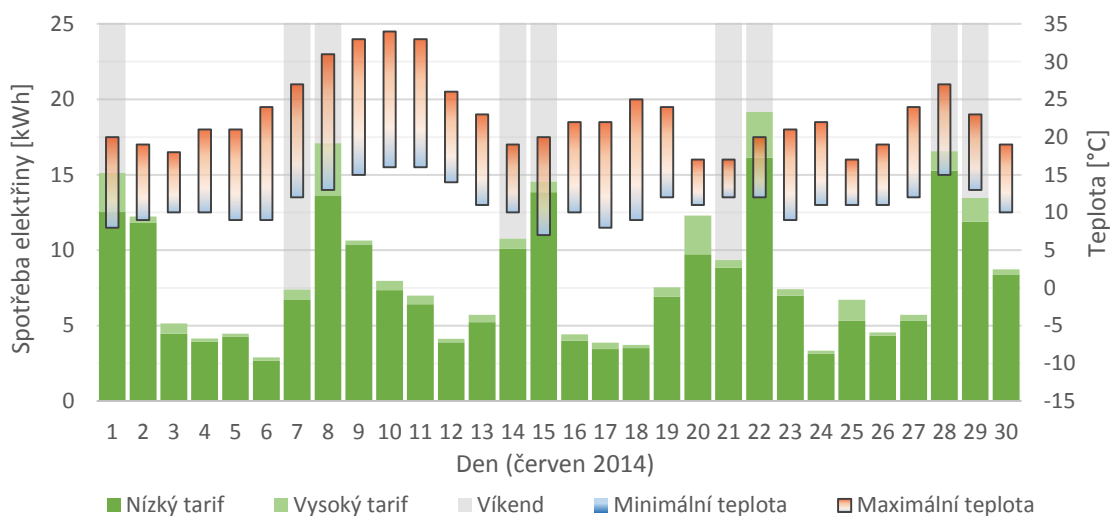


**Graf 17 | Denní spotřeba a minimální a maximální teplota v lednu 2015**

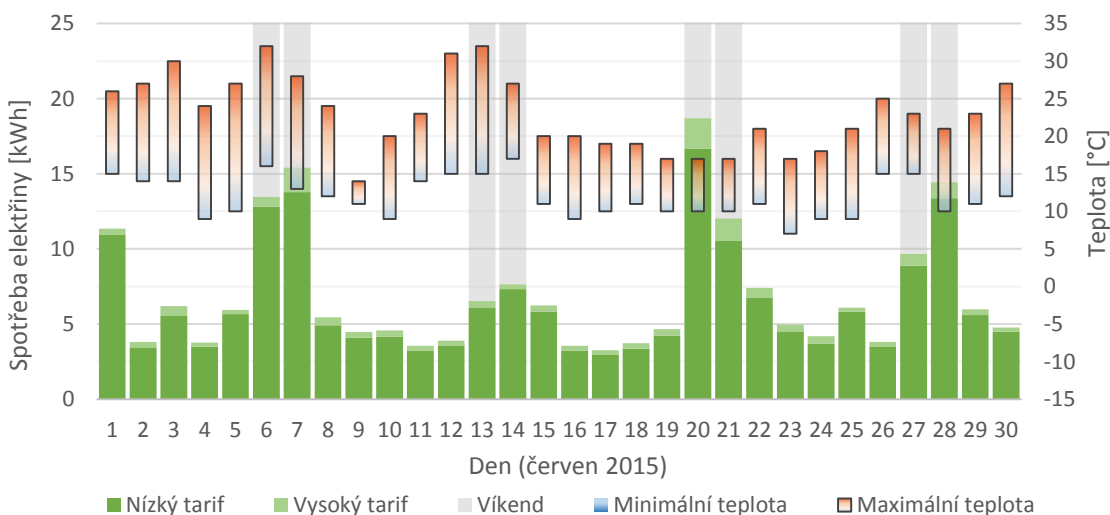


Z grafů denní spotřeby v měsíci lednu je patrné, že spotřeba v jednotlivých týdnech roste vždy ke konci týdne. Tento jev je pravděpodobně způsoben zvýšenou dobou pobytu osob v objektu a nižší potřebou vytápění v první polovině týdne vlivem naakumulování tepla v okruhu ústředního vytápění během celodenního víkendového vytápění krbovými kamny. V roce 2014 je patrná nepřímá závislost spotřeby elektrické energie na venkovní teplotě, kdy ve čtvrtém týdnu při delším období nízkých teplot spotřeba nepatrně vzrostla, což bylo pravděpodobně způsobeno přitápěním klimatizací. Celková spotřeba za měsíc leden v roce 2014 dosáhla 388,3 kWh, v roce 2015 potom 424,0 kWh, což je nárůst o 9,2 %. Průměrná teplota v měsíci lednu byla podle ČHMÚ v Pardubickém kraji v roce 2014 1,4 °C a v roce 2015 2,3 °C.

**Graf 18 | Denní spotřeba a minimální a maximální teplota v červnu 2014**



**Graf 19 | Denní spotřeba a minimální a maximální teplota v červnu 2015**



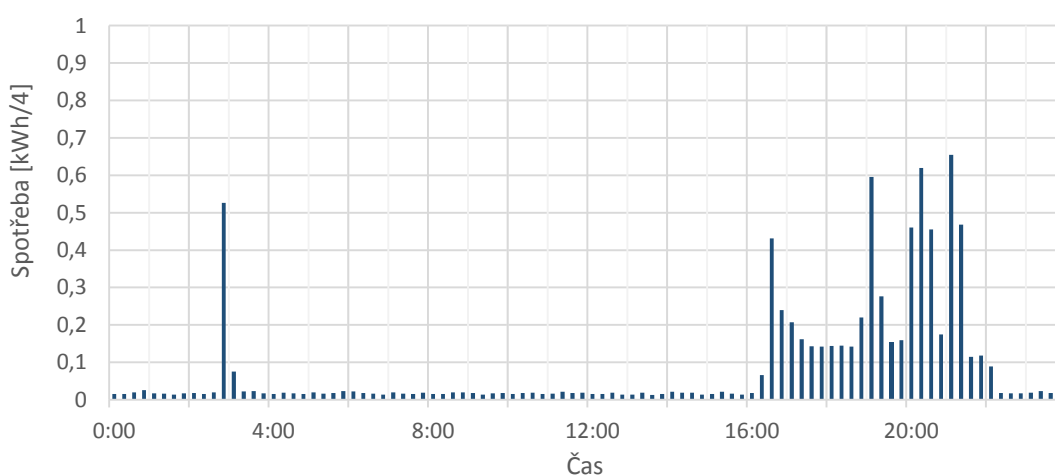
V měsíci červnu je podle průběhu spotřeby možné jednoznačně rozlišit víkendové dny od všedních. Zatímco ve všedních červnových dnech dosahuje spotřeba hodnot okolo 5 kWh, o víkendových dnech se pravidelně pohybuje v intervalu 10-15 kWh. Nárůst spotřeby mezi 9. a 11. dnem měsíce v roce 2014 napovídá, že vlivem vysokých teplot mohlo být využíváno klimatizačních jednotek pro chlazení domu. Celková spotřeba v červnu 2014 byla 256,2 kWh, v roce 2015 209,5 kWh, což znamená meziroční pokles spotřeby o 18,2 %. Průměrná teplota v Pardubickém kraji pro měsíc červen byla podle ČHMÚ v roce 2014 15,9 °C, v roce 2015 16,2 °C.

## Denní diagramy

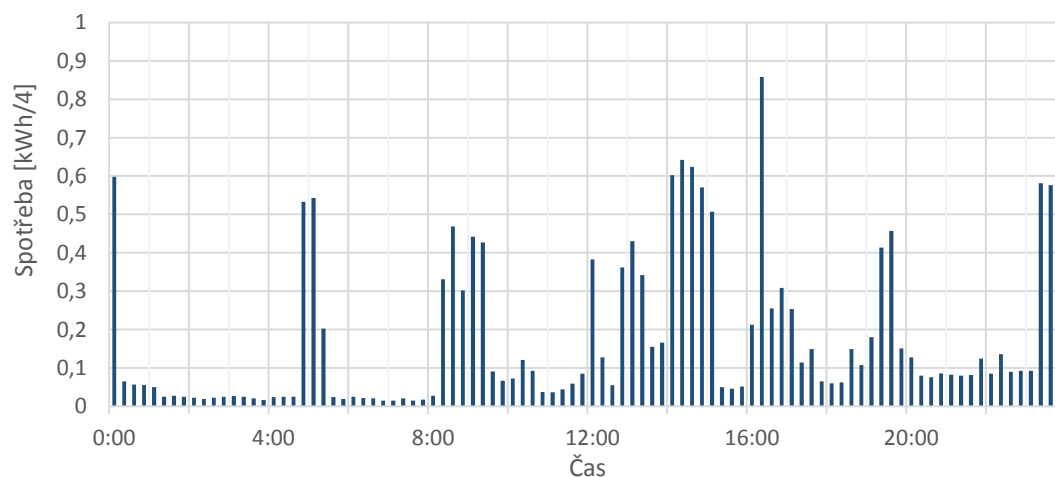
Spotřeba elektriny je zaznamenávána v patnáctiminutových intervalech, je tedy možné analyzovat spotřebu elektrické energie i v průběhu jednotlivých dnů.

Graf 20 a graf 21 znázorňují průběh spotřeby ve všední, resp. víkendový den v lednu. Ačkoliv se jedná o dny v zimním měsíci, je v tento konkrétní všední den spotřeba omezena pouze na dobu, kdy jsou osoby v domě přítomny a časy HDO, ve kterých je spouštěn ohřívač vody. Ve víkendový den je charakter spotřeby značně odlišný a je zřejmé, že osoby byly v domě přítomny v průběhu celého dne.

**Graf 20 | Denní diagram spotřeby v úterý 20. 1. 2015**

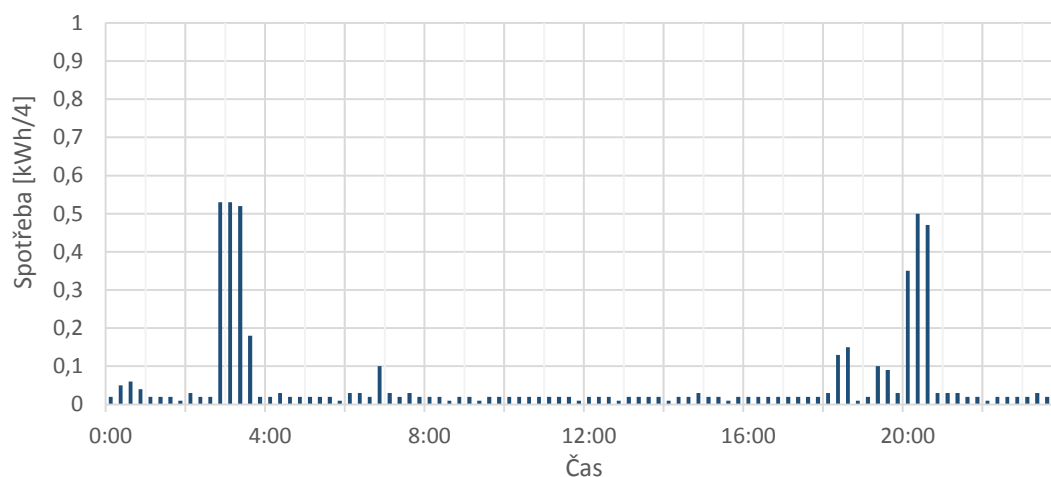


**Graf 21 | Denní diagram spotřeby v sobotu 25. 1. 2015**

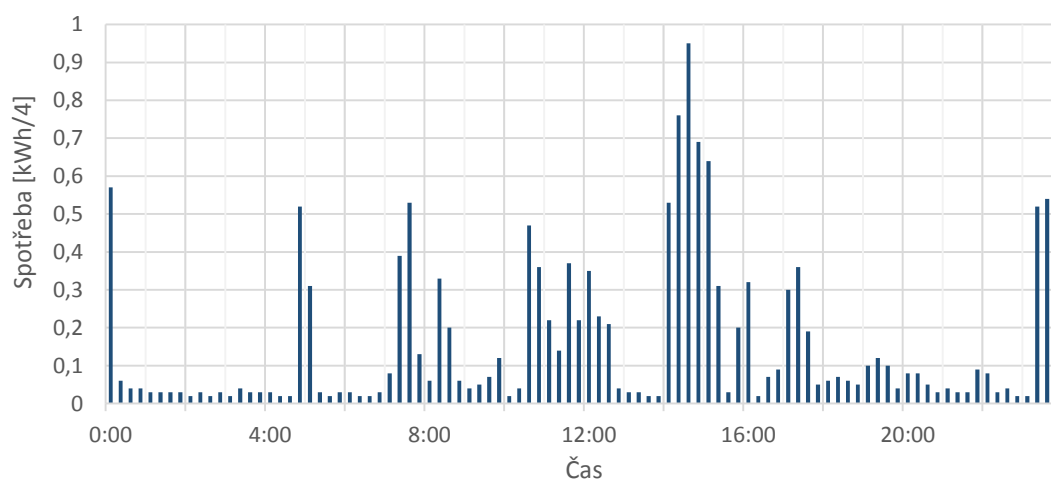


Graf 22 a graf 23 zobrazují spotřebu v průběhu všedního a víkendového dne v létě. Při porovnání se zimními dny se rozložení spotřeby v průběhu dne příliš neliší, rozdíl ve velikosti spotřeby je patrný především ve večerních hodinách. V červnové pondělí se spotřeba téměř výhradě omezuje na časy spuštění elektrického ohřívače vody. Jelikož slunce v červnu svítí v průměru až do 20 hodin, je také spotřeba pro svícení nižší než v lednu, kdy slunce zapadá po 16. hodině.

**Graf 22 | Denní diagram spotřeby v pondělí 8. 6. 2015**



**Graf 23 | Denní diagram spotřeby v neděli 7. 6. 2015**



### 5.3.2 Vytápění a chlazení

Hlavním zdrojem vytápění jsou krbová kamna, ve kterých se spaluje palivové dřevo. Kamna jsou umístěna v obývacím pokoji a jsou vybavena tepelným výměníkem, pomocí něhož je ohřívána voda v okruhu ústředního vytápění. V průběhu týdne je v době nepřítomnosti obyvatel domu udržována teplota klimatizační jednotkou.



## Teplo z tuhých paliv

Palivem pro vytápění krbovými kamny je palivové dřevo, které bylo na topné období 2014/2015 nakoupeno v dostatečném předstihu, aby mohlo být po téměř rok uskladněno pod přístřeškem na pozemku domu. V průběhu topného období 2014/2015 bylo podle odhadu obyvatel domu protopeno okolo 5 prmr (prostorového metru rovnáného) bukového a dubového palivového dřeva, nakoupeného za cenu 1 000 Kč/prmr. Jelikož dodavatel neposkytuje údaje o výhřevnosti dřeva, byly pro účely zjištění získaného tepla využity průměrné hodnoty. Při předpokládané 20% vlhkosti dřeva, které čerstvě vytěžené dřevo dosáhne při uskladnění pod střechou za půl až jeden rok, je výhřevnost dubového dřeva 15,9 MJ/kg a bukového 15,5 MJ/kg. Měrná hmotnost je 469 kg/prmr pro bukové a 480 kg/prmr pro dubové dřevo.<sup>44</sup> Celková tepelná energie dřeva spáleného v topném období 2014/2015 je 10 348 kWh, za předpokladu, že polovina dřeva je bukového typu a polovina dubového. Využívaná krbová kamna Haas+Sohn s tepelným výměníkem mají jmenovitou účinnost při spalování dřevěných polen 82,4 %.<sup>45</sup> Jelikož ne vždy je dosaženo jmenovitých podmínek, zejména při přikládání dřevěných polen, je nutné tuto účinnost adekvátně snížit. Skutečnou účinnost lze například podle <sup>46</sup> uvažovat okolo 75 %. Využitím této účinnosti je získáno teplo ve výši 7 760 kWh využité pro ohřev domu.

Pro určení potřeby tepla v průměrné topné sezoně je využito metodiky denostupňů. Tato metodika vychází z počtu topných dní a rozdílu průměrné vnitřní teploty a průměrné venkovní teploty v topných dnech. Pro zvolený objekt je uvažována vnitřní teplota 22 °C, na kterou je obvykle vytápěn. Průměrná denní teplota pro zahájení dodávky tepla je podle <sup>47</sup> uvažována 13 °C. Počet denostupňů je následně vypočten podle následujícího vzorce.<sup>48</sup>

$$D(22) = (22 - T13) \cdot N13 \quad [-] \quad (5.2)$$

kde	D(22)	počet denostupňů pro vnitřní teplotu 22°C
	N13	počet dní s teplotou nižší než 13 °C
	T13	průměrná teplota ve dnech s nižší teplotou než 13°C

<sup>44</sup> SRDEČNÝ, TRUXA, MACHOLDA, BERANOVSKÝ, HUDCOVÁ. *Infolisty o obnovitelných zdrojích energie*. EkoWatt. září 2007. Dostupné z: [http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595e1fa66875530f33e8a/Infolisty\\_obnovitelných\\_zdrojích\\_energie\\_2007\\_2220047217.pdf](http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595e1fa66875530f33e8a/Infolisty_obnovitelných_zdrojích_energie_2007_2220047217.pdf)

<sup>45</sup> HAAS+SOHN. *Technický list pro krbová kamna Haas+Sohn Mantova AL s výměníkem*. [online]. Dostupné z: [http://www.haassohn-rukov.cz/files/mantova-al-vymenikem\\_web\\_06092013acz.pdf](http://www.haassohn-rukov.cz/files/mantova-al-vymenikem_web_06092013acz.pdf)

<sup>46</sup> VYSOKÁ ŠKOLA BĀŇSKÁ - TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA. *Ověření provozních parametrů individuálně stavěných kamen navržených dle ČSN EN 15544*. [online]. Dostupné z: <http://docplayer.cz/5354416-Vysoka-skola-banska-technicka-univerzita-ostrava-vyzkumne-energeticke-centrum.html>

<sup>47</sup> Vyhláška č. 194/2007, pravidla pro vytápění a dodávku teplé vody a měrné ukaz. spotřeby. 2007 Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/pravni-predpisy/vyhlaska-c-194-2007-sb-ktou-se-stanovi-pravidla-pro-vytapeni-a-dodavku-teple-vody>

<sup>48</sup> ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV. *Otopná sezóna*. [Online]. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/otopna-sezona>. [cit. 2016-03-10]

Počet denostupňů pro topnou sezonu 2014/2015 a průměrnou topnou sezonu je uveden v tabulce 7.<sup>49</sup> Přepočtením hodnot využitím denostupňů je získáno potřebné teplo z tuhých paliv v jednotlivých měsících průměrné topné sezony.

**Tabulka 7 | Přepočet potřeby tepla z tuhých paliv na průměrnou topnou sezonu**

	Topná sezona 2014/2015				Průměrná topná sezona			
	Průměrná teplota [°C]	Topné dny	Denostupně (22 °C)	Teplo ve dřevě [kWh]	Průměrná teplota [°C]	Topné dny	Denostupně (22 °C)	Teplo ve dřevě [kWh]
Leden	2,3	31	611	1 315,1	-0,5	31	709,3	1 526,6
Únor	1,4	28	577,2	1 242,3	0,4	29	614,3	1 322,2
Březen	5,4	31	515,6	1 109,7	4	31	539,7	1 161,6
Duben	9,1	27	355,8	765,8	9,5	30	382,6	823,5
Květen	13,5	21	176,4	379,7	13,5	8	73,1	157,3
Červen								
Červenec								
Srpen								
Září	15,4	7	66,2	142,5	14,5	3	27,5	59,2
Říjen	10,7	22	272,7	586,9	10,5	31	381,3	820,7
Listopad	7,3	30	440,1	947,2	5	30	527,7	1 135,8
Prosinec	2,9	31	591	1 272,0	1	31	653,6	1 406,7
<b>Celkem</b>			<b>3 606,0</b>	<b>7 761,2</b>			<b>3 909,1</b>	<b>8 413,6</b>

## Klimatizační jednotky

Objekt je vybaven dvěma venkovními klimatizačními jednotkami, vybavenými tepelným čerpadlem vzduch-vzduch. K venkovní multi-split jednotce jsou připojeny dvě vnitřní nástěnné jednotky, jedna je umístěna v ložnici, druhá v kuchyni. Mezistropní jednotka v obývacím pokoji má vlastní venkovní jednotku.

