



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

---

Fakulta Elektrotechnická

Katedra Ekonomiky, Manažerství a Humanitních věd

## **Malé Fotovoltaické elektrárny do 10 kW**

**Small PV applications up to 10 kW**

Diplomová práce

Studijní program: Elektrotechnika, energetika, management

Studijní obor: Ekonomika a řízení energetiky

Vedoucí práce: prof. Ing. Jaroslav Knápek, CSc.

**Štolfa Radim**

---

**Praha 2018/2019**

## **Čestné prohlášení**

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

V Praze dne 17.05.2019

.....

ŠtolfaRadim



# ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Štolfa** Jméno: **Radim** Osobní číslo: **425063**  
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**  
Zadávací katedra/ústav: **Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd**  
Studijní program: **Elektrotechnika, energetika a management**  
Studijní obor: **Ekonomika a řízení energetiky**

## II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

**Malé Fotovoltaické elektrárny do 10 kW**

Název diplomové práce anglicky:

**Small PV applications up to 10 kW**

Pokyny pro vypracování:

1. Analýza současného stavu a očekávaného vývoje instalací FVE do 10 kW
2. Technická řešení FVE a akumulace energie
3. Metodika hodnocení ekonomické efektivity z pohledu investora – domácnosti
4. Diagramy spotřeby elektřiny pro typické případy domácností, dimenzování FVE
5. Vyhodnocení Ekonomické efektivity instalace FV pro typické případy domácností
6. Závěry a doporučení

Seznam doporučené literatury:

Kubica J. et al – Možnosti využití obnovitelných zdrojů energie na Slovensku a ich vplyv na elektrizačnú sústavu SR, World energy council Slovakia. 2018  
Kolektiv autorů Úvod do liberalizované energetiky - Trh s elektřinou, Asociace energetických managerů ISBN 978-80-260-9212-4, Praha 2016

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

**prof. Ing. Jaroslav Knápek, CSc., ČVUT kat. 13116**

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

Datum zadání diplomové práce: **01.02.2019**

Termín odevzdání diplomové práce: **24.05.2019**

Platnost zadání diplomové práce: **20.09.2020**

prof. Ing. Jaroslav Knápek, CSc.  
podpis vedoucí(ho) práce

podpis vedoucí(ho) ústav/katedry

prof. Ing. Pavel Ripka, CSc.  
podpis děkana(ky)

## III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

\_\_\_\_\_  
Datum převzetí zadání

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

## **Abstrakt**

Tato diplomová práce se zabývá malými fotovoltaickými elektrárnami jakožto potenciálním zdrojem čisté elektrické energie budoucnosti. Popisuje výhody i nevýhody těchto zdrojů, uvádí různé typy fotovoltaických systémů a počítá jejich ekonomickou efektivnost na území České republiky. Dále popisuje, za jakých podmínek může dojít k jejich většímu rozvoji a nahrazení konvenčních zdrojů elektrické energie.

## **Abstract**

This diploma thesis describes small photovoltaic power plants as potential clean source of electric energy to the future. Describe advantages and disadvantages this source and presents different types of photovoltaics systems. Then counts their economic return and effectivity in condition of Czech Republic. Further describes under which circumstances can arrive their massive expansion and replacement conventional sources of electric energy.

## **Klíčová slova**

Fotovoltaika, solární zdroje, obnovitelné zdroje, fotovoltaické panely

## **Key words**

Photovoltaics, solar sources, renewable sources, photovoltaics panels

## Zkratky

- OZE ..... Obnovitelné zdroje
- GEO ..... Geotermální energie
- BRKO ..... Biologicky rozložitelný komunální odpad
- VTE ..... Větrná elektrárna
- VE ..... Vodní elektrárna
- FVE ..... Fotovoltaická elektrárna
- EU ..... Evropská Unie
- MPO ..... Ministerstvo Průmyslu a obchodu
- ASEK ..... Aktualizovaná státní energetická koncepce
- GWh ..... Gigawatthodina
- ERÚ ..... Energetický regulační úřad
- KWp ..... Kilowatt-peak
- OTE ..... Operátor trhu s elektřinou
- NREL ..... National Renewable Energy Laboratory
- TSO ..... Transmission system operator
- MO ..... Market Operator
- POZE ..... Podporované obnovitelné zdroje
- HDO ..... Hromadné dálkové ovládání
- TOU ..... Time of use
- ČSRES ..... České Sdružení Regulovaných Elektroenergetických Společností

# Obsah

Čestné prohlášení .....	2
<b>1 Úvod.....</b>	<b>8</b>
<b>2 Analýza současného stavu a očekávaného vývoje energetiky v ČR.....</b>	<b>9</b>
2.1 Vývoj OZE.....	10
GEO .....	11
BRKO .....	11
VTE.....	11
VE.....	11
Bioplyn.....	11
Biomasa .....	11
FVE.....	12
<b>3 Rozvoj FVE v České republice.....</b>	<b>12</b>
<b>4 Státní pobídky – Nová zelená úsporám.....</b>	<b>14</b>
4.1 C3.3- Fotovoltaický ohřev vody.....	15
4.2 C3.4- Fotovoltaické zdroje s tepelnou akumulací přebytků .....	15
4.3 C3.5- Fotovoltaické systémy s baterií.....	16
<b>5 Analýza situace malých solárních elektráren do 10 kW .....</b>	<b>16</b>
<b>6 Komponenty Fotovoltaického systému.....</b>	<b>19</b>
6.1 Fotovoltaické panely.....	19
6.2 Měnič.....	19
6.3 Baterie.....	20
<b>7 Technická řešení FVE a akumulace energie.....</b>	<b>21</b>
7.1 FV systém bez akumulace / s akumulací do vody .....	21
7.2 FV systém s fyzickou baterií .....	23
7.3 FV systém s virtuální baterií .....	23
<b>8 Nabídka malých FVE na českém trhu .....</b>	<b>24</b>
<b>9 Složení ceny fotovoltaického systému .....</b>	<b>26</b>
<b>10 Tarifní struktura České republiky pro NN .....</b>	<b>28</b>
10.1 Regulovaná a neregulovaná složka elektrické energie.....	28
10.2 Jednotarifová a Dvoutarifová sazba pro maloodběratele elektrické energie .....	29
10.3 Distribuční sazby .....	29
10.3.1 Sazba D 01d.....	29
10.3.2 Sazba D 02d.....	29
10.3.3 Sazba D 25d.....	30
10.3.4 Sazba D 26d.....	30
10.3.5 Sazba D 27d.....	30
10.3.6 Sazba D 35d.....	31
10.3.7 Sazba D 45d.....	31
10.3.8 Sazba D 56d.....	31
10.3.9 Sazba D 57d.....	32
10.3.10 Sazba D 61d.....	32
10.3.11 Sazby typu C pro podnikatele.....	32
<b>11 Reálné diagramy spotřeby .....</b>	<b>33</b>

11.1	Příklady diagramů zákazníka s tarifem D 45d.....	34
11.2	Příklady Diagramů zákazníka s tarifem D 25d.....	37
11.3	Příklady diagramů zákazníka s tarifem C 25c.....	40
11.4	Příklady diagramů zákazníka s tarifem D 02d.....	42
<b>12</b>	<b>Reálné diagramy generace FVE.....</b>	<b>43</b>
<b>13</b>	<b>Metodika návrhu malé fotovoltaické elektrárny.....</b>	<b>46</b>
13.1	Navrhované varianty systémů.....	47
13.2	Metodika návrhu pro fotovoltaický systém s ukládáním přebytků do teplé vody.....	49
13.3	Metodika návrhu pro fotovoltaický systém s ukládáním do virtuální baterie.....	50
13.4	Metodika návrhu pro fotovoltaický systém s ukládáním do fyzické baterie.....	51
<b>14</b>	<b>Návrh FVE v současných podmínkách ČR.....</b>	<b>51</b>
14.1	Pro zákazníka s tarifem D 25d.....	51
14.1.1	Fotovoltaický systém s akumulací do virtuální baterie pro zákazníka D 25d.....	58
14.1.2	Fotovoltaický systém s akumulací do fyzické baterie pro zákazníka D 25d.....	59
14.2	Pro zákazníka s tarifem D 02d.....	61
<b>15</b>	<b>Určení, kdy budou malé FVE rentabilní pro běžné domácnosti.....</b>	<b>66</b>
<b>16</b>	<b>Shrnutí výpočtů pro zákazníky s tarifem D 02d a D 25d.....</b>	<b>68</b>
<b>17</b>	<b>Závěr.....</b>	<b>69</b>
<b>18</b>	<b>Seznam použité literatury.....</b>	<b>71</b>
<b>19</b>	<b>Přílohy.....</b>	<b>1</b>

# 1 Úvod

Jedním z hlavních cílů Evropské Unie je snižovat podíl skleníkových plynů. Do roku 2020 to má být o 20% oproti jejich úrovni v roce 1990, v roce 2030 40% [1] a dlouhodobý plán do roku 2050 dokonce o 80-90%. To pro oblast energetiky znamená v následujících letech dramaticky snížit podíl elektrické energie vyrobené z fosilních zdrojů, jež jsou hlavním producentem skleníkových plynů. Nicméně spotřeba elektrické energie dlouhodobě stoupá a vyřazené zdroje tak bude potřeba nahradit. Možností čistých zdrojů elektrické energie však není mnoho. Technologie fúzních reaktorů ještě není zvládnuta a nemůžeme spoléhat na to, že v příštích pár letech bude. Další možností jsou zdroje jaderné. Nicméně po poslední havárii ve Fukušimě v roce 2011 je k jádru velká část veřejnosti skeptická. Některé státy, jako například naši sousedé Rakousko a Německo, od ní upustili nebo chtějí upustit docela. V České republice naráží jaderné zdroje spíše na svoje druhé omezení, kterým jsou obrovské pořizovací náklady. České vlády se stále nemohou shodnout, zdali a za jakých podmínek do tohoto zdroje investovat. A tak zbývá poslední skupina, a to jsou z hlediska Evropské Unie podporované obnovitelné zdroje elektrické energie. Za obnovitelné zdroje jsou v České republice považovány slunečné, větrné, vodní, geotermální, pevná biomasa, bioplyn, kapalná biopaliva a energie okolního prostředí. Každá země Evropské Unie má také nastavené svoje vlastní cíle na snižování emisí, které se zavázala splnit. Cíle pro Českou republiku jsou popsány v „Politice ochrany klimatu“ vydaném ministerstvem životního prostředí. Závazné a indikativní cíle pro Českou republiku jsou v následující tabulce. [2]

Horizont cíle	Popis cíle
Hlavní cíl do roku 2020	Snížit emise ČR do roku 2020 alespoň o <b>32 Mt CO<sub>2</sub>ekv.</b> v porovnání s rokem 2005 (odpovídá snížení emisí o <b>20 % oproti roku 2005</b> ).
Hlavní cíl do roku 2030	Snížit emise ČR do roku 2030 alespoň o <b>44 Mt CO<sub>2</sub>ekv.</b> v porovnání s rokem 2005 (odpovídá snížení emisí o <b>30 % oproti roku 2005</b> ).
Indikativní cíl do roku 2040	Směřovat k indikativní úrovni <b>70 Mt CO<sub>2</sub>ekv.</b> vypouštěných emisí v roce 2040.
Indikativní cíl do roku 2050	Směřovat k indikativní úrovni <b>39 Mt CO<sub>2</sub>ekv.</b> vypouštěných emisí v roce 2050 (odpovídá snížení o <b>80 % oproti roku 1990</b> ).

**Tabulka 1 Cíle snižování emisí pro ČR do roku 2050**

Aby byla Česká republika schopna splnit svoje závazky snižování emisí vůči EU, musí v současné době ještě nerentabilní obnovitelné zdroje podporovat. A právě díky masivní podpoře obnovitelných zdrojů a znevýhodňování uhelných zdrojů systémem emisních povolenek, dochází ještě k jedné významné změně na poli energetiky, a tou je poměrně rychlé zdražování ceny silové elektřiny. Za poslední rok se cena silové elektřiny na burze zvedla přibližně o třetinu a za poslední 2 roky skoro na dvojnásobek [3]. A s postupným vyřazováním uhelných zdrojů bude v budoucnu i nadále docházet ke zdražování. Z tohoto důvodu bude pro domácnosti i podniky do budoucna pragmatické buď snižovat svoji spotřebu elektrické energie, nebo si vyrábět vlastní elektřinu. Avšak přestože se vyrábí čím dál tím efektivnější spotřebiče a stroje, spotřeba elektřiny v domácnostech ani podnicích moc neklesá, spíše naopak. Proto je načas hledat decentralizované alternativní zdroje elektřiny, které by byly využitelné v co největším počtu objektů.

A takové řešení už existuje. Jsou jím malé solární elektrárny. Nicméně i přes významnou podporu státu a stálé snižování jejich pořizovacích nákladů jsou k vidění zatím poměrně výjimečně. Cílem této diplomové práce bude tedy navrhnout různé druhy malých fotovoltaických systémů, určit jejich ekonomické zhodnocení a identifikovat parametry ovlivňující hlavním způsobem rentabilitu těchto systémů v legislativních



podmínkách České republiky. Následně pokud se budou ukazovat jako ekonomicky nevýhodné stanovit důvody určit kdy a za jakých podmínek se tato skutečnost změní.

Nicméně pro správné prognózy vývoje je potřeba nejprve analyzovat současný stav energetiky v České republice.

## 2 Analýza současného stavu a očekávaného vývoje energetiky v ČR

Česká republika pomalu prochází energetickou změnou. V souladu s cíli EU dochází ke snahám zvýšení energetické účinnosti a snížení emisí. Pro udržitelné plnění emisních cílů zpracovalo Ministerstvo Průmyslu a Obchodu (MPO) v roce 2014 aktualizovanou státní energetickou koncepci, jejíž součástí je mimo jiné predikce složení energetického mixu České republiky do budoucna. [4]. Očekávaný vývoj generované elektřiny dodávané jednotlivými zdroji v ČR je v následující tabulce.

Hrubá výroba elektrické energie		2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040
Černé uhlí	GWh	6 052,0	5 832,4	4 198,4	4 134,3	2 824,0	2 745,0	1 989,1
Hnědé uhlí	GWh	42 936,1	40 389,6	36 951,3	29 167,5	27 947,7	23 366,2	13 497,2
Zemní plyn	GWh	1 125,7	3 624,6	3 914,4	3 973,4	4 043,5	4 126,6	7 101,1
Ostatní plyny	GWh	1 080,4	1 130,5	1 130,5	1 130,5	1 130,5	1 130,5	1 130,5
Jádro	GWh	27 998,2	31 495,1	31 495,1	30 384,2	31 495,1	41 177,9	43 204,5
Ostatní paliva	GWh	814,8	848,6	917,4	1 294,5	1 446,3	1 446,3	1 446,3
OZE	GWh	5 902,8	10 122,3	11 548,8	13 742,0	15 125,6	17 638,7	20 173,0
<b>Celkem</b>	<b>GWh</b>	<b>85 910,0</b>	<b>93 443,2</b>	<b>90 156,0</b>	<b>83 826,4</b>	<b>84 012,7</b>	<b>91 631,2</b>	<b>88 541,7</b>

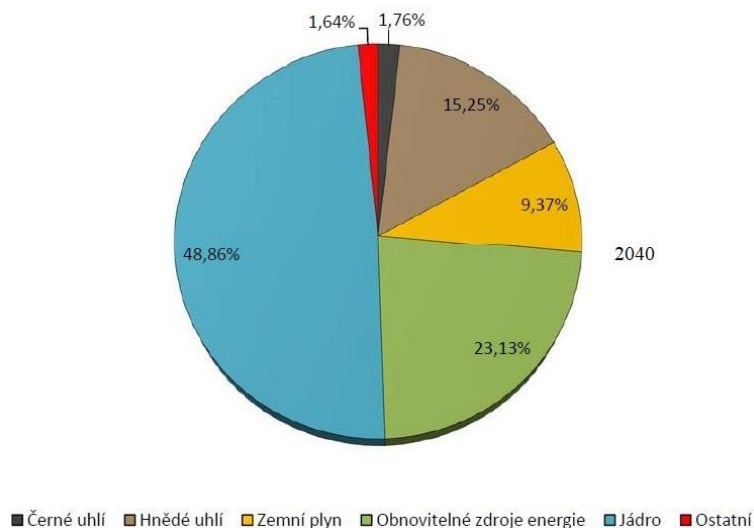
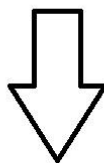
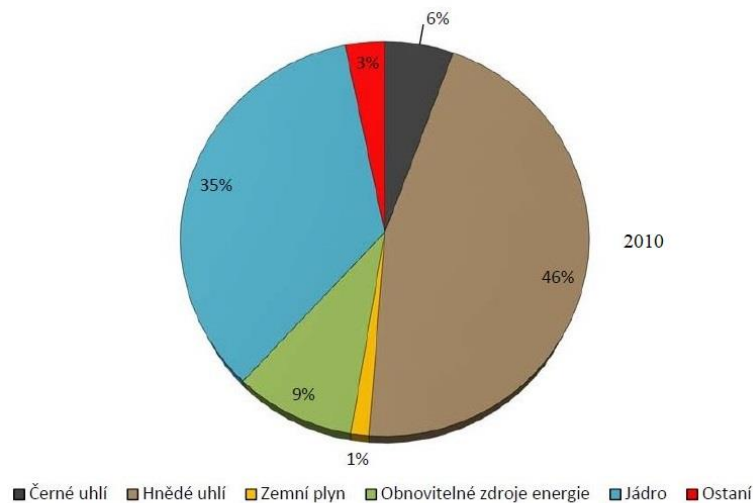
**Tabulka 2 Vývoj generované elektřiny z primárních zdrojů do roku 2040 [4]**

Jak je vidět MPO počítá s významným omezením, nicméně ne s úplným vyřazením černouhelných, a hlavně hnědouhelných elektráren. A to z důvodu jak zajištění stability dodávek, tak energetické bezpečnosti a určité soběstačnosti.

Dalším významným zdrojem energie je zemní plyn. Plynové elektrárny by měly vykrývat výkonové špičky, a proto se do budoucna počítá s jejich rozvojem.

Zajímavou položkou je energie vyrobená z jádra. Jak je vidět mezi lety 2030 a 2035 se počítá s nárůstem energie vyrobené v jádru o přibližně 10 000 GWh. Z čehož je jasné, že ASEK počítá s výstavbou či dostavbou jaderného zdroje. Vzhledem ke skutečnosti, že mezi lety 2035 a 2040 pravděpodobně skončí životnost jaderné elektrárny Dukovany, bude potřeba nahradit jejich výkon, a ještě zajistit dalších minimálně 1000 MW jaderného výkonu. To by znamenalo výstavbu dvou nových jaderných elektráren, nebo kompletní přestavbu Dukovan a dalšího jaderného zdroje. Nicméně jak už jsem zmínil v úvodu, zda se nakonec bude stavět a za jakých podmínek je otázka, na kterou zatím nikdo nezná odpověď.

Na čem se naštěstí politici a ASEK shodují, je zvyšující se role OZE v České energetice. V roce 2040 by měl podíl energie vyrobené z OZE dosahovat podle odhadů ASEK zhruba 23 %. Vývoj energetického mixu podle optimalizovaného scénáře ASEK od roku 2010 do roku 2040 je v následujícím obrázku.



**Obrázek 1 [4]**

Je tedy patrné, že primární zdroj do budoucna je podle optimálního scénáře ASEK jádro. To by mělo pokrývat zhruba 50 % spotřeby České republiky. Nicméně z důvodů popsaných výše je rozvoj jádra poměrně nejistý. Proto se v této práci budu zabývat rozvojem zdrojů, které mají v současnosti mnohem větší politickou podporu, a to jsou OZE. Je však jasné, že ne všechny obnovitelné zdroje mají v podmínkách České republiky stejný potenciál.

## 2.1 Vývoj OZE

Struktura a očekávaný vývoj elektrické energie z OZE podle ASEK je v následující tabulce. Tento dokument je sice již z roku 2014, nicméně v době psaní této diplomové práce nejsou k dispozici relevantnější data. Je k dispozici „návrh vnitrostátního plánu v oblasti ochrany klimatu a energetiky“ z prosince 2018 [5], ale tento dokument ještě není schválený, a proto budu vycházet z posledního schváleného dokumentu, kterým je ASEK.

OZE		2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045
Biomasa	GWh	1 492,0	1 878,9	2 331,0	2 540,6	3 243,4	3 946,1	4 648,8	4 647,1
Bioplyn	GWh	634,6	2 754,0	3 121,2	3 416,0	3 696,0	3 976,0	4 256,0	4 536,0
BRKO	GWh	35,6	91,2	138,1	310,0	425,2	425,2	425,2	425,2
VE	GWh	2 789,5	2 475,6	2 522,7	2 524,5	2 526,2	2 528,0	2 529,7	2 531,5
VTE	GWh	335,5	647,2	1 013,8	1 328,4	1 598,4	1 945,8	2 291,4	2 291,4
FVE	GWh	615,7	2 275,5	2 403,6	3 567,4	3 567,4	4 725,7	5 883,9	5 883,9
GEO	GWh	0,0	0,0	18,4	55,2	69,0	92,0	138,0	138,0
<b>OZE celkem</b>	<b>GWh</b>	<b>5 902,8</b>	<b>10 122,3</b>	<b>11 548,8</b>	<b>13 742,0</b>	<b>15 125,6</b>	<b>17 638,7</b>	<b>20 173,0</b>	<b>20 453,1</b>

**Tabulka 3 Očekávaný vývoj OZE do roku 2045 [4]**

## **GEO**

Nejméně výrazným zdrojem v prostředí České republiky bude geotermální. Na to, jaký bude mít do budoucna doopravdy potenciál, bude MPO zpracovávat ještě studie, nicméně alespoň do roku 2040 nepůjde pravděpodobně o nijak významný zdroj energie.

## **BRKO**

To samé se dá říci o biologicky rozložitelném komunálním odpadu. Spíše než o vyrobení maximálního množství energie jde o snížení množství odpadu na skládkách. Toto množství se však nedá snižovat donekonečna, a tak již v roce 2030 se dá předpokládat dosažení limitu výroby.

## **VTE**

Další zdroj, který je ve světě instalován stále více, jsou větrné elektrárny. V České republice brzdí jejich rozvoj nedostatek vhodných lokalit, a pokud už nějaké máme, jsou většinou v chráněných krajinných oblastech. Z toho důvodu se dá předpokládat, že okolo roku 2040 se využijí všechny dostupné lokality a výroba bude dále zhruba konstantní.

## **VE**

Vodní elektrárny jsou obnovitelný zdroj, jehož potenciál už je v České republice už skoro vyčerpán. Proto se do budoucna počítá spolu s úbytkem vody v řekách také s poklesem generované elektřiny z tohoto zdroje.

## **Bioplyn**

Jako třetí nejdůležitější obnovitelný zdroj bude pravděpodobně bioplyn. Tím se myslí plyn jímáný při fermentaci ČOV a různých druhů odpadů. Jeho zdroje jsou v České republice omezené, nicméně zefektivnění technologií povede k pozvolnému zvyšování generované energie z tohoto zdroje.

## **Biomasa**

Pouze o něco málo více generované elektrické energie je odhadováno z biomasy. Zde se jedná zejména o výrobu tepla ze štěpky, celulózných výluh a briket. Tento zdroj má však omezení ve formě velkých přepravních nákladů. Stavět zdroj spalující biomasu více jak 60 km od místa výroby je ekonomicky velice nevýhodné, a proto časem dojde také k vyčerpání vhodných lokalit a ke stagnaci množství vyrobené energie.

## FVE

Nejvýznamnějším obnovitelným zdrojem pro Českou republiku budou minimálně do roku 2045 fotovoltaické elektrárny. Skokové snížení výrobních nákladů přineslo v minulosti jejich prudký rozvoj a v blízké budoucnosti se očekává ještě větší. V podmínkách České republiky ovšem není příliš efektivní stavět velké solární elektrárny. Zabírají totiž mnoho místa, které by mohlo být alternativně využito jako zemědělská půda. To otvírá prostor pro menší fotovoltaické systémy, které mohou být na střeše v podstatě každé budovy a jejich potenciál je tak do budoucna dán pouze ekonomickým zhodnocením tohoto zdroje. A přesně tomu se bude věnovat tato práce.

### 3 Rozvoj FVE v České republice

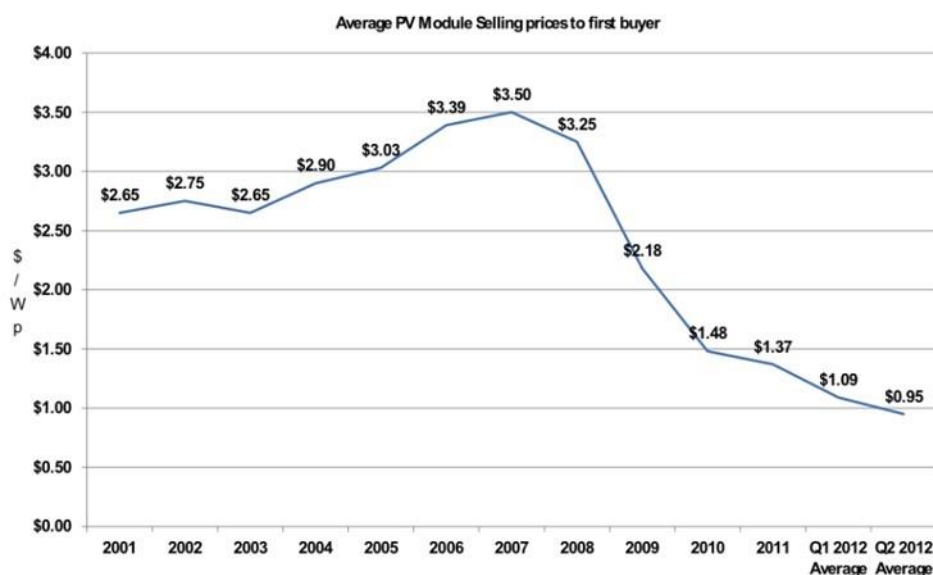
První solární elektrárny se začaly v ČR objevovat již v minulém tisíciletí, nicméně pouze jako pilotní projekty. Bylo totiž jasné, že aby byly solární zdroje rentabilní, bude potřeba nějaká forma státní dotace. První formou podpory v České republice bylo v roce 2002 zavedení garantované výkupní ceny elektřiny z FVE na 6 Kč/kWh. Nicméně to bylo zcela nerentabilní.

V roce 2004 MPO ve spolupráci s MŽP připravily vládní návrh zákona o podpoře obnovitelných zdrojů. V tomto návrhu byl plánovaný instalovaný výkon FVE v celé ČR 15 MWp, z čehož vyplývá, že v tu dobu nikdo neuvažoval o FVE jako o rentabilním nebo důležitém zdroji.

Proto v roce 2006 vstoupil v platnost zákon 180/2005 Sb. [6] o podpoře OZE, kterým ERÚ stanovil výkupní cenu elektřiny ze solárních zdrojů pro rok 2006 na 14,37 Kč/kWh. Vypáčení této částky bylo uzákoněno na 20 let. V zákoně byl stanoven maximální meziroční pokles výkupní ceny pro FVE postavené v následujících letech na 5 % ročně. Cílem tohoto kroku bylo dostat NPV pro nové FVE na nulu a WACC na úroveň okolo 7 %.

V roce 2007 byly uvedeny do provozu první čtyři FVE s instalovaným výkonem větším než 0,5 MWp. Celkový instalovaný výkon byl v tu dobu 3,4 MWp, a MPO na základě toho upravila odhadovanou hodnotu instalovaného výkonu na 10 MWp v roce 2010.

Na začátku roku 2009 došlo, důvodem masové produkce solárního křemíku v Číně a k razantnímu poklesu nákladů, na výrobu solárních panelů, které zlevnily až o 50 % a následně dále klesaly.



Obrázek 2 Vývoj průměrné ceny FV panelu [7]

Jako následek došlo k nekontrolovanému rozvoji fotovoltaických elektráren známého v České republice jako solární boom. V jeho důsledku došlo ke zvýšení cen elektrické energie prostřednictvím příspěvků na OZE. (V roce 2006 byl příspěvek na POZE 28 Kč/MWh, od té doby stoupal, až v roce 2013 dosáhl svého maxima

583 Kč/MWh. V roce 2014 byl potom ustanoven na hodnotě 495 Kč/MWh s tím, že zbytek bude hrazen ze státního rozpočtu.)

V roce 2010 kvůli neudržitelnému rozvoji přestaly, na základě analýzy EGÚ Brno a žádosti ČSRES, vydávat distribuční společnosti licence na připojení FVE k síti.

Od roku 2013 se podpora pro všechny solární elektrárny v rámci garantovaných výkupních cen zrušila úplně. Průběh rozvoje FVE v České republice zachycuje následující graf. Zajímavé je zejména srovnání odhadů instalovaného výkonu na rok 2010 se skutečnou hodnotou.

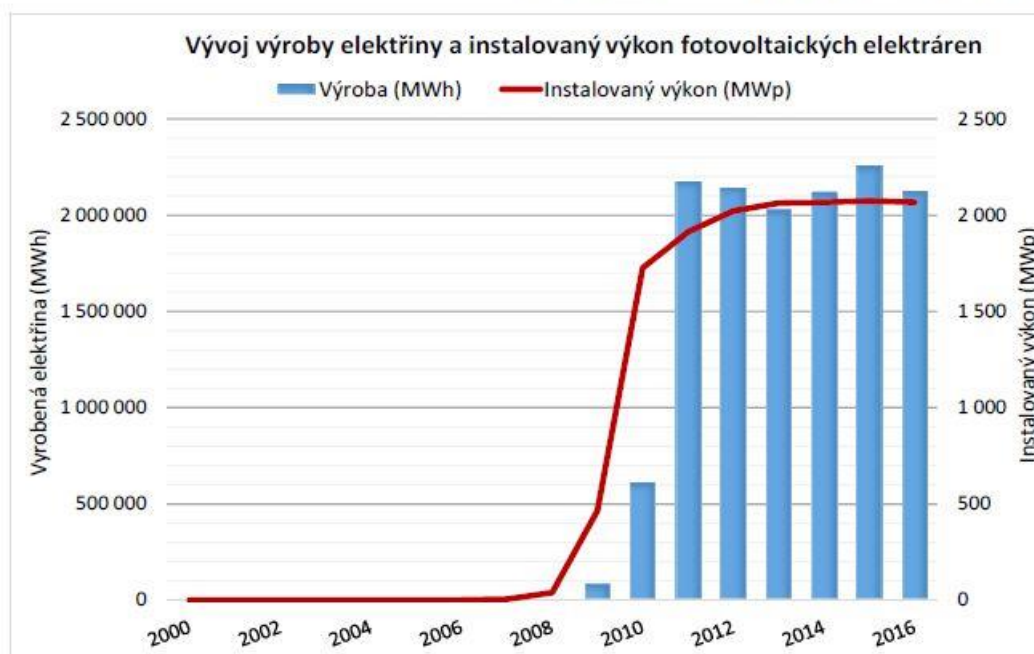
Vývoj výroby elektřiny a instalovaný výkon fotovoltaických elektráren

FTV	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Výroba (MWh)	50	81	116	184	291	414
Instalovaný výkon (MWp)	0,072	0,124	0,155	0,289	0,413	0,586

FTV	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Výroba (MWh)	592	2 127	12 937	88 807	615 702	2 182 018
Instalovaný výkon (MWp)	0,841	3,961	39,5	464,6	1 727	1 913

FTV	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Výroba (MWh)	2 148 624	2 032 654	2 122 869	2 263 846	2 131 455	
Instalovaný výkon (MWp)	2 022	2 063,5	2 067,4	2 074,9	2 067,9	

Zdroj dat: MPO (2000-2007); ERÚ (od 2008); ČEPS; OTE



Obrázek 3 Vývoj výroby elektřiny a instalovaný výkon FVE [8]

Od roku 2013 se tedy, nejen v České republice, počítá s rozvojem solární energetiky spíše ve formě menších systémů než velkých elektráren. Vzhledem k faktu, že se dají potenciálně umístit na střechu nebo fasádu skoro každé budovy, se odhaduje, že jejich technický potenciál je pouze na střechách budov 10,5 GW instalovaného výkonu. Tabulka s celkovým technickým potenciálem malých FVE je níže.

FVE potenciál	instalovaný výkon (GWp)
střechy rezidenčních budov	6,2
střechy nerezidenčních budov	4,3
fasády rezidenčních budov	8,8
fasády nerezidenčních budov	4,4
<b>celkem</b>	<b>23,7</b>
brownfieldy	15,3
<b>celkem</b>	<b>39,0</b>

**Tabulka 4 Celkový potenciál FVEv ČR [9]**

Při využití všech dostupných ploch včetně brownfieldů (nedostatečně využívaný pozemek, objekt nebo areál), je celkový potenciál dokonce 39 GWp. Při využití alespoň poloviny celkově dostupných ploch by měla Česká republika dostatek čisté energie pro splnění našich závazků do roku 2030.

V současnosti je pro získání dotace maximální instalovaný výkon FVE limitován na 10 kW. To je důvod, proč se v této práci budu nadále zabývat pouze těmito malými FVE.

## 4 Státní pobídky – Nová zelená úsporám

I přes markantní snížení cen solárních panelů v roce 2008 a klesajících cenách ostatních komponent je stále nerentabilní postavit malou FVE bez jakékoliv formy státní dotace. Při pohledu do historie je zřetelná korelace výhodných státních dotací s výstavbou nových FVE. Z tohoto důvodu je možné tvrdit, že státní dotace de facto řídí trh s fotovoltaickými elektrárnami. Dotační program podporující obnovitelné zdroje v České republice se nazývá Nová zelená úsporám. Od roku 2014 je v rámci tohoto programu možnost získat dotace bez licence a tím pádem složité administrativy, což usnadňuje stavbu hlavně domácnostem a malým podnikům. Základní podmínka je však taková, že velikost systému nesmí přesáhnout 10 kWp instalované kapacity. Tabulka výše dotací tohoto programu pro podporu fotovoltaických systémů se nachází níže.

## Podporované typy solárních systémů

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

Tabulka 5 Výše podpory v rámci programu Nová Zelená Úsporám [10]

### 4.1 C3.3 - Fotovoltaický ohřev vody

První kategorie podporovaných solárních systémů je termický systém na ohřev teplé vody. Tento systém má být výhodný zejména kvůli jeho pořizovací ceně. Solární panely produkují stejnosměrný proud, který se může rovnou použít pro nahřátí topného tělesa v bojleru a následně ohřev vody. Není tak nutně potřeba drahý střídač. Nicméně nějaký typ řídící jednotky potřebuje. Navíc se klasické bojler nedají pro tento systém použít kvůli nutnosti snést a odepnout velké proudy. Proto mají bojler určené k FV systémům s přímým ohřevem 2 spirály. Jednu klasickou na připojení do sítě na 230 V a druhou nízkonapěťovou, která snese vysoké proudy. Nová zelená úsporám navíc v rámci maximální využitelnosti generované elektřiny požaduje, aby měl bojler alespoň 80 litrů na jeden kW výkonu fotovoltaických panelů. Vzhledem k těmto podmínkám jsou tyto bojler o poznání dražší než klasické. Stojí okolo 19 000 Kč včetně DPH [11]. Kromě dotace 35 000 Kč uvedené v tabulce je možné získat ještě dotaci 5 000 Kč na zpracování odborného posudku. Celková dotace tedy může být až 40 000 Kč.

### 4.2 C3.4 - Fotovoltaické zdroje s tepelnou akumulací přebytků

Tento systém se oproti předchozímu liší v nutnosti použití střídače a je primárně určen ke spotřebě generované energie spotřebiči v domě. Elektřina, která se nespotřebuje, se využije stejně jako u předchozího systému k ohřevu teplé vody. Avšak nutná podmínka k získání této dotace je celkový využitelný zisk z FVE alespoň 1 700 kWh elektrické energie. Je tedy nutné postavit dostatečně výkonný systém. Další podmínkou je využití alespoň 70 % generované elektřiny přímo v místě spotřeby, což je závislé na velikosti spotřeby a diagramu spotřeby daného objektu, a pro účely získání dotace se ověřuje výpočtem. Následně je nutné mít u systému monitorovací elektroniku. Celková výše dotace je 55 000 Kč + 5 000 Kč na odborný posudek. Celkem tedy potenciálně až 60 000 Kč.

## 4.3 C3.5 - Fotovoltaické systémy s baterií

Poslední typ podporovaného systému je fotovoltaický systém s akumulací přebytků v baterii tzv. hybridní systém. Nutná podmínka je opět využitelnost alespoň 1700 kWh za rok plus nutnost pořídit monitorovací zařízení, které ohlídká, že bude minimálně 70% z celkového teoretického zisku spotřebováno v místě výroby. Jinak řečeno přetoky do sítě budou maximálně 30% generované elektřiny. Navíc musí být kapacita instalovaných baterií alespoň 1,25 kWh na 1kW instalovaného výkonu.

Pro tento typ systému existuje různá výše dotace podle celkového využitelného zisku za rok. K částkám uvedeným v tabulce (70 000, 100 000, 150 000) je opět možno připočíst 5000 Kč jako příspěvek na odborný posudek. [12]

## 5 Analýza situace malých solárních elektráren do 10 kW

Jak již bylo zmíněno v předešlých kapitolách, maximální velikost fotovoltaického systému, který může získat státní dotaci Nová zelená úsporám, je 10 kWp. Proto se budu v této práci zaměřovat zejména na tyto systémy.

Pokud se podíváme do historie, zjistíme, že až do roku 2013 ve statistikách úplně chyběla kategorie malých solárních elektráren do 10 kW. Naprostá většina generované energie totiž pocházela z velkých elektráren postavených většinou na zemědělských půdách nebo loukách, a tato kategorie byla tedy z tohoto hlediska zanedbatelná. Až do roku 2013 měly ERÚ i OTE přesné statistiky o všech instalovaných systémech, neboť na ně byla třeba potřeba licence. Graf vývoje FV zdrojů v porovnání s dalšími OZE je v následující tabulce a grafu.