**Tabulka 8 | Přehled klimatizačních jednotek v uvažovaném domě**

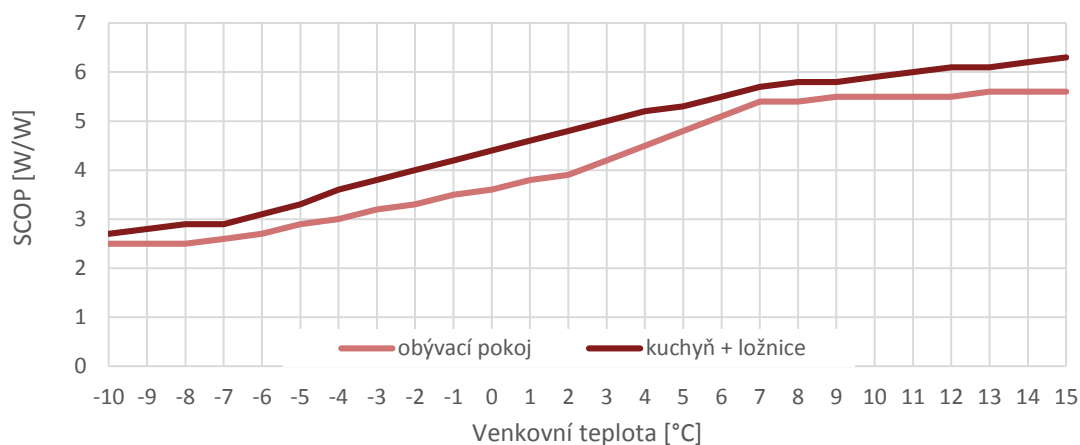
Umístění	Typ	Vytápění			Chlazení		
		COP [W/W]	Výkon [kW]	Příkon [kW]	EER [W/W]	Výkon [kW]	Příkon [kW]
kuchyň + ložnice	venkovní multi-split jednotka	4,71	5,6	1,19	3,61	5,2	1,44
	vnitřní jednotka						
obývací pokoj	venkovní jednotka	4,27	3,2	0,725	4,2	2,5	0,575
	vnitřní jednotka						

<sup>49</sup> HEMZAL, Karel. *Výpočet denostupňů*. TZB-info, 30. 11. 2015. [Online]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/103-vypocet-denostupnu>. [cit 2016-03-10]

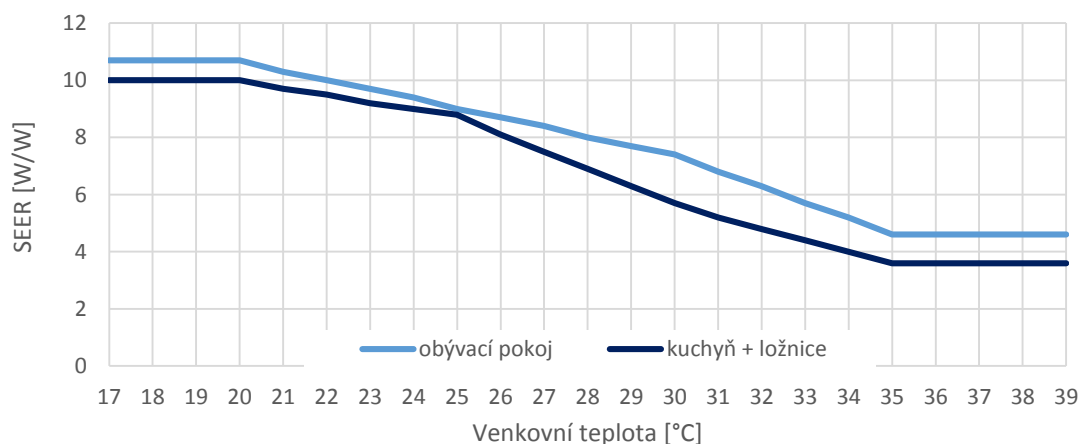
V tabulce 8 jsou uvedeny typy jednotlivých klimatizačních jednotek přítomných v uvažovaném objektu včetně koeficientu COP (Coefficient of Performance) pro vytápění a koeficientu EER (Energy Efficiency Ratio) pro chlazení. Tyto koeficienty indikují energetickou účinnost klimatizačních jednotek při provozu na plný výkon a pouze za určité teploty. Při běžném provozu ovšem není daných podmínek často dosahováno. Proto se pro přesnější popis energetické účinnosti klimatizačních jednotek využívá sezonních koeficientů SCOP a SEER, které uvažují částečné zatížení a výrobci uvádějí jejich hodnoty v závislosti na teplotě.<sup>50</sup>

Toshiba, výrobce využívaných klimatizačních jednotek poskytuje online nástroj na zjištění koeficientů SCOP a SEER pro jednotlivé kombinace jednotek.<sup>51, 52</sup> Závislost koeficientů na teplotě je pro v domě využívané jednotky zobrazena v následujících grafech.

**Graf 24 | Koeficient SCOP klimatizačních jednotek v závislosti na teplotě**



**Graf 25 | Koeficient SEER klimatizačních jednotek v závislosti na teplotě**



<sup>50</sup> DAIKIN. *A new era of Seasonal Efficiency has begun*. Dostupné z: [http://www.daikin.co.uk/binaries/Seer%20fact%20sheet%20stg2\\_tcm511-261046.pdf](http://www.daikin.co.uk/binaries/Seer%20fact%20sheet%20stg2_tcm511-261046.pdf) [cit. 2016-03-25]

<sup>51</sup> TOSHIBA. *Air Conditioning Eco Design*. RAS-10SAV2-E, RAS-B10UFV-E. [Online]. Dostupné z: <http://ecodesign.toshiba-airconditioning.eu/cs/system-details?system=e9e32e1a5d854c8084ccf162117be3ac> [cit. 2016-03-25]

<sup>52</sup> TOSHIBA. *Air Conditioning Eco Design*. RAS-M18UAV-E, RAS-M10SKV-E. [Online]. Dostupné z: <http://ecodesign.toshiba-airconditioning.eu/cs/system-details?msid=2358872&s=ovw44lfUoNip1XFv%2BID0FLxw0SY%3D> [cit. 2016-03-25]

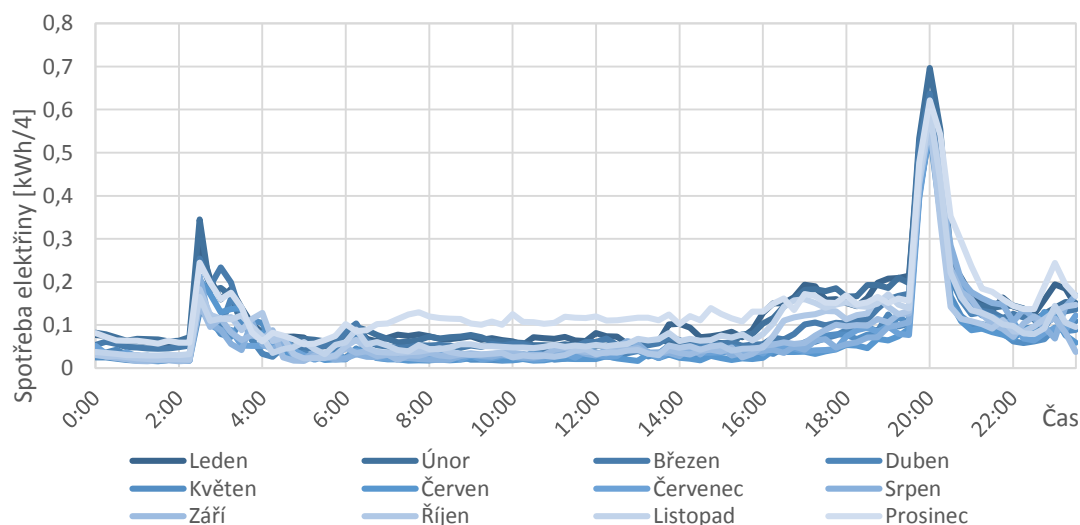
### 5.3.3 Příprava teplé vody

K přípravě teplé užitkové vody je využíván elektrický akumulční ohřívač. Ohřev vody je zajištěn elektrickým tělesem o výkonu 2 kW ve smaltovaném tepelně izolovaném zásobníku o objemu 125 litrů. Těleso je ovládáno termostatem, požadovanou teplotu lze plynule nastavit v rozmezí 5-74 °C, výrobcem udávaná „optimální“ teplota (mód ECO) činí 60 °C, nastavená teplota je zhruba 67 °C. Výrobcem udávaná doba ohřevu vody z 10 °C na 60 °C činí 3,6 hodiny. Ohřívač je připojen k hromadnému dálkovému ovládání (HDO), ohřev tak probíhá v čase snížené sazby elektrické energie.

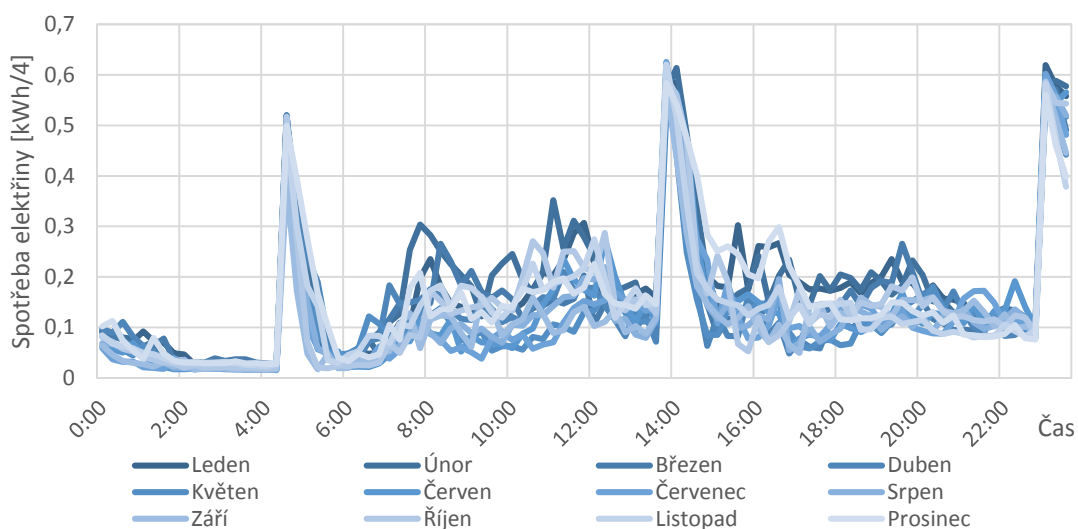
Množství elektrické energie spotřebované na ohřev vody je odečteno z grafů denní spotřeby. Při vykreslení grafů spotřeby průměrného všedního (graf 26) a víkendového dne (graf 27) každého měsíce lze odečíst časy spínání elektrického ohřívače vody z pravidelně se opakujících špiček spotřeby. Spotřeba na přípravu teplé vody je zjištěna odečtením daných špiček od „ostatní“ spotřeby. Je předpokládáno, že „ostatní“ spotřeba má od nastání do odeznění špičky lineární charakter. Spotřeba elektřiny včetně odlišení spotřeby na ohřev vody pro všední lednový den je zobrazena v grafu 28. Tímto způsobem odečtená spotřeba na ohřev vody v průměrný den každého měsíce je uvedena v tabulce 9. Jak je z hodnot patrné, spotřeba elektřiny na přípravu teplé vody je o víkendových dnech více než dvojnásobná ve srovnání s všedními dny. Celkem se za průměrný rok na ohřev vody spotřebuje 458 kWh ve všední dny a 406 kWh o víkendech.

Vzhledem k délce nízkého tarifu, který je pro využívaný produkt D45d 20 hodin, je pravděpodobné, že část spotřeby pro ohřev vody není uvedenou metodou zohledněna. Vzhledem k nepravidelnému pobytu osob v domě by ovšem využití hodnot spotřeby teplé vody dle norem zaneslo do výpočtu vyšší zkresení.

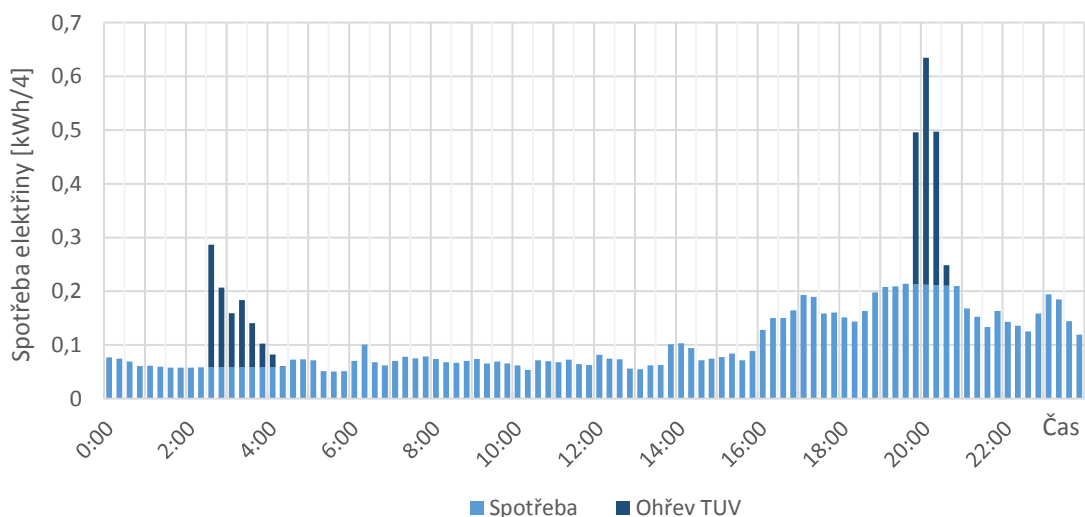
**Graf 26 | Čtvrt hodinová spotřeba elektřiny v průměrný víkendový den měsíce**



**Graf 27 | Čtvrt hodinová spotřeba elektřiny v průměrný víkendový den měsíce**



**Graf 28 | Spotřeba elektřiny na ohřev TUV ve všední den v lednu**



**Tabulka 9 | Odhadovaná spotřeba pro ohřev TUV pro průměrný den měsíce**

		led	úno	bře	dub	kvě	čer	čer	srp	zář	říj	lis	pro
Všední den	kWh	1,78	1,96	1,97	1,66	1,66	1,99	1,51	1,63	1,71	1,76	1,66	1,78
Víkendový den	kWh	4,17	4,50	4,04	4,11	3,70	4,17	3,94	3,71	3,09	3,75	3,54	4,07

### 5.3.4 Optimalizace spotřeby

Jak je patrné z předchozích kapitol, spotřeba především ve všedních dnech se odehrává mimo dobu největší intenzity dopadajícího záření. Pro maximální možné využití energie vyrobené ve FV systému je proto vhodné spotřebu domácnosti optimalizovat. Aby nebyl ovlivněn komfort obyvatel domu, omezuje se optimalizace spotřeby výhradně na tepelné využití přebytků pro ohřev vody a vytápění domu klimatizací. Tato optimalizace zajistí, že v topné sezoně bude při dostatečném slunečním svitu dům vytopen na požadovanou teplotu v době, kdy se obyvatelé vrátí z práce. Zatímco vytápění je omezeno pouze na topnou sezonu, ohřev teplé vody probíhá celoročně. Z důvodu vyšší produkce

elektrické energie FV systémem v létě, je tato optimalizace zásadní pro ekonomickou efektivnost FV systému.

## Vytápění

Jelikož je dům ve velké míře vytápěn krbovými kamny, je zde prostor navýšit spotřebu elektřiny vytápěním pomocí klimatizační jednotky, a tím i využití elektřiny vyrobené ve FV systému. O kolik lze spotřebu teoreticky zvýšit je vypočteno na základě tepla získaného spalováním tuhých paliv, uvedeného v kapitole 5.3.2, a parametrů klimatizačních jednotek uvedených v kapitole 5.3.2. Potřebná elektrická energie nutná pro provoz klimatizační jednotky pro zajištění stejného množství tepla jako v případě vytápění tuhými palivy, je uvedena v tabulce 10. Přepočet je proveden pomocí SCOP koeficientu pro průměrnou teplotu daného měsíce. Postup výpočtu je uveden v rovnici 5.3.

$$E_{AC} = \frac{Q_{dřevo,ef}}{SCOP(T_{AVG})} \quad [\text{kWh}] \quad (5.3)$$

kde	$E_{AC}$	spotřeba elektrické energie klimatizační jednotky
	$Q_{dřevo,ef}$	teplo ze dřeva využité pro vytápění domu
	$SCOP(T_{AVG})$	sezonní koeficient SCOP pro průměrnou teplotu měsíce

**Tabulka 10 | Spotřeba klimatizační jednotky při nahrazení krbových kamen**

Měsíc	Průměrná teplota [°C]	Teplo ve dřevě [kWh]	SCOP	Spotřeba klimatizace [kWh]	Denní spotřeba klimatizace [kWh]
Leden	-0,5	1 526,6	3,85	396,5	12,79
Únor	0,4	1 322,2	4	330,5	11,80
Březen	4	1 161,6	4,85	239,5	7,73
Duben	9,5	823,5	5,7	144,5	4,82
Květen	13,5	157,3	5,9	26,7	0,86
Červen, červenec, srpen -					
Září	14,5	59,2	5,95	9,9	0,33
Říjen	10,5	820,7	5,75	142,7	4,60
Listopad	5	1 135,8	5,05	224,9	7,50
Prosinec	1	1 406,7	4,2	334,9	10,80
<b>Celkem</b>		<b>8 413,6</b>		<b>1 850,2</b>	

Ve výpočtu nastává jisté zkreslení, jelikož vytápění bude především v případě teplejších měsíců, jako jsou květen nebo září, probíhat převážně při nižších než průměrných měsíčních teplotách. Skutečný SCOP koeficient bude tedy nižší a bude potřeba více energie, než je pro dané měsíce uvedeno. V teplejších měsících je ovšem spotřeba tepla v porovnání s ostatními měsíci výrazně nižší a zkreslení lze tedy zanedbat. Je předpokládáno, že každá ze dvou venkovních jednotek se na vytápění bude podílet stejným dílem. To znamená, že polovina tepla bude vyprodukována vnitřní jednotkou v obývacím pokoji a polovina vnitřními jednotkami v ložnici a kuchyni.

## Ohřev vody

Z důvodu připojení elektrického ohřívače vody na systém HDO je nutné počítat s jistým omezením v možnosti využití FV systému na ohřev vody. Jelikož spotřeba teplé vody probíhá především ve večerních hodinách, funguje předpoklad modelu optimalizace tak, že lze optimalizovat pouze odpolední spotřebu pro ohřev vody. Po spotřebování teplé vody večer je dopoledne, případně o víkendech i v průběhu noci, ohřívač sepnut systémem HDO, následně je ohřev vody sepnut při nadbytku výroby ve FV. V odpoledních časech spínání ohřívače se voda případně dohřeje na stanovenou teplotu. Touto optimalizací je tak odpolední spínání ohřívače částečně nebo úplně nahrazeno ohřevem energií z FV systému. Názorně je optimalizace prezentována v grafu 33 v následující kapitole.

## 6 NÁVRH A ANALÝZA VARIANT FV SYSTÉMŮ

V této kapitole je uveden návrh specifických variant FV systémů a podrobné přiblížení první varianty z pohledu výroby a využití vyrobené energie. Varianty jsou navrženy v souladu s jednotlivými kategoriemi dotačního programu NZÚ. Prvky jednotlivých variant jsou vybrány z prvků dostupných na českém trhu na základě jejich specifikací a ceny. Uvažovány jsou tři základní varianty systému:

1. FV systém s tepelným využitím přebytků.
2. FV systém s tepelným využitím přebytků a akumulátory.
3. FV systém pro přímý ohřev vody.

### 6.1 FV SYSTÉM S TEPELNÝM VYUŽITÍM PŘEBYTKŮ

#### 6.1.1 Prvky systému a investiční náklady

Mimo panelů, střídače, kabelů a ochranných prvků je systém nutno vybavit wattrouterem, který využívá přebytky výroby spínáním a plynulou regulací výkonu ohříváče vody a klimatizace. Veškeré přebytky, které nejsou tepelně využity, jsou exportovány do distribuční sítě. V tabulce 11 jsou uvedeny veškeré prvky systému a celková hodnota investice. Rozdíl obou variant je v technologii využitých panelů. Ve variantě A je využito polykrystalických panelů, ve variantě B tandemových panelů kombinující vrstvu amorfního a mikrokrytalického křemíku. Technický list obou typů panelů a použitého střídače je v příloze 9-11.

**Tabulka 11 | Prvky FV systému s tepelným využitím přebytků**

Položka	Varianta 1A (2,25 kWp)		Varianta 1B (2,34 kWp)	
	Typ	Cena (Kč)	Typ	Cena (Kč)
Panely	OMSUN FCP 250W (9×)	38 790	SHARP NA-E130L5 (18×)	34 020
Střídač	GoodWe GW2000-NS	14 814	GoodWe GW2500-NS	16 323
Prodloužení záruky střídače		14 418		15 498
Wattrouter	WATTrouter M SSR + relé	9 090	WATTrouter M SSR + relé	9 090
Kabely, ochranné prvky		5 770		5 770
Konstrukce panelů		11 435		22 869
<b>FVE</b>		<b>94 317</b>		<b>103 570</b>
Montáž + doprava		12 125		17 750
Revize		2 450		2 450
<b>Investice (bez projektu)</b>		<b>108 892</b>		<b>123 770</b>
<b>Dotace (bez projektu)</b>		<b>54 446</b>		<b>55 000</b>
Projektová dokumentace		7 000		7 000
Dotace na projektovou dokumentaci		5 000		5 000
<b>Celková investice s dotacemi</b>		<b>56 446</b>		<b>70 770</b>



Maximální hodnota vstupního proudu a rozsah vstupního napětí MPP regulátoru invertoru omezuje množství panelů v případě varianty A na 4-9 a maximálně jediný string a 3-6 panelů a maximálně 3 stringy v případě varianty B. U obou variant je tedy zvolený počet panelů s daným střídačem nejvyšší možný pro dosažení maximální možné účinnosti i při extrémních podmínkách v dané lokalitě.

Cena použitých polykrystalických panelů činí 17,2 Kč/W<sub>p</sub>, cena panelů tandemové struktury 14,5 Kč/W<sub>p</sub>. Účinnost tandemových panelů je 9,3 %, tedy zhruba o 6 % nižší než v případě panelů polykrystalických. V případě tandemových panelů je pro dosažení srovnatelného nominálního výkonu nutná větší plocha panelů, celková investice se tak navyšuje nutností zakoupení konstrukce pro více panelů a vyššími náklady na montáž.

Konstrukce pro uchycení panelů na daný typ střešní krytiny značky VarioSole vychází podle informací získaných od společnosti Silektro na 1 270,5 Kč vč. DPH za konstrukci pro jeden panel.<sup>53</sup>

Umístění panelů a střídače bylo voleno tak, aby jednotlivé vzdálenosti byly co nejmenší a náklady na kabely a ochranné prvky elektrárny byly redukovány na nezbytné minimum. V ceně jsou zahrnuty stejnosměrné a střídavé kabely, odpínače a ochrany proti atmosferickým přepětím.<sup>54</sup>

Náklady na montáž reflektují instalovaný výkon, stejně jako počet FV panelů. Cena montáže, revize a projektování byla diskutována s technikem regionální společnosti Spektrum Svitavy, zabývající se montáží a údržbou FVE.

### 6.1.2 Ztráty systému

Ztráty systému jsou určeny na základě kapitoly 4.3. Ztráty DC a AC prvků jsou omezeny na nutné minimum redukováním vzdáleností jednotlivých prvků, FV panely jsou umístěny do 10 metrů od střídače. Ten je umístěn přímo u rozvodné skříně ve sklepních prostorách domu. Před jižní střechou domu se nenachází žádné vyšší objekty, ztráty stíněním ve výši 5 % zohledňují stínění horizontem a okolní zástavbou, pro přesné určení ztrát stíněním by bylo nutné využít specializovaná zařízení přímo ze střechy domu. Ztráty znečištěním jsou stanoveny jako střední hodnota intervalu ztrát pro běžné lokality z kapitoly 4.3.3. Ztráty uhlovou odrazivostí záření byly pro daný náklon panelů v uvažované lokalitě pomocí online kalkulátoru PVGIS.

---

<sup>53</sup> Zjištěno na základě komunikace se zástupcem společnosti Silektro.