### 7. Vývoj výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie (OZE)

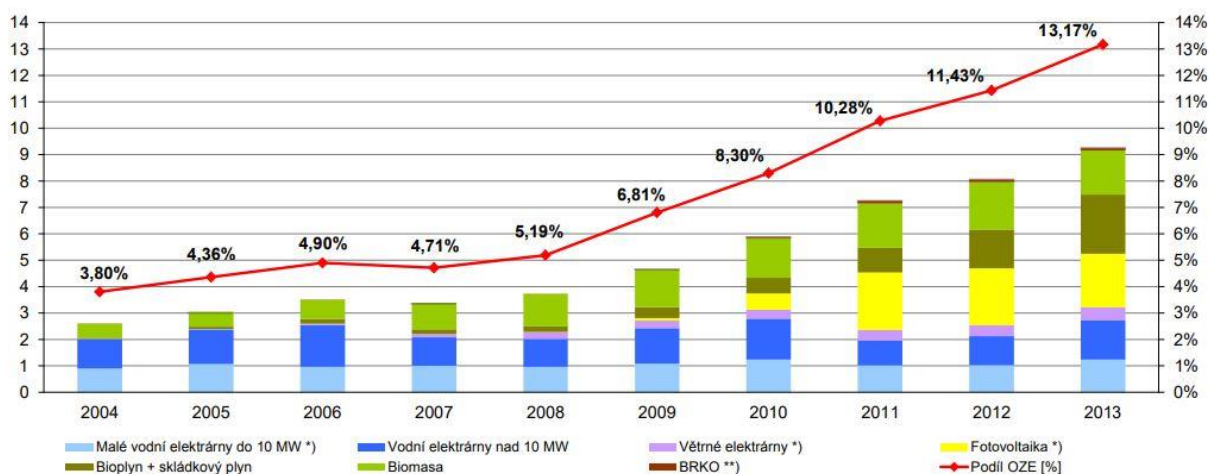
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Malé vodní elektrárny do 10 MW *)	903 200	1 070 710	964 400	1 001 845	966 884	1 082 683	1 238 819	1 017 878	1 026 254	1 236 978
Vodní elektrárny nad 10 MW	1 115 900	1 309 200	1 586 330	1 077 493	1 057 451	1 346 937	1 550 655	945 276	1 102 912	1 497 762
Větrné elektrárny *)	9 900	21 280	49 375	125 098	244 661	288 067	335 493	397 003	415 817	480 519
Fotovoltaika *)	100	68	170	1 754	12 937	88 807	615 702	2 182 018	2 148 624	2 032 654
Bioplyn + skládkový plyn	37 400	85 400	172 589	182 699	213 632	414 235	598 755	932 576	1 472 142	2 241 300
Biomasa	533 400	552 300	728 526	993 360	1 231 210	1 436 848	1 511 911	1 682 563	1 802 591	1 670 327
BRKO **)	10 031	10 612	11 260	11 280	11 684	10 937	35 580	90 190	86 686	83 842
<b>Celkem OZE [MWh]</b>	<b>2 609 931</b>	<b>3 049 570</b>	<b>3 512 650</b>	<b>3 393 509</b>	<b>3 738 459</b>	<b>4 668 514</b>	<b>5 886 915</b>	<b>7 247 504</b>	<b>8 055 026</b>	<b>9 243 382</b>

\*) údaje převzaty z OTE, a.s. \*\*) údaj převzat z statistiky MPO

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Tuzemská spotřeba elektřiny brutto [MWh]	68 615 700	69 944 500	71 729 500	72 045 200	72 049 267	68 600 000	70 961 700	70 516 541	70 453 278	70 177 356
<b>Podíl OZE [%]</b>	<b>3,80%</b>	<b>4,36%</b>	<b>4,90%</b>	<b>4,71%</b>	<b>5,19%</b>	<b>6,81%</b>	<b>8,30%</b>	<b>10,28%</b>	<b>11,43%</b>	<b>13,17%</b>

Tabulka 6 Vývoj výroby elektřiny z OZE do roku 2013 [13]

Vývoj výroby elektřiny z OZE a její podíl na hrubé domácí spotřebě [TWh]



Obrázek 4 Vývoj výroby elektřiny z OZE a její podíl na hrubé domácí produkci [13]

Od roku 2014, s příchodem programu Nová zelená úsporám, již licence není potřeba a úplně přesné statistiky tak již nejsou k dispozici. Je ovšem nutné ohlásit stavbu malého solárního zdroje, pokud je v plánu jeho

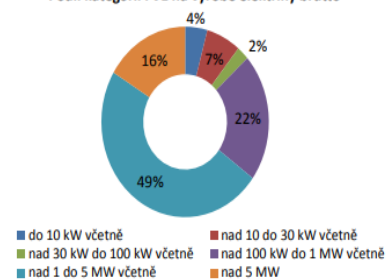


připojení do distribuční sítě. Avšak ani distributoři nemají přehled o ostrovních elektrárnách sloužících například pro ohřev vody. Data, která jsou nyní k dispozici, tedy neregistrují nelicencované fotovoltaické elektrárny tzn. nepodporované FVE. Přesto má ERÚ pořád k dispozici statistiky všech nových zdrojů, které žádají o dotace. Nově jsou také data o solárních zdrojích dělená do kategorií podle instalovaného výkonu. Přehled kategorií rozdělení dle ERÚ je naznačen v následující tabulce za rok 2014.

	Celkový instalovaný výkon [MW <sub>e</sub> ]	Výroba elektřiny brutto [MWh]	Technologická vlastní spotřeba elektřiny na výrobu elektřiny [MWh]	Výroba elektřiny netto [MWh]	Dodávka elektřiny do ES [MWh]
<b>FVE celkem</b>	<b>2 067,4</b>	<b>2 122 868,8</b>	<b>18 507,5</b>	<b>2 104 361,3</b>	<b>1 962 820,3</b>
do 10 kW včetně	94,0	91 105,7	40,2	91 065,4	59 827,7
nad 10 do 30 kW včetně	147,9	141 743,2	87,4	141 655,8	87 631,2
nad 30 kW do 100 kW včetně	51,8	50 104,5	153,6	49 950,9	39 855,1
nad 100 kW do 1 MW včetně	451,8	461 351,4	3 694,0	457 657,5	427 223,1
nad 1 do 5 MW včetně	989,0	1 032 035,8	7 672,2	1 024 363,5	1 013 457,7
nad 5 MW	333,0	346 528,3	6 860,1	339 668,2	334 825,6

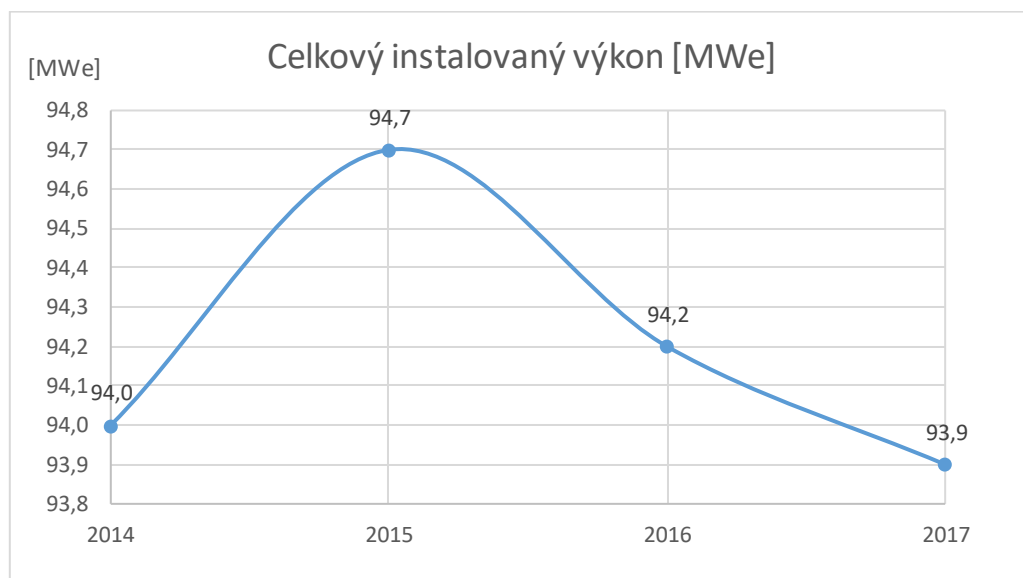
zdroj dat: OTE, a.s.

Podíl kategorií FVE na výrobě elektřiny brutto



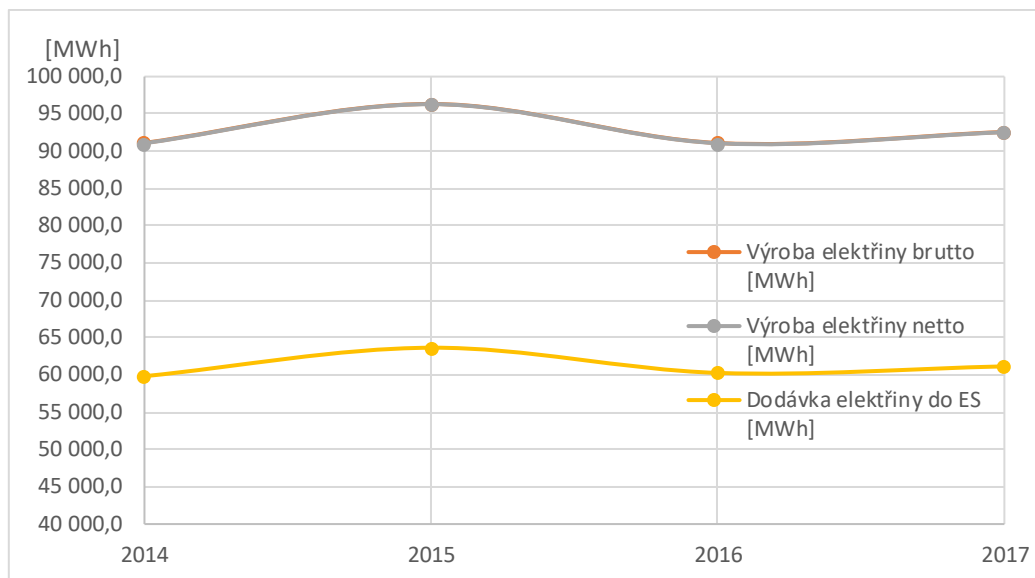
**Obrázek 5 Podíl kategorií FVE na bruttovýrobě energie [14]**

Pokud se zaměřím pouze na data z FVE do 10 kW, můžu z výročních zpráv ERÚ sestavit vývoj těchto systémů od roku 2014, tedy od zavedení programu Nová zelená úsporám.



**Obrázek 6 Instalovaný výkon ve FVE do 10 kWp z dat ERÚ [14]–[17]**

Graf vyrobené elektřiny a elektřiny dodané do sítě je níže



**Obrázek 7 Výroba elektřiny ve FVE do 10 kWp z dat ERÚ [14]–[17]**

Jak uvedené grafy z dat ERÚ naznačují, instalovaný výkon malých FVE do 10 kWp klesá a brutto výroba elektřiny zůstává přes mírné výkyvy konstantní. Nicméně jak bylo řečeno, tyto statistiky nejsou úplné, protože neregistrují nelicencované elektrárny. Přesto se však na základě těchto dat objevují zprávy, že instalovaný výkon v malých FVE navzdory dotacím klesá, což nemusí být nutně pravda. Největší pokles je v grafu z roku 2015 na 2016 o 0,5 MWe. Ale v roce 2016 bylo v programu Nová zelená úsporám z celkových 540 žádostí o nové FVE schváleno 254, což představuje nárůst výkonu o 825,8 kWp, jak je uvedeno v následující tabulce.

**Přehled FV systémů (oblast C33 až C36) v 3. výzvě RD NZÚ k 16. 1. 2017**

Oblast FV	Aktivní žádosti		Z toho schválené / akceptované žádosti		Z toho vyplacené žádosti	
	Počet žádostí	Instalovaný (špičkový) elektrický výkon (kWp)	Počet žádostí	Instalovaný (špičkový) elektrický výkon (kWp)	Počet žádostí	Instalovaný (špičkový) elektrický výkon (kWp)
C33 - Instalace solárního fotovoltaického systému pro přípravu teplé vody s přímým ohřevem	148	221,6	144	221,6	99	176,4
C34 - Instalace solárního fotovoltaického systému se střídačem (zisk >= 1700 kWh/rok)	248	4 200,7	239	4 195,7	95	364,3
C35 - Instalace solárního fotovoltaického systému se střídačem (zisk >= 3000 kWh/rok)	15	33,0	15	33,0	5	13,0
C36 - Instalace solárního fotovoltaického systému s akumulací elektrické energie a celkovým využitelným ziskem >= 3 000 kWh/rok	147	378,5	142	378,5	55	272,1
<b>Celkem</b>	<b>558</b>	<b>4 833,8</b>	<b>540</b>	<b>4 828,8</b>	<b>254</b>	<b>825,8</b>

**Tabulka 7 Přehled žádostí v programu Nová zelená úsporám k začátku roku 2017 [18]**

Za rok 2018 už bylo schváleno 391 žádostí pro FV systémy na přípravu teplé vody, 1459 žádostí na instalace FVE se střídačem a využitelným ziskem >= 1700 kWh/rok, 207 žádostí se ziskem >= 3000 kWh/rok a 687 žádostí se ziskem vyšším než 3000 kWh/rok. To znamená nárůst celkového instalovaného výkonu o minimálně 7 MWp [19]. Tento instalovaný výkon tedy zcela jistě pokryje úbytek výkonu způsobeného většinou porouchanými panely FVE postavenými před rokem 2014.

Bohužel navzdory zvyšujícímu se instalovanému výkonu v malých FVE celkový výkon ze všech solárních elektráren, jak vyplývá ze zprávy ERÚ [20] za roky 2016 a 2017, skutečně klesal. Důvodem bylo přerušení, nebo ukončení činnosti několika velkých FV elektráren postavených v letech 2007-2010. A tak se Česká republika stala pravděpodobně první zemí, kde klesal instalovaný výkon FVE 2 roky po sobě.

Pro zvrácení tohoto trendu je třeba zlepšit ekonomickou návratnost zejména malých FV systémů v podmínkách ČR, které by do budoucna dokázaly nahradit nejenom končící solární elektrárny postavené během solárního boomu, ale také nahradily část končících uhelných zdrojů.

## 6 Komponenty Fotovoltaického systému

Pro zhodnocení ekonomické návratnosti je třeba si stručně popsat hlavní a nejdražší části FVE.

### 6.1 Fotovoltaické panely

Jsou základní komponentou každého fotovoltaického systému. V současnosti většina firem používá panely první generace. Jedná se o monokrystalické, polykrystalické nebo amorfnní křemíkové panely. Podle dostupné plochy a lokality na FVE se pak většinou rozhodujeme mezi monokrystalickými a polykrystalickými panely. Monokrystalické jsou pro svou větší účinnost na m<sup>2</sup> panelu (dnes prodávané panely okolo 20%) vhodné pro menší dostupné plochy. Navíc stárnou mírně pomaleji než polykrystalické. Ty naproti tomu však mají o něco větší výtěžnost z rozptýleného světla, což je vhodné pro oblasti s méně příznivými světelnými podmínkami. Bohužel mají nižší účinnost při dobrých světelných podmínkách (dnes okolo 16%). Cena obou druhů panelů stejných výkonů je v současnosti v podstatě stejná. Běžně používané panely s výkonem 280 Wp stojí něco málo přes 3000 Kč/kus bez DPH [21]. Pro ilustraci přikládám obrázek, jak vypadají jednotlivé typy FV panelů. Zleva amorfnní, polykrystalický a dva monokrystalické



Obrázek 8 Příklady různých typů FV panelů [22]

### 6.2 Měnič

Pro všechny druhy systémů, kromě přímého ohřevu vody, je zapotřebí měnič (občas se používá pojem střídač nebo invertor). Měnič řídí celý systém a v současné době umí kromě přeměny stejnosměrného na střídavý proud podávat přes webové rozhraní informace o stavech systému nebo o vyráběné energii. Z těchto důvodů je někdy označován jako srdce FV systému. Měniče se dají jednoduše nejprve rozdělit podle počtu fází na jednofázové a třífázové. Jednofázové měniče mají dnes výkony cca do 4,5 kW, pokud má FV systém větší instalovaný výkon je třeba použít buď třífázový měnič, nebo více jednofázových. Další dělení je podle typu navrhovaného systému. Buď je nutné použít hybridní měnič, nebo klasický síťový. Síťový měnič je používán v případě systému s tepelnou akumulací přebytku elektřiny a u systémů s virtuální baterií. Tyto systémy používají síť většinou jako primární zdroj elektrické energie a FV systém jen jeho doplněk. Naproti tomu systémy s fyzickými bateriemi, kde je potřeba použít hybridní měnič, fungují z principu opačně. Většinu času si při správném navržení velikosti systému vystačí sami a pokud jsou baterie dostatečně nabitě, jsou dokonce schopny se galvanicky odpojit od sítě. Takový systém pak může pracovat de facto v ostrovním provozu se sítí pouze jako záložním zdrojem. Nicméně vzhledem k vysokým spínacím proudům některých spotřebičů jako třeba lednice je potřeba takovýto systém buď předimenzovat, aby nedocházelo v případě sepnutí spotřebiče k výpadku FV systému, nebo v ostrovním provozu tyto spotřebiče odpojit.

Měniče mají podle přenášeného výkonu poměrně široké cenové rozpětí. Obecně se však dá říci, že je to položka v řádech desítek tisíc korun, která bude potřeba minimálně jednou za životnost systému vyměnit. Pro ilustraci přikládám obrázek měniče pro fotovoltaické systémy s popisem jednotlivých částí.



Obrázek 9 Měnič pro FV systém [23]

### 6.3 Baterie

V současné době se baterie používané ve FV systémech dají rozdělit v podstatě do dvou kategorií. Baterie olověné a lithiové. Olověné baterie jsou ze zmíněných typů ty levnější a umí pokrývat výkonové špičky. Nevýhody jsou však větší rozměry zvýšené ztráty v případě vysokých odběrů a také menší hloubka vybití. Navíc ne všechny olověné baterie splňují podmínky programu Nová zelená úsporám. Olověné akumulátory mají hloubku vybití okolo 60 % a takto vydrží asi 2500 cyklů [24]. Naproti tomu lithiové baterie mají optimální hloubku vybití cca 80 % (někteří výrobci uvádějí až 100 %) a vydrží asi 6000 cyklů. Také jsou schopny podobně jako olověné dodávat okamžitě velké proudy. Jsou menší než olověné, ale většinou o poznání dražší. V současnosti je trendem největších firem poskytujících FVE na klíč dodávat tzv. Battery Boxy. Jedná se o inteligentní bateriové systémy, které už v sobě mají zpravidla zabudovaný i střídač. Životnost takovýchto řešení je uváděna při jednom 80 % vybití za den na 16 let [25]. To je o poznání více, než se běžně u baterií uvádí, nicméně i tak to znamená, že se budou muset bateriové články pravděpodobně během životnosti systému alespoň jednou vyměnit. A s tím bývá u výpočtu návratnosti FVE poměrně problém, protože se nejedná o vůbec levnou položku. V závislosti na typu baterie může stát až 60 000 Kč/kWh [26] (batteryboxy), v případě klasických baterií určených pro FV systémy zhruba pětinu [27]. Což znamená, že právě baterie jsou nejdražší položkou FV systému a jejich cena bude do budoucna zásadním způsobem ovlivňovat rentabilitu celého systému.

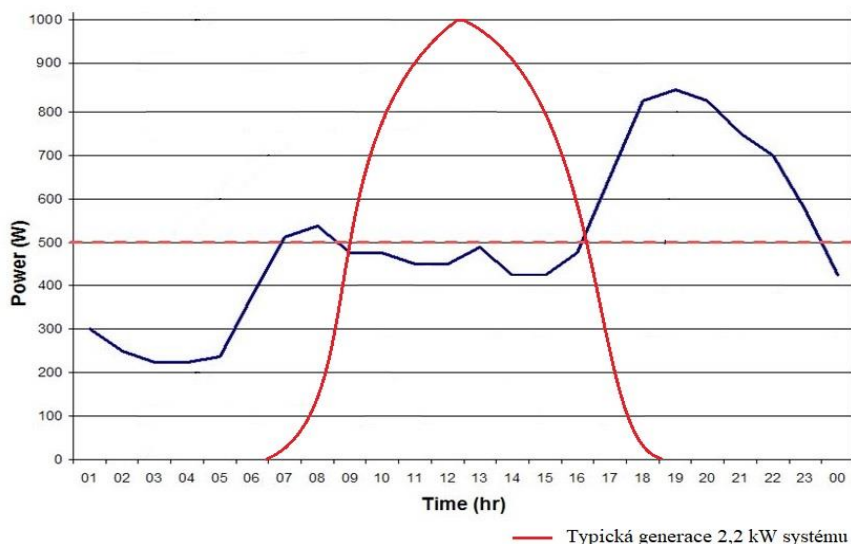


Obrázek 10 CES Battery Box [28]

## 7 Technická řešení FVE a akumulace energie

### 7.1 FV systém bez akumulace / s akumulací do vody

V této kapitole se zaměřím na výhody a nevýhody FV systémů bez baterií. Současný program Nová zelená úsporám podporuje v tomto směru 2 varianty. První varianta je FV systém bez jakékoliv formy akumulace elektrické energie nicméně s celkovým využitelným ziskem  $\geq 1700 \text{ kWh} \cdot \text{rok}^{-1}$ . Takový systém se v praxi příliš často nerealizuje. Spotřeba elektrické energie daného objektu by totiž musela být vždy dostatečně velká, aby využila generovanou elektřinu. Navíc tuto dotaci nelze dostat samostatně, ale je podmínka současně realizovat zateplení objektu, výměnu oken, či dveří, nebo instalovat větrací systém s rekuperací tepla. Druhou variantou je přebytky generované energie ukládat do vody a v momentě, kdy je bojler plně nahřátý, poslat zbytek do distribuční sítě, pokud na to má provozovatel FV systému smlouvu s provozovatelem distribuční soustavy. Modelový autorem vytvořený graf generace FV systému spolu se spotřebou průměrného domu je zobrazen níže.