<sup>54</sup> CITEI. *Moderní řešení bezpečnosti provozu pro fotovoltaické elektrárny (FVE)*. CITEI, 2014. [online]. Dostupné z: [http://www.citel.cz/download/Brozura\\_o\\_fotovoltaike\\_2014\\_CZ.pdf](http://www.citel.cz/download/Brozura_o_fotovoltaike_2014_CZ.pdf). [cit. 19. 3. 2016]

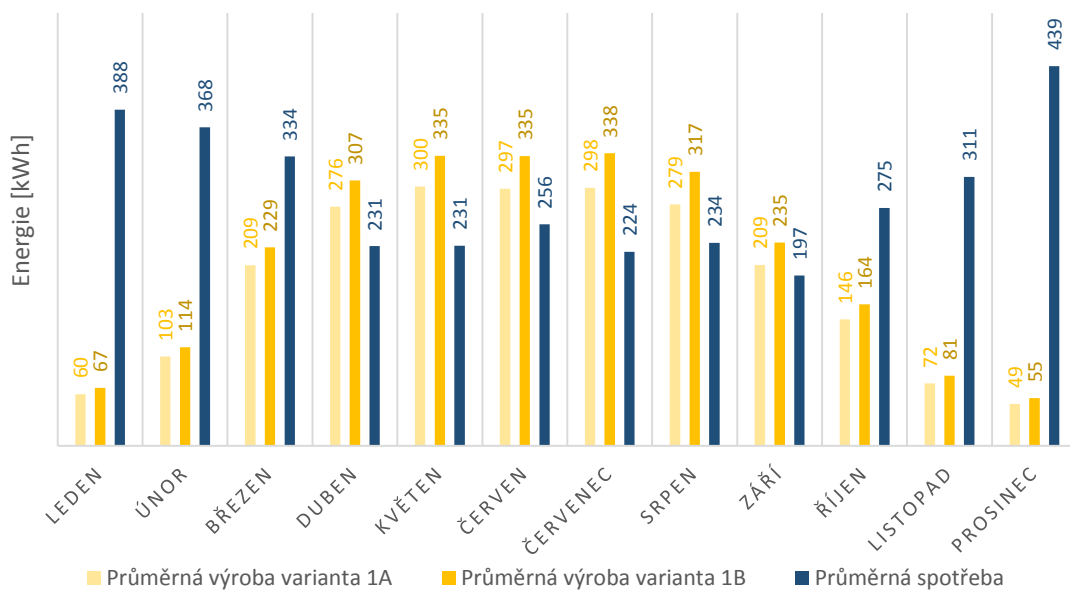
**Tabulka 12 | Ztráty systému**

Ztráty invertoru – varianta 1A	4,0 %
– varianta 1B	3,0 %
Ztráty DC a AC prvků	0,6 %
Ztráty stíněním	5,0 %
Ztráty znečištěním	3,5 %
Ztráty úhlovou odrazivostí záření	3,1 %
<b>Výkonový poměr</b>	
- varianta A	<b>0,847</b>
- varianta B	<b>0,857</b>

### 6.1.3 Výroba a využití vyrobené energie

Ačkoliv disponuje podvarianta B pouze o 4 % vyšším instalovaným výkonem, průměrná roční výroba je díky nižším ztrátám invertoru a především díky použité technologii panelů ve srovnání s podvariantou A o zhruba 12 % vyšší. Průměrná výroba obou variant v jednotlivých měsících je uvedena v grafu 29.

**Graf 29 | Porovnání výroby FV systému (varianta 1) a spotřeby energie domu**



Tabulka 13 znázorňuje výrobu obou podvariant a spotřebu domu v průměrný rok. Průměrně je v obou případech po optimalizaci spotřeby využito 65 % resp. 62 % vyrobené energie. Omezujícím je především spínání HDO, bez kterého by využití stoupl nad 70 %. Jak je patrné z grafu 34, využití vyrobené energie pro vytápění se omezuje především na 3 měsíce roku, z toho 2 měsíce pouze na všední dny. V letních měsících je využito pouze okolo 30 % vyrobené energie ve všední dny a okolo 70 % o víkendech. Zde se naskýtá možnost využití elektřiny pro chlazení domu. Potřeba energie pro chlazení je ovšem obtížně kvantifikovatelná, jelikož v průběhu období, za které byla získána data o spotřebě, bylo do jisté míry chlazení domu využíváno.

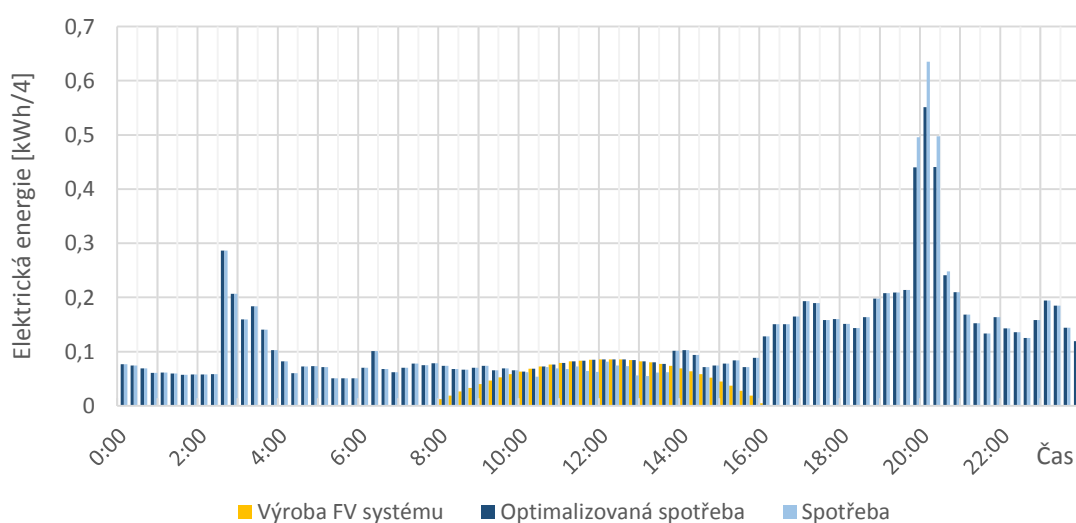
**Tabulka 13 | Vyhodnocení spotřeby vyrobené energie (varianta 1) pro průměrný rok**

		Varianta 1A			Varianta 1B		
		Celkem	Všední dny	Víkend. dny	Celkem	Všední dny	Víkend. dny
Roční výroba FVE	kWh	2 299	1 642	657	2 577	1 841	736
-přímo spotřebovaná en.	%	65	59	82	62	55	78
Roční spotřeba	kWh	3 645	2 191	1 453	36 45	2 191	1 453
- na ohřev vody	kWh	404	285	119	404	285	119
Spotřeba pokrytá FVE	kWh	938	473	465	980	490	490
-podíl pokryté spotřeby	%	26	22	32	27	22	34
Optim. spotř. pokrytá FVE	kWh	1 502	961	540	1 587	1 015	572
-podíl na celk. spotřebě	%	41	44	3	44	46	39
Import z DS	kWh	2 425	1 484	941	2 379	1 459	920
-import/spotřeba	%	67	68	65	65	67	63
Export do DS	kWh	797	681	116	990	826	164
-export/vyrobená el.		35	41	18	38	45	22

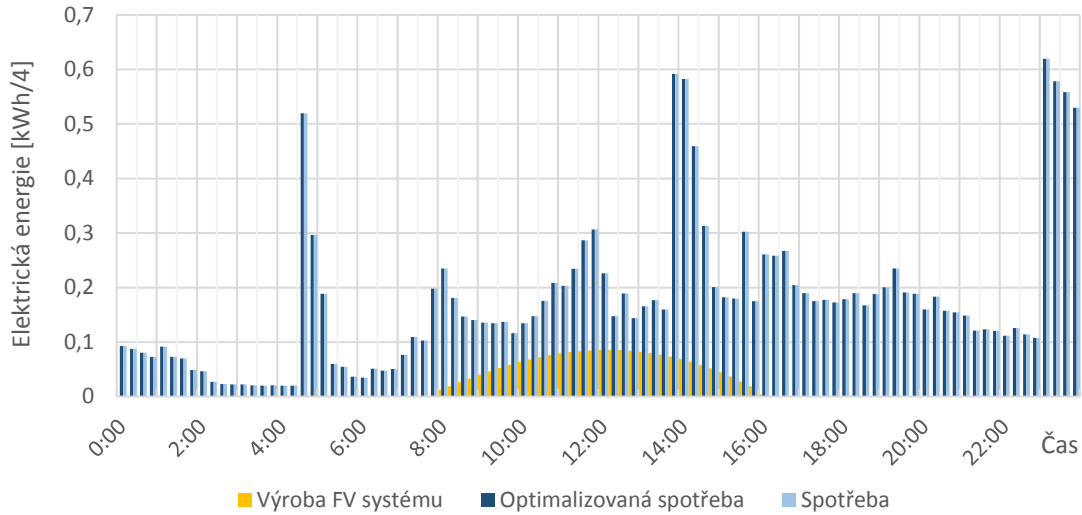
Jak bylo uvedeno v kapitole 5.3.4, spotřeba je optimalizována tak, aby byly přebytky využity na vytápění domu a ohřev vody. Průběh optimalizované spotřeby a výroby systému podvarianty A v průběhu vybraných dnů je uveden v grafech 30-33.

Z grafu 30 a 31 je patrné, že v lednu se optimalizace spotřeby projevuje ve velmi omezené míře. Nízká výroba způsobuje, že téměř veškerá energie je využita bez nutnosti optimalizace spotřeby. Z hodnot pro měsíc červen (graf 32 a 33) je naopak zřejmé, že velké množství energie zůstane nevyužito. Optimalizaci především o víkendových dnech značně omezuje systém HDO, jehož spínáním se po vypotřebování horké vody v průběhu dne a večer sepne ohřívač v nočních a ranních hodinách. Pro optimalizaci tak lze využít pouze energii z odpoledního spínání ohřívače.

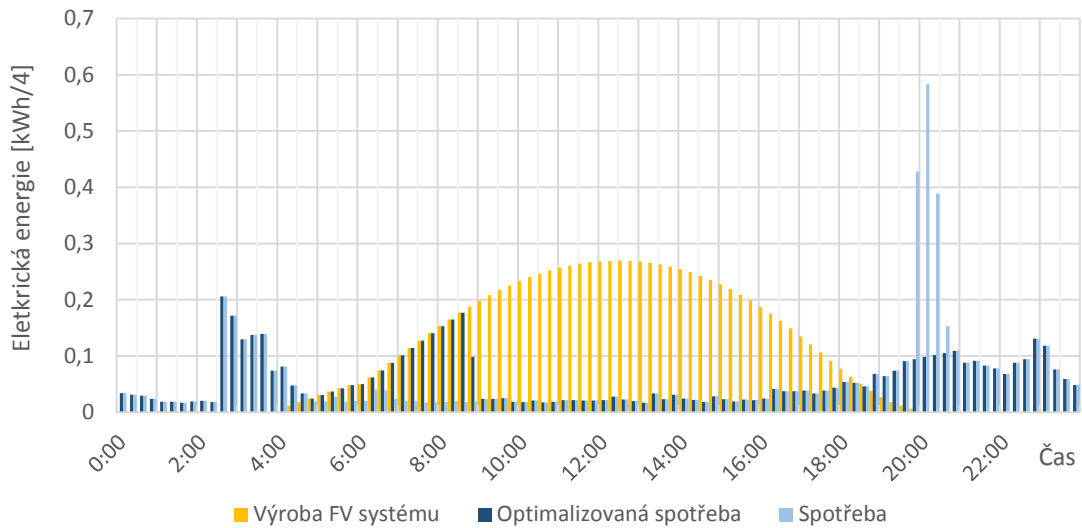
**Graf 30 | Spotřeba a výroba elektřiny v průměrný všední den v lednu**



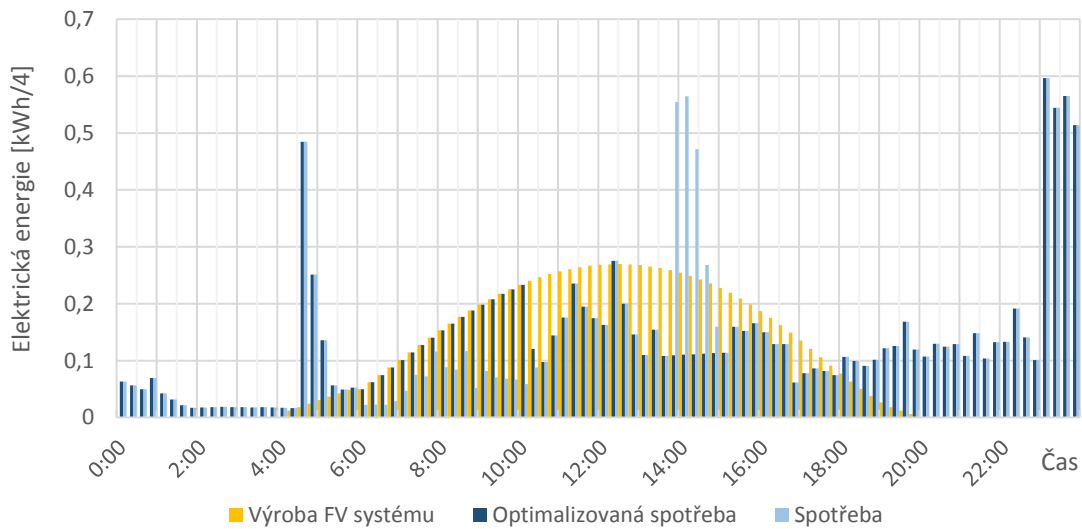
**Graf 31 | Spotřeba a výroba elektřiny v průměrný víkendový den v lednu**



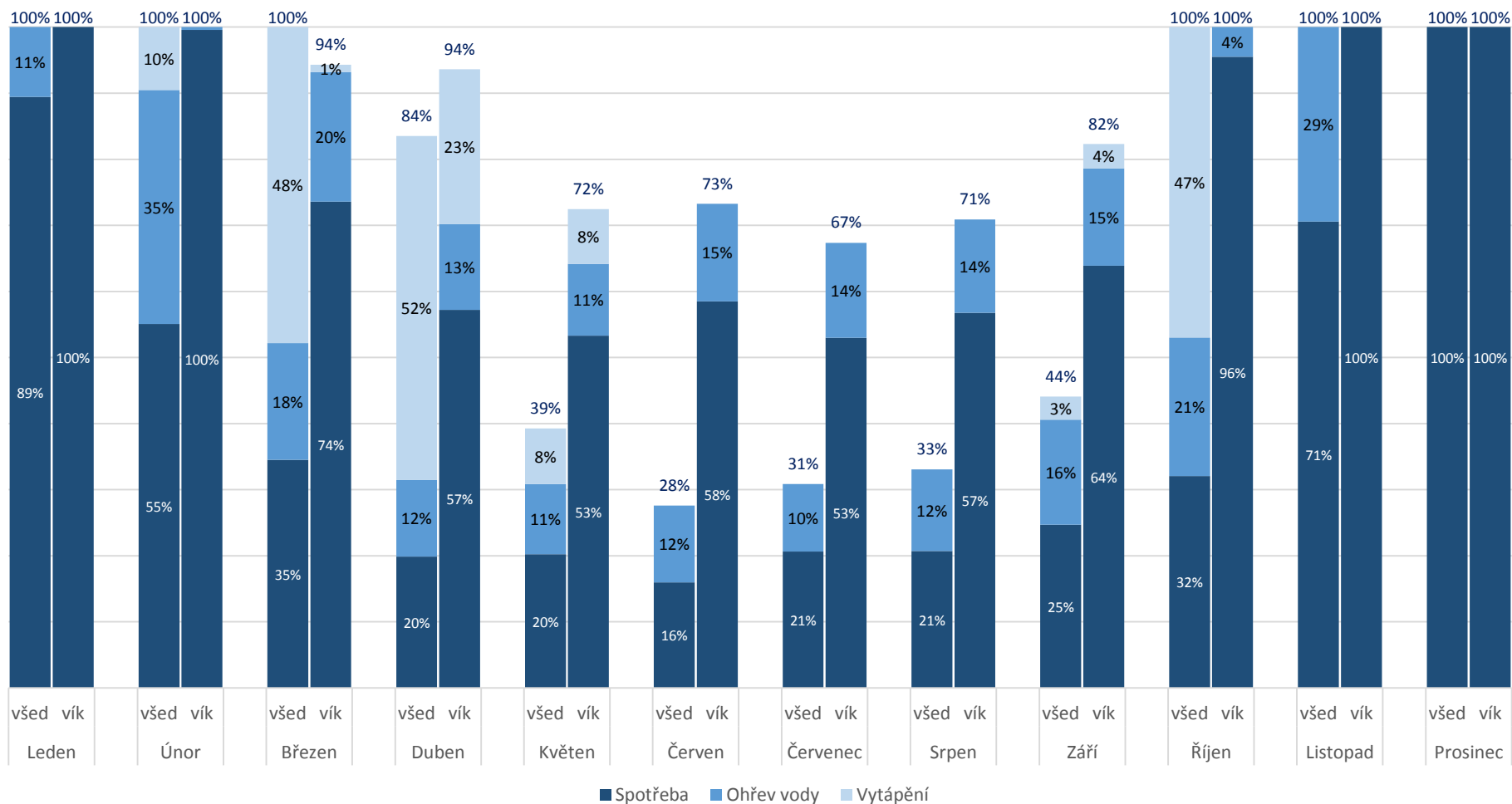
**Graf 32 | Spotřeba a výroba elektřiny v průměrný všední den v červnu**



**Graf 33 | Spotřeba a výroba elektřiny v průměrný víkendový den v červnu**



Graf 34 | Využití vyrobené energie v průměrný všední a víkendový den měsíce (varianta 1A)



## 6.2 FV SYSTÉM S AKUMULÁTORY

FV systém využívající akumulaci elektrické energie vyžaduje mimo akumulátorů samotných také střídač s DC výstupem, který umožňuje akumulátory nabíjet a čerpat z nich energii. Varianta s klasickým střídačem a solárním regulátorem pro nabíjení akumulátorů jako samostatným komponentem vychází z pohledu investičních nákladů méně výhodně. Výrobce invertoru Growatt standardně nabízí pětiletou záruku s možností prodloužení.<sup>55</sup>

Jednotlivé podvarianty se liší instalovaným výkonem a technologií použitých akumulátorů. Celková kapacita akumulátorů je volena jako minimální vyhovující podmínkám programu NZÚ s ohledem na minimální počet akumulátorů, který je nutný pro dosažení napětí DC výstupu invertoru (48 V).

Varianta 2A využívá olověných AGM akumulátorů Hoppecke solar.bloc o celkové kapacitě 4,32 kWh, ze které je na základě výrobcem udávané hloubky vybití možno čerpat 63 % při životnosti 2 000 cyklů. Varianta 2A využívá LiFePO4 Akumulátorů LFP040AH o celkové kapacitě 4,1 kWh, u tohoto typu výrobce udává hloubku vybití 80 % při životnosti 5 000 cyklů.

Při porovnání nákladů na uloženou a využitou jednotku energie za dobu životnosti obou akumulátorů vychází jednoznačně lépe LiFePO4 akumulátor s cenou 3,56 Kč/kWh, oproti 5,48 Kč/kWh v případě olověných akumulátorů Hoppecke. Při započtení využití akumulátorů v konkrétní instalaci by olověné akumulátory dosáhly 80 % své kapacity po 14 letech provozu, lithiové potom po 30 letech.

**Tabulka 14 | Prvky FV systému s akumulátory**

Položka	Varianta 2A (2,08kWp)		Varianta 2B (2,5 kWp)	
	Typ	Cena (Kč)	Typ	Cena (Kč)
Panely	OMSUN FCP 260W (8x)	35 856	OMSUN FCP 250W (10x)	43 100
Střídač	Growatt 3000HY	44 050	Growatt 3000HY	44 050
Prodloužení záruky střídače		?		?
WATTrouter	WATTrouter M SSR	9 090	WATTrouter M SSR	9 090
Akumulátory	Hoppecke (4,32 kWh)	28 948	LFP040AH (4,10kWh)	55 360
Kabely, ochranné prvky		5 770		5 770
Konstrukce panelů		10 164		12 705
<b>FVE</b>		<b>133 878</b>		<b>170 075</b>
Montáž + doprava		17 000		18 250
Revize		2 450		2 450
<b>Investice (bez projektu)</b>		<b>153 328</b>		<b>190 775</b>
<b>Dotace (bez projektu)</b>		<b>70 000</b>		<b>70 000</b>
Projektová dokumentace		7 000		7 000
Dotace na projektovou dokumentaci		5 000		5 000
<b>Celková investice s dotacemi</b>		<b>85 328</b>		<b>122 775</b>

<sup>55</sup> výrobce nereagoval na kontaktování ohledně ceny prodloužení záruky

Použití akumulátorů umožňuje využít dalších 15-16 % vyrobené elektrické energie, což je v absolutních číslech v průměru okolo 379 kWh ročně pro variantu 2A a 513 kWh v případě varianty 2B.

**Tabulka 15 | Vyhodnocení spotřeby vyrobené energie (varianta 2)**

		Varianta 2A			Varianta 2B		
		Celkem	Všední dny	Víkend. dny	Celkem	Všední dny	Víkend. dny
Výroba FVE	kWh	2 102	1 502	601	2 528	1 806	722
-přímo spotřebovaná en.	%	68	61	86	62	56	79
-uloženo v akumulátorech	%	15			16		
Spotřeba	kWh	3 645	2 191	1 453	3 645	2 191	1 453
- na ohřev vody	kWh	404	285	119	404	285	119
Spotřeba pokrytá FVE	kWh	910	463	446	969	484	485
-podíl pokryté spotřeby	%	25	21	31	27	22	33
Optim. spotř. pokrytá FVE	kWh	1 437	918	519	1 576	1 008	567
-podíl na celk. spotřebě	%	39	42	36	43	46	39
Spotřeba pokrytá z aku.	kWh	378,6	304,5	73,9	512,7	381,0	131,7
-podíl spotřeby krytý aku.	%	10	14	5	14	17	9
Import z DS	kWh	2 078	1 195	883	1 878	1 085	793
-import/spotřeba	%	57	55	61	52	50	55
Export do DS	kWh	246	246	0	372	366	6
-export/vyrobená el.	%	12	16	0	15	20	1

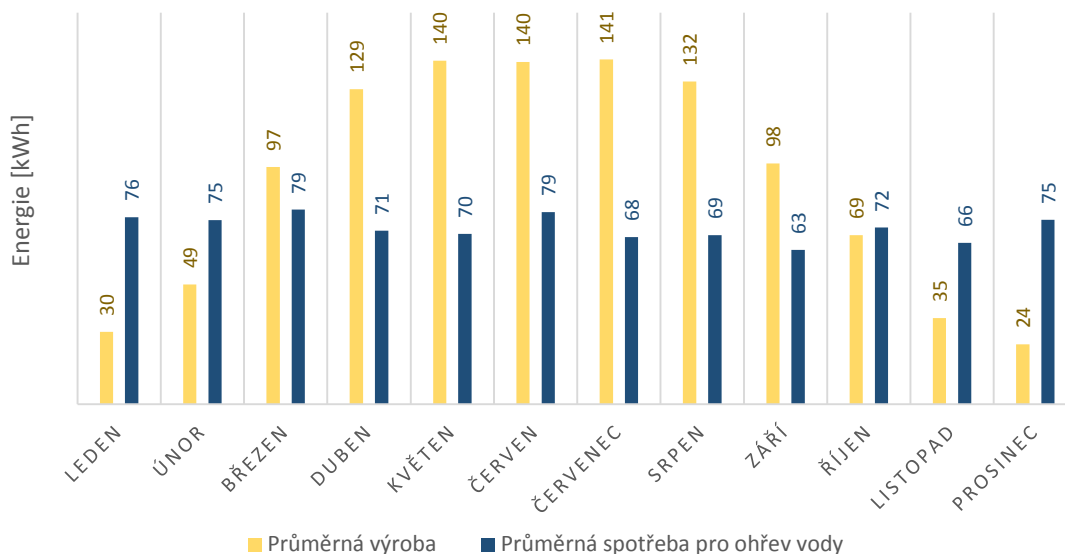
### 6.3 FV SYSTÉM PRO PŘÍMÝ OHŘEV VODY

Systém pro přímý ohřev vody je navržen pro přímé propojení s ohřívačem vody bez připojení k distribuční síti. Hlavní předností systému je úspora investičních nákladů za invertor. Podle požadavků programu NZÚ je systém nutné vybavit MPP regulátorem. Dále je nutné zakoupit elektrický ohřívač, který bude disponovat topným tělesem s termostatem jak pro napájení stejnosměrným, tak i střídavým napětím, resp. proudem.

V rámci této varianty je předpokládáno, že termostat pro napájení ze sítě je nastaven na nižší teplotu a termostat pro napájení z FV systému na teplotu maximální. Tím je zajištěno, že pouze nezbytná energie je čerpána ze sítě. Do výpočtu je z tohoto důvodu zaveden předpoklad, že FV systém pokryje maximálně 80 % energie potřebné pro ohřev vody.

Nejvhodnější velikost instalovaného výkonu elektrárny je 0,75-1 kWp. Ačkoliv se z měsíčních hodnot výroby a spotřeby (graf 35) zdá elektrárna předimenzovaná, odpovídá tento výkon 80-100% průměrnému využití vyrobené energie ve víkendových dnech. Z důvodu výrazně nižší spotřeby energie pro ohřev vody ve všedních dnech v porovnání s víkendovými vzniká v celkovém měsíčním součtu přebytek vyrobené energie nad spotřebou pro ohřev vody.

**Graf 35 | Porovnání měsíční výroby a spotřeby systému pro přímý ohřev vody**



**Tabulka 16 | Prvky systému pro přímý ohřev vody**

Položka	Typ	Cena (Kč)
Panely	OMSUN FCP 250W (4x)	17 240
Měnič	LXDC Power Box 1-2kW	8 490
Kabely, ochranné prvky		2 315
Konstrukce panelů		5 082
<b>FVE</b>		<b>33 127</b>
Montáž + doprava		6 500
Revize		2 450
Ohřivač vody		17 000
<b>Investice (bez projektu)</b>		<b>59 077</b>
<b>Dotace (bez projektu)</b>		<b>29 539</b>
Projektová dokumentace		3 000
Dotace na projektovou dokumentaci		3 000
<b>Celková investice s dotacemi</b>		<b>29 539</b>

Z tabulky 16 je patrné, že investiční náklady na ohřivač vody a měnič s MPP regulátorem dosahují ceny střídače, čímž se anulují hlavní přednosti této varianty. Jediný ohřivač vody vybavený dvěma topnými tělesy (DC a AC) na českém trhu nabízí výrobce DZ Dražice. Jisté riziko přináší pouze dvouletá záruka měniče bez možnosti prodloužení, u tohoto výrobku lze očekávat, že bude nutná jeho výměna v průběhu dvacetiletého hodnotícího období.



## 7 EKONOMICKÉ HODNOCENÍ

V této kapitole je provedeno ekonomické hodnocení všech navržených variant, které jsou následně porovnány se systémy na klíč od společnosti RWE. Nejprve jsou představeny potřebné vstupní parametry ekonomického modelu.

### 7.1 VSTUPNÍ DATA

#### 7.1.1 Doba hodnocení

Doba hodnocení je zvolena na základě předpokládané životnosti systému. FV systém může snadno vydržet i 20 let.<sup>56</sup> S výběrem kvalitních komponent, při kvalitním návrhu a instalaci a údržbě systému se šance na překročení této životnosti zvyšuje. Panely jsou vyjma akumulátorů nejdražší částí systému, na základě designu a kvality instalace mohou ovšem vydržet až 40 let.<sup>56</sup> Nejslabším článkem systému je z pohledu životnosti invertor. Z tohoto důvodu bylo využito možnosti prodloužení záruky na 20 let, čímž byly přeneseny případné náklady spojené s opravou či výměnou zařízení na výrobce. Díky tomu je možné uvažovat celkovou životnost systému 20 let. Případné drobné opravy by měly být pokryty z roční částky na údržbu a drobné opravy.

#### 7.1.2 Ceny elektřiny

Uspořená elektrická energie je oceněna variabilními náklady na elektřinu, které jsou založeny na prognóze vývoje současných cen za silovou elektřinu, distribuce, daně z elektřiny a platby za ostatní služby skládající se z příspěvku na podporované zdroje energie, platbu Operátorovi trhu s elektřinou (OTE) a platbu za systémové služby. Z důvodu omezeného využití optimalizace spotřeby na ohřev vody vlivem systému HDO je v ekonomickém vyhodnocení uvažována varianta přechodu na jednotarifní produkt D02d. V tabulce 17 jsou uvedeny veškeré ceny pro současný produkt D45d Přímotop od společnosti ČEZ Prodej a produkt D02d.<sup>57</sup>

Cena za prodej elektřiny do sítě je u společnosti ČEZ dána proměnnou sazbou v závislosti na ceně silové elektřiny na vnitrodenním trhu. V této práci je uvažována cena výkupu 500 Kč/MWh, kterou nabízí alternativní obchodníci, například společnosti Nano Energies nebo Amper Market.<sup>58</sup> Podmínkou je současný odběr elektřiny od daného obchodníka.

---

<sup>56</sup> BALFOUR, John, SHAW, Michael and NASH, Nicole B., *Advanced photovoltaic system design*. Burlington: Jones & Bartlett Learning, 2013. ISBN 9781449624699

<sup>57</sup> SKUPINA ČEZ. *Ceník*. 2016. [Online]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/elektrina/etarif/cenik.html> [cit. 2016-05-15]

<sup>58</sup> NANO ENERGIES. *Vykupujeme elektřinu výhodně*. 2015. [online]. Dostupné z: <https://www.nanoenergies.cz/nase-nabidka/vykup/> [cit. 2016-03-16]

**Tabulka 17 | Ceny elektřiny pro produkty společnosti ČEZ Prodej**

Produkty ČEZ Prodej (ceny v Kč vč. DPH)			D45d Přímotop	Trend p. a. 2006-16	D02d	Trend p. a. 2006-16
Distribuce	měsíční plat za příkon 3×25 A	Kč/měsíc	381,15	-	107,69	-
	cena za distribuci VT	Kč/MWh	312,69	+5 %*	1911,6	0 %
	cena za distribuci NT	Kč/MWh	73,77	+14 %	-	-
Ostatní služby	cena za systémové služby	Kč/MWh	120,65	-4 %	120,65	-4 %
	platba za elektřinu z podporovaných zdrojů	Kč/MWh	598,95	-	598,95	-
	cena za činnosti zúčtování OTE	Kč/MWh	7,97	+6 %	7,97	+6 %
Obchod	pevná cena za měsíc	Kč/měsíc	12,1	-	12,1	-
	cena za silovou elektřinu VT	Kč/MWh	1752,08	-7 %	1467,7	-6 %
	cena za silovou elektřinu NT	Kč/MWh	1525,81	-6 %	-	-
	daň z elektřiny	Kč/MWh	34,243	0 %	34,243	0 %

\* zanedbány roky 2006-09

Budoucí vývoj cen elektřiny v dnešní době, kdy světová energetika prochází turbulentním obdobím, není snadné předpovídat a závisí na mnoha okolnostech. Odrazovým můstkem pro stanovení budoucího vývoje cen je dosavadní vývoj jednotlivých složek ceny elektřiny pro zmiňované produkty společnosti ČEZ, který je získán proložením hodnot z minulých let exponenciální křivkou. Jednotlivé roční změny jsou uvedeny v tabulce 17 a podrobněji v příloze 12.<sup>59</sup> Tento vývoj je v případě příspěvku na podporované zdroje energie (PoZE) značně zkreslen náhlým nárůstem poplatku vlivem boomu fotovoltaických elektráren, který v ČR nastal v roce 2009. Z tohoto důvodu nebyla roční změna platby na PoZE uvedena.

Největší podíl na celkové ceně elektřiny má cena silové elektřiny, cena za distribuci a platba na PoZE. Pokles ceny silové elektřiny byl posledních letech způsoben především poklesem ceny emisních povolenek, poklesem cen uhlí a cen plynu a vlivem zvyšování podílu obnovitelných zdrojů energie (OZE) na výrobě elektrické energie. V budoucnu se dá očekávat nárůst ceny emisních povolenek a další nárůst podílu OZE na výrobě elektřiny, předpokladem je, že převáží vliv OZE a cena silové elektřiny bude mírně klesat. Vliv rostoucího podílu OZE na pokles ceny silové elektřiny je způsoben mimořádným financováním těchto zdrojů skrze různé formy podpory. Náklady se tak budou postupně přesouvat z tržní ceny elektřiny do příspěvku na PoZE. Cena za distribuci se bude nadále zvyšovat na základě předpokladu zvyšování nákladů distributorů spojených s rozvojem decentralních zdrojů.

Z této úvahy vyplývá, že pokles ceny silové elektřiny vlivem zvyšování podílu OZE na výrobě bude vyrovnán nárůstem mimořádní podpory těchto zdrojů formou příspěvku na PoZE. Celkově tak bude cena elektřiny růst vlivem nárůstu ceny za distribuci a vlivu zvyšujících se cen emisních povolenek, otázkou je budoucí vývoj ceny uhlí a plynu. Nutná obměna stárnuícího portfolia elektráren v ČR je dalším z faktorů, který přispěje k nárůstu ceny elektřiny.

<sup>59</sup> TZB-INFO. *Kalkulátor cen energií*. 2016. [Online]. Dostupné z: <http://kalkulator.tzb-info.cz/cz/vyvoj-cen-regulovanych-slozek-elektricke-energie> [cit. 2016-03-12]

Vzhledem k rostoucí výhodnosti investice s rostoucí cenou elektřiny je z důvodu zachování konzervativního přístupu zvolen pouze mírný 0,5% meziroční nárůst ceny elektřiny v průběhu životnosti, vliv změny tohoto parametru na hodnocení investice je uveden v kapitole 7.3.2.

Opačný vývoj se dá očekávat v případě výkupní ceny přebytků exportovaných do distribuční soustavy. S rostoucím počtem decentralních zdrojů se pravděpodobně projeví v jejím poklesu. Z tohoto důvodu byl zvolen meziroční 1% pokles.

Největší nejistotou ohledně konečných cen elektřiny je případná změna tarifní struktury, která byla původně plánována na rok 2017. Energetický regulační úřad (ERÚ) ovšem rozhodl o nutnosti přepracování návrhu.<sup>60</sup> Předsedkyně ERÚ oznámila, že nová tarifní struktura by mohla být zavedena nejdříve v roce 2019.<sup>61</sup>

### 7.1.3 Provozní náklady

V ročních provozních nákladech je započítáno pojištění elektrárny ve výši 0,1 % z pořizovacích nákladů za samotnou elektrárnu a výdaje na údržbu a případné drobné opravy ve výši 0,5 % pořizovacích nákladů elektrárny. Tyto náklady jsou kumulovány především na pokrytí neočekávaných výdajů a zahrnují také náklady na údržbu, například v podobě čištění panelů proudem vody pro zabránění nežádoucích ztrát.

Vývoj provozních nákladů je určen na základě inflace. Jistým zjednodušením je uvažování hodnoty celostátní průměrné inflace. Současná inflace se pohybuje okolo 0,5 %, průměrná inflace za rok 2015 dosáhla hodnoty 0,3 %.<sup>62</sup> Ovšem průměr inflace od roku 2000 dosahuje hodnoty 2,3 %<sup>63</sup> a dlouhodobý inflační cíl České národní banky (ČNB) je 2 %. Pro umělé navýšení inflace navíc ČNB využívá tzv. intervence neboli oslabení měny. Z tohoto důvodu je vzhledem k předpokládané dvacetileté životnosti FVE a zachování konzervativního přístupu zvolena roční nárůst provozních nákladů ve výši 2 %.

---

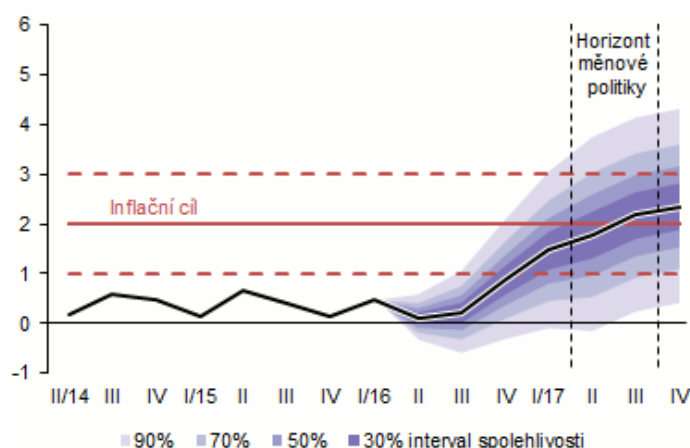
<sup>60</sup> ENERGETICKÝ REGULAČNÍ ÚŘAD [ERÚ]. *Předsedkyně ERÚ Alena Vitásková ukončila činnost Řídícího výboru projektu nových tarifů*, tisková zpráva. 2016-02-29. [Online]. Dostupné z: [https://www.eru.cz/documents/10540/1856506/20160229\\_TZ\\_NTS\\_ridici\\_vybor.pdf](https://www.eru.cz/documents/10540/1856506/20160229_TZ_NTS_ridici_vybor.pdf). [cit. 2016-05-13]

<sup>61</sup> ČESKÁ TISKOVÁ KANCELÁŘ [ČTK]. *Vitásková: Nové tarify elektřiny mohou platit až od roku 2019*. 2016-03-03. [Online]. Dostupné z: <http://ctk.info/zpravy/vitaskova-nove-tarify-elektřiny-mohou-platit-az-od-roku-2019/1322098> [cit. 2016-05-13]

<sup>62</sup> ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD. *Inflace, spotřebitelské ceny*. Aktualizováno 10. 5. 2016. [Online]. Dostupné z: [https://www.czso.cz/csu/czso/inflace\\_spotrebitelske\\_ceny](https://www.czso.cz/csu/czso/inflace_spotrebitelske_ceny). [cit. 2016-05-12].

<sup>63</sup> ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD. *Inflace - druhy, definice, tabulky*. Aktualizováno 10. 5. 2016. [Online]. Dostupné z: [https://www.czso.cz/csu/czso/mira\\_inflace](https://www.czso.cz/csu/czso/mira_inflace) [cit. 2016-05-12].

**Graf 36 | Inflační cíl České národní banky**



Zdroj: Česká národní banka<sup>64</sup>

### 7.1.4 Diskontní sazba

V případě stanovení diskontní sazby pro domácnost, případně fyzické osoby, není možné použití většiny metod užívaných pro určení diskontní sazby v rámci společností. Vhodnou metodou je v tomto případě porovnání sazby s úrokovou sazbou investičních příležitostí a připočtení prémie za riziko. Vzhledem k tomu, že jediné zhodnocení finančních prostředků obyvatel rodinného domu jsou běžné a spořicí účty s nominální úrokovou sazbou 1,0 %, <sup>65</sup> byla diskontní sazba po připočtení rizika investice stanovena na hodnotu 2 %. Riziko spočívá především v nejistotě budoucího nastavení tarifů elektřiny a od nich se odvíjejících cen elektřiny. Vzhledem k dlouhé investice je otázkou také budoucí vývoj úrokových sazeb s případným růstem míry inflace. Vliv změny diskontní sazby na výsledném ekonomickém hodnocení je uveden v kapitole 7.3.2.

### 7.1.5 Výchozí způsob vytápění

Po ocenění spotřeby elektřiny při vytápění klimatizačními jednotkami a porovnání ceny dřeva pro získání stejného množství tepla vychází při vytápění pouze klimatizací úspora nákladů v průměrné topné sezoně na 20 %. Z tohoto důvodu je jako výchozí stav uvažováno vytápění pouze klimatizační jednotkou a výsledná úspora počítána oceněním uspořené elektřiny namísto ocenění využitého dřeva. Tím je zajištěno, že do ekonomického vyhodnocení jednotlivých FV systémů není započítána úspora vlivem změny způsobu vytápění.

**Tabulka 18 | Úspora nákladů na vytápění při vytápění klimatizačními jednotkami**

	Dřevo	Elektřina (A/C)
<b>Potřebné teplo</b>	<b>8 414 kWh</b>	
Potřebné množství	5,42 prmr	1 850 kWh
Cena	5 420 Kč	4 369 Kč
Rozdíl v nákladech	0%	-19,39%

<sup>64</sup> ČESKÁ NÁRODNÍ BANKA [ČNB]. *Aktuální prognóza ČNB*. 5. 5. 2016. [online]. Dostupné z: [https://www.cnb.cz/cs/menova\\_politika/prognoza/index.html?cnb\\_css=true](https://www.cnb.cz/cs/menova_politika/prognoza/index.html?cnb_css=true) [cit. 2016-05-12].

<sup>65</sup> AIR BANK. *Přehled úrokových sazeb*. 15. 5. 2016. [Online]. Dostupné z: <https://www.airbank.cz/cs/vse-o-air-bank/dokumenty/pro-uzivatele/prehled-urokovych-sazeb/Contents/0/CF3110C3E09B7FC12197407BE1AF2833/resource.pdf> [cit. 2016-05-16]

## 7.2 HODNOCENÍ VARIANT

Navržené varianty představené v předchozí kapitole jsou vyhodnoceny na základě ekonomických ukazatelů uvedených v kapitole 1.2. Srovnání je doplněno o systémy na klíč nabízené společností RWE.<sup>66</sup> U každé varianty je ověřeno splnění podmínek dotačního programu Nová zelená úsporám. Ze všech tří variant vychází nejvýhodněji systémy varianty 1, ovšem pouze za předpokladu získání investiční podpory, které je u těchto variant značně problematické. Varianta 2A nemá na získání podpory nárok z důvodu příliš nízké účinnosti použitých panelů.<sup>67</sup> U varianty 1A a obou variant nabízených společností RWE je pro dosažení podpory nutné navýšit celkovou roční spotřebu vyrobené elektrické energie a zároveň zvýšit podíl spotřebované elektřiny na vyrobené elektřině. Změnou nominálního výkonu systémů lze splnit jednu z uvedených podmínek, zatímco odchylka druhé podmínky od stanoveného limitu vzroste. Překážkou je především systém HDO, který omezuje využitelnost přebytků pro ohřev vody. Jedinou možností je tak další optimalizace spotřeby nebo vyšší chlazení domu v letních měsících.

**Tabulka 19 | Ekonomické hodnocení varianty 1**

		Varianta 1A	Varianta 2A	RWE malá	RWE střední
Připojení k distribuční síti		ano	ano	ano	ano
Nominální výkon	kWp	2,25	2,34	2,04	2,55
Celková investice <sup>1</sup>	Kč	113 892 <sup>2</sup>	123 770 <sup>2</sup>	116 000	132 000
Podpora <sup>1</sup>	Kč	59 446	0	60 000	60 000
NPV (20 let) s podporou	Kč	-247	-	-2 818	-11 112
IRR (20 let) s podporou		1,95%	-	1,47 %	0,33 %
NPV (20 let) bez podpory		-54 693	-66 595	-57 818	-66 112
IRR (20 let) bez podpory		-4,44%	-5,07%	-4,61%	-4,62%
<b>Nová zelená úsporám</b>					
<b>Požadavky</b>	<b>Min. hodnota</b>	<b>nesplněny<sup>3</sup></b>	<b>nesplněny</b>	<b>nesplněny<sup>3</sup></b>	<b>nesplněny<sup>3</sup></b>
MPPT	ano	ano	ano	ano	ano
Účinnost panelu	15,2 % (10 % <sup>4</sup> )	15,20 %	9,30 % <sup>4</sup>	15,67 %	15,67 %
Objem zásobníku	l	120	125	125	125
Přímo spotřebovaná energie	kWh	1 700	1 502	1 426	1 593
Podíl spotřebované energie	70 %	65,3 %	61,6 %	68,4 %	61,0 %

<sup>1</sup> vč. projektové dokumentace

<sup>2</sup> započítány náklady na prodloužení záruky střídače na 20 let

<sup>3</sup> splnění možné navýšením využití energie a poměru využití energie k vyrobené energii

<sup>4</sup> tenkovrstvé amorfní panely

V případě varianty 2 není splnění podmínek programu NZÚ problémem. To je zapříčiněno uložením vyrobené elektrické energie pro pozdější potřebu v akumulátorech. Vysoká pořizovací cena

<sup>66</sup> Nabídka systémů společnosti RWE byla obdržena na základě kontaktování společnosti a poskytnutí základních informací o objektu a specifikování požadavků. Nabídka systémů je uvedena v příloze 13.

<sup>67</sup> Měrné náklady tenkovrstvých panelů s účinností přesahující 10 %, která vyhovuje podmínkám programu NZÚ, jsou srovnatelné s měrnými náklady zvolených polykrystalických panelů. Vlivem vyšších nákladů na konstrukci a cenu práce na upevnění většího množství panelů se daná investice stává nevýhodnou, i přes lepší vlastnosti tenkovrstvých panelů při nižších hodnotách intenzity slunečního záření.

akumulátorů a vyšší cena invertoru se schopností akumulátory nabíjet a čerpat z nich energii ovšem způsobují, že jsou tyto systémy vysoce nerentabilní.

**Tabulka 20 | Ekonomické hodnocení varianty 2**

		Varianta 2A	Varianta 2B	RWE olověné ak.	RWE lithiové ak.
Připojení k distribuční síti		ano	ano	ano	ano
Nominální výkon	kWp	2,08	2,5	2,295	2,295
Celková investice <sup>1</sup>	Kč	159 328	196 775	202 000	247 000
Podpora <sup>1</sup>	Kč	75 000	75 000	75 000	75 000
NPV (20 let)*	Kč	-28 646	-57 790	-67 637	-113 629
IRR (20 let)*		-2,01%	-3,96%	-4,91%	-7,31%
<b>Nová zelená úsporám</b>					
<b>Požadavky</b>	<b>Min. hodnota</b>	splněny	splněny	splněny	splněny
MPPT	ano	ano	ano	ano	ano
Účinnost panelu	15%	15,80 %	15,20 %	15,67 %	15,67 %
Přímo spotřebovaná energie	kWh	1 700	1 815	1 933	2 022
Podíl spotřebované energie	70%	83,3 %	78,0 %	79,0 %	82,5 %
Minimální kapacita baterií	kWh	3,64	3,125	4,02	2,87
Kapacita baterií	kWh	4,32	4,096	4,32	4,9

<sup>1</sup> vč. projektové dokumentace

<sup>2</sup> počítáno bez prodloužení záruky střídače a jeho případné nucené výměny

V případě vyhodnocení varianty 3 (tabulka 21) byla pro poměrně vysokou investiční zátěž v podobě zakoupení nového ohřívače varianta zároveň vyhodnocena bez jeho pořízení, ovšem ani tak není investice ekonomicky efektivní.