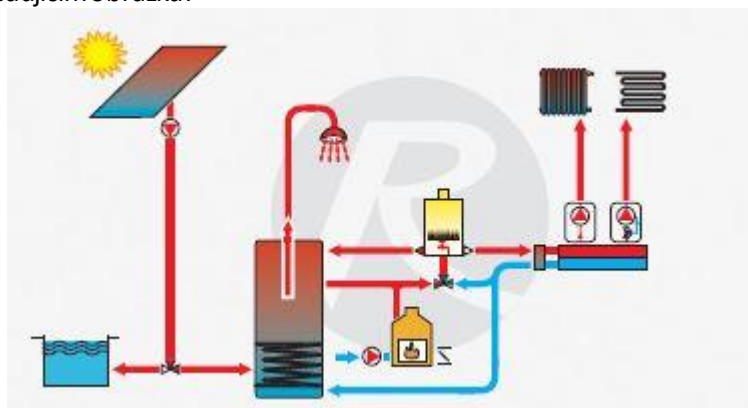


**Obrázek 11 Modelový příklad generace FVE a spotřeby v domě**

Jak je z modelového grafu vidět, maximum generace probíhá mezi 11 a 13 hodinou. Samozřejmě toto rozdělení je závislé na ročním období, počasí i chování zákazníka, jak bude ukázáno v následujících kapitolách. Pro tento případ bez akumulace by zhruba 50 % generované energie přeteklo do distribuční sítě, za což provozovatel FV systému dostane cenu dohodnutou se svým distributorem. Na území hlavního města Prahy nejsou přetoky do sítě zpoplatněny, ale výkupní cena je nulová, dá se tedy říct, že provozovatel FVE daruje tuto energii soustavě. Společnost ČEZ nabízí jako kompenzaci 40 % z ceny silové elektřiny v rámci sjednaného tarifu v programu „Elektřina pro soláry“ a společnost E.ON poskytuje službu virtuální baterie, kterou budu rozebírat a počítat později.

Při ceně vyrobené kWh z malého dobře navrženého systému, která se pohybuje v rozmezí mezi 3–5 Kč [29] za kWh, je zřejmé, že je ekonomické spotřebovat co nejvíce energie v místě spotřeby. Tato cena ale vychází ze zjednodušených výpočtů, které neuvádějí, nebo neuvažují cenu peněz a další důležité parametry. Proto bude v praktické části této práce spočítána ekonomická efektivnost FVE s respektováním všech důležitých parametrů.

Při pohledu na graf je zřejmé, že alespoň nějaká forma akumulace generované el. energie potřeba je. Nejjednodušší forma je akumulace přebytků do vody. Program vyžaduje kapacitu alespoň 80 l vody na instalovanou kW. V praxi tedy u malých systémů s výkonem okolo 1,6 kWp stačí bojler s objemem 160 nebo 200 l. Takovýto bojler není nijak vysokou investicí, jelikož v současné době stojí okolo 6000 Kč [30] (v systému se střídačem, kde stačí použít klasický bojler, u přímého ohřevu jsou bojler dražší). K bojleru se dá navíc jako další akumulační médium použít například bazén. Pro přípravu teplé vody zejména v zimních zatažených dnech se navíc do systému přidává ještě plynový/elektrický kotel a krb s krbovou vložkou. Schéma možného zapojení je na následujícím obrázku.



**Obrázek 12 Příklad systému s akumulací do vody a s přehříváním vody plynovým kotlem [31]**

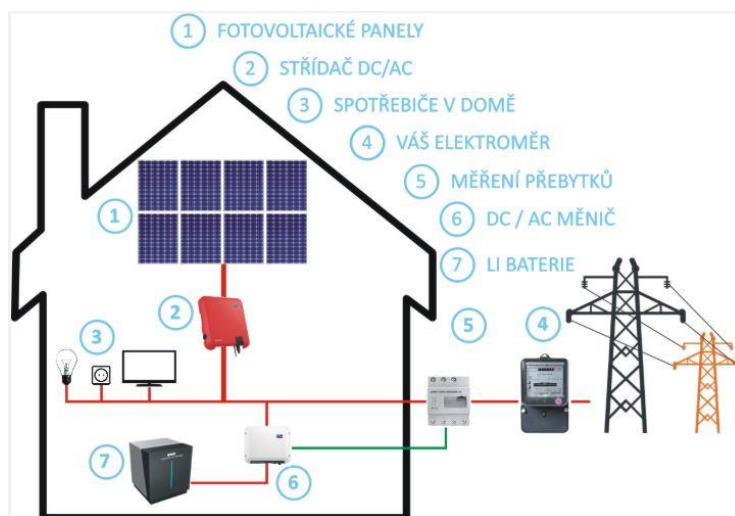
Hlavní výhodou tohoto systému je tedy pořizovací cena. Vzhledem k nízké ceně akumulčního média a možné absenci drahého střídače se může cena tohoto systému pohybovat dokonce pod hranicí 100 000 Kč [32]. Nicméně pokud budeme uvažovat absenci střídače, bude systém určen čistě a pouze k ohřevu teplé vody a bude generovat nejvíce elektrické energie zejména v letních měsících, kdy teplé vody není úplně tolik za potřebí. Může se tedy stát, že bojler nebude schopen pojmout všechnu generovanou energii a bude třeba systém odpojit. Vzhledem k absenci střídače nelze elektřinu poslat ani do sítě.

Budeme-li tedy uvažovat v tomto systému střídač, díky kterému můžeme spotřebovat alespoň část generované elektřiny v objektu, zvedneme sice cenu systému na úroveň nad 100 000 Kč, nicméně využitelnost energie bude mnohem vyšší a bude tedy jednodušší dodržet podmínku celkového využitelného zisku  $\geq 1700 \text{ kWh.rok}^{-1}$ . Bohužel takovýto systém zpravidla stejně nemůže fungovat při výpadku sítě tzn. nedá se používat v ostrovním provozu. K tomu už by bylo potřeba dodat do systému i baterie a řídicí systém. Jediná výhoda tohoto typu systému tedy spočívá ve snížení nákladů za odebranou elektrickou energii ze sítě. Jak moc je toto řešení finančně efektivní budu počítat v následujících kapitolách.

## 7.2 FV systéms fyzickou baterií

Jediné řešení FV systému, které může fungovat i při výpadku sítě a může tak teoreticky při respektování určitých omezení fungovat jako záloha pro daný objekt. Je však opět nutné brát v úvahu zejména vysoké spínací proudy spotřebičů s motory, jak již bylo uvedeno v předchozích kapitolách.

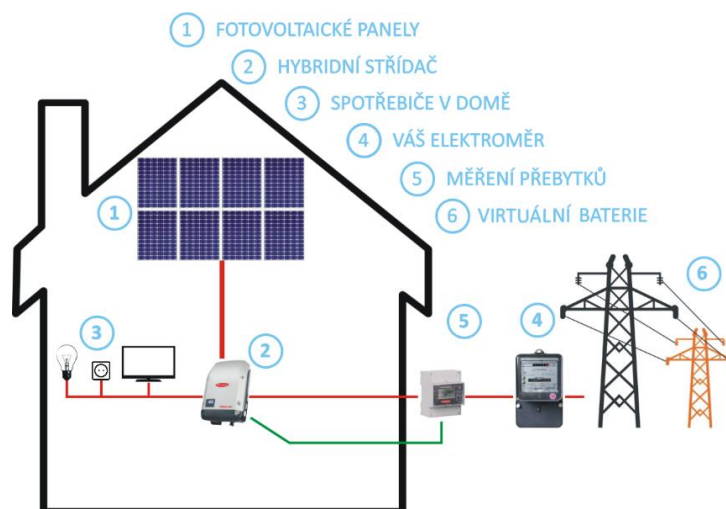
Co se týče typu baterie jsou z hlediska obdržení podpory na výběr 2 možnosti. Buď se dají používat moderní baterie zejména na bázi lithia s minimální měrnou kapacitou  $1,25 \text{ kWh/kWp}$  instalovaného výkonu, nebo použijeme akumulátory na bázi olova s minimální měrnou kapacitou  $1,75 \text{ kWh/kWp}$ . Využitelný zisk přitom nesmí být menší než 1700 resp. 3000 resp. 4000 kWh/rok což se ověří výpočtem. [33] Schéma takového systému je níže.



Obrázek 13 Příklad schématu FV systému s akumulací do baterií [34]

## 7.3 FV systéms virtuální baterií

Protože fyzické baterie jsou poměrně drahou součástí FV systému a většina těchto systémů je stejně připojena na distribuční síť, začali provozovatelé některých distribučních soustav nabízet tzv. virtuální baterie. V principu za nějaký měsíční poplatek si můžete ze sítě bezplatně odebrat stejné množství energie, jako jste dodali. Tato služba je poměrně nová a v současné době je na trhu pouze jedna takováto nabídka, ale jedná se rozhodně o zajímavou alternativu, například do doby, než ceny baterií klesnou na přijatelnější úroveň. Schéma takového systému je na následujícím obrázku.



Obrázek 14 Příklad schématu FV systému s akumulací do virtuální baterie [34]

## 8 Nabídka malých FVE na českém trhu

Po představení různých typů systémů je k návrhu malého systému prozkoumat nabídku na našem trhu. Ještě před tím je ale potřeba se rozhodnout, jestli budu navrhovat systém postavený svépomocí, nebo zvolím řešení dodávané tzv. na klíč. Vzhledem k tomu že pro získání dotace Nová zelená úsporám je potřeba dokládat projektovou dokumentaci, energetické hodnocení budovy, odborný posudek, krycí list technických parametrů, revizní zprávu a vyřízení smlouvy o připojení k síti s příslušným provozovatelem, je pro naprostou většinu potenciálních zákazníků lepší si nechat postavit elektrárnu na klíč s garantovanou státní dotací. Dotaci je totiž možné dostat až po dokončení stavby a případné nedodání některého z dokumentů, nebo nedodržení energetických specifikací by mohlo vést k zamítnutí žádosti o dotaci. Což by celý systém ve většině případů téměř dvojnásobně prodražilo. Vzhledem k těmto skutečnostem nebudu uvažovat v této práci stavbu svépomocí a veškerá uváděná řešení budou tzv. na klíč. V následujících tabulkách uvedu stručný přehled dodavatelů na českém trhu. Kompletní tabulka těchto firem sice neexistuje, nicméně jen prostým hledáním na internetu se mi jich podařilo najít přes 50. [35] [36] V následujících tabulkách jsou nabídky největších firem na českém trhu.

Jako první jsem zpracoval tabulku se systémy s akumulací do teplé vody. K těmto systémům je potřeba instalovat bojler, který v naprosté většině případů není součástí nabízeného systému. Protože většina uvažovaných zákazníků pro tyto FVE nemá instalovaný dostatečný zásobník teplé vody počítal jsem spolu s pořízením FVE pořízení nového elektrického ohřívače teplé vody od firmy ELIZ [30].

Dodavatelé FVE s akumulací do vody	Výkon FVE	Kapacita akumulčního média	Cena akumulčního média bez DPH	Celková cena bez DPH	Celková cena s DPH	Celková jednotková cena s DPH
	kWp	l	Kč	Kč	Kč	Kč/kWp
www.termenergy.cz	2.1	200	10 271	118 880	137 328	65 394
www.termenergy.cz	3.12	300	14 167	150 448	173 865	55 726



www.iqenergy.cz	1.62	160	6 508	83 503	96 419	59 518
www.iqenergy.cz	2.16	200	10 271	109 016	125 985	58 326
www.iqenergy.cz	3.24	300	14 167	138 040	159 596	49 258
www.elektroma.cz	2.16	200	10 271	106 775	123 408	57 133
www.elektroma.cz	2.5	200	10 271	115 271	133 178	53 271
www.elektroma.cz	3	300	14 167	134 158	155 132	51 711
www.sollaris.cz	1.5	160	6 508	78 261	90 390	60 260
www.sollaris.cz	2	200	10 271	93 913	108 616	54 308

**Tabulka 8 Přehled systémů na českém trhu s akumulací do vody**

Uvedené celkové ceny jsou před odečtením dotace C 3.4, která v současnosti činí 35 000 Kč plus 5000 Kč na dokumentaci, pokud se jedná o přímý ohřev teplé vody a 55 000 Kč plus 5000 Kč, pokud je v systému střídač a do vody posílám přebytečnou energii.

Pro porovnatelnost různých velikostí systémů jsem ceny přepočítal na 1 kWp. Jak je vidět u větších systémů, lze se s cenou dostat dokonce pod hranici 50 000 Kč/kWp. Po započítání dotace se ceny pohybují okolo 34 000 Kč/kWp. Při následném výběru velikosti systému je však potřeba zvážit využitelnost takového množství teplé vody.

Jako další jsem srovnal nabídku systémů dodávaných s fyzickou baterií.

Dodavatelé FVE s baterií	Výkon FVE	Kapacita baterie	Celková cena bez DPH	Celková cena s DPH
	kWp	kWh	Kč	Kč
ČEZ a.s. (Battery Box)	4.41	7.2	252 058	304 990
ČEZ a.s.	3.12	4	303 205	348 686
ČEZ a.s.	2.6	4	218 407	251 168
ČEZ a.s.	5.2	7.5	459 655	528 603
www.elektrozslunce.cz	3.575	4.8	227 082	261 144
www.elektrozslunce.cz	4.95	7.2	420 310	483 357
www.s-power.cz	1.89	2.4	147 826	170 000
www.sollaris.cz	3.12	7.2	299 703	344 659
www.sollaris.cz	3.64	7.2	315 652	363 000
www.sollaris.cz	4	7.2	339 977	390 973

www.sollaris.cz	6.5	11.6	473 838	544 914
www.neosolar.cz	1.71	6	102 438	123 950
www.neosolar.cz	2.52	6.8	183 174	210 650
www.neosolar.cz	3.36	6.8	215 739	248 100
www.iqenergy.cz	2.43	4.32	162 250	186 588
www.iqenergy.cz	2.7	5.04	170 777	196 394
www.iqenergy.cz	3.24	4.8	223 998	257 598
www.iqenergy.cz	3.78	6	317 443	365 059
www.iqenergy.cz	5.4	7.5	369 916	425 403
EON a.s.	3	4.5	340 870	392 000
EON a.s.	5	7.5	426 087	490 000

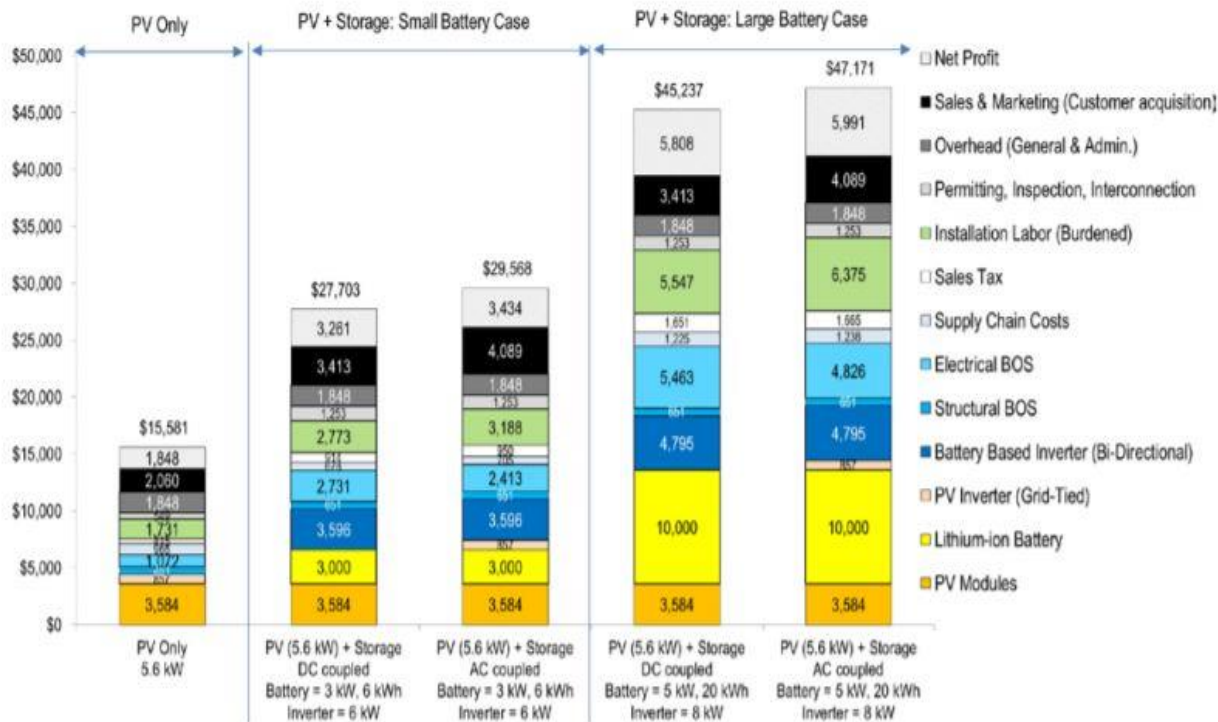
**Tabulka 9 Přehled systémů na českém trhu s akumulací do baterií**

Uvedené ceny jsou opět bez dotace, která v tomto případě činí 75 000 resp. 105 000 Kč. Pokud bych stejně jako v předchozím případě přepočítával systémy na cenu 1 kWp, dostanu se na číslo okolo 90 000 Kč, ale vzhledem k tomu, že v tomto případě tvoří významnou část ceny systému baterie a u každé nabídky je její velikost jiná, nelze tyto částky porovnávat tak jako u systémů s akumulací do vody.

Poměrně zajímavá je nabídka od společnosti ČEZ, která v limitované sérii nabízí pro prvních 100 zákazníků 4,41 kWp systém se smart Battery boxem za cenu 199 990 Kč po odečtení dotace [37]. Ve srovnání s ostatními nabídkami podobných systémů je rozhodně nejlevnější a ukazuje kam se může eventuálně český trh se solárními systémy už v blízké době posunout.

## 9 Složení ceny fotovoltaického systému

V předchozí kapitole jsem srovnával ceny různých obchodníků nabízejících malé fotovoltaické systémy na českém trhu. Abych však mohl určit, co nejvíce ovlivňuje efektivnost takového systému, je nutné zjistit, jak ceny jednotlivých komponent přispívají ke konečné ceně. Složení ceny fotovoltaického systému připraveného k provozu je v následujícím grafu.



Obrázek 15 Analýza struktury cen FVE z USA pro rok 2016 [38]

Tento graf zpracoval National Renewable Energy Laboratory (NREL) při cenách ve spojených státech v roce 2016. Nicméně pokud srovnám cenu PV systému 5,6 kWp s 6 kWh baterií a zohledním pokles cen komponentů za poslední 3 roky dostanu zhruba stejnou cenu, jako na českém trhu. V tomto porovnání mi však půjde spíše o poměry cen. Jak je z grafu vidět, PV systém 5,6 kWp bez baterie stojí zhruba polovinu toho, co s 6 kWh baterií, a dokonce jen třetinu toho, co s 20 kWh baterií. Je tedy zřejmé, že baterie má dominantní roli ve složení ceny malých PV systémů, a navíc velice záleží na velikosti baterie. Správný návrh potřebné kapacity bude zásadním způsobem ovlivňovat ekonomickou efektivnost celého systému.

Pro zjištění potřebné velikosti bude potřeba znát chování daného spotřebitele, tedy jeho diagram spotřeby a čím je tento diagram ovlivněn.

- Diagram spotřeby

Prvním problémem je, že nenajdeme dva spotřebitele se stejným diagramem spotřeby, a proto dva naprosto identické FV systémy za stejnou cenu přinesou těmto spotřebitelům různou úsporu. Nicméně můžeme alespoň najít spotřebitele s podobným vzorcem chování, a tedy podobným diagramem spotřeby. Při návrhu FVE budu předpokládat malý systém do 10 kWp a budu uvažovat pouze spotřebitele, pro který je takový systém určený. Jedná se zejména o rodiny žijící v rodinném domě a mohou si tak na svoji střechu dát FVE, nebo firmy, které chtějí snížit svoje náklady za elektrickou energii a mají vlastní sídlo, resp. mají možnost využít střechu na FVE.

- Tarif zákazníka

Nicméně ještě důležitější než typ zákazníka, je jeho tarif. Denní diagram spotřeby každého zákazníka se poměrně výrazně změní při přechodu na jiný tarif. Proto bude tarifní struktura první věc, která mě bude při návrhu FVE zajímat.