**Tabulka 21 | Ekonomické hodnocení varianty 3**

		Varianta 3	Varianta 3 (bez ohřívače)
Připojení k distribuční síti		ne	ne
Nominální výkon	kWp	1,0	1,0
Celková investice <sup>1</sup>	Kč	62 077	45 077
Podpora <sup>1</sup>	Kč	32 539	24 039
NPV (20 let)	Kč	-11 463	-2 963
IRR (20 let)		-2,68%	0,45%
<b>Nová zelená úsporám</b>			
<b>Požadavky</b>	<b>Min. hodnota</b>	splněny	splněny
MPPT	ano	ano	ano
Účinnost panelu	15 %	15,20 %	15,20 %
Pokrytí spotřeby na přípravu TUV	50 %	66%	66%
Minimální objem zásobníku	l	45	45
Objem zásobníku	l	160	min. 45

<sup>1</sup> vč. projektové dokumentace

## 7.3 DISKUSE (VARIANTA 1A)

Následující diskuse se týká z ekonomického hlediska nejvýhodnějšího FV systému, kterým je varianta 1A. Diskutovány jsou jednak možnosti splnění požadavků pro získání investiční podpory a dále citlivost výsledných ukazatelů ekonomické efektivity na vstupních parametrech.

### 7.3.1 Splnění podmínek investiční podpory

Problematickým je především splnění podmínky celkové spotřeby vyrobené energie a podílu spotřebované vyrobené energie na celkové vyrobené energii. Prostou změnou výkonu navrhovaného systému lze vždy splnit pouze jednu z daných podmínek, zatímco druhá z podmínek se od splnění daného minimálního limitu odchýlí.

#### Dodatečná optimalizace spotřeby

Prvním řešením je navýšení optimalizace spotřeby. Nabízí se především využití klimatizačních jednotek pro chlazení objektu v letních měsících. Jelikož energie potřebná pro vytápění objektu klimatizačními jednotkami v průměrné topné sezoně určená v kapitole 5.3.4 (1 850,2 kWh) téměř přesně odpovídá součtu průměrných spotřeb určených pro dané kombinace klimatizačních jednotek výrobcem<sup>68,69</sup> (1893 kWh), je potřebná energie pro chlazení v průměrném roce orientačně určena dle výrobcem uvedených průměrných hodnot. Ze štítků uvedených pro dané kombinace jednotek (příloha 14)<sup>68,69</sup> je průměrná potřebná elektrická energie pro chlazení v součtu 392 kWh za rok. Z důvodu, že k chlazení objektu již částečně během nevyšších teplot ve sledovaném období docházelo, a je vysoce pravděpodobné, že se jednalo o okamžiky s nejvyšší intenzitou slunečního záření, nelze počítat s možností využití veškeré této energie. Při průměrném využití 200 kWh vyrobené energie pro chlazení, by celková spotřeba využití energie dosáhla hranice 1 700 kWh za rok a podíl spotřebované vyrobené energie na celkové vyrobené energii stoupl na 74 %.

Další možností je odložení využití některých spotřebičů, například pračky nebo myčky nádobí, na dobu, kdy FV systém produkuje přebytečnou energii, to již ovšem znamená zásah do pohodlí obyvatel domu a záleží tak především na nich, zda by na takové řešení přistoupili.

#### Změna produktu u dodavatele elektřiny

Jelikož největší překážkou pro dosažení stanovených podmínek dotačního programu je systém HDO, bez něhož by průměrná spotřeba vyrobené energie dosahovala hodnoty okolo 1 700 kWh ročně, je dalším řešením změna produktu u dodavatele elektrické energie na některý z jednotarifních produktů. V tomto případě se nabízí jediná varianta, kterou je produkt D02d. Oproti výchozímu produktu D45d Přímotop jsou v rámci produktu D02d vyšší variabilní náklady na odběr elektřiny, což je dáno

<sup>68</sup> TOSHIBA. *Air Conditioning Eco Design*. RAS-10SAV2-E, RAS-B10UFV-E. [Online]. Dostupné z: <http://ecodesign.toshiba-airconditioning.eu/cs/system-details?system=e9e32e1a5d854c8084ccf162117be3ac> [cit. 2016-03-25]

<sup>69</sup> TOSHIBA. *Air Conditioning Eco Design*. RAS-M18UAV-E, RAS-M10SKV-E. [Online]. Dostupné z: <http://ecodesign.toshiba-airconditioning.eu/cs/system-details?msid=2358872&s=ovw44lfUoNip1XFv%2BID0FLxw0SY%3D> [cit. 2016-03-25]

vyšší cenou za distribuci, a nižší fixní náklady, tedy poplatků za rezervovaný příkon. Porovnání cen obou produktů je uvedeno v tabulce 17.

Výchozí stav, tedy produkt D45d bez instalované FVE, je porovnán s přechodem na produkt D02d a instalací FV systému. Zatímco při využití produktu D45d se vyplatí vytápět klimatizačními jednotkami, při přechodu na produkt D02d je výhodné topit výhradně dřevem v krbových kamnech. Při ekonomickém vyhodnocení změny tarifu je předpokládáno, že ve výchozím stavu je průměrná roční spotřeba navýšena o spotřebu energie na vytápění, ke kterému bylo doposud využíváno dřevo a naopak při přechodu na produkt D02d je výhradně vytápěno dřevem.

**Tabulka 22 | Porovnání výchozího stavu a instalace FVE s přechodem na produkt D02d**

	Výchozí stav	Změna produktu
Produkt	D45d Přímotop	D02d
FV systém	-	Varianta 1A
Hotovostní toky 1. rok		
- platba za elektřinu	-17 992 Kč	-21 194 Kč
- platba za dřevo	-	-4 664 Kč
- cash flow z investice	-	6 784 Kč
<b>NPV 20 let (oproti výchozímu stavu)</b>	-	<b>-12 426 Kč</b>
<b>IRR 20 let (oproti výchozímu stavu)</b>	-	<b>-0,94%</b>

Díky odpadnutí spínání ohřivače vody systémem HDO vzroste spotřeba vyrobené energie na zhruba 1 700 kWh ročně a podíl spotřebované vyrobené energie na celkové vyrobené energii na 74 %. Z výsledků uvedených v tabulce 22 je zřejmé, že úspora plynoucí z instalace FV systému není v případě přechodu na produkt D02d dostatečná na pokrytí vyšších nákladů na elektřinu a plateb za dřevo.

### 7.3.2 Citlivostní analýza vstupních parametrů

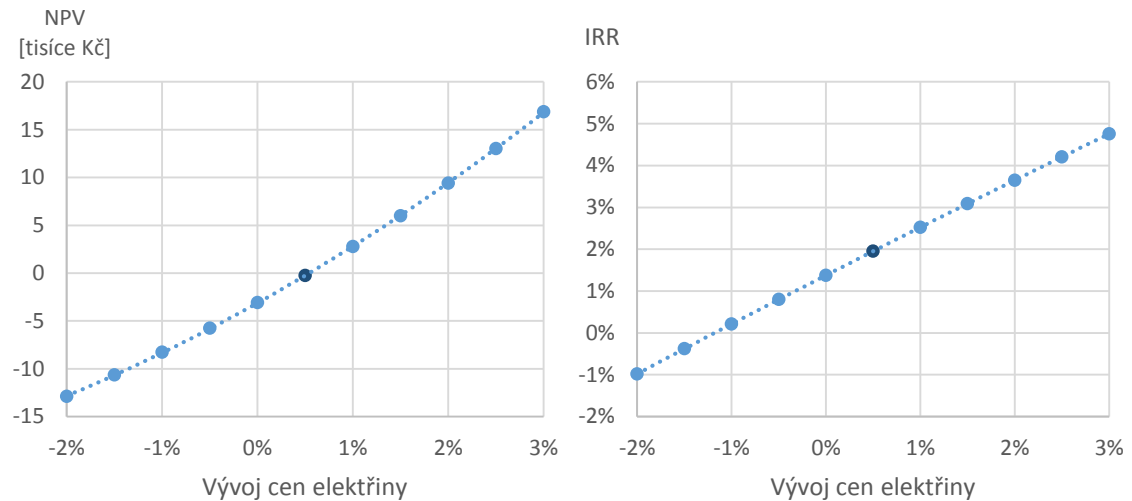
Vzhledem k nejistotě ohledně stanovení některých vstupních parametrů je provedena citlivostní analýza závislosti jejich změny na výsledném ekonomickém hodnocení investice. Mezi nejproblematictější určitelné parametry patří budoucí vývoj plateb za odběr elektřiny, diskontní sazba, náklady na opravy a údržbu a jistá odchylka může nastat také v investičních nákladech. V následujících analýzách je předpokládán stav, kdy je splnění podmínek programu NZÚ zajištěno dodatečnou spotřebou vyrobené energie pro chlazení domu. Tato spotřeba ovšem není finančně ohodnocena jako úspora vzhledem k tomu, že za stávajících podmínek není chlazení do této míry prováděno. Dá se tak předpokládat, že za současných cen elektřiny neposkytuje adekvátní přidanou hodnotu. Vychází se tedy z výsledných hodnot ukazatelů ekonomického hodnocení prezentovaných v tabulce 19.



## Vývoj cen elektřiny

V grafech 37 je znázorněna závislost NPV a IRR na meziroční změně konečné ceny elektřiny pro domácnosti po dobu hodnocení investice. S navýšením meziročního růstu o 1 procentní bod na 1,5 % vzroste NPV o zhruba 6 300 Kč a hodnota IRR o 1,1 %.

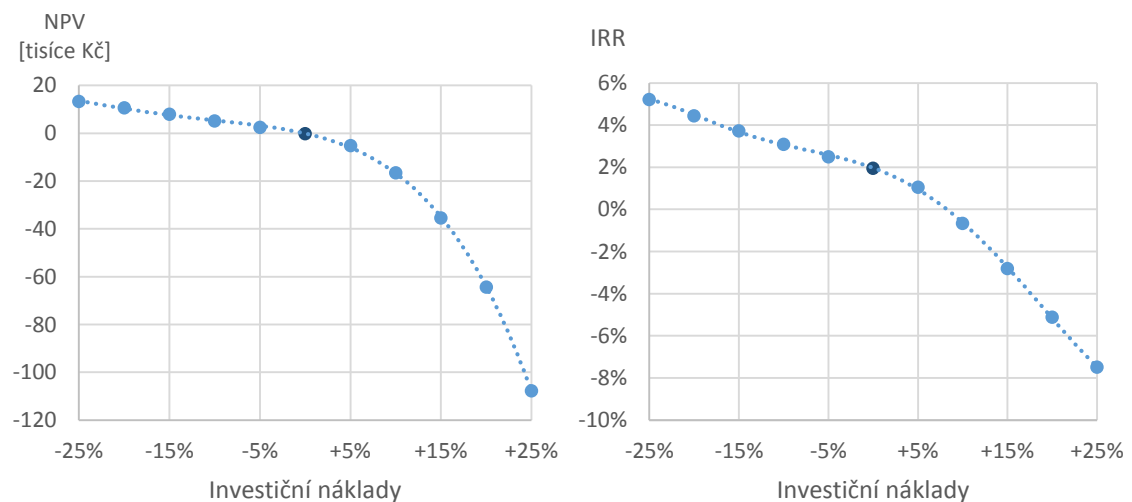
**Graf 37 | Závislost NPV a IRR na meziroční změně konečné ceny elektřiny pro domácnosti**



## Investiční náklady

Závislost ukazatelů NPV a IRR na změně investičních nákladů je ovlivněna omezením výše investiční podpory na 55 000 Kč. Zatímco ve výchozím stavu je polovina investice pokryta z dotačního programu, při vyšších investičních nákladech tento podíl klesá. Z grafu 38 je zřejmé, že při nárůstu nákladů se investice vzhledem k zvolenému diskontu stává nevýhodnou. Při výraznějším nárůstu nákladů by bylo nutné volit menší instalovaný výkon elektrárny, čímž by bylo ohroženo splnění podmínky dotačního programu v dosažení minimální výše spotřeby vyrobené energie.

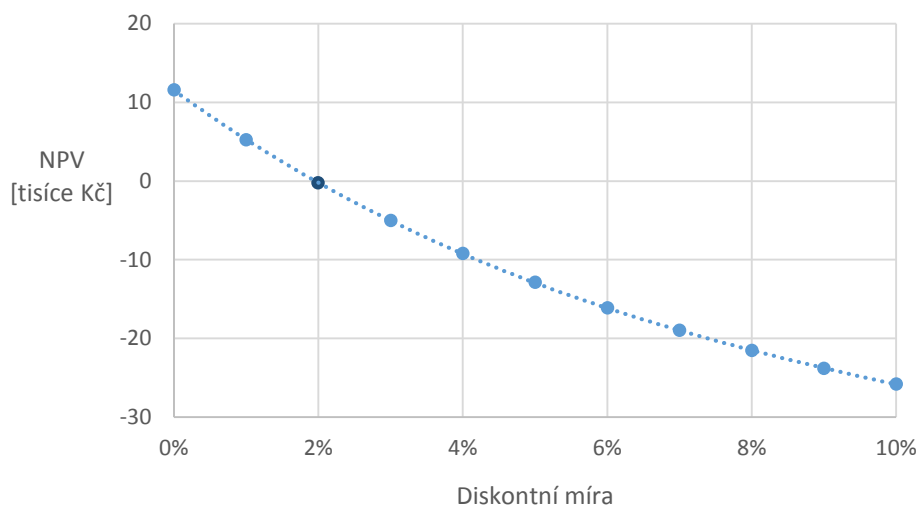
**Graf 38 | Závislost NPV a IRR na změně investičních nákladů**



## Diskontní sazba

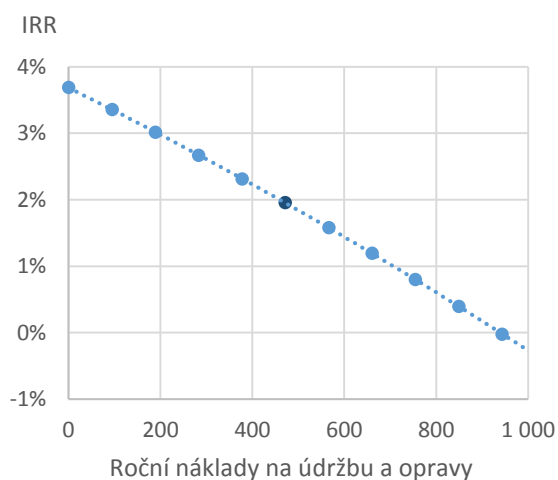
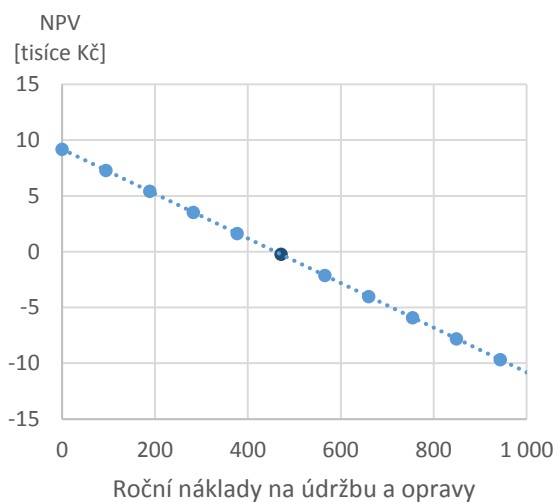
Jelikož je při výchozím nastavení vstupních parametrů investice na samé hraně požadované výnosnosti, při zvýšení diskontní sazby klesá hodnota NPV do záporných hodnot. Na navýšení diskontu by mohlo mít vliv objevení nových příležitostí pro investování daných finanční prostředků, případně vyšší ohodnocení budoucího rizika spojeného s nejistotou ohledně budoucí podoby tarifní struktury. Dále lze v průběhu životnosti elektrárny očekávat nárůst úrokových sazeb spojených s případným nárůstem míry inflace.

**Graf 39 | Závislost NPV na výši diskontní míry**



## Roční náklady na provoz a údržbu

Čistá současná hodnota nákladů na údržbu a opravy za dobu hodnocení investice činí zhruba 9 500 Kč. Vzhledem k prodloužení záruky invertoru na dobu 20 let, se dá očekávat, že tyto náklady dosáhnou nižší hodnoty. Pokud by tyto náklady klesly na 40 % současné hodnoty, NPV by vzrostlo na hodnotu přesahující 5 000 Kč a vnitřní výnosové procento na zhruba 3 %.



## SHRNUTÍ A ZÁVĚRY

Cílem této práce bylo navrhnout a vyhodnotit ekonomickou efektivnost provozu fotovoltaické elektrárny na střeše konkrétního rodinného domu. Navrženy byly tři varianty systému. Systém s tepelným využitím přebytků, systém s akumulátory a systém pro přímý ohřev vody. Varianty byly následně rozděleny na podvarianty v závislosti na použitých komponentech. Ve výsledném ekonomickém hodnocení byly jednotlivé varianty porovnány s nabídkou instalace na klíč od společnosti RWE.

Nejméně ekonomicky výhodnými jsou systémy s akumulátory. To je způsobeno poměrně vysokou cenou akumulátorů, kdy se náklady na uloženou a následně spotřebovanou kilowatthodinu z akumulátorů pohybují od 10 Kč u olověných technologií, po 3,5 Kč u lithiových technologií. Další navýšení nákladů způsobuje nutnost pořízení invertoru se schopností akumulátory nabíjet a čerpat z nich energii.

Z ekonomického pohledu nevýhodnou je také varianta pro přímý ohřev vody. Nutnost pořízení ohřivače vody s možností napájení jak střídavým, tak stejnosměrným napětím a měniče s MPP regulátorem anuluje největší přednost této varianty, kterou je úspora nákladů na pořízení invertoru.

Jediný systém, který je při zvolených vstupních parametrech za předpokladu získání finanční podpory z ekonomického pohledu výhodný, je systém s akumulací přebytků do ohřevu vody a vytápění. Problémovým u této varianty je splnění podmínek dotačního programu Nová zelená úsporám, bez které je varianta hluboko pod hranicí rentability. Omezení minimální výše spotřeby vyrobené energie ve výši 1 700 kWh ročně a minimální podíl spotřeby vyrobené energie na celkové vyrobené energii ve výši 70 % stanovují vysoké nároky na soudobost výroby se spotřebou. Ta je problematická z důvodu nerovnoměrné výroby systému v průběhu roku. V zimních měsících s vysokou spotřebou elektřiny je výroba nízká a naopak v letních měsících, kdy spotřeba klesá vlivem menší potřeby svícení a vytápění, dosahuje vysokých hodnot. Nesoudobost spotřeby a výroby se projevuje také v rámci jednotlivých dní. V průměru dosahuje výroba nejvyšší úrovně v odpoledních hodinách, ve všedních dnech tak nastává vysoký přebytek výroby nad spotřebou, jelikož obyvatelé domu nejsou v tento čas přítomni a spotřeba je tak minimální.

Nesoudobost výroby se spotřebou je řešena optimalizací spotřeby elektrické energie, kdy jsou přebytky využívány pro vytápění a ohřev vody. Využití přebytků pro vytápění lze ovšem naplno využít pouze ve 3 měsících roku. V zimních měsících s vysokou potřebou vytápění je výroba nízká a většina vyrobené energie je spotřebována i bez optimalizace spotřeby. Možnost akumulace vyrobené energie do teplé vody, která je potřeba celoročně, je značně omezena systémem HDO, který ohřev vody spíná v distributorem stanovených časech.

Práce navrhuje dvě řešení problematiky splnění podmínek stanovených v rámci programu Nová zelená úsporám. Prvním je využití výroby v letních měsících pro chlazení domu. Překážkou v odhadu potenciální možnosti navýšení spotřeby je ovšem fakt, že dům byl v období, za které byla spotřeba

vyhodnocena, do jisté míry chlazen. Za závěrů předchozí kapitoly vyplývá, že při využití alespoň 200 kWh vyrobené energie pro chlazení by bylo dosaženo spotřeby vyrobené energie ve výši 1 700 kWh a 74% podílu spotřeby vyrobené energie na celkové vyrobené energii. Tím by bylo dosaženo minimální hranice splnění podmínek dotačního programu.

Druhým navrhovaným řešením je přechod na jednotarifní produkt odběru elektřiny, kterým by odpadla nutnost připojení ohřívače vody na systém HDO. Samo toto řešení by znamenalo dosažení minimální hranice podmínek. Při vyhodnocení ekonomické efektivity přechodu na produkt D02d v kombinaci s instalací FV systému se ovšem v porovnání s výchozím stavem jeví tato varianta jako nevýhodná.

Za předpokladu dosažení podpory vychází investice na samé hranici výhodnosti. Změna vstupních parametrů, především v podobě nižšího růstu, případně poklesu cen elektřiny nebo nárůstu investičních nákladů způsobí, že se investice stane nevýhodnou. Z důvodu nejisté situace ohledně budoucí podoby struktury plateb za odběr elektřiny je závěrečným doporučením ohledně investice do FV systému pro daný rodinný dům vyčkat na představení nové podoby tarifní struktury a v následujících měsících posbírat dostatečné množství dat, která ověří reálné potřeby chlazení v domě. Na základě zjištěných informací je vhodné provést opětovné ekonomické vyhodnocení investice.

## REFERENCE

- 1 AIR BANK. *Přehled úrokových sazeb*. 15. 5. 2016. [Online]. Dostupné z: <https://www.airbank.cz/cs/vse-o-air-bank/dokumenty/pro-uzivatele/prehled-urokovych-sazeb/Contents/0/CF3110C3E09B7FC12197407BE1AF2833/resource.pdf> [cit. 2016-05-16]
- 2 BALFOUR, John, SHAW, Michael and NASH, Nicole B., *Advanced photovoltaic system design*. Burlington: Jones & Bartlett Learning, 2013. ISBN 9781449624699
- 3 CITEL. *Moderní řešení bezpečnosti provozu pro fotovoltaické elektrárny (FVE)*. CITEL, 2014. [online]. Dostupné z: [http://www.citel.cz/download/Brozura\\_o\\_fotovoltaike\\_2014\\_CZ.pdf](http://www.citel.cz/download/Brozura_o_fotovoltaike_2014_CZ.pdf) [cit. 19. 3. 2016]
- 4 ČESKÁ TISKOVÁ KANCELÁŘ [ČTK]. *Vitásková: Nové tarify elektřiny mohou platit až od roku 2019*. 2016-03-03. [Online]. Dostupné z: <http://ctk.info/zpravy/vitaskova-nove-tarify-elekriny-mohou-platit-az-od-roku-2019/1322098> [cit. 2016-05-13]
- 5 ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV. *Otopná sezóna*. [Online]. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/otopna-sezona> [cit. 2016-03-10]
- 6 ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD. *Inflace - druhy, definice, tabulky*. Aktualizováno 10. 5. 2016. [Online]. Dostupné z: [https://www.czso.cz/csu/czso/mira\\_inflace](https://www.czso.cz/csu/czso/mira_inflace) [cit. 2016-05-12].
- 7 ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD. *Inflace, spotřebitelské ceny*. Aktualizováno 10. 5. 2016. [Online]. Dostupné z: [https://www.czso.cz/csu/czso/inflace\\_spotrebiteleske\\_ceny](https://www.czso.cz/csu/czso/inflace_spotrebiteleske_ceny) [cit. 2016-05-12].
- 8 ČEZ DISTRIBUCE. *Legislativní změny, podpora a účtování překročení rezervovaného příkonu a výkonu*. 2016. [online]. Dostupné z: <http://www.cezdistribuce.cz/cs/pro-zakazniky/potrebuji-vyresit/podpora-vyroby-elekriny.html> [cit. 2016-03-12]
- 9 DAIKIN. *A new era of Seasonal Efficiency has begun*. Dostupné z: [http://www.daikin.co.uk/binaries/Seer%20fact%20sheet%20stg2\\_tcm511-261046.pdf](http://www.daikin.co.uk/binaries/Seer%20fact%20sheet%20stg2_tcm511-261046.pdf) [cit. 2016-03-25]
- 10 DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR SONNENENERGIE. *Planning and installing photovoltaic systems: a guide for installers, architects and engineers*. Lodnon: Earthscan, 2008. ISBN 978-1-84407-442-6
- 11 ENERGETICKÝ REGULAČNÍ ÚŘAD [ERÚ]. *Cenové rozhodnutí ERÚ č. 7/2015*. [online]. Dostupné z: [https://www.eru.cz/documents/10540/1174016/ERV\\_8\\_2015.pdf/afe1400e-2277-4835-8228-15c27aaa8d9a](https://www.eru.cz/documents/10540/1174016/ERV_8_2015.pdf/afe1400e-2277-4835-8228-15c27aaa8d9a). bod 3.28 d) [cit. 2016-04-24]
- 12 ENERGETICKÝ REGULAČNÍ ÚŘAD [ERÚ]. *Předsedkyně ERÚ Alena Vitásková ukončila činnost Řídícího výboru projektu nových tarifů*, tisková zpráva. 2016-02-29. [Online]. Dostupné z: [https://www.eru.cz/documents/10540/1856506/20160229\\_TZ\\_NTS\\_ridici\\_vybor.pdf](https://www.eru.cz/documents/10540/1856506/20160229_TZ_NTS_ridici_vybor.pdf) [cit. 2016-05-13]
- 13 FUENTES, Martin K., *A Simplified Thermal Model for Flat-Plate Photovoltaic Arrays*, New Mexico: Sandia National Laboratories, 1987.
- 14 HAAS+SOHN. *Technický list pro krbová kamna Haas+Sohn Mantova AL s výměníkem*. [online]. Dostupné z: [http://www.haassohn-rukov.cz/files/mantova-al-vymenikem\\_web\\_06092013ac.pdf](http://www.haassohn-rukov.cz/files/mantova-al-vymenikem_web_06092013ac.pdf)
- 15 HEMZAL, Karel. *Výpočet denostupňů*. TZB-info, 30. 11. 2015. [Online]. Dostupné z: <http://vytapeni.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/103-vypocet-denostupnu> [cit. 2016-03-10]
- 16 HULD, Thomas, ŠŮRI, Marcel, DUNLOP Ewan, MICALÉ, Fabio. *Estimating average daytime and daily temperature profiles within Europe*. Environmental Modelling & Software, č. 12, str. 1650-1661, 2006.
- 17 International Energy Agency, MESoR, Ecole des Mines de Paris/Armines. *PVGIS Performance of Grid-connected PV*. 10. 2. 2012. [online]. Dostupné z: [http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/PVcalchelp\\_en.html](http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/PVcalchelp_en.html) [cit. 2016-03-10].
- 18 JORDAN, Dirk C., KURTZ, Sarah R.. *Photovoltaic Degradation Rates — An Analytical Review*. National Renewable Energy Laboratory, Progress in Photovoltaics: Research and Applications, 2012. s. 18. [online]. Dostupné z: <http://www.nrel.gov/docs/fy12osti/51664.pdf> [cit. 2016-04-20]
- 19 KISLINGEROVÁ, Eva a kolektiv, *Manažerské finance 2*, Praha: C. H. Beck, 2007. ISBN 978-80-7179-903-0
- 20 METEOBLUE, *Archiv - Podnebí 50.1°S 15.75°V*, [online]. 2016. Dostupné z: <https://www.meteoblue.com/cs/po%C4%8Das%C3%AD/p%C5%99edpov%C4%9B%C4%8F/modelclimate/50.096N15.752E> [cit. 2016-03-26]
- 21 NANO ENERGIES. *Vykupujeme elektřinu výhodně*. 2015.[online]. Dostupné z: <https://www.nanoenergies.cz/nase-nabidka/vykup/> [cit. 2016-03-16]

- 22 PARTLIN, Scott Partlin, „7 Reasons Why You Should Oversize Your PV Array“, SMA, 2016-04-13. [Online]. Dostupné z: <http://www.smainverted.com/2016/04/13/7-reasons-why-you-should-oversize-your-pv-array/>
- 23 QUASCHNING, Volker. *Simulation der Abschattungsverluste bei solarelektrischen Systemen*. Berlin: Verlag Dr. Köster, 1996.
- 24 SCHOELLOVÁ, Hana, *Investiční controlling: jak hodnotit investiční záměry a řídit podnikové investice*, Praha: Grada, 2009. ISBN 978-80-247-2952-7
- 25 SKUPINA ČEZ. *Ceník*. 2016. [Online]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/elektrina/etarif/cenik.html> [cit. 2016-05-15]
- 26 SRDEČNÝ, TRUXA, MACHOLDA, BERANOVSKÝ, HUDCOVÁ. *Infolisty o obnovitelných zdrojích energie*. EkoWatt. září 2007. Dostupné z: [http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/Infolisty\\_obnovitelných\\_zdrojích\\_energie\\_2007\\_2220047217.pdf](http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/Infolisty_obnovitelných_zdrojích_energie_2007_2220047217.pdf)
- 27 STAPLETON, Geoff and NEILL Susan, *Grid-connected solar electric systems: the Earthscan expert handbook for planning, design and installation*, New York: Earthscan, 2012. ISBN 978-1-84971-344-3
- 28 STÁTNÍ FOND ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ ČR. *Nová zelená úsporám: Startuje kontinuální výzva*. Říjen 2015. [Online]. Dostupné z: <http://www.novazelenausporam.cz/clanek/nova-zelena-usporam-startuje-kontinualni-vyzva-pobezi-do-roku-2021-domacnosti-si-sahnou-az-na-27-miliard-korun/>. [cit. 2015-12-29].
- 29 STÁTNÍ FOND ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ ČR. *Závazné pokyny pro žadatele a příjemce podpory z podprogramu Nová zelená úsporám*, Říjen 2015. [Online]. Dostupné z: [http://www.novazelenausporam.cz/file/476/zavazne-pokyny-pro-zadatele-rd\\_3\\_vyzva.pdf](http://www.novazelenausporam.cz/file/476/zavazne-pokyny-pro-zadatele-rd_3_vyzva.pdf). [cit. 2015-12-29].
- 30 TOLASZ, R. *Atlas podnebí Česka*. 1. vyd. Český hydrometeorologický ústav. 2007. Praha. ISBN 9788086690261
- 31 TOSHIBA. *Air Conditioning Eco Design*. RAS-10SAV2-E, RAS-B10UFV-E. [Online]. Dostupné z: <http://ecodesign.toshiba-airconditioning.eu/cs/system-details?system=e9e32e1a5d854c8084ccf162117be3ac> [cit. 2016-03-25]
- 32 TOSHIBA. *Air Conditioning Eco Design*. RAS-M18UAV-E, RAS-M10SKV-E. [Online]. Dostupné z: <http://ecodesign.toshiba-airconditioning.eu/cs/system-details?msid=2358872&s=ovw44lfUoNip1XFv%2BID0FLxw0SY%3D> [cit. 2016-03-25]
- 33 TOŠER, Pavel. *Náklady na akumulaci elektřiny v sekundárních člancích*. TZB-info.cz. 23. 9. 2013. [online]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/10362-naklady-na-akumulaci-elektřiny-v-sekundarnich-clancich> [cit. 2016-04-24]
- 34 TZB-INFO. *Kalkulátor cen energií*. 2016. [Online]. Dostupné z: <http://kalkulator.tzb-info.cz/cz/vyvoj-cen-regulovanych-slozek-elektřicke-energie> [cit. 2016-03-12]
- 35 VÍTEK, Miroslav. *Ekonomika dopravních energetických systémů*. Praha: ČVUT 2002. ISBN 9788001025468
- 36 Vyhláška č. 16/2016 Sb. o podmínkách připojení k elektrizační soustavě. 2016. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2016-16>. [cit. 2016-04-24]
- 37 Vyhláška č. 194/2007, pravidla pro vytápění a dodávku teplé vody a měrné ukaz. spotřeby. 2007 Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/pravni-predpisy/vyhlaska-c-194-2007-sb-kterou-se-stanovi-pravidla-pro-vytapeni-a-dodavku-teple-vody>
- 38 VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ - TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA. *Ověření provozních parametrů individuálně stavěných kamen navržených dle ČSN EN 15544*. [online]. Dostupné z: <http://docplayer.cz/5354416-Vysoka-skola-banska-technicka-univerzita-ostava-vyzkumne-energeticke-centrum.html>
- 39 YORDANOV, Georgi Hristov, *Relative efficiency revealed: Equations for k1-k6 of the PVGIS model*, IEEE 40th Photovoltaic Specialist Conference (PVSC), 2014. Dostupné z: <http://ieeexplore.ieee.org.ezproxy.techlib.cz/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6925178>
- 40 Zákon č. 458/2000 Sb., energetický zákon ve znění zákona č. 131/2015 Sb. (znění účinné do 31. 7. 2017) Dostupné z: <https://www.eru.cz/-/energeticky-zakon-ve-zneni-zakona-c-131-2015-sb-zneni-ucinne-do-31-7-2017>. [cit. 2016-03-12]
- 41 Zákon č. 458/2000 Sb., o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů, ve znění zákona č. 104/2015 Sb. (energetický zákon). 2015. Dostupné z <https://www.eru.cz/documents/10540/463082/>
- 42 Zákon č. 586/1992 Sb. o daních z příjmů, ve znění od 1. 5. 2016. Dostupné z: <http://www.podnikatel.cz/zakony/zakon-c-586-1992-sb-o-danich-z-prijmu/uplne/>. [cit. 2016-04-24]

## ILUSTRACE

- Graf 1 European Commission, Joint Research Centre. *Solar radiation and photovoltaic electricity potential country and regional maps for Europe*. [online]. Aktualizováno 4. 9. 2012. Dostupné z: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/cmmaps/eur.htm>. [cit. 2016-03-12]
- Graf 2 European Commission, Joint Research Centre. *Ambient temperature in Europe*. [online]. Aktualizováno 10. 2. 2012 Dostupné z: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/temper/index.htm> [cit. 2016-03-12]
- Graf 4 Alternative Energy Tutorials, *Solar Cell I-V Characteristics*. [online]. Dostupné z: <http://www.alternative-energy-tutorials.com/energy-articles/solar-cell-i-v-characteristic.html>
- Graf 5 1CANADIAN SOLAR. CS6P-250 I 255P, Product Datasheet I V4.13\_EN. May 2014. [online]. Dostupné z: <http://pvtrade.eu/img/sol/310-068.pdf>
- Graf 6 SOLARPRO. *Solar I-V Curves Interpreting Trace Deviations*. Srpen/září 2014. [online]. Dostupné z: <http://resources.solmetric.com/get/SolarPro%20I-V%20feature%20article,%20Hernday.pdf> [cit. 2016-04-03]
- Graf 7 Alternative Energy Tutorials, *Solar Cell I-V Characteristics*. [online]. Dostupné z: <http://www.alternative-energy-tutorials.com/energy-articles/solar-cell-i-v-characteristic.html>
- Graf 8 SMA, *Sunny Boy 1.5 / 2.5*. Březen 2015. [online]. Dostupné z: <http://files.sma.de/dl/26198/SB15-25-DEN1548-V12web.pdf>
- Graf 11 European Commission, Joint Research Centre. *Ambient temperature in Europe*. [online]. Aktualizováno 10. 2. 2012 Dostupné z: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/temper/index.htm> [cit. 2016-03-12]
- Graf 36 1ČESKÁ NÁRODNÍ BANKA [ČNB]. *Aktuální prognóza ČNB*. 5. 5. 2016. [online]. Dostupné z: [https://www.cnb.cz/cs/menova\\_politika/prognoza/index.html?cnb\\_css=true](https://www.cnb.cz/cs/menova_politika/prognoza/index.html?cnb_css=true) [cit. 2016-05-12].

# PŘÍLOHY

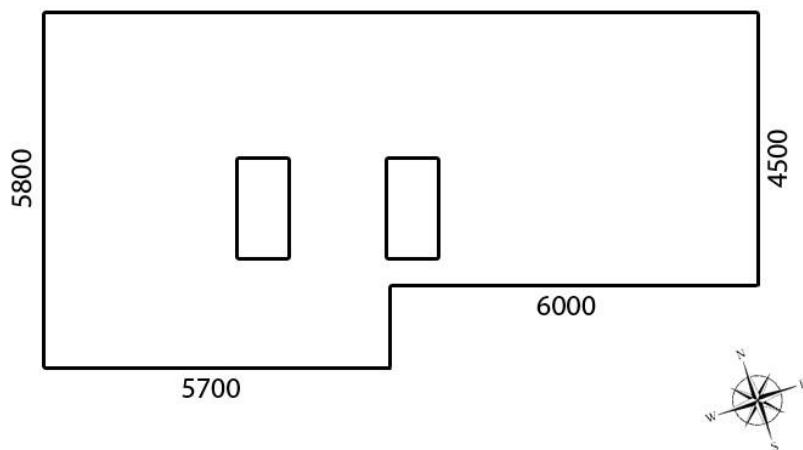
## Příloha 1 | CD

### Přiložené CD

- práce ve formě pdf souboru
- soubor aplikace Microsoft Excel s provedenými výpočty
- nabídka společnosti RWE



Příloha 2 | Nákres jižní části střechy



## Základní podmínky poskytování podpory

Ze základních podmínek poskytování podpory byly vybrány pouze podmínky, vztahující se na uvažovanou oblast podpory, které by mohly mít vliv při instalaci uvažovaných řešení solárního systému a u kterých hrozí jejich nesplnění alespoň v teoretické rovině.

- Uvažovaný objekt musí splňovat definici rodinného domu před realizací podporovaných opatření (ve výchozím stavu), ve stavu po dokončení realizace podporovaných opatření a po celou dobu udržitelnosti.
- Podporu lze poskytnout na opatření prováděná na rodinném domě, na který byla poskytnuta podpora ze státního rozpočtu, případně jiných veřejných zdrojů, ne však na stejné položky nebo dříve podpořená opatření.
- V rámci výzvy je možno uplatnit na jeden objekt pouze jednu žádost, která může obsahovat kombinaci opatření z více podoblastí podpory.
- V případě, že nebyly využity výrobky a materiály ze Seznamu výrobků a technologií, je žadatel po dokončení realizace povinen prokázat technické vlastnosti použitých materiálů a výrobků.
- Výše podpory pro jednoho žadatele je v rámci Výzvy omezena maximální hodnotou 5mil. Kč.
- Žadatel je povinen zajistit odborný technický dozor nad prováděním stavby.
- Oprávněnými žadateli jsou vlastníci nebo stavebníci rodinných domů, fyzické, či právnické osoby. Žádat je možné před zahájením, v průběhu či po dokončení realizace podporovaných opatření.
- Podpora na solární fotovoltaické systémy se vztahuje pouze na systémy připojené k distribuční soustavě po 1. 1. 2016.
- Dotaci v této podoblasti podpory je možné žádat na jeden rodinný dům pouze jednou za dobu trvání Programu. Výjimkou je kombinace systému pro ohřev teplé vody (C3.1/C3.2/C3.3) s fotovoltaickým systémem s akumulací do akumulátorů (C3.5/C3.6).

#### Příloha 4 | Metodika výpočtu modelu PVGIS

### Výpočet účinnosti FV panelu

Hodnota účinnosti v závislosti na intenzitě dopadajícího slunečního záření ( $G$ ) a teplotě ( $T$ ) je vypočtena na sledujícím způsobem:<sup>70</sup>

$$\eta_{PVGIS}(G, T) = \eta_n \cdot \eta_{rel}(G, T) \quad [\%] \quad (A.1)$$

kde  $\eta_n$  jmenovitá účinnost FV panelu  
 $\eta_{rel}(G, T)$  relativní účinnost v závislosti na  $G$  a  $T$

$$\eta_{rel}(G, T) = 1 + k_1 \ln(G') + k_2 (\ln(G'))^2 + (T_{cell} - 25)[k_3 + k_4 \ln(G') + k_5 \ln(G')] + k_6 (T_{cell} - 25)^2 \quad [-] \quad (A.2)$$

kde  $k_1 - k_6$  koeficienty popisující závislost účinnosti na  $G$  a  $T$   
 $G' = \frac{G}{1000}$

Koeficienty  $k_1$  až  $k_6$  jsou získány na základě podrobných specifikací panelu. Ty obvykle nejsou uvedeny v technickém listu panelu a je nutné je získat experimentálně, případně odhadnout. Hodnoty uvedené v následující tabulce jsou průměrné hodnotami pro polykrystalický panel.<sup>71</sup>

Koeficient	$k_1$	$k_2$	$k_3$	$k_4$	$k_5$	$k_6$
	-0,01	-0,027	-0,0041	-0,000021	-0,0001	-0,000003

<sup>70</sup> PVGIS Performance of Grid-connected PV. International Energy Agency, MESoR, Ecole des Mines de Paris/Armines, 10 February 2012. [Online]. Available: [http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/PVcalchelp\\_en.html](http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/PVcalchelp_en.html). [Accessed 10 March 2016].

<sup>71</sup> YORDANOV, G. H. *Relative Efficiency Revealed: Equations for  $k_1$ - $k_6$  of the PVGIS model*. IEEE 40th Photovoltaic Specialist Conference (PVSC), pp. 1393-1398, 2014.

**Příloha 5 | Sluneční záření pro uvažovanou lokalitu dopadající na nakloněnou rovinu (azimut 20°, náklon 30°)**

Čas	Dopadající záření [W/m <sup>2</sup> ]											
	leden	únor	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen	září	říjen	listopad	prosinec
4:15 - 4:30						34						
4:30 - 4:45						48	38					
4:45 - 5:00					41	62	52					
5:00 - 5:15					54	75	65	24				
5:15 - 5:30					68	88	78	38				
5:30 - 5:45				39	80	100	90	51				
5:45 - 6:00				53	93	112	102	63				
6:00 - 6:15				67	104	115	113	75	31			
6:15 - 6:30				80	116	140	128	80	45			
6:30 - 6:45			43	95	143	166	154	106	59			
6:45 - 7:00			60	124	171	194	182	134	79			
7:00 - 7:15			83	155	200	222	211	165	104	37		
7:15 - 7:30		34	109	187	230	250	240	196	130	58		
7:30 - 7:45		51	136	220	260	278	269	228	158	80		
7:45 - 8:00		72	165	253	289	307	298	260	186	103	34	
8:00 - 8:15	34	92	193	286	319	335	327	293	215	127	49	
8:15 - 8:30	47	112	222	319	348	362	355	325	243	151	67	36
8:30 - 8:45	63	131	250	351	376	388	382	356	272	175	83	49
8:45 - 9:00	76	150	277	383	403	414	408	387	299	198	98	63
9:00 - 9:15	90	169	304	413	428	438	433	416	326	220	113	74
9:15 - 9:30	102	186	329	441	453	461	457	444	351	242	128	86
9:30 - 9:45	114	202	352	468	476	483	480	471	375	262	141	96
9:45 - 10:00	125	217	375	493	497	503	501	496	397	281	153	106
10:00 - 10:15	135	231	395	517	517	522	520	519	418	299	165	115
10:15 - 10:30	145	244	414	538	536	540	538	540	437	315	175	123
10:30 - 10:45	153	256	431	558	552	555	554	559	454	330	185	130
10:45 - 11:00	160	266	446	575	567	569	568	577	469	342	193	136
11:00 - 11:15	166	274	459	590	580	581	581	591	482	353	200	141
11:15 - 11:30	171	281	469	603	590	591	591	604	493	362	205	145
11:30 - 11:45	174	287	478	613	599	600	600	614	502	370	210	149
11:45 - 12:00	177	291	485	621	606	606	607	622	509	375	213	151
12:00 - 12:15	179	293	489	626	611	611	611	628	513	378	215	152
12:15 - 12:30	179	294	491	629	614	613	614	631	515	380	215	153
12:30 - 12:45	178	294	490	630	614	614	615	631	515	379	214	152
12:45 - 13:00	176	291	488	627	613	612	613	629	512	376	212	150
13:00 - 13:15	172	287	483	623	609	609	610	624	507	371	209	147
13:15 - 13:30	168	282	475	615	603	603	604	617	500	364	204	143
13:30 - 13:45	162	274	465	605	595	596	596	607	490	355	197	138
13:45 - 14:00	155	265	453	593	585	586	587	595	478	344	190	132
14:00 - 14:15	146	255	438	578	573	575	575	580	464	331	180	124
14:15 - 14:30	136	242	421	560	558	561	561	563	447	316	170	116
14:30 - 14:45	125	228	402	540	542	545	544	543	428	298	158	106
14:45 - 15:00	113	212	381	517	523	528	526	521	406	279	144	95
15:00 - 15:15	99	195	357	493	502	508	506	496	383	258	129	83
15:15 - 15:30	84	176	331	465	480	487	484	470	357	234	112	66
15:30 - 15:45	65	155	303	436	455	463	460	442	330	210	94	51
15:45 - 16:00	47	133	274	405	429	439	435	411	301	183	72	17
16:00 - 16:15	16	109	243	372	401	412	408	379	270	155	51	
16:15 - 16:30		81	210	337	372	385	379	346	239	126	17	
16:30 - 16:45		55	176	301	341	356	350	311	206	96		
16:45 - 17:00		32	142	264	309	326	319	276	172	63		
17:00 - 17:15			108	227	277	295	288	241	139	36		
17:15 - 17:30			71	190	244	264	256	205	106			
17:30 - 17:45			42	153	212	233	224	170	72			
17:45 - 18:00				117	179	202	192	136	44			
18:00 - 18:15				84	148	172	161	104	21			
18:15 - 18:30				52	118	143	132	74				
18:30 - 18:45				28	90	116	104	46				
18:45 - 19:00					64	90	78	27				
19:00 - 19:15					41	67	56	11				
19:15 - 19:30					27	48	38					
19:30 - 19:45						34	25					
19:45 - 20:00						21						
<b>Průměrný den [Wh]</b>	1033	1924,75	3552	5027,25	5356,25	5563,25	5468,25	5137	3862,25	2553	1298,75	856,25
<b>Dů v měsíci</b>	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
<b>Průměrný měsíc [Wh]</b>	32023	53893	110112	150818	166044	166898	169516	159247	115868	79143	38963	26544
<b>Průměrný rok [kWh]</b>	1269,066											