## 10 Tarifní struktura České republiky pro NN

### 10.1 Regulovaná a neregulovaná složka elektrické energie

Je třeba si uvědomit, že cena elektřiny se v České republice skládá ze dvou složek: regulované a neregulované složky

- Regulovaná složka – Část ceny elektřiny tvořená ERÚ. Každý zákazník připojený k elektrické síti ji platí a její výše se odvíjí buď od spotřebovaných MWh, nebo se jedná o fixní platbu. Při stavbě FVE se tedy dá ušetřit pouze na platbách počítaných od odebraných MWh. Fixní platby zůstanou stejné. Do této složky patří položky, které mají už z principu monopolní charakter a musí být tedy regulovány. Jedná se o:
  - Poplatek za distribuci elektřiny – je u každého distributora jiný. ERÚ ho stanovuje na základě výpočtu na principu pokrytí nákladů za distribuci elektřiny v daném roce. Zde se platí za počet přenesených MWh elektrické energie.
  - Poplatek za činnost TSO (v České republice společnost ČEPS) - zejména za zajišťování systémových služeb. Taktéž se platí v závislosti na odebraných MWh.
  - Daň z elektřiny – jedná se o takzvanou ekologickou daň a vztahuje se k počtu odebraných MWh
  - Příspěvek na podporu elektřiny z POZE – V současnosti si lze vybrat ze dvou možností platby. Buď bude vázáná na velikost hlavního jističe, nebo na počet odebraných MWh, záleží na tom, která platba vyjde zákazníka výhodněji
  - Poplatek za jistič – jinak řečeno taky poplatek za rezervovaný výkon. Z pohledu investora do FVE představuje tato položka možnou úsporu pouze v případě snížení velikosti hlavního jističe, protože už nebude muset odebírat ze sítě tolik elektřiny. Nicméně ze zkušenosti majitelů FVE se jistič většinou ponechává i po připojení FVE stejný. Jedná se tedy o fixní měsíční poplatek
  - Poplatek za činnost MO (v České republice společnost OTE) - zejména za zajišťování trhu s elektřinou a zúčtováním systémových odchylek. Zde se taky platí fixní částka.
- Neregulovaná složka – Skládá se z takzvané silové elektřiny a pevné ceny za měsíc. Tato část ceny elektřiny nepodléhá regulaci a její tvorba se řídí tržními principy, jinak řečeno každý obchodník si ji může nastavit tak, jak uzná za vhodné. Z pohledu investora do nového solárního systému se jedná o tu složku, na které bude šetřit v první řadě. Až v návaznosti na snížení neregulované složky sníží i ostatní platby vázané na počet odebraných MWh.
  - Silová elektřina – počet MWh odebraných ze sítě. Jak bude v následujících kapitolách ukázáno na reálných příkladech, tvoří zhruba 20 % z celkových plateb za elektřinu pro maloodběratele. Při stavbě FVE nebude muset být tato elektřina odebrána ze sítě a je tedy hlavní úsporou při stavbě FVE.
  - Pevná cena za měsíc – představuje manévrovací prostor pro každého obchodníka. Nemusí být nutně vázaná na cenu silové elektřiny na trzích, kde obchodníci nakupují.

## 10.2 Jednotarifová a Dvoutarifová sazba pro maloodběratele elektrické energie

V podmínkách České republiky se dají sazby dělit ještě na jednotarifovou a dvoutarifovou. Což v praxi znamená, že některé tarify mohou mít dvě ceny na odběr elektrické energie za tzv. nízký tarif a vysoký tarif. Tyto Dvoutarifové sazby se používají zejména u těch spotřebitelů, u kterých se vyskytují elektrické spotřebiče náročnější na odběr elektřiny, např. bojler. Důvodem zavedení dvoutarifové struktury je snaha o zajištění stability distribuční sítě pomocí cenové motivace odběratelů. V době, kdy bývá spotřeba elektrické energie typicky nižší (například v pozdních nočních hodinách, kdy všichni spí) se pomocí signálu HDO (v současné době) aktivuje nízký tarif, ve kterém je cena elektřiny výrazně nižší než ve vysokém. To motivuje odběratele k zapnutí spotřebičů, které musí běžet po určitou část dne, ale není až tak důležité, která část to je. Typicky se jedná právě o bojler, nebo jiná akumulativní média třeba vytápění objektů. S přicházející érou chytrých spotřebičů se však počet těchto zařízení rozšiřuje o pračky, myčky, sušičky nebo nabíjení elektromobilů a jiné. Za dobu, ve které je počítán vysoký a nízký tarif je zodpovědný provozovatel distribuční soustavy, který tak rozhoduje podle pravidel stanovených ERÚ. ERÚ také rozhoduje o ceně regulované části elektřiny pro jednotlivé distributory [39]. V následující kapitole budu pro ilustraci vždy uvádět konečné ceny tarifů u společností E.ON, ČEZ a PRE.

## 10.3 Distribuční sazby

Po sečtení regulovaných a neregulovaných částí je elektrická energie nabízena v rámci distribučních (nebo též tarifních) sazeb. V České republice máme dvě základní skupiny: sazby pro domácnosti (s označením D) a sazby pro podnikatele (s označením C). Podmínky pro to, jaká sazba může být jakému zákazníkovi přiznána vydává každoročně ERÚ. Nicméně jaká bude konečná cena konkrétních tarifů je již na rozhodnutí jednotlivých obchodníků s elektřinou, protože mají k dispozici pro úpravu ceny neregulovanou složku.

Při návrhu a výpočtu ekonomické efektivity FV systému tedy bude důležité, jakou sazbu má daný investor a v případech dvoutarifových sazeb ještě v jakém tarifu zrovna neodebírám elektřinu ze sítě z důvodu dostatku generované elektřiny z FVE.

### 10.3.1 Sazba D 01d

Jednotarifová sazba pro domácnosti zejména s malou spotřebou. Tato sazba může být od 1. dubna 2017 přiznána pouze domácnostem nebo předávacím místům, do kterých není připojena výroba elektřiny. Pokud by tedy potenciální investor do FVE měl tuto sazbu, musí ji nejpozději v den připojení FVE do sítě změnit. Tato sazba může být navíc přiznána pouze do jmenovité proudové hodnoty hlavního jističe před elektroměrem 3x63 A včetně.

Tarif D 01d			
Cena za 1 MWh v Kč	E.ON	ČEZ	PRE
	5145,05	5199,22	5395,43

**Tabulka 10 Cena tarifu D 01d**

### 10.3.2 Sazba D 02d

Jednotarifová sazba pro domácnosti se střední spotřebou. Tato sazba už nemá omezení v připojení výroby elektřiny, což znamená, že se u této sazby v praxi můžeme setkat s připojenou FVE. Navíc už nemá omezení ve velikosti hlavního jističe před elektroměrem. Tato sazba je typická zejména pro středně velké rodinné domy a většinu bytů. Díky tomu, že k jejímu získání nejsou potřeba splnit žádné podmínky je nejrozšířenější sazbou pro domácnosti – najdeme jí zhruba v 65 % všech domácností. [40]

Tarif D 02d			
Cena za 1 MWh v Kč	E.ON	ČEZ	PRE
	4608,07	4597,04	4721,88

**Tabulka 11 Cena tarifu D 02d**

### 10.3.3 Sazba D 25d

Dvoutarifová sazba s operativním řízením doby platnosti nízkého tarifu po dobu minimálně 8 hodin. O tom, kdy bude jaký tarif rozhoduje distributor, nicméně smí rozdělit trvání NT a VT do maximálně tří intervalů, z nichž žádný nebude kratší než jedna hodina. Nutnou podmínkou pro získání tohoto tarifu je, že v místě spotřeby musí být instalován elektrický akumulární spotřebič pro vytápění objektu nebo elektrický akumulární spotřebič pro ohřev užitkové vody. Distributor navíc může blokovat používání těchto akumulárních spotřebičů v době trvání vysokého tarifu. [41]

Tarif D 25d			
Cena za 1 MWh v Kč	E.ON	ČEZ	PRE
Vysoký tarif	5388,65	4994,55	4767,97
Nízký tarif	2301,20	2244,91	2126,83

**Tabulka 12 Ceny tarifu D 25d**

### 10.3.4 Sazba D 26d

Dvoutarifová sazba s operativním řízením doby platnosti nízkého tarifu po dobu minimálně 8 hodin s vyšším využitím. Tento tarif se oproti D 25d liší v nutnosti mít instalovaný příkon všech akumulárních elektrospotřebičů minimálně 55 % hodnoty hlavního jističe. Alternativně nemusí být instalovaný příkon vyšší 55 %, ale spotřebitel musí prokázat, že výkon akumulárních spotřebičů odpovídá tepelným ztrátám objektu, nebo odpovídá minimálně 80 % pokrytí dílčí potřeby energie na vytápění uvedené v energetické náročnosti daného objektu.

Tarif D 26d			
Cena za 1 MWh v Kč	E.ON	ČEZ	PRE
Vysoký tarif	4016,00	3915,91	3369,41
Nízký tarif	2301,20	2244,91	2126,83

**Tabulka 13 Ceny tarifu D 26d**

### 10.3.5 Sazba D 27d

Dvoutarifová sazba s operativním řízením doby platnosti nízkého tarifu po dobu minimálně 8 hodin. Tato sazba se do budoucna bude pravděpodobně využívat čím dál tím častěji, protože nutnou podmínkou pro její získání je vlastnictví nebo alespoň užívání elektromobilu. Dále od 18:00 do 8:00 musí být aktivován nízký tarif a osmihodinová doba může být rozdělena maximálně do dvou časových úseků.

Tarif D 27d			
Cena za 1 MWh v Kč	E.ON	ČEZ	PRE
Vysoký tarif	5388,65	4994,55	4767,97
Nízký tarif	2301,20	2244,91	2126,83

**Tabulka 14 Ceny tarifu D 27d**

Nicméně jak je vidět, ceny tohoto tarifu jsou zatím totožné s cenami u D 25d. S rozvojem elektromobility by se to však mohlo změnit.

### 10.3.6 Sazba D 35d

Dvoutarifová sazba s operativním řízením doby platnosti nízkého tarifu po dobu minimálně 16 hodin. Tato sazba však nemůže být přiznána po 31.03.2016. Pokud byla ale přiznána před tímto datem, může nadále platit.

Rozložení nízkého tarifu může být maximálně do pěti úseků, z nichž každý musí mít alespoň jednu hodinu. Pro přiznání tohoto tarifu musí být v domácnosti instalovány hybridní elektrospotřebiče a jejich součtový příkon musí činit alespoň 50 % hodnoty hlavního jističe. Alternativně může být nižší než 50 % pokud spotřebitel prokáže, že instalovaný výkon odpovídá tepelným ztrátám objektu, nebo odpovídá alespoň 80 % pokrytí dílčí potřeby energie na vytápění uvedené v energetické náročnosti daného objektu. Odběratel musí opět zajistit možnost blokování akumulčních spotřebičů v době trvání vysokého tarifu.

Tarif D 35d			
Cena za 1 MWh v Kč	E.ON	ČEZ	PRE
Vysoký tarif	3786,48	3101,85	3068,44
Nízký tarif	2712,60	2444,56	2393,03

**Tabulka 15 Ceny tarifu D 35d**

### 10.3.7 Sazba D 45d

Dvoutarifová sazba s operativním řízením doby platnosti nízkého tarifu po dobu minimálně 20 hodin. Stejně jako u D 35d tato sazba nemůže být přiznána po 31.03.2016. Pokud byla ale přiznána před tímto datem, může nadále platit.

Rozložení nízkého tarifu může být maximálně do sedmi úseků a souvislé trvání VT může být maximálně jedna hodina. V objektu musí být instalovány přímotopné elektrické spotřebiče o celkovém příkonu minimálně 40 % hodnoty hlavního jističe. Alternativně platí stejné podmínky jako u D 35d. V dobách platnosti NT může distributor signálem HDO blokovat akumulční elektrický spotřebič v maximální délce dvě hodiny denně.

Tarif D 45d			
Cena za 1 MWh v Kč	E.ON	ČEZ	PRE
Vysoký tarif	3613,45	3226,48	2880,89
Nízký tarif	2805,77	2767,63	2514,03

**Tabulka 16 Ceny tarifu D 45d**

### 10.3.8 Sazba D 56d

Dvoutarifová sazba s operativním řízením doby platnosti nízkého tarifu po dobu minimálně 22 hodin a tepelným čerpadlem uvedeným do provozu maximálně do 31.03.2016. Tepelný výkon systému vytápění s tepelným čerpadlem kryje minimálně 60 % tepelných ztrát objektu.

Tarif D 56d			
Cena za 1 MWh v Kč	E.ON	ČEZ	PRE
Vysoký tarif	3613,45	2976,01	2790,14
Nízký tarif	2805,77	2540,15	2507,98

**Tabulka 17 Ceny tarifu D 56d**

### 10.3.9 Sazba D 57d

Dvoutarifová sazba s operativním řízením doby platnosti nízkého tarifu po dobu minimálně 20 hodin a vytápěného topným elektrickým spotřebičem. Tato sazba může být přiznána až od 01.04.2016 a má takovým způsobem nahrazovat sazby přidělené do 31.03.2016. Ostatní podmínky jsou velice podobné tarifu D 45d.

Tarif D 57d			
Cena za 1 MWh v Kč	E.ON	ČEZ	PRE
Vysoký tarif	3497,54	3096,63	2671,78
Nízký tarif	2864,20	2773,05	2594,12

**Tabulka 18 Ceny tarifu D 57d**

### 10.3.10 Sazba D 61d

Dvoutarifová sazba ve víkendovém režimu. Doba platnosti nízkého tarifu je stanovena celoročně od pátku 12:00 do neděle 20:00, je tak ideální zejména pro rekreační objekty typu chaty. [41] [42]

Tarif D 61d			
Cena za 1 MWh v Kč	E.ON	ČEZ	PRE
Vysoký tarif	6785,91	5603,01	6414,33
Nízký tarif	2575,36	2064,38	2708,74

**Tabulka 19 Ceny tarifu D 61d**

Jak je vidět z přehledu výše, skladba vysokého a nízkého tarifu významně ovlivňuje cenu energie, kterou zákazník platí. Rozdíl ceny mezi vysokým a nízkým tarifem může být v některých případech více než dvojnásobný. Tudíž při instalaci FVE bude významně ovlivňovat rentabilitu celého systému. Náklady FVE se v současné době totiž pohybují okolo hranice 4 Kč/kWh a je tedy velký rozdíl, jestli by mě elektrina nakoupená dosítě stála v konkrétní okamžik 4,9 Kč/kWh nebo 2,2 Kč/kWh (D 25d). V jednom případě se mi totiž FVE de facto vyplácí a v druhém ne. Proto je při výpočtu rentability FV systému nutné tento fakt zohlednit.

### 10.3.11 Sazby typu C pro podnikatele

Pro úplnost uvádím ještě seznam sazeb typu C. Vzhledem k faktu, že tyto sazby jsou svými podmínkami skoro stejné, nebo alespoň velice podobné sazbám typu D, nebudu je již detailně rozepisovat. V čem se však tyto sazby liší velice výrazně od sazeb typu D, je cena. Ta může být v případech tarifů C až dvojnásobně vyšší než u obdobného tarifu typu D, což znamená, že z hlediska návrhu a výpočtu rentability FVE tu budou ještě markantnější rozdíly.

Označení	Název tarifu
Sazba C 01d	Jednotarifová sazba (pro malou spotřebu)
Sazba C 02d	Jednotarifová sazba (pro střední spotřebu)
Sazba C 03d	Jednotarifová sazba (pro vyšší spotřebu)
Sazba C 25d	Dvoutarifová sazba s operativním řízením doby platnosti nízkého tarifu po dobu 8 hodin



Sazba C 26d	Dvoutarifová sazba s operativním řízením doby platnosti nízkého tarifu po dobu 8 hodin
Sazba C 27d	Dvoutarifová sazba s operativním řízením doby platnosti nízkého tarifu po dobu 8 hodin
Sazba C 35d	Dvoutarifová sazba s operativním řízením doby platnosti nízkého tarifu po dobu 16 hodin
Sazba C 45d	Dvoutarifová sazba s operativním řízením doby platnosti nízkého tarifu po dobu 20 hodin
Sazba C 46d	Dvoutarifová sazba s operativním řízením doby platnosti nízkého tarifu po dobu 20 hodin
Sazba C 55d	Dvoutarifová sazba pro vytápění s tepelným čerpadlem uvedeným do provozu do 31. března 2005 a operativním řízením doby platnosti nízkého tarifu po dobu 22 hodin
Sazba C 56d	Dvoutarifová sazba pro vytápění s tepelným čerpadlem uvedeným do provozu od 1. dubna 2005 a operativním řízením doby platnosti nízkého tarifu po dobu 22 hodin
Sazba C 60d	Speciální sazba pro neměřené odběry
Sazba C 62d	Speciální sazba pro veřejné osvětlení

**Tabulka 20 Seznam sazeb pro podnikatele**

## 11 Reálné diagramy spotřeby

V České republice rozlišujeme 3 typy měření spotřeby.

**Měření typu A** – průběhové měření s denním dálkovým přenosem údajů. Používá se na předávacích místech mezi soustavami nebo u zákazníků s vysokým odběrem.

**Měření typu B** – průběhové měření s jiným než denním dálkovým přenosem naměřených údajů. Používá se na předávacích místech mezi distribučními soustavami s napětím do 1 kV nebo u zákazníků s odběrem na napětí od 1 do 52 kV. Taktéž ve výrobnách elektřiny nebo u každého výrobního zdroje elektřiny připojeného k distribuční soustavě. Tzn. tímto typem jsou měřeny malé FVE.

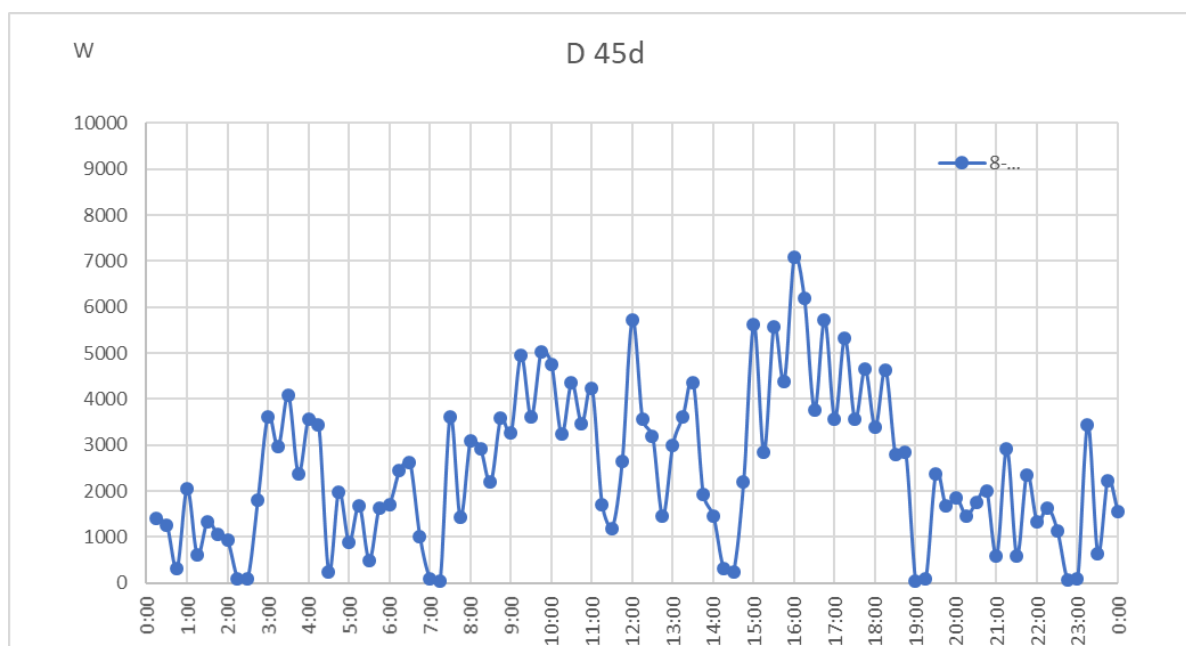
**Měření typu C** – nejedná se o průběhové měření, ale může být s dálkovým odečtem. Toto měření se v současné době používá pro všechny domácnosti a malé podniky. Což znamená přesně zájmové skupiny, na kterou by měly FVE do 10 kWp cílit. Vyhodnocování měření typu C probíhá jednou zhruba za rok, většinou optickým odečtem hodnoty odebrané elektřiny pracovníkem energetické společnosti. Což bohužel nic neříká o chování zákazníka, a to je pro přesný výpočet ekonomické efektivity FVE klíčové.

V rámci správného návrhu a pro správné pochopení ekonomické návratnosti malých FV systémů jsem pro účely této diplomové práce sháněl reálná, průběhově naměřená data zákazníků s měřením typu C. Na tomto místě bych rád poděkoval společnosti PREdi, která mi tato data poskytla. Naměřená data jsou z území hlavního města Prahy. V rámci zachování anonymity zákazníků PREdi však nebudu uvádět konkrétní adresy ani jména zákazníků.

Naměřená data jsou za rok 2018. Byly prováděny patnáctiminutové odečty spotřeby ve Wh. Tyto hodnoty jsem následně přepočítal na průměrný výkon, aby korespondovaly s daty generace FVE, se kterými je budu následně porovnávat. Jak jsem již uváděl v předchozí kapitole, chování zákazníka určuje primárně jeho distribuční sazba. Proto jsem vybral 4 zákazníky s různou distribuční sazbou, na kterých budu demonstrovat rozdílné chování těchto zákazníků. Následně si vyberu 2 diagramy s co nejpočetnějším zastoupením zákazníků a navrhnu pro ně co nejvýhodnější FV systém. Samozřejmě diagramy se v průběhu roku liší, zejména pokud zákazník topí elektřinou, tak se mění velice výrazně. Proto jsem pro každého zákazníka zpracoval 4 diagramy v závislosti na ročním období, a navíc jsem rozlišil všední a víkendový den.

## 11.1 Příklady diagramů zákazníka s tarifem D 45d

Jako první je diagram z 8.01.2018, což byl pondělní den.



**Obrázek 16 Diagram spotřeby zákazníka D 45d z 08.01.2018**

Jak již vychází z definice tarifu D 45d, tak doba trvání vysokého tarifu může být souvisle maximálně jedna hodina. Z pohledu na graf se dá tedy předpokládat, že vysoký tarif je dobách, kdy je spotřeba blízká nule tzn. opravdu jen baseload. To může být maximálně 4 hodiny denně, a tak není překvapením, že při stavbě FVE by tento zákazník vytěsňoval snad kromě času mezi 11:00 – 11:40 a 14:00-14:40 pouze nízký tarif. Při znalosti tarifu a denního diagramu spotřeby lze také teoreticky odhadnout chování zákazníka. Panují však obavy, že pokud by se standardně zavedlo průběhové měření i pro zákazníky s měřením typu C, byl by to přílišný zásah do soukromí. Proto se tedy s ohledem na anonymizovaná data podívám, co vše se dá z diagramů vyčíst.

Při tomto tarifu je jasné, že má zákazník nainstalované hybridní elektrospotřebiče (akumulační kamna, nebo přímotop na ohřev teplé vody). Časy spínání těchto spotřebičů lze poměrně lehce zjistit z tabulky tarifů D 45d.

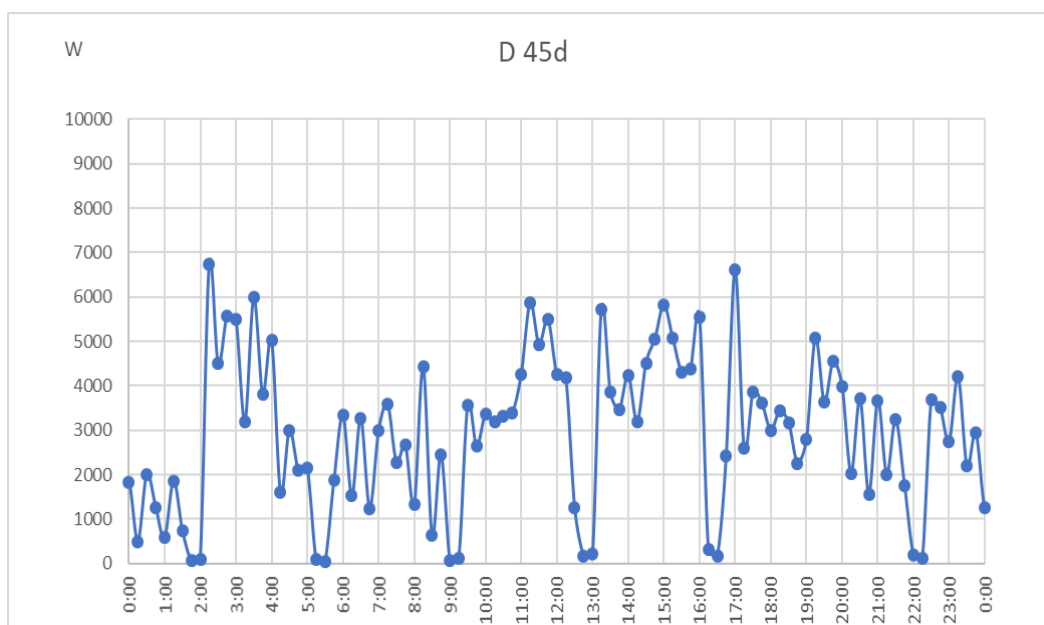
Časy spínání nízkého tarifu jsou v následující tabulce

P	U	S	Č	P	S	N	S	Za	V	Za	V	Za	Vy	Za	Vy	Za	Vy	Za	Vy	Za
o	t	t	t	a	o	e	v	p	yp	p	yp	p	p	p	p	p	p	p	p	p
x	x	x	x					0:00	2:00	2:40	6:40	7:20	11:00	11:40	14:00	14:40	18:40	19:20	22:20	23:00
				x				0:00	1:40	2:20	6:40	7:20	9:00	9:40	13:20	14:00	17:40	18:20	22:20	23:00
					x			0:00	1:20	2:00	5:00	5:40	8:40	9:20	12:20	13:00	16:00	16:40	21:40	22:20
						x		0:00	1:20	2:00	5:00	5:40	8:40	9:20	12:20	13:00	16:00	16:40	21:40	22:20
							x	0:00	1:20	2:00	5:00	5:40	8:40	9:20	12:20	13:00	16:00	16:40	21:40	22:20

**Tabulka 21 Časy spínání nízkého tarifu pro zákazníka s tarifem D 45d**

Pokud si ale odmyslím nahřívání teplé vody a vytápění objektu, můžu se pouze domnívat, že zákazník byl pravděpodobně doma cca od 16:00, protože je spotřeba lehce vyšší i přes trvání nízkého tarifu, ale jinak je ostatní spotřeba zákazníka, při porovnání se spotřebou akumulčních kamen, zanedbatelná. Tato skutečnost vychází zejména z faktu, že spotřeba akumulčních kamen by měl být z podmínek tarifu D 45d alespoň 80% spotřeby objektu. (Alternativně méně, viz podmínky tarifu D 45d)

Pokud se podívám na 13.01.2018, což byla sobota, bude diagram vypadat následovně

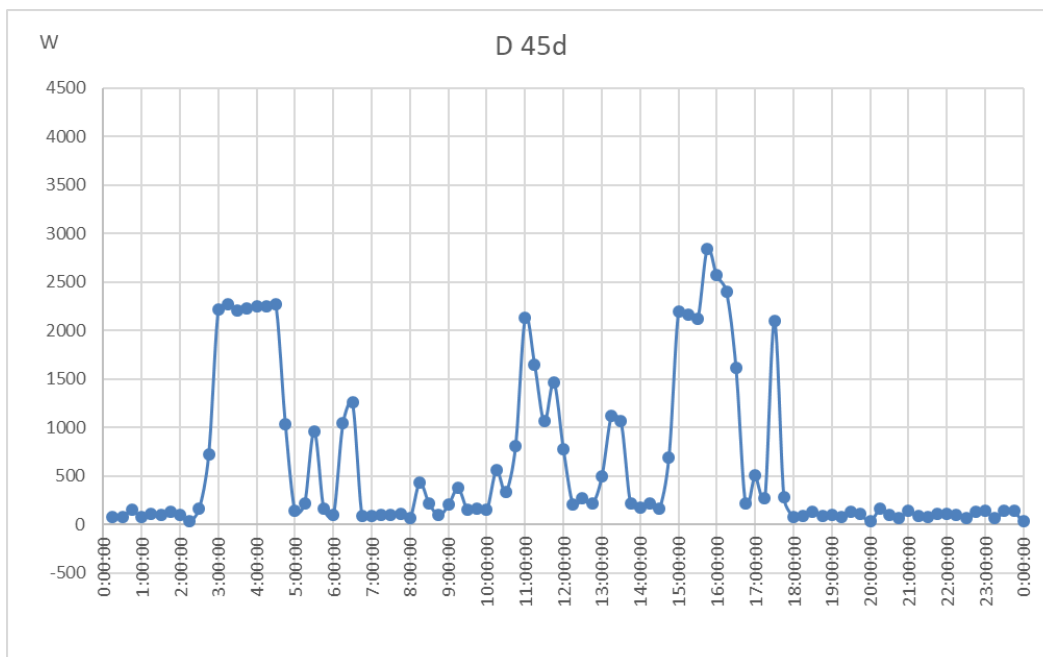


**Obrázek 17 Diagram spotřeby zákazníka D 45d z 13.01.2018**

Jak je vidět, graf se o víkendu trochuliší a zdá se, že i rozložení vysokého tarifu je nepatrně posunuto. Jak již bylo řečeno, časy nízkého a vysokého tarifu určuje distributor dle podmínek ERÚ a může je opět dle podmínek ERÚ měnit. Není tedy žádná záruka, ani moc vysoká šance, že by po dobu životnosti FVEzů staly stejné.

Pokud zde budu chtít hodnotit chování zákazníka, můžu s ohledem na vyšší spotřebu pouze konstatovat, že je pravděpodobně celý den doma (vzhledem k vyšší spotřebě elektřiny na vytápění), ale jinak se jeho ostatní spotřeba opět z velké části skrývá ve spotřebě akumulčních kamen, takže říci něco bližšího o chování zákazníka je velice obtížné.

Pokud se z lednových dnů, kdy se hodně topí, přesunu do červencového pondělí 09.07.2018, bude graf spotřeby vypadat úplně jinak, viz následující obrázek

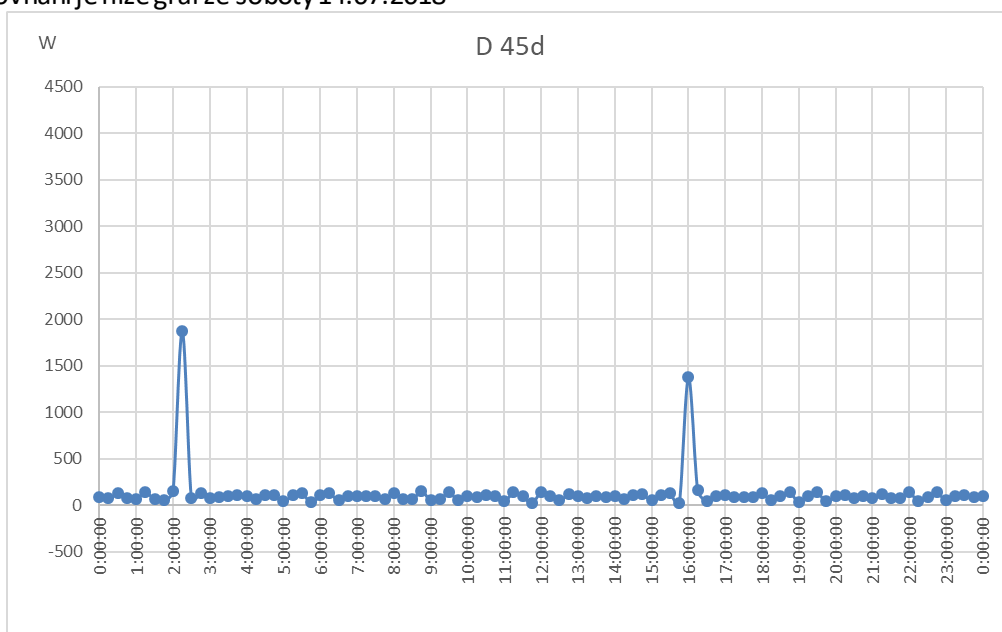


**Obrázek 18 Diagram spotřeby zákazníka D 45d z 09.07.2018**

Jak je vidět zde, již nelze z grafu přesně určit od kdy do kdy je doba trvání vysokého tarifu. Nicméně tuto informaci mám z TOU tabulek.

Naopak zde už můžu spekulovat nad chováním zákazníka. Od 2:40 do 6:40 je platnost nízkého tarifu, a proto tuto spotřebu přičtu k nahřívání teplé vody. Ale vzhledem k faktu, že v červenci už není potřeba nijak zásadně topit (spotřeba je mnohem nižší než v zimě) a tato doba navíc ani není plně využita, budu předpokládat, že akumulární médium je plně nahřáto a chvíli se teď nebude spínat. Další zvýšení spotřeby probíhá v 8 ráno a hádal bych, že tento konkrétní den zákazník vstával až v tuto hodinu. Od 11 do 11:40, když je vysoký tarif, probíhá poměrně velká spotřeba. Je tedy možné, že v tuto dobu běží například pračka na krátký program a zákazník je tedy opět pravděpodobně doma (alternativně to může být elektrický vařič na přípravu brzkého obědu). 14:40 až 18:40 je další okno nízkého tarifu, a vzhledem k charakteru spotřeby (podobnému jako mezi 2 a 5), přičtu tuto spotřebu opět akumulárním kamnům.

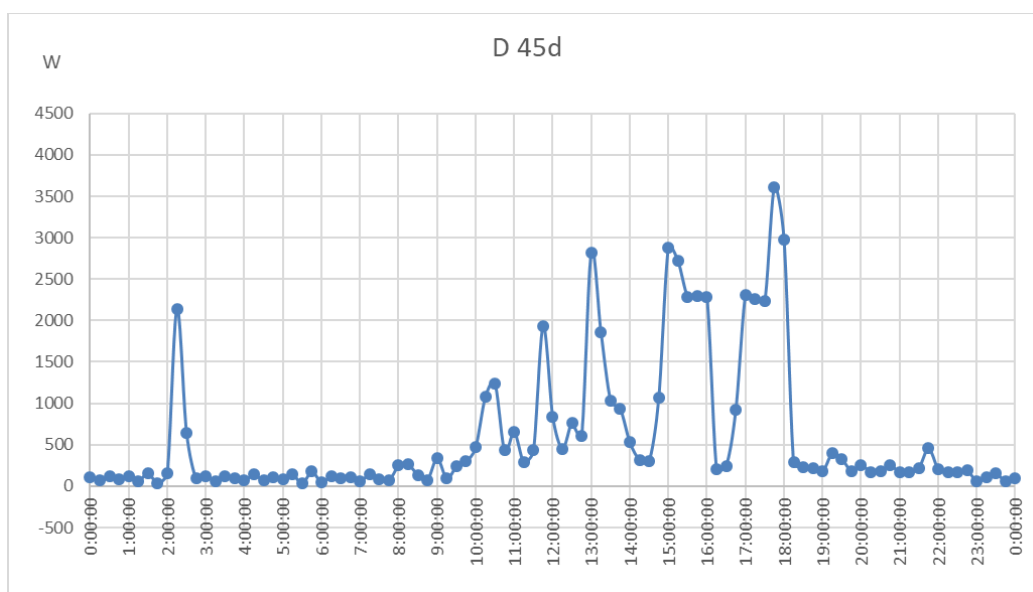
Pro porovnání je níže graf ze soboty 14.07.2018



**Obrázek 19 Diagram spotřeby zákazníka D 45d z 14.07.2018**

Tento graf moc informací o sobotě nedává, protože jsem se zrovna trefil do dne, kdy nikdo evidentně nebyl doma. V 02:00 a 16:00 se pravděpodobně pouze nahřál bojler, ale jinak není žádná spotřeba kromě baseloadu. I s takovými dny je třeba ve výpočtu uvažovat, protože v tyto dny jde veškerá generovaná energie z FVE do akumulačního média a až se kompletně naakumuluje, tak elektřina přetéká do sítě za nepříliš rentabilní ceny, nebo se elektrárna odpojí úplně.

Když jsem zkusil jinou sobotu, konkrétně 16.06.2018, opět nikdo nebyl doma. Jedná se tedy pravděpodobně o zákazníka, co buď o víkendech rád cestuje, nebo vlastní víkendový objekt. Abych tedy ukázal, jak se chování a spotřeba v týdnu liší od spotřeby ve všední den, vybral jsem následující neděli 17.07.2018

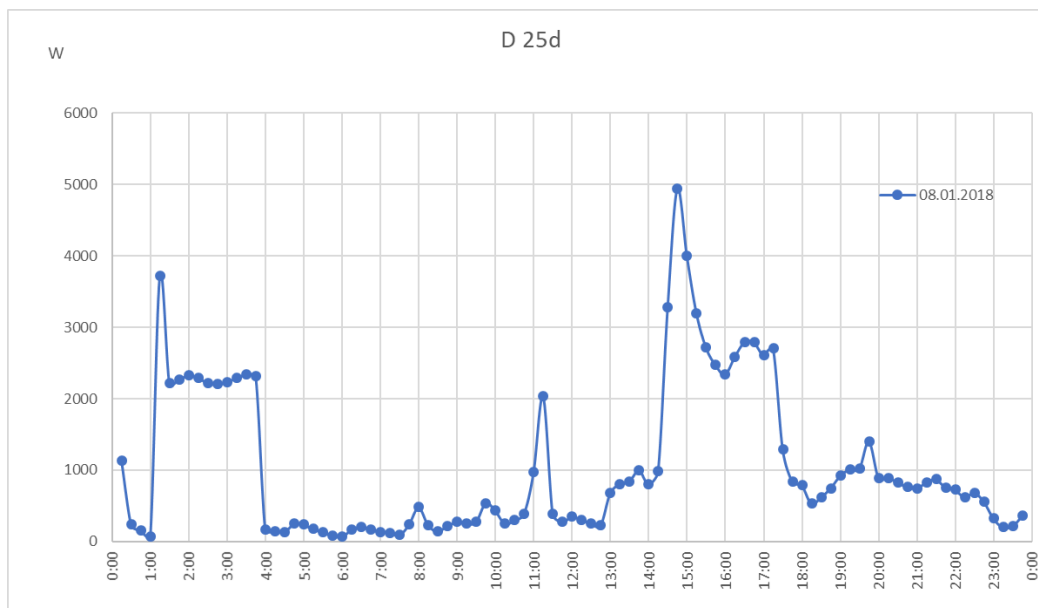


**Obrázek 20 Diagram spotřeby zákazníka D 45d z 17.07.2018**

Grafy se evidentně na první pohled liší. Odběratel se tedy chová jinak přes všední den a o víkendu. Jako zajímavost se dá uvést skutečnost, že po 18. hodině odběr nikdy nepřekročí 500 W, ale je vyšší než baseload. Dá se tedy uvažovat, že rozdíl jsou například rozsvícené žárovky. Nicméně to je asi tak vše, co jsem schopen z dat, které se odečítají každých 15 minut, vyčíst. U tohoto tarifu, kde zhruba 80% spotřeby tvoří vytápění a ohřev teplé vody v objektu, nejsem schopen podat o chování zákazníka v podstatě žádnou relevantní informaci až na odhad, kdy je přítomen v objektu. Což samozřejmě kritikům zavedení průběhového měření bude jako argument stačit, ale osobně bych se vzhledem k tomu, že data jsou šifrována, a tak je tak velice obtížné se k nim dostat, neobával ztráty soukromí pro zákazníky.

## 11.2 Příklady Diagramů zákazníka s tarifem D 25d

Tarif D 25d má, jak je již uvedeno výše, 8 hodin platnosti nízkého tarifu. Proto se dá předpokládat, že denní diagram spotřeby bude vypadat úplně jinak, přestože se jedná, alespoň co do velikost, o podobný objekt.