## Příloha 6 | Profil teploty v průběhu průměrného dne měsíce

Měsíc	leden	únor	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen	září	říjen	listopad	prosinec
Čas úsvitu	8	7,25	6,5	5,5	4,75	4,25	4,5	5	6	7	7,75	8,25
Čas soumraku	16,25	17	17,75	18,75	19,5	20	19,75	19,25	18,25	17,25	16,5	16
T střední	-0,5	0,5	4	9,5	13,5	16,5	19	19	14,5	10,5	5	1
T amplituda	2,5	2,5	4	5,5	5,5	5,5	6	6	5,5	4,5	3	2
ČAS	TEPLOTA [°C]											
0,125	-0,79	0,02	2,90	7,33	10,80	13,43	15,85	16,25	12,66	9,51	4,58	0,82
0,375	-0,90	-0,10	2,71	7,06	10,53	13,16	15,56	15,95	12,40	9,30	4,44	0,73
0,625	-1,02	-0,21	2,52	6,79	10,27	12,91	15,28	15,67	12,13	9,09	4,30	0,64
0,875	-1,13	-0,33	2,33	6,54	10,02	12,67	15,01	15,39	11,88	8,88	4,17	0,55
1,125	-1,24	-0,44	2,15	6,29	9,78	12,44	14,76	15,13	11,63	8,68	4,03	0,46
1,375	-1,35	-0,55	1,97	6,05	9,56	12,23	14,52	14,88	11,38	8,48	3,90	0,37
1,625	-1,46	-0,66	1,80	5,83	9,34	12,03	14,29	14,64	11,15	8,28	3,77	0,29
1,875	-1,56	-0,77	1,63	5,61	9,14	11,85	14,09	14,42	10,93	8,09	3,64	0,20
2,125	-1,67	-0,87	1,47	5,41	8,96	11,68	13,89	14,21	10,71	7,91	3,52	0,12
2,375	-1,77	-0,97	1,32	5,21	8,79	11,53	13,72	14,01	10,51	7,73	3,40	0,04
2,625	-1,86	-1,07	1,17	5,03	8,64	11,40	13,56	13,83	10,32	7,56	3,28	-0,04
2,875	-1,96	-1,16	1,03	4,87	8,50	11,29	13,42	13,67	10,14	7,40	3,17	-0,12
3,125	-2,05	-1,25	0,90	4,71	8,37	11,19	13,30	13,52	9,97	7,24	3,06	-0,19
3,375	-2,14	-1,33	0,78	4,57	8,27	11,12	13,20	13,39	9,81	7,09	2,95	-0,26
3,625	-2,23	-1,41	0,66	4,45	8,18	11,06	13,12	13,28	9,67	6,95	2,85	-0,33
3,875	-2,31	-1,49	0,55	4,34	8,11	11,02	13,06	13,19	9,54	6,82	2,76	-0,40
4,125	-2,39	-1,56	0,45	4,24	8,06	11,00	13,02	13,12	9,42	6,70	2,67	-0,46
4,375	-2,46	-1,62	0,37	4,16	8,02	11,00	13,00	13,06	9,32	6,58	2,58	-0,52
4,625	-2,53	-1,68	0,29	4,10	8,00	11,03	13,00	13,02	9,23	6,48	2,50	-0,58
4,875	-2,59	-1,74	0,22	4,05	8,00	11,09	13,04	13,00	9,15	6,39	2,43	-0,63
5,125	-2,66	-1,79	0,15	4,02	8,04	11,18	13,10	13,00	9,09	6,30	2,36	-0,68
5,375	-2,71	-1,84	0,10	4,00	8,10	11,29	13,20	13,04	9,05	6,23	2,29	-0,73
5,625	-2,76	-1,88	0,06	4,00	8,20	11,44	13,34	13,12	9,02	6,16	2,24	-0,78
5,875	-2,81	-1,91	0,03	4,04	8,32	11,61	13,50	13,23	9,00	6,11	2,18	-0,82
6,125	-2,85	-1,94	0,01	4,12	8,48	11,81	13,70	13,37	9,01	6,07	2,14	-0,85
6,375	-2,89	-1,96	0,00	4,23	8,67	12,03	13,92	13,55	9,05	6,03	2,10	-0,88
6,625	-2,92	-1,98	0,00	4,38	8,88	12,27	14,17	13,77	9,13	6,01	2,07	-0,91
6,875	-2,95	-1,99	0,04	4,56	9,13	12,54	14,45	14,01	9,25	6,00	2,04	-0,94
7,125	-2,97	-2,00	0,11	4,78	9,39	12,83	14,76	14,29	9,42	6,01	2,02	-0,96
7,375	-2,98	-2,00	0,21	5,02	9,69	13,14	15,09	14,59	9,62	6,05	2,01	-0,97
7,625	-2,99	-1,97	0,34	5,30	10,00	13,47	15,44	14,93	9,86	6,13	2,00	-0,99
7,875	-3,00	-1,92	0,51	5,61	10,34	13,81	15,81	15,29	10,14	6,26	2,00	-1,00
8,125	-3,00	-1,84	0,70	5,95	10,69	14,17	16,20	15,67	10,44	6,43	2,04	-1,00
8,375	-2,96	-1,74	0,92	6,30	11,06	14,54	16,60	16,07	10,78	6,64	2,11	-1,00
8,625	-2,90	-1,62	1,17	6,68	11,44	14,92	17,02	16,49	11,15	6,89	2,21	-0,97
8,875	-2,81	-1,48	1,44	7,08	11,84	15,30	17,45	16,92	11,54	7,17	2,35	-0,92
9,125	-2,69	-1,31	1,74	7,50	12,25	15,70	17,88	17,37	11,96	7,48	2,52	-0,84
9,375	-2,54	-1,13	2,05	7,93	12,66	16,10	18,33	17,83	12,40	7,82	2,71	-0,73
9,625	-2,36	-0,93	2,38	8,37	13,08	16,50	18,78	18,29	12,85	8,19	2,94	-0,60
9,875	-2,17	-0,71	2,73	8,82	13,50	16,90	19,22	18,76	13,31	8,58	3,18	-0,45
10,125	-1,95	-0,49	3,08	9,27	13,92	17,30	19,67	19,24	13,78	8,98	3,45	-0,29
10,375	-1,71	-0,25	3,45	9,73	14,34	17,70	20,12	19,71	14,26	9,41	3,74	-0,10
10,625	-1,46	0,00	3,82	10,18	14,75	18,08	20,55	20,17	14,74	9,84	4,04	0,10
10,875	-1,19	0,25	4,18	10,63	15,16	18,46	20,98	20,63	15,22	10,28	4,36	0,32
11,125	-0,92	0,50	4,55	11,07	15,56	18,83	21,40	21,08	15,69	10,72	4,68	0,54
11,375	-0,64	0,75	4,92	11,50	15,94	19,19	21,80	21,51	16,15	11,16	5,00	0,77
11,625	-0,36	1,00	5,27	11,92	16,31	19,53	22,19	21,93	16,60	11,59	5,32	1,00
11,875	-0,08	1,25	5,62	12,32	16,66	19,86	22,56	22,33	17,04	12,02	5,64	1,23
12,125	0,19	1,49	5,95	12,70	17,00	20,17	22,91	22,71	17,46	12,42	5,96	1,46
12,375	0,46	1,71	6,26	13,05	17,31	20,46	23,24	23,07	17,85	12,81	6,26	1,68
12,625	0,71	1,93	6,56	13,39	17,61	20,73	23,55	23,41	18,22	13,18	6,55	1,90
12,875	0,95	2,13	6,83	13,70	17,87	20,97	23,83	23,71	18,56	13,52	6,82	2,10
13,125	1,17	2,31	7,08	13,98	18,12	21,19	24,08	23,99	18,86	13,83	7,06	2,29
13,375	1,36	2,48	7,30	14,22	18,33	21,39	24,30	24,23	19,14	14,11	7,29	2,45
13,625	1,54	2,62	7,49	14,44	18,52	21,56	24,50	24,45	19,38	14,36	7,48	2,60
13,875	1,69	2,74	7,66	14,62	18,68	21,71	24,66	24,63	19,58	14,57	7,65	2,73
14,125	1,81	2,84	7,79	14,77	18,80	21,82	24,80	24,77	19,75	14,74	7,79	2,84
14,375	1,90	2,92	7,89	14,88	18,90	21,91	24,90	24,88	19,87	14,87	7,89	2,92
14,625	1,96	2,97	7,96	14,96	18,96	21,97	24,96	24,96	19,95	14,95	7,96	2,97
14,875	2,00	3,00	8,00	15,00	19,00	22,00	25,00	25,00	19,99	14,99	8,00	3,00
15,125	2,00	3,00	8,00	15,00	19,00	22,00	25,00	25,00	20,00	15,00	8,00	3,00
15,375	1,99	2,99	7,99	14,98	18,98	21,98	24,98	24,98	19,98	14,99	7,99	3,00
15,625	1,98	2,98	7,97	14,95	18,94	21,94	24,94	24,94	19,95	14,97	7,98	2,99
15,875	1,97	2,96	7,94	14,90	18,89	21,88	24,88	24,88	19,91	14,93	7,96	2,97
16,125	1,95	2,94	7,90	14,84	18,82	21,81	24,80	24,81	19,85	14,89	7,93	2,96
16,375	1,92	2,91	7,85	14,76	18,73	21,71	24,70	24,72	19,77	14,84	7,90	2,94
16,625	1,89	2,88	7,78	14,66	18,63	21,60	24,58	24,61	19,68	14,77	7,86	2,91

Měsíc ČAS	leden	únor	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen	září	říjen	listopad	prosinec
	TEPLOTA [°C]											
16,875	1,85	2,84	7,71	14,55	18,50	21,47	24,44	24,48	19,58	14,70	7,82	2,88
17,125	1,81	2,79	7,63	14,43	18,36	21,32	24,28	24,33	19,46	14,61	7,76	2,85
17,375	1,76	2,74	7,55	14,29	18,21	21,15	24,11	24,17	19,33	14,52	7,71	2,82
17,625	1,71	2,68	7,45	14,13	18,04	20,97	23,91	23,99	19,19	14,42	7,64	2,78
17,875	1,66	2,62	7,34	13,97	17,86	20,77	23,71	23,79	19,03	14,30	7,57	2,73
18,125	1,59	2,56	7,22	13,79	17,66	20,56	23,48	23,58	18,86	14,18	7,50	2,68
18,375	1,53	2,49	7,10	13,59	17,44	20,33	23,24	23,36	18,68	14,05	7,42	2,63
18,625	1,46	2,41	6,97	13,39	17,22	20,09	22,99	23,12	18,49	13,91	7,33	2,58
18,875	1,39	2,33	6,83	13,17	16,98	19,84	22,72	22,87	18,29	13,76	7,24	2,52
19,125	1,31	2,25	6,68	12,95	16,73	19,57	22,44	22,61	18,07	13,60	7,15	2,46
19,375	1,23	2,16	6,53	12,71	16,47	19,30	22,15	22,33	17,85	13,44	7,05	2,40
19,625	1,14	2,07	6,37	12,46	16,20	19,01	21,85	22,05	17,62	13,27	6,94	2,33
19,875	1,05	1,97	6,20	12,21	15,93	18,72	21,54	21,75	17,37	13,09	6,83	2,26
20,125	0,96	1,87	6,03	11,94	15,64	18,42	21,22	21,45	17,12	12,91	6,72	2,19
20,375	0,86	1,77	5,85	11,67	15,35	18,11	20,89	21,14	16,87	12,72	6,60	2,12
20,625	0,77	1,66	5,67	11,40	15,05	17,79	20,55	20,82	16,60	12,52	6,48	2,04
20,875	0,67	1,55	5,48	11,11	14,75	17,47	20,21	20,50	16,34	12,32	6,36	1,96
21,125	0,56	1,44	5,29	10,83	14,44	17,15	19,87	20,17	16,06	12,12	6,23	1,88
21,375	0,46	1,33	5,10	10,54	14,13	16,83	19,52	19,84	15,78	11,91	6,10	1,80
21,625	0,35	1,21	4,90	10,24	13,81	16,50	19,17	19,50	15,50	11,70	5,97	1,71
21,875	0,24	1,10	4,71	9,95	13,50	16,17	18,83	19,17	15,22	11,49	5,83	1,63
22,125	0,13	0,98	4,51	9,65	13,19	15,85	18,48	18,83	14,93	11,27	5,70	1,54
22,375	0,02	0,86	4,30	9,35	12,87	15,53	18,13	18,50	14,64	11,05	5,56	1,45
22,625	-0,10	0,74	4,10	9,05	12,56	15,21	17,79	18,16	14,36	10,83	5,42	1,36
22,875	-0,21	0,62	3,90	8,76	12,25	14,89	17,45	17,83	14,07	10,61	5,28	1,27
23,125	-0,33	0,50	3,70	8,46	11,95	14,58	17,11	17,50	13,78	10,39	5,14	1,18
23,375	-0,44	0,38	3,49	8,17	11,65	14,28	16,78	17,18	13,50	10,17	5,00	1,09
23,625	-0,56	0,26	3,29	7,89	11,36	13,99	16,46	16,86	13,22	9,95	4,86	1,00
23,875	-0,67	0,14	3,10	7,60	11,07	13,70	16,15	16,55	12,94	9,73	4,72	0,91

**Příloha 7 | Denní spotřeba elektrické energie a denní teploty v lednu roku 2014 a 2015**

Den	Měsíc	Den týdne	2014						2015					
			teplota [°C]		Špička [kWh]	Mimo špičku [kWh]	Celkem [kWh]	Den týdne	teplota [°C]		Špička [kWh]	Mimo špičku [kWh]	Celkem [kWh]	
			min	max					min	max				
1	1	3	0	5	1,042	10,594	11,636	4	-2	3	1,791	16,805	18,596	
2	1	4	-3	4	1,042	10,594	11,636	5	-3	4	1,893	17,33	19,223	
3	1	5	-3	8	2,419	13,688	16,107	6	0	4	2,554	14,637	17,191	
4	1	6	0	10	1,396	14,225	15,621	7	-2	4	2,374	13,923	16,297	
5	1	7	0	7	3,203	15,472	18,675	1	-4	2	1,328	5,001	6,329	
6	1	1	-1	9	0,678	7,282	7,96	2	-5	1	0,65	5,698	6,348	
7	1	2	0	11	0,51	5,884	6,394	3	-4	-1	1,466	10,397	11,863	
8	1	3	0	12	1,652	7,297	8,949	4	-1	8	2,872	19,357	22,229	
9	1	4	0	11	1,904	7,95	9,854	5	3	10	2,564	15,158	17,722	
10	1	5	0	8	0,899	8,52	9,419	6	2	15	3,625	20,348	23,973	
11	1	6	-1	8	1,077	12,785	13,862	7	1	5	2,577	18,513	21,09	
12	1	7	-5	5	1,073	10,026	11,099	1	4	7	0,267	7,387	7,654	
13	1	1	-6	5	0,16	5,968	6,128	2	5	12	0,235	2,986	3,221	
14	1	2	-1	3	0,144	2,454	2,598	3	-1	12	1,189	13,478	14,667	
15	1	3	-3	4	0,748	9,89	10,638	4	-2	6	1,982	11,682	13,664	
16	1	4	-1	5	0,168	8,524	8,692	5	-1	8	1,651	12,201	13,852	
17	1	5	-3	5	2,543	12,817	15,36	6	0	4	1,819	12,953	14,772	
18	1	6	-3	8	1,241	15,712	16,953	7	-2	4	1,519	11,491	13,01	
19	1	7	5	12	2,313	10,985	13,298	1	-2	2	0,621	6,274	6,895	
20	1	1	2	10	0,775	6,817	7,592	2	-1	3	1,25	6,959	8,209	
21	1	2	-2	2	0,736	7,412	8,148	3	-1	4	1,799	13,502	15,301	
22	1	3	-4	-1	0,864	6,82	7,684	4	4	7	2,858	15,976	18,834	
23	1	4	-4	-2	1,24	10,958	12,198	5	-1	4	2,507	15,504	18,011	
24	1	5	-8	-1	2,86	19,11	21,97	6	-1	0	1,322	14,571	15,893	
25	1	6	-14	-6	2,882	16,754	19,636	7	-1	3	1,877	15,357	17,234	
26	1	7	-13	-3	2,089	16,879	18,968	1	-1	3	1,378	14,008	15,386	
27	1	1	-4	-2	0,698	9,963	10,661	2	0	3	0,751	6,14	6,891	
28	1	2	-5	-1	0,731	10,181	10,912	3	0	4	0,243	2,954	3,197	
29	1	3	-5	-1	2,225	14,408	16,633	4	0	4	0,241	4,545	4,786	
30	1	4	-3	4	2,427	17,055	19,482	5	-3	4	1,102	9,661	10,763	
31	1	5	1	5	2,503	12,965	15,468	6	-4	3	2,132	18,739	20,871	

**Příloha 8 | Denní spotřeba elektrické energie a denní teploty v červnu roku 2014 a 2015**

Den	Měsíc	Den týdne	2014						2015					
			Teplota [°C]		Špička [kWh]	Mimo špičku [kWh]	Spotřeba [kWh]	Den týdne	teplota [°C]		Špička [kWh]	Mimo špičku [kWh]	Spotřeba [kWh]	
			min	max					min	max				
1	6	7	8	20	2,578	12,54	15,118	1	15	26	0,44	10,92	11,36	
2	6	1	9	19	0,431	11,809	12,24	2	14	27	0,35	3,45	3,8	
3	6	2	10	18	0,693	4,46	5,153	3	14	30	0,65	5,54	6,19	
4	6	3	10	21	0,221	3,935	4,156	4	9	24	0,26	3,5	3,76	
5	6	4	9	21	0,199	4,258	4,457	5	10	27	0,27	5,67	5,94	
6	6	5	9	24	0,227	2,674	2,901	6	16	32	0,66	12,8	13,46	
7	6	6	12	27	0,663	6,726	7,389	7	13	28	1,64	13,77	15,41	
8	6	7	13	31	3,451	13,634	17,085	1	12	24	0,52	4,92	5,44	
9	6	1	15	33	0,31	10,34	10,65	2	11	14	0,39	4,08	4,47	
10	6	2	16	34	0,606	7,36	7,966	3	9	20	0,43	4,15	4,58	
11	6	3	16	33	0,574	6,409	6,983	4	14	23	0,33	3,22	3,55	
12	6	4	14	26	0,222	3,896	4,118	5	15	31	0,32	3,58	3,9	
13	6	5	11	23	0,503	5,221	5,724	6	15	32	0,43	6,11	6,54	
14	6	6	10	19	0,682	10,095	10,777	7	17	27	0,32	7,32	7,64	
15	6	7	7	20	0,716	13,837	14,553	1	11	20	0,39	5,84	6,23	
16	6	1	10	22	0,439	3,987	4,426	2	9	20	0,32	3,23	3,55	
17	6	2	8	22	0,436	3,436	3,872	3	10	19	0,28	2,97	3,25	
18	6	3	9	25	0,217	3,505	3,722	4	11	19	0,37	3,36	3,73	
19	6	4	12	24	0,617	6,932	7,549	5	10	17	0,46	4,21	4,67	
20	6	5	11	17	2,573	9,72	12,293	6	10	17	2,04	16,65	18,69	
21	6	6	12	17	0,512	8,844	9,356	7	10	17	1,47	10,57	12,04	
22	6	7	12	20	3,034	16,144	19,178	1	11	21	0,63	6,78	7,41	
23	6	1	9	21	0,42	6,994	7,414	2	7	17	0,48	4,48	4,96	
24	6	2	11	22	0,219	3,117	3,336	3	9	18	0,48	3,71	4,19	
25	6	3	11	17	1,389	5,328	6,717	4	9	21	0,26	5,82	6,08	
26	6	4	11	19	0,206	4,342	4,548	5	15	25	0,28	3,52	3,8	
27	6	5	12	24	0,392	5,316	5,708	6	15	23	0,79	8,87	9,66	
28	6	6	15	27	1,291	15,274	16,565	7	10	21	1,06	13,37	14,43	
29	6	7	13	23	1,572	11,889	13,461	1	11	23	0,38	5,6	5,98	
30	6	1	10	19	0,348	8,39	8,738	2	-3	4	0,28	4,49	4,77	