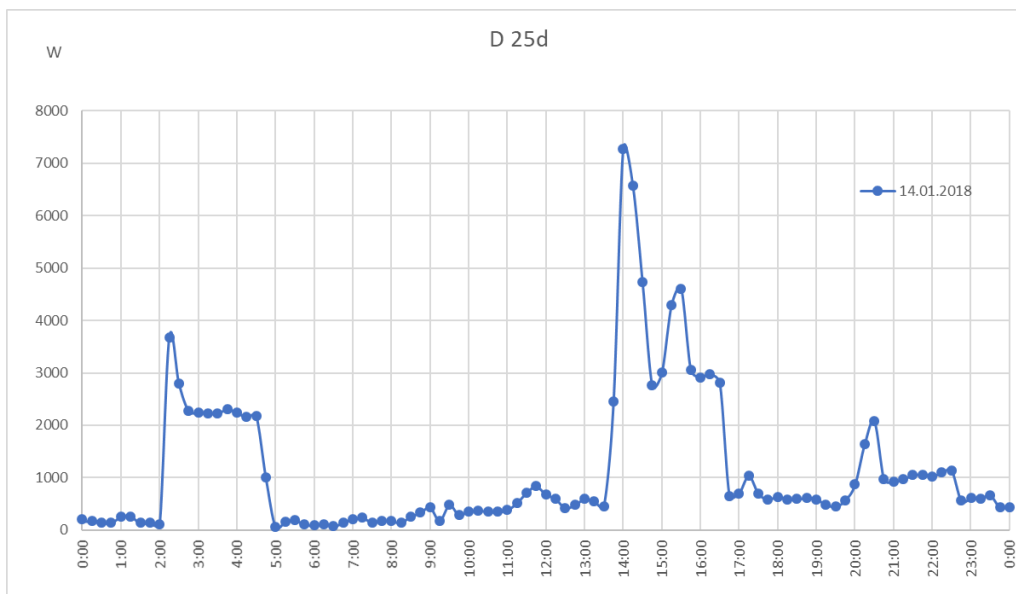
**Obrázek 21 Diagram spotřeby zákazníka D 25d z 08.01.2018**

Začnu opět pondělkem 08.01.2018. Na diagramu jsou vidět 2 velké peaky spotřeby v průběhu 24 hodin a to od 1:00 do 4:00 a od zhruba 14:15 do 17:30. Potom stojí za krátkou zmínku chvilkový nárůst spotřeby okolo 11 hodiny, což může být vysvětleno například puštěním plotýnkového vařiče, nebo mikrovlnné trouby na krátkou přípravu jídla a potom mezi 18. a 23. hodinou je spotřeba mnohem vyšší než v průběhu dne. Pravděpodobně byla puštěna televize a skoro určitě se v domě svítilo. Nicméně to není hlavní část spotřeby. V následující tabulce rozpis nízkého a vysokého tarifu pro zákazníky s tímto typem tarifu.

Po	Ut	St	Čt	Pa	So	Ne	Sv	Vyp	Zap	Vyp	Zap	Vyp
x	x	x	x					0:00	1:00	6:00	14:20	17:20
				x				0:00	0:40	5:40	12:40	15:40
					x			0:00	2:00	7:00	13:40	16:40
						x		0:00	3:20	8:20	14:20	17:20
							x	0:00	1:40	6:40	15:20	18:20

**Tabulka 22 Časy spínání nízkého tarifu zákazníka s tarifem D 25d**

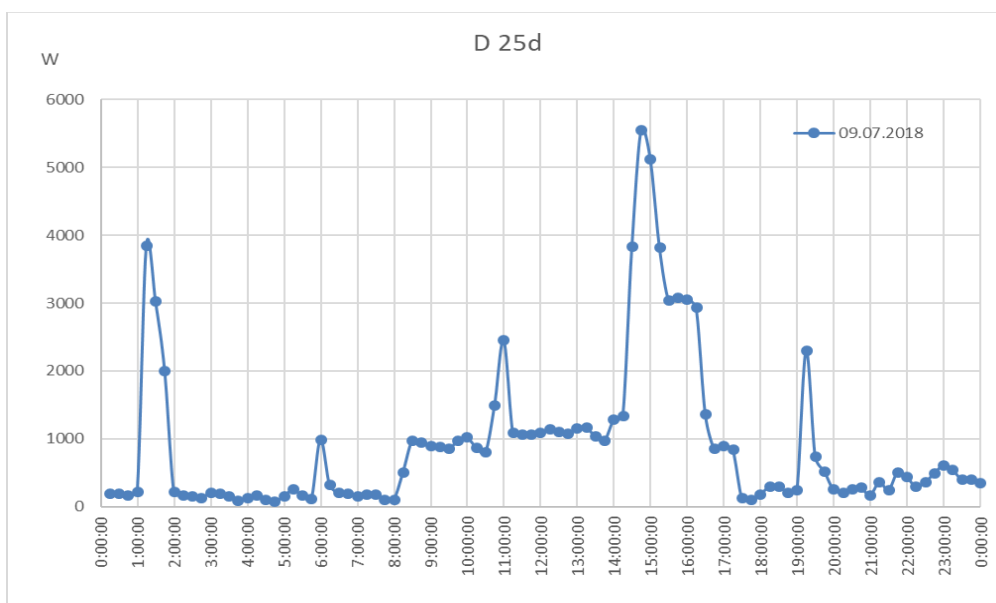
Jak je tedy patrné, v zimě u dvoutarifní spotřeby řídí naprosto dominantní část spotřeby platnost nízkého tarifu. Pro potvrzení tohoto faktu je níže diagram spotřeby ze soboty 14.01.2018, kde je platnost nízkého tarifu mírně jiná, a tudíž i diagram spotřeby.



**Obrázek 22 Diagram spotřeby zákazníka D 25d ze 14.01.2018**

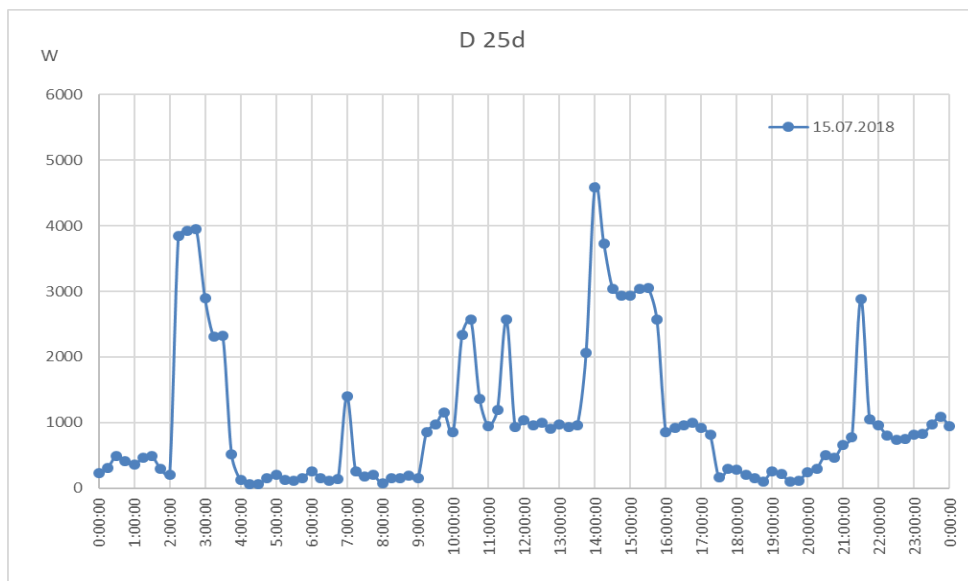
Opět se naprostá část spotřeby pohybuje v části dne s nízkým tarifem. Večerní spotřeba, kdy běží televize a svítí se, je oproti topení v podstatě zanedbatelná.

Pro porovnání mezi létem a zimou opět přidávám jedno letní pondělí, konkrétně 09.07.2018.



**Obrázek 23 Diagram spotřeby zákazníka D 25d z 09.07.2018**

Jako vždy můžeme pozorovat peaky spotřeby v momentě, kdy spíná nízký tarif, ovšem v létě není potřeba tolik teplé vody, a tudíž se v 1:00 sice začal nahřívat bojler při obdržení signálu HDO, ale ani ne za hodinu byl nahřátý a spotřeba klesla na baseload. Při druhém období nízkého tarifu se bojler nahříval trochu déle, nicméně také nebylo potřeba využít celé trvání nízkého tarifu. Pro úplnost uvedu samozřejmě také víkendový den. V tomto případě sobotu 15.07.2018



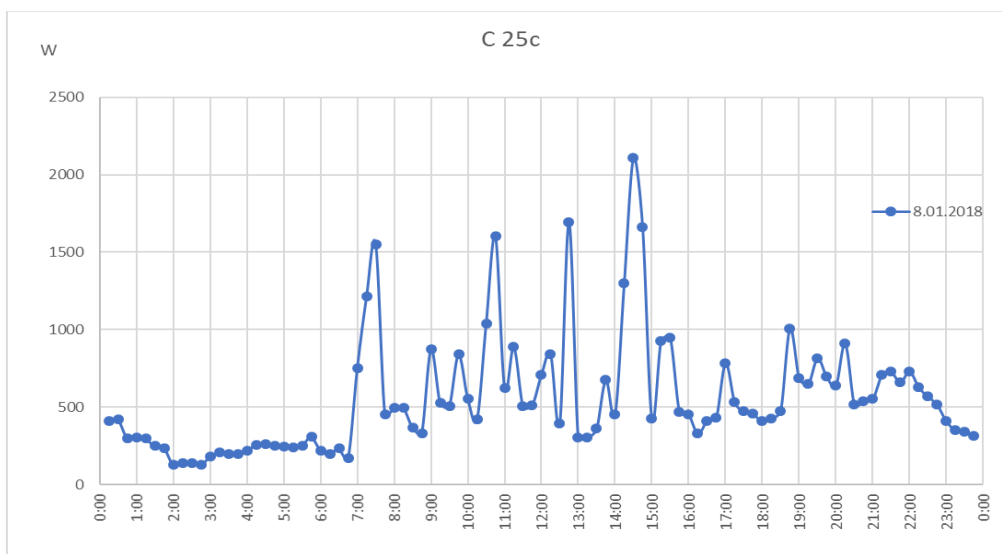
**Obrázek 24 Diagram spotřeby zákazníka D 25d z 15.07.2018**

Situace se však oproti klasickému pracovnímu dni zde tolik neliší. Je potřeba trochu déle nahřívát bojler, ale ne o moc. Navíc při porovnání těchto dvou grafů se dá usuzovat, že v obou dvou dnech byl někdo doma, což se dá vysvětlit skutečností, že v červenci jsou letní prázdniny.

Při porovnání léta a zimy se grafy liší zejména dobou nahřívání bojleru. Zajímavé je taky to, že přes léto je spotřeba od 8:00 do 14:00 vyšší v obou případech v létě, ale to bych vysvětlil tím, že v obou letních případech byl pravděpodobně někdo celý den doma, kdežto v zimě ne.

### 11.3 Příklady diagramů zákazníka s tarifem C 25c

Tarif C 25c má, stejně jako jeho obdoba z kategorie D, 8 hodin nízkého tarifu. Ale jak je již popsáno výše, je určen pro podnikatele nebo firmy. Což by mohlo naznačovat, že se zde spotřeba nebude tolik řídit nízkým tarifem jakožto spíše pracovní dobou. Dále bude velice záležet na charakteru firmy. Jestli, případně co, vyrábí, nebo potřebuje pouze kancelářské prostory atd. V mém případě se jedná o podnikatele pronajímajícího kancelářské prostory pravděpodobně ve svém domě.



**Obrázek 25 Diagram spotřeby zákazníka C 25c z 08.01.2018**

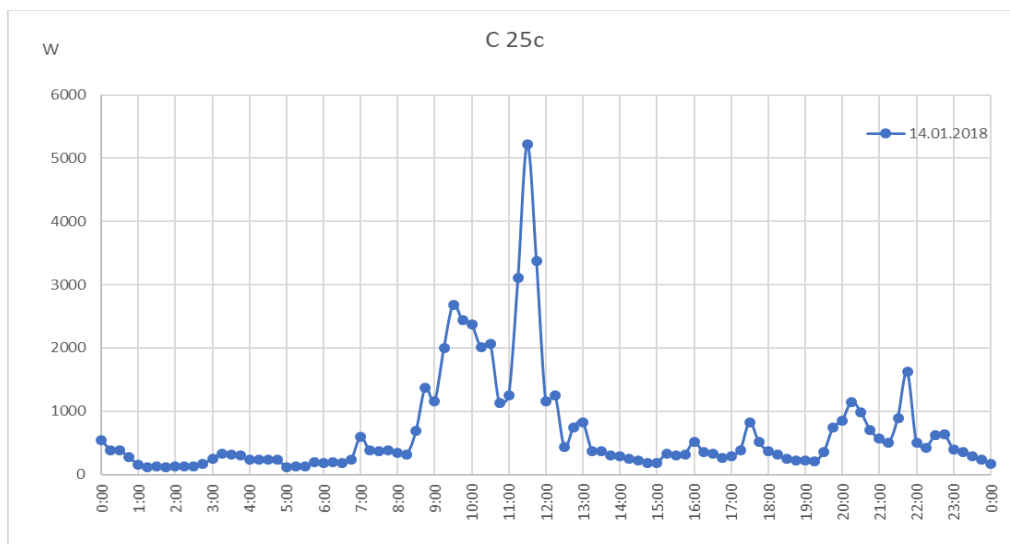


Jak je vidět, špičky spotřeby jsou poměrně rovnoměrně rozděleny po celý pracovní den, tzn. zhruba od 7:00 do 16:00. Moji domněnku, kromě vizuální prohlídky daného objektu, potvrzuje i zvýšená spotřeba trvajících až cca do 23:00. V následující tabulce opět příkládám časy sepnutí nízkého tarifu

Po	Ut	St	Čt	Pa	So	Ne	Sv	Vyp	Zap	Vyp	Zap	Vyp
X	X	X	X					0:00	1:20	6:20	14:40	17:40
				X				0:00	1:20	6:20	13:00	16:00
					X			0:00	1:40	6:40	13:20	16:20
						X		0:00	3:00	8:00	14:00	17:00
							X	0:00	4:00	9:00	15:20	18:20

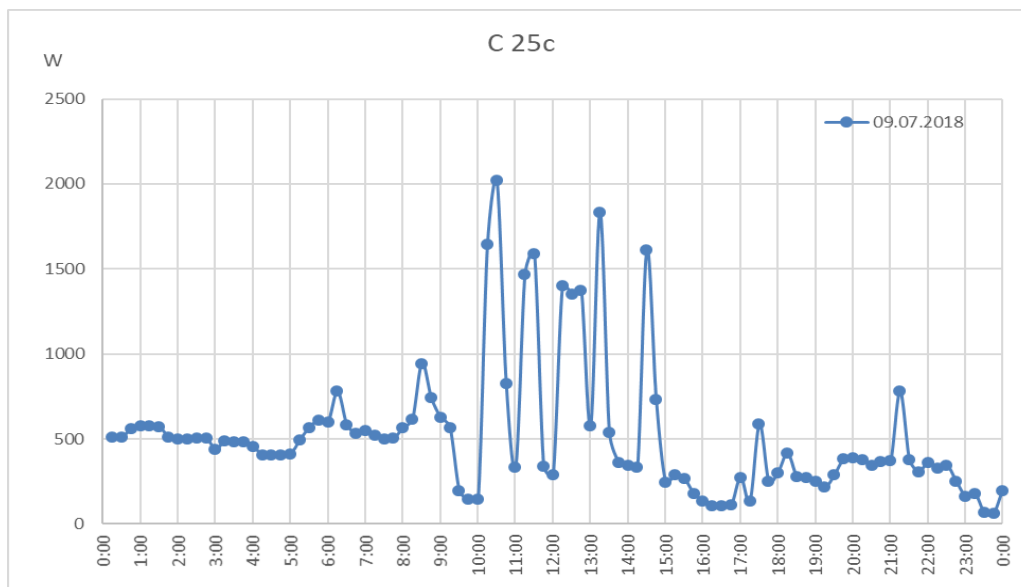
**Tabulka 23 Časy spínání nízkého tarifu zákazníka s tarifem C 25c**

Jak je vidět, většina nízkého tarifu je zde evidentně mimo pracovní dobu firmy. Nicméně nějaký spotřebič přijímající signál HDO ve firmě může být, protože největší spotřeba je přesně po aktivaci nízkého tarifu. Pro porovnání víkendových den.



**Obrázek 26 Diagram spotřeby zákazníka C 25c z 14.01.2018**

Toto je konkrétně opět sobota 14.01.2018 a jak je vidět, při aktivaci nízkého tarifu se zde opět nic neděje. Je tedy otázka, jestli by zde nebylo lepší zvolit jiný tarif.



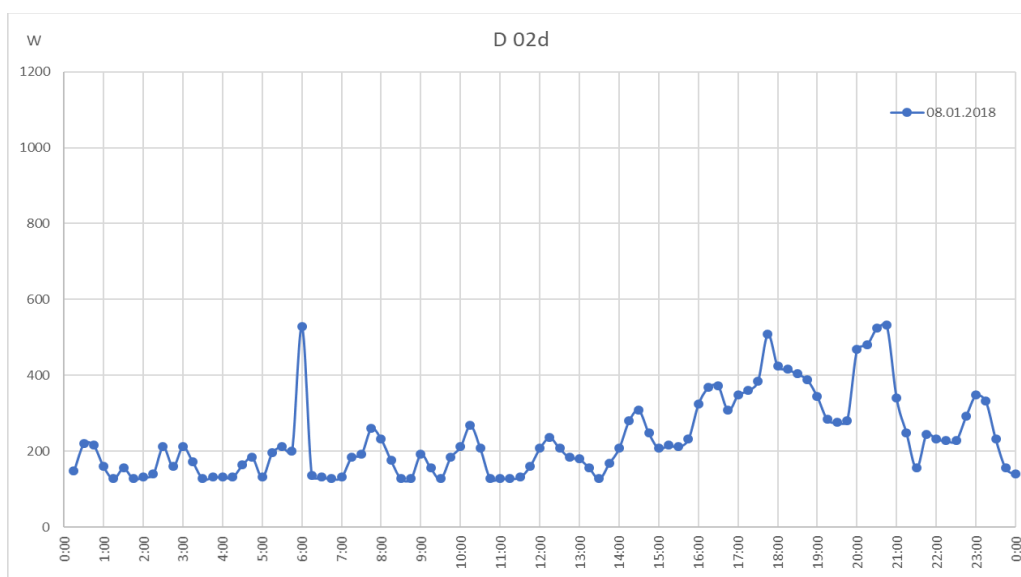
**Obrázek 27 Diagram spotřeby zákazníka C 25c z 09.07.2018**

Pohled na letní pondělí je poměrně velice podobný tomu zimnímu. Dá se tedy říct, že konkrétně u tohoto podnikatele nehraje ani tarif ani roční doba zásadní roli.

#### 11.4 Příklady diagramů zákazníka s tarifem D 02d

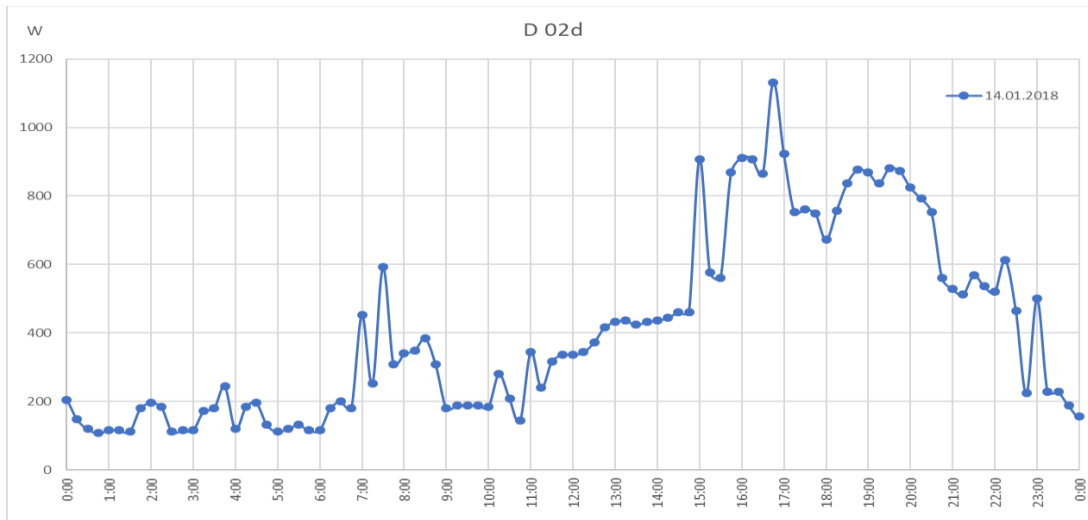
U tohoto tarifu se bude spotřeba odvíjet zejména od životní situace zákazníka. Jestli je to rodina nebo ne, mají děti nebo ne, jsou již v důchodu, a tedy celý den doma atd. Vzhledem k tomu, že u tohoto tarifu se nepředpokládá vytápění elektrinou, bude spotřeba řádově menší a nemusely by být velké rozdíly mezi létem a zimou.