<b>ELECTRICAL CHARACTERISTICS</b>				
<b>FCP265-245W POLY 60 CELLS</b>				
Model	FCP265	FCP260	FCP250	FCP245
Peak Power Pmpp	265W	260W	250W	245W
Voltage at Vmpp	32.84V	32.35V	31.36V	30.86V
Current at Imp	8.07A	8.04A	7.98A	7.94A
Open Circuit Voltage Voc	38.56V	38.49V	38.41V	38.32V
Short Circuit Current Isc	8.60A	8.56A	8.51A	8.47A
Module Efficiency	16.01%	15.80%	15.20%	14.90%
Wattage Tolerance	4.99W	4.99W	4.99W	4.99W
<b>FCP240-225W POLY 60 CELLS</b>				
Model	FCP240	FCP235	FCP230	FCP225
Peak Power Pmpp	240W	235W	230W	225W
Voltage at Vmpp	30.38V	29.90V	29.37V	28.85V
Current at Imp	7.90A	7.86A	7.83A	7.80A
Open Circuit Voltage Voc	38.22V	38.11V	37.99V	37.86V
Short Circuit Current Isc	8.43A	8.39A	8.34A	8.31A
Module Efficiency	14.71%	14.41%	14.10%	13.80%
Wattage Tolerance	4.99W	4.99W	4.99W	4.99W
<b>FCP220-190W POLY 60 CELLS</b>				
Model	FCP220	FCP210	FCP200	FCP190
Peak Power Pmpp	220W	210W	200W	190W
Voltage at Vmpp	28.34V	27.32V	26.30V	25.28V
Current at Imp	7.77A	7.71A	7.65A	7.59A
Open Circuit Voltage Voc	38.01V	38.15V	37.31V	37.48V
Short Circuit Current Isc	8.27A	8.22A	8.18A	8.14A
Module Efficiency	13.40%	12.80%	12.20%	11.60%
Wattage Tolerance	4.99W	4.99W	4.99W	4.99W
<b>FCP180-100W POLY 60 CELLS</b>				
Model	FCP180	FCP150	FCP130	FCP100
Peak Power Pmpp	180W	150W	130W	100W
Voltage at Vmpp	22.84V	18.35V	18.00V	17.79V
Current at Imp	8.07A	7.92A	7.27A	5.63A
Open Circuit Voltage Voc	25.56V	22.49V	21.41V	21.20V
Short Circuit Current Isc	8.60A	8.56A	7.80A	6.09A
Module Efficiency	14.70%	13.52%	12.40%	12.22%
Wattage Tolerance	4.99W	4.99W	4.99W	4.99W
<b>TEMPERATURE COEFFICIENT</b>				
Temp. Coefficient at Isc	0.072 (%/k)			
Temp. Coefficient at Voc	-0.338 (%/k)			
Temp. Coefficient at Pmpp	-0.475 (%/k)			
Normal Operating Cell Temperature (NOTC)	45±2°C			
Degradation (% per year)	0.60%			
Measured Power Tolerance	±3%			
Maximum System Voltage	1000V			
Operating Module Temperature	-40 to +85°C			
Standard Testing Conditions (STC)	Irradiance 1000w/m <sup>2</sup> /Module temp 25°C/Air Mass 1.5			
<b>MECHANICAL CHARACTERISTICS</b>				
Dimensions	1640mm x 991mm x 40mm			
Weight	20.5kg			
No. of Cells	60 cells (156mm x 156mm)			
Glass	3.2mm low tempered iron glass			
Frame	Extra strong anodized aluminium frame			
By-Pass Diodes	3, 6			
Junction Box	MC4 compatible			
Cables	1000mm x 4mm <sup>2</sup>			



**ELECTRICAL DATA (AT STC)**

		Nominal values				Initial values				
		NA-E140L5	NA-E135L5	NA-E130L5	NA-E125L5	NA-E140L5	NA-E135L5	NA-E130L5	NA-E125L5	
Maximum power	$P_{max}$	140	135	130	125	160.9	155.2	149.5	143.7	$W_p$
Open-circuit voltage	$V_{oc}$	61.8	61.3	60.4	59.7	62.5	61.8	61.1	60.4	V
Short-circuit current	$I_{sc}$	3.45	3.41	3.41	3.37	3.53	3.51	3.47	3.43	A
Voltage at point of maximum power	$V_{mpp}$	48.5	47.0	46.1	45.5	50.8	49.3	48.7	48.3	V
Current at point of maximum power	$I_{mpp}$	2.89	2.88	2.82	2.75	3.17	3.15	3.07	2.98	A
Module efficiency	$\eta_m$	10.0	9.6	9.3	8.9					%

STC = Standard Test Conditions: irradiance 1,000 W/m<sup>2</sup>, AM 1.5, cell temperature 25°C. Rated electrical characteristics of  $I_{sc}$  and  $V_{oc}$  are within ±10% of the indicated values and +7/-2% of  $P_{max}$ . The initial values are approx. 15% higher than the nominal (stabilised) values and will decline within the first weeks of operation. Afterwards the power output will stabilize around the nominal value according to the seasonal changes.

**ELECTRICAL DATA (AT NOCT)**

		NA-E140L5	NA-E135L5	NA-E130L5	NA-E125L5	
Maximum power	$P_{max}$	106.7	102.4	98.6	94.8	$W_p$
Open-circuit voltage	$V_{oc}$	57.2	56.8	55.9	55.3	V
Short-circuit current	$I_{sc}$	2.84	2.76	2.76	2.73	A
Voltage at point of maximum power	$V_{mpp}$	46.0	44.0	43.2	42.6	V
Current at point of maximum power	$I_{mpp}$	2.32	2.33	2.29	2.23	A
Nominal operating cell temperature	NOCT	46	46	46	46	°C

NOCT: Module operating temperature at 800 W/m<sup>2</sup> irradiance, air temperature of 20°C, wind speed of 1 m/s.

**LIMIT VALUES**

**MECHANICAL DATA**

**TEMPERATURE COEFFICIENT**

Maximum system voltage	1,000 V DC	Length	1,402 mm	$P_{max}$	-0.24% / °C
Over-current protection	6 A	Width	1,001 mm	$V_{oc}$	-0.30% / °C
Temperature range	-40 to +90°C	Depth (including junction box = 23.3 mm)	6.7 mm	$I_{sc}$	+0.07% / °C
Maximum mechanical load	2,400 N/m <sup>2</sup>	Weight	24 kg		

**CHARACTERISTIC CURVES NA-E135L5**

**REAR VIEW**

Characteristic curves: current/power vs. voltage (cell temperature: 25°C)

**GENERAL DATA**

**NOTE**

Cells	Tandem cell of amorphous (α-Si) and microcrystalline (μc-Si) silicon
Front glass   rear glass	low iron non tempered glass   tempered glass
Connection box	PPE/PP0 resin, IP65 rating, 1 bypass diode included
Cable	2.5 mm <sup>2</sup> , length 950 mm
Connector	SMK (Type CCT9901-2352F/2452F), IP67 rating To extend the module connection leads, only use SMK connector under the same series or MultiContactAG MC4 connector (PV-KSTIXBT4)
Modules per palette	40 pcs

The content of this document is a short product description and does not contain all important information for the user. Please refer to the full specification for each module, follow the instructions on using thin-film PV modules to avoid white spots and follow all instructions in the installation manual (e.g. minus pole grounding, protection with blocking diodes/fuses). Before installing the photovoltaic modules, please make sure you have received all documents.

Sharp Energy Solutions Europe - a division of Sharp Electronics (Europe) Ltd. - Sonninstrasse 3, 20097 Hamburg, Germany · Tel: +49(0)40/2376-0 · Fax: +49(0)40/2376-2193

Local responsibility:  
 Benelux SolarInfo.seb@sharp.eu  
 France SolarInfo.fr@sharp.eu  
 Germany SolarInfo.de@sharp.eu  
 Spain & Portugal SolarInfo.es@sharp.eu  
 United Kingdom SolarInfo.uk@sharp.eu  
 Other countries SolarInfo.Europe@sharp.eu

The reference image on the front page shows a 340 Wp system in Eastern Germany. Note: Technical data is subject to change without prior notice. Before using Sharp products, please request the latest data sheets from Sharp. Sharp accepts no responsibility for damage to devices which have been equipped with Sharp products on the basis of unverified information. The specifications may deviate slightly and are not guaranteed. This module should not be directly connected to a load.

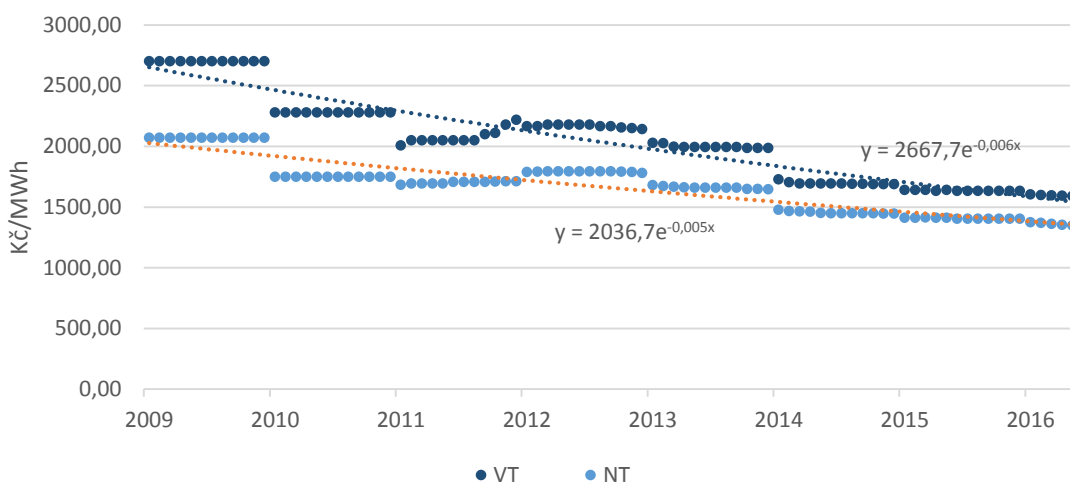
SolarIAE\_L5\_E014

## Technical Data

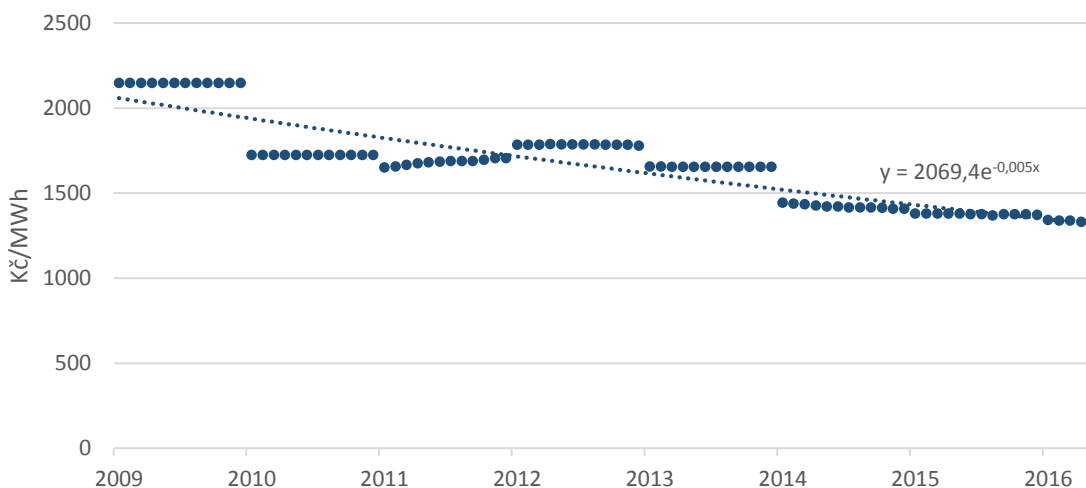
	GW1000-NS	GW1500-NS	GW2000-NS	GW2500-NS	GW3000-NS
<b>DC Input Data</b>					
Max. DC power [W]	1200	1800	2300	2700	3200
Max. DC voltage [V]	450	450	450	500	500
MPPT voltage range [V]	80~400	80~400	80~400	80~450	80~450
Starting voltage [V]	80	80	80	80	80
Max. DC current [A]	10	10	10	18	18
No. of DC connectors	1	1	1	1/2 (optional)	1/2 (optional)
No. of MPPTs	1	1	1	1	1
DC connector	AMPHENOL/ MC4/ SUNCLIX			AMPHENOL/ MC4/ SUNCLIX	
<b>AC Output Data</b>					
Norminal AC power [W]	1000	1500	2000	2500	3000
Max. AC power [W]	1000	1500	2000	2500	3000
Max. AC current [A]	5	7.5	10	12.5	13.5
Norminal AC output	50/60Hz; 230Vac			50/60Hz; 230Vac	
AC output range	45~55Hz/55~65Hz; 180~270Vac			45~55Hz/55~65Hz; 180~270Vac	
THDi	<3%			<3%	
Power factor	0.9 leading~0.9 lagging			0.9 leading~0.9 lagging	
Grid connection	Single phase	Single phase	Single phase	Single phase	Single phase
<b>Efficiency</b>					
Max. efficiency	96.5%	97.0%	97.0%	97.5%	97.5%
Euro efficiency	>96.0%	>96.0%	>96.0%	>97.0%	>97.0%
MPPT adaptation efficiency	99.9%	99.9%	99.9%	99.9%	99.9%
<b>Protection</b>					
Residual current monitoring unit	Integrated			Integrated	
Anti-islanding protection	Integrated			Integrated	
DC switch	Integrated (optional)			Integrated (optional)	
AC over current protection	Integrated			Integrated	
Insulation monitoring	Integrated			Integrated	
<b>Certifications &amp; Standards</b>					
Grid regulation	G83/2, VDE0126-1-1, AS4777.2&3, EN50438, ERDF-NOI-RES_13E;			G83/2, VDE0126-1-1, AS4777.2&3, EN50438, ERDF-NOI-RES_13E;	
Safety	According to IEC62109-1&-2, AS3100			According to IEC62109-1&-2, AS3100	
EMC	EN 61000-6-1, EN 61000-6-2, EN 61000-6-3, EN 61000-6-4, EN 61000-3-2, EN 61000-3-3			EN 61000-6-1, EN 61000-6-2, EN 61000-6-3, EN 61000-6-4, EN 61000-3-2, EN 61000-3-3	
<b>General Data</b>					
Dimensions (WxHxD)	344*274.5*128mm			344*274.5*128mm	
Weight [kg]	7.5			8.5	
Mounting	Wall bracket			Wall bracket	
Ambient temperature range	-25~60°C (> 45°C derating)			-25~60°C (> 45°C derating)	
Relative humidity	0~95%			0~95%	
Max. operating altitude	3000			3000	
Protection degree	IP65			IP65	
Topology	Transformerless			Transformerless	
Night power consumption [W]	<1			<1	
Cooling	Nature convection			Nature convection	
Noise emission [dB]	<25			<25	
Display	LCD			LCD	
Communication	USB2.0; WiFi or RS485			USB2.0; WiFi or RS485	
Standard warranty [years]	5/10/15/20/25 (optional)			5/10/15/20/25 (optional)	

Příloha 12 | Vývoj cen jednotlivých složek ceny elektřiny (ČEZ D45d, D02d)

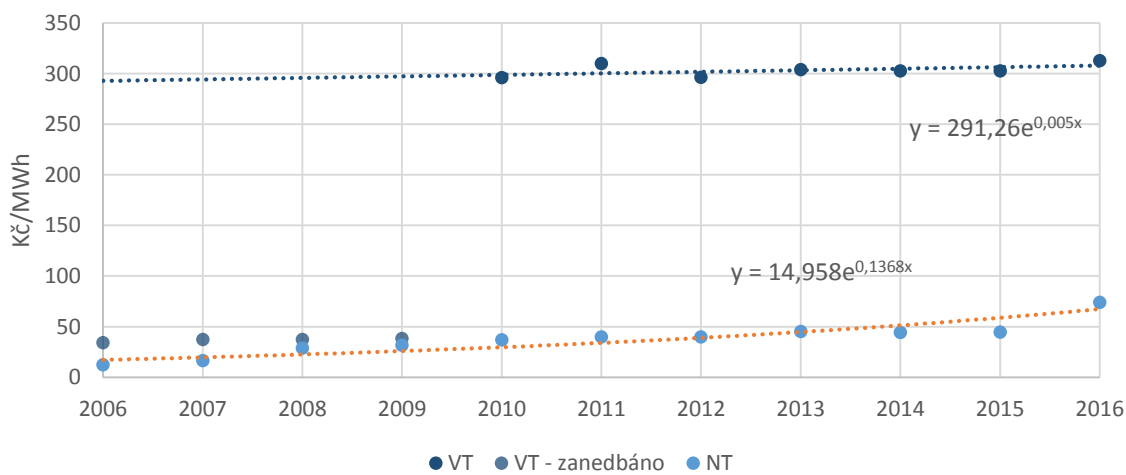
Vývoj ceny silové elektřiny D45d



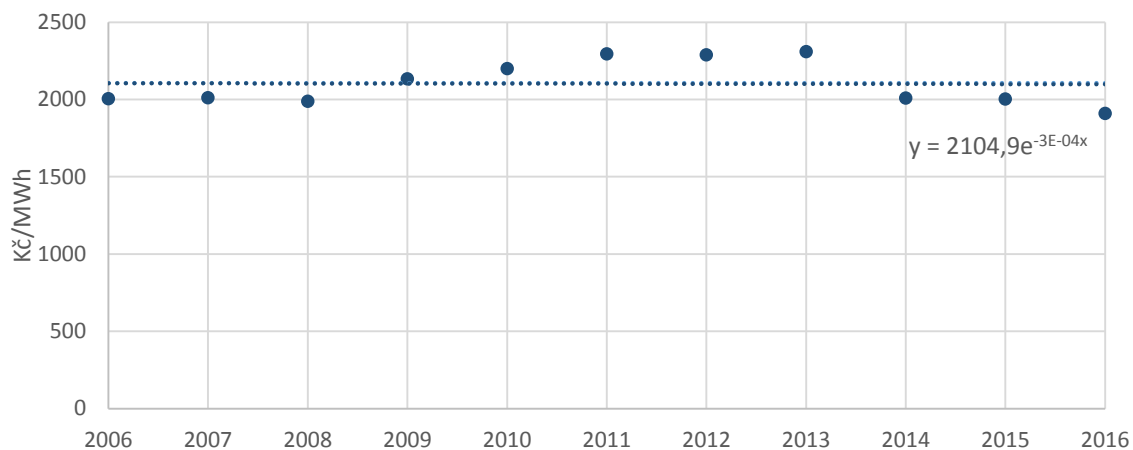
Vývoj ceny silové elektřiny D02d



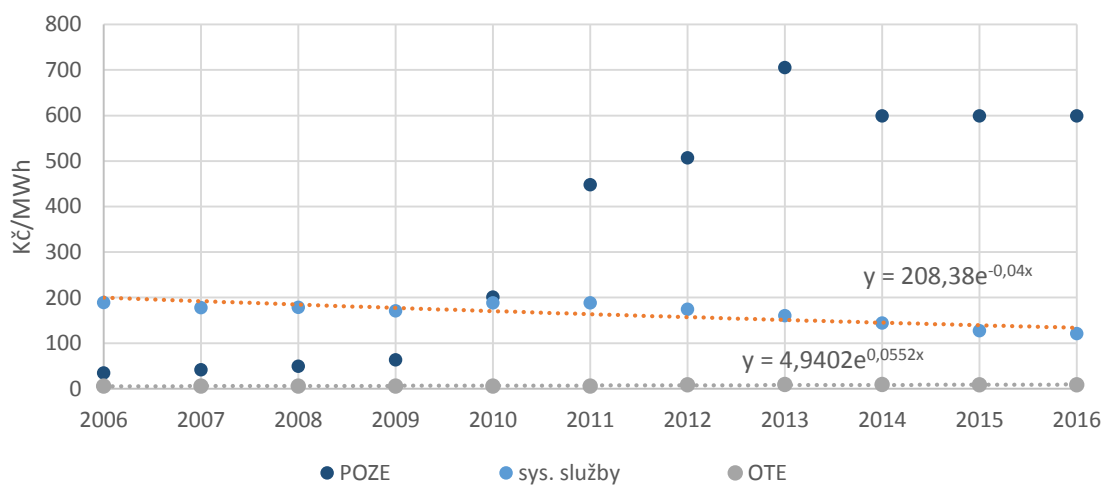
Vývoj ceny distribuce D45d



Vývoj ceny distribuce D02d



Vývoj ceny ostatních služeb





### C3.4 FVE s akumulací přebytků do vody

- Toto řešení je vhodné pro většinu zákazníků, kteří chtějí elektřinu z FVE využít pro běžné spotřeby v domácnosti během dne a mají možnost nevyužité přebytky primárně využít pro cílený ohřev vody v bojleru nebo jiné specifické spotřeby, které lze cíleně ovládat.
- Využití přebytků je zajištěno pomocí zařízení, které se nazývá Wattrouter a umožňuje spínat odporové zátěže (typicky bojler) nebo pomocí relé ovládat např. klimatizaci nebo bazénovou filtraci.
- Podmínkou dotace je prokázání minimálně 70% využití vyrobené elektřiny pro vlastní spotřebu a zároveň napojení na bojler o minimálním objemu 120 litrů. Zásobník pro více osob je počítán s objemem 40 litrů na osobu.
- Pokud je současně instalován solární termický systém, je to rovněž ve výpočtu zohledněno.
- Nabídka je bez dodání bojleru, ale je možné se na takovém rozšíření nabídky domluvit individuálně.

#### Varianta malá

Výkon FVE	2,04 kWp
Počet panelů	8
Typ panelů	Amerisolar 255Wp
Typ měniče	2kW Growatt 2000S (1x8)
Celková cena vč. DPH 15%	111 000 Kč
Možnost získat dotaci	55 000 Kč
Investice zákazníka po odečtení dotace	56 000 Kč

#### Varianta střední

Výkon FVE	2,55 kWp
Počet panelů	10
Typ panelů	Amerisolar 255Wp
Typ měniče	2kW Growatt 2000S (1x10)
Celková cena vč. DPH 15%	127 000 Kč
Možnost získat dotaci	55 000 Kč
Investice zákazníka po odečtení dotace	72 000 Kč





## C3.5/C3.6 FVE s ukládáním energie do baterií

- Toto řešení je vhodné pro zákazníky, kteří mají nízkou spotřebu během dne a potřebují energii uložit pro pozdější využití v běžných spotřebičích (např. osvětlení, varná deska, elektrická trouba).
- Zároveň je pro umístění přebytků součástí Wattrouter, který umožňuje spínat odporové zátěže (typicky bojler) nebo pomocí relé ovládat např. klimatizaci nebo bazénovou filtraci.
- Podmínkou dotace je prokázání minimálně 70% využití vyrobené elektřiny pro vlastní spotřebu a instalovat baterii o kapacitě 1,75x výkon FVE pro olověné baterie, resp. 1,25x výkon FVE pro lithiové baterie.

### Varianta malá s olověnými bateriemi C3.5

Výkon FVE	2,295 kWp
Počet panelů	9
Typ panelů	Amerisolar 255Wp
Typ měniče	3kW Growatt 3000HY (1x9)
Celková kapacita baterií	4,32kWh (4ks baterie)
Typ baterie	Hoppecke AGM 90Ah
Celková cena vč. DPH 15%	195 000 Kč
Možnost získat dotaci	70 000 Kč
Investice zákazníka po odečtení dotace	125 000 Kč

### Varianta malá s lithiovými bateriemi C3.5

Výkon FVE	2,295 kWp
Počet panelů	9
Typ panelů	Amerisolar 255Wp
Typ měniče	3kW Growatt 3000HY (1x9)
Celková kapacita baterií	4,9kWh (1ks baterie)
Typ baterie	Growatt Li-Ion 4,9kWh
Celková cena vč. DPH 15%	240 000 Kč
Možnost získat dotaci	70 000 Kč
Investice zákazníka po odečtení dotace	170 000 Kč

Příloha 14 | Energetické štítky klimatizačních jednotek