Diagram zimního pondělí 08.01.2018



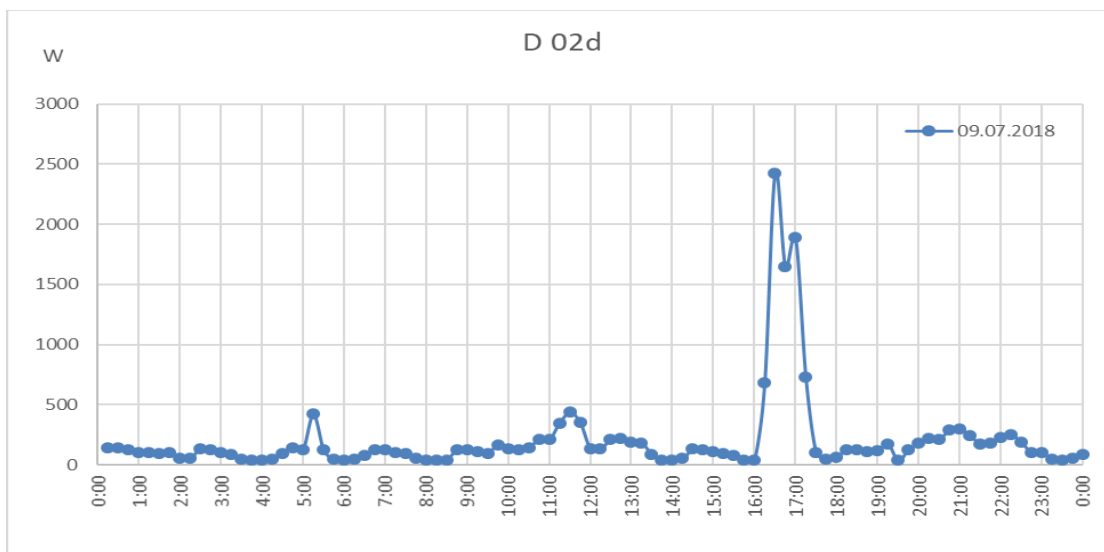
**Obrázek 28 Diagram spotřeby zákazníka D 02d z 08.01.2018**

Jak je zde vidět, průměrný výkon za 15 min v podstatě nepřesáhne 500 W. Baseload je okolo 160 W s malými výkyvy nad 200 W v době, kdy pravděpodobně sepne lednice nebo mrazák. Okolo 16:00 někdo přišel do objektu, proto zvýšená spotřeba. Okolo 23:00 šel spát.



**Obrázek 29 Diagram spotřeby zákazníka D 02d ze 14.01.2018**

O víkendovém dni, konkrétně v sobotu 14.01.2018, je diagram výrazně jiný. Evidentně je někdo v objektu celý den a dá se odhadovat, že zhruba v 15:00 se začalo svítit.

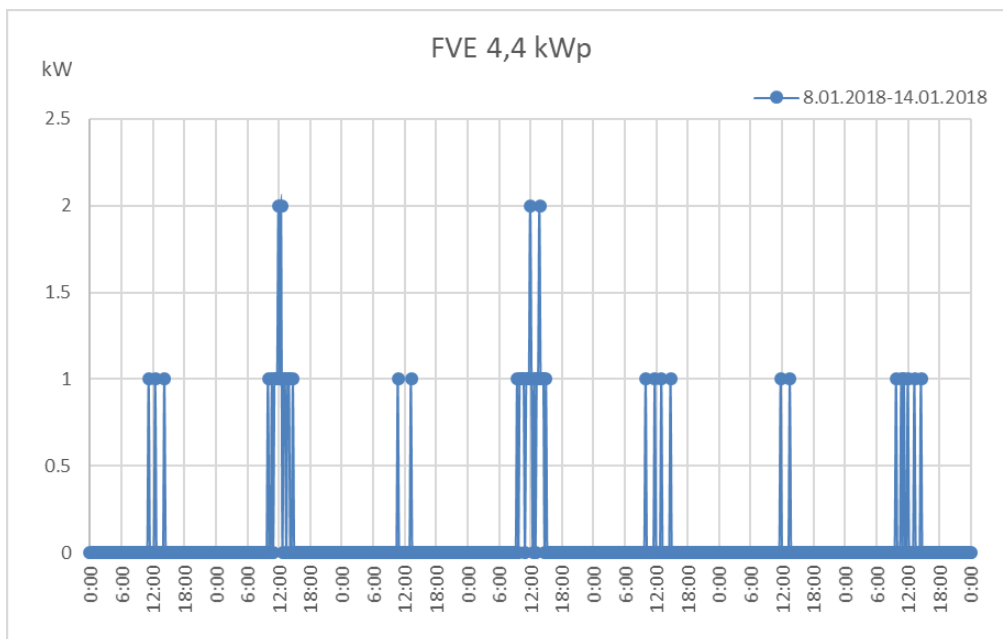


**Obrázek 30 Diagram spotřeby zákazníka D 02d z 09.07.2018**

Jak je vidět, diagram z letního pondělí 09.07.2018, je podobný diagramu ze zimy s výjimkou času od 16:00 do 16:30. Tam nastala nějaká mimořádná spotřeba.

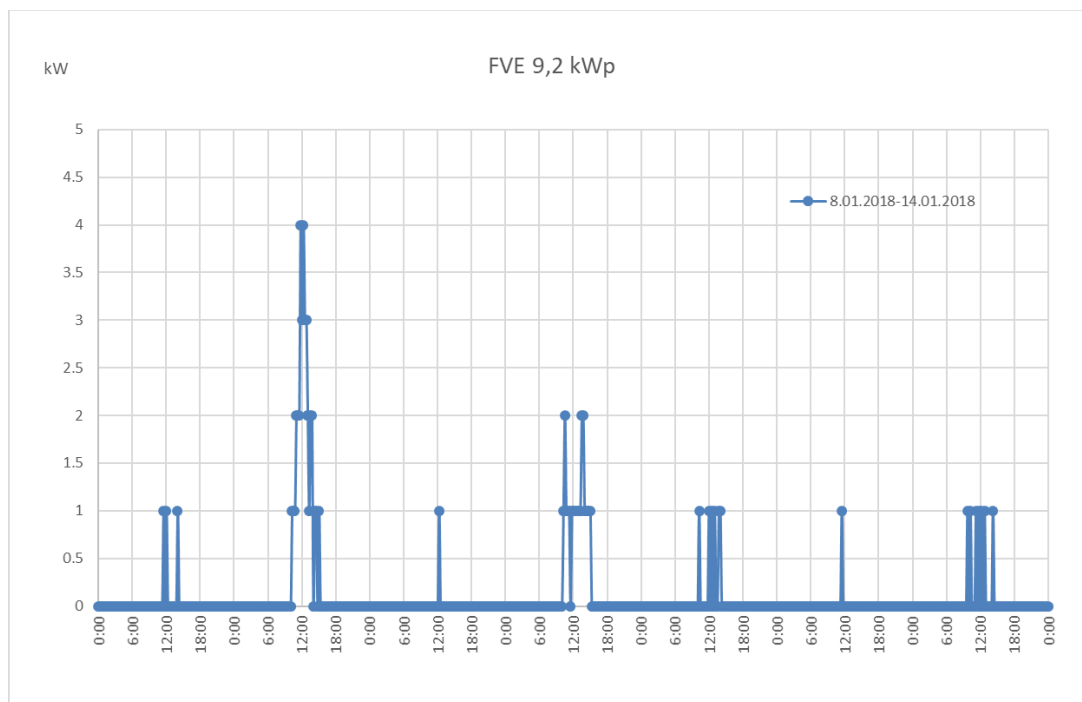
## 12 Reálné diagramy generace FVE

Jak bylo již uvedeno v předchozích kapitolách, pro určení velikosti ekonomicky nejvýhodnější baterie je vhodné porovnat diagramy spotřeby s reálnými diagramy generace. Data jsou opět z území hlavního města Prahy. Hodnoty jsou sice stejně jako u diagramů spotřeby ze čtvrt hodinových měření, ale tentokrát se jedná o průměrný výkon v dané čtvrt hodině zaokrouhlený na celé kW.



**Obrázek 31 Graf generace FVE 4,4 kWp od 08.01 do 14.01 2018**

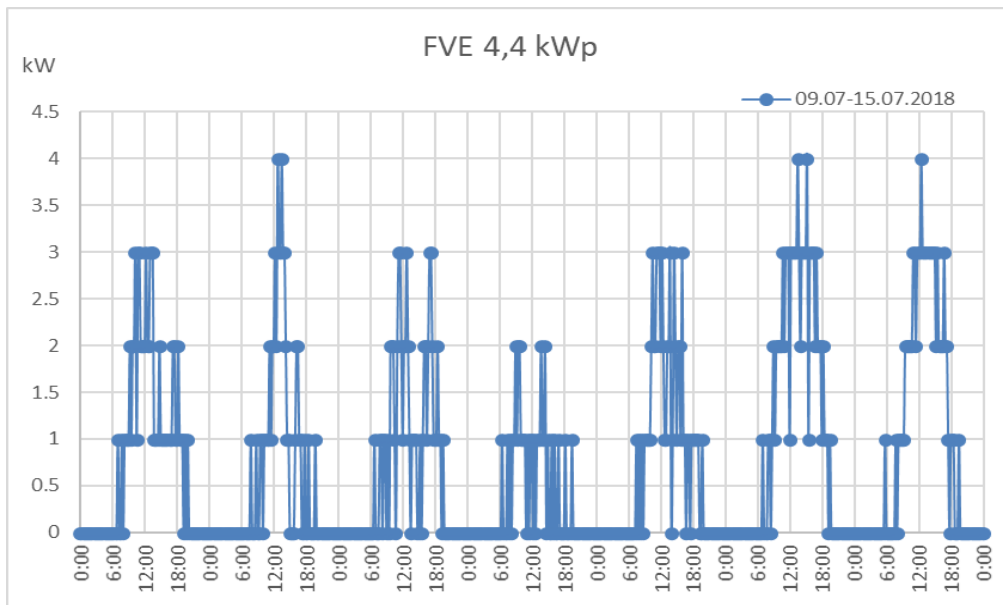
Jako první je graf generace malé FVE o výkonu 4,4 kWp. Tentokrát je zobrazen graf za celý lednový týden, protože generace se na rozdíl od spotřeby neřídí dny v týdnu, ale je ovlivněna počasím, které je v podstatě náhodné. Proto je pro získání vypovídajících grafů nutné zobrazovat delší časový úsek. Jak je z grafu vidět, elektrárna v zimě vyrobí naprosté minimum energie a s výjimkou několika málo okamžiků během celého týdne nestačí na pokrytí spotřeby ani jednoho ze zákazníků z předešlé kapitoly. Pouze ojediněle v tomto týdnu se elektrárna dostala v průměru alespoň na polovinu svého maximálního výkonu. Pro porovnání přidávám graf generovaného výkonu v čase pro dvakrát větší FV elektrárnu nedaleko od místa elektrárny první.



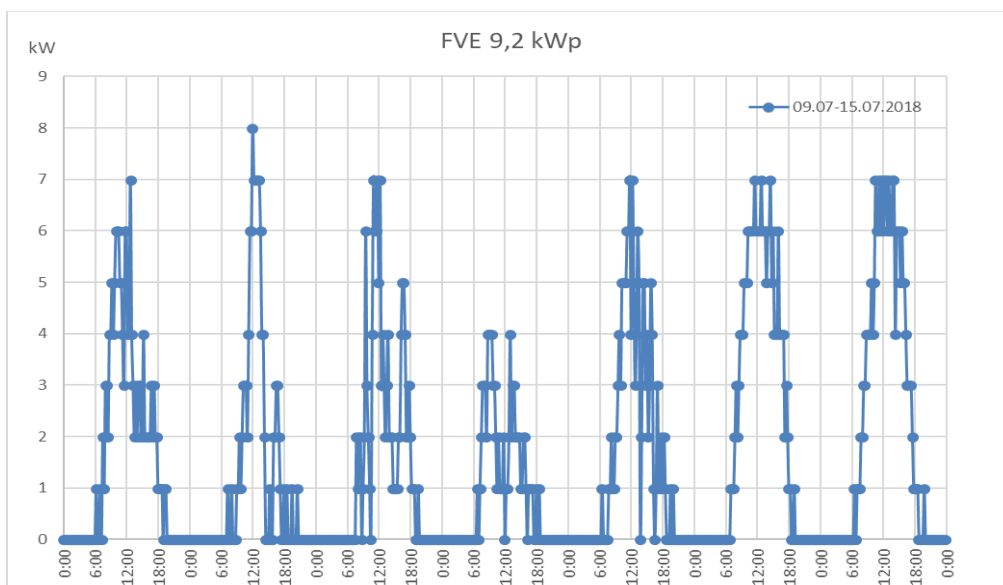
**Obrázek 32 Graf generace FVE 9,2 kWp od 08.01 do 14.01 2018**

Jak je vidět na obou grafech, v úterý a ve čtvrtek byly relativně slunečné dny a elektrárna s instalovaným výkonem 9,2 kWp, což je v podstatě maximum, co je možné za pomoci dotace v České republice postavit, by byla schopna od zhruba 10 do 14 hodiny zásobovat generovanou energií dokonce i malý rodinný dům. Nicméně ostatní dny vyrobí v podstatě stejně málo elektřiny jako o polovinu menší FV elektrárna.

Můžu tedy konstatovat, že minimálně během tohoto konkrétního týdne je generované elektřiny z malé FVE tak málo, že by byla v podstatě všechna, s výjimkou několika hodin v úterý, spotřebována přímo v místě generace v podstatě bez velké potřeby akumulace, nebo by stačilo akumulační médium s malou kapacitou. Nicméně data z ledna nebudou pro návrh velikosti akumulačního média zásadní.



**Obrázek 33 Graf generace FVE 4,4 kWp od 09.07 do 15.07 2018**



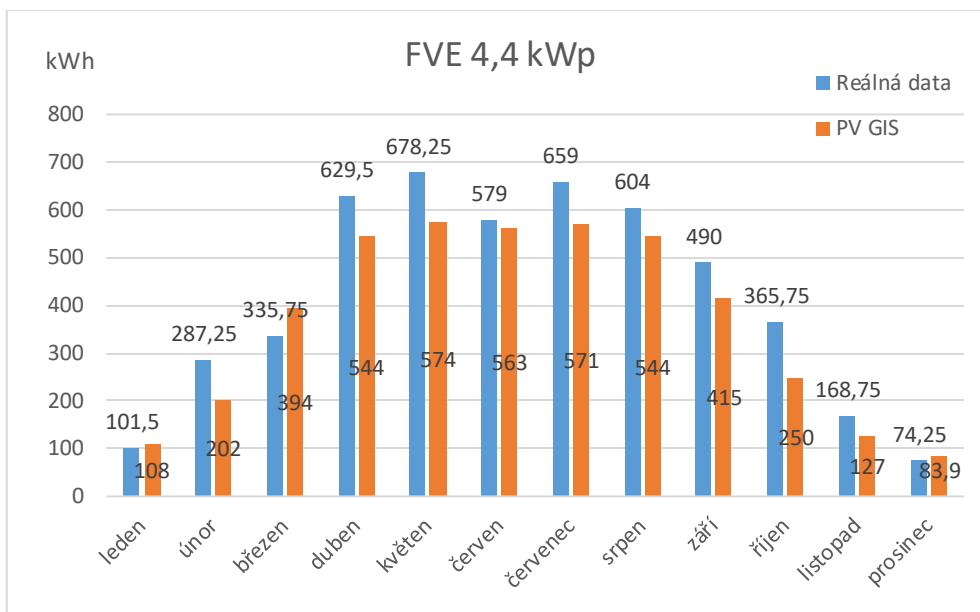
**Obrázek 34 Graf generace FVE 9,2 kWp od 09.07 do 15.07 2018**

Při porovnání grafů generace za červencový týden dvou FVE vidíme, že tvary grafů jsou v podstatě identické, pouze jsou hodnoty generované elektřiny u dvakrát větší elektrárny dvakrát tak vysoké. To znamená, že s velikostí FV elektrárny se tvar grafu generace nemění. Generované hodnoty je nutné pouze

upravit o podíl i instalovaných výkonů elektráren. Tento předpoklad budu používat v následujících kapitolách při výpočtu ekonomické návratnosti.

Při pohledu na hodnoty v grafech a porovnání se spotřebou v čase generace je patrné, že obě FVE generují v době mezi 7 a 17 hodinou více (u 9,2 kWp výrazně více), než je spotřeba v mnou vybraných objektech.

Zajímavý je taktéž pohled na agregovaný graf měsíční vyrobené energie



**Obrázek 35** Roční porovnání mezi reálně naměřenými daty a softwarem PV GIS

Malá fotovoltaická elektrárna o instalovaném výkonu 4,4 kWp vyrobila na území hlavního města Prahy v roce 2018 4,9 MWh elektrické energie. Vzhledem k tomu, že spotřeba klasického domu, který netopí elektřinou je něco mezi 2,5 a 4,5 MWh, je takovýto systém pro klasický dům moc velký. Stačil by v podstatě poloviční, nicméně, jak už jsem popisoval výše, pro využití veškeré generované energie by byl za potřebí drahý akumulční systém s dostatečnou kapacitou. O tom, jaký akumulční systém a jaká kapacita by to měla být, budou pojednávat následující kapitoly, kde budu navrhovat FVE.

Pro porovnání jsem přidal teoretické hodnoty pro danou lokalitu získané za použití programu PV GIS. Tento systém jsem vybral proto, že je vytvořený výzkumným centrem Evropské komise a má k dispozici dlouhodobá data o dopadeném záření nejenom v České republice. Průměrná generace elektrárny 4,4 kWp v roce by podle tohoto programu měla být 4,375 MWh. Při pohledu do grafu je reálná produkce v naprosté většině měsíců vyšší než spočtená na základě dlouhodobě měřených dat. Dá se tedy z grafu říci, že rok 2018 byl neobvykle slunečný.

## 13 Metodika návrhu malé fotovoltaické elektrárny

Při pohledu na nabídky dodavatelů malých FVE se lze dočíst, že návratnost fotovoltaické elektrárny se typicky pohybuje mezi 8-10 lety. Jak už jsem ale zdůraznil v předchozích kapitolách, každý zákazník se značně liší a proto se podle typu zákazníka bude lišit i typ ideálního FV systému a jeho návratnost. Důležitým aspektem také bude, jestli do FV systému přidávat baterii či zvolit jinou formu akumulace, popřípadě jestli baterii, tak jaká velikost bude ekonomicky nejvýhodnější. Velice pravděpodobně nebude ekonomické baterii dimenzovat na uložení 100 % vygenerované elektřiny zejména v období letních slunných dnů, kdy může být navíc majitel objektu FVE na dovolené.

## 13.1 Navrhované varianty systémů

Každý spotřebitel se chová mírně odlišně, proto nebude možné nalézt v rámci návrhu této diplomové práce optimální řešení pro všechny. Návrh ideálního FV systému je velice individuální záležitost. Nicméně zkusím obsáhnout nejpočetnější skupinu potenciálních zákazníků pro malé FV systému a budu dělat analýzy pro tyto varianty.

- Zákazníks tarifem D02 d
  - Fotovoltaický systém s akumulací do vody
  - Fotovoltaický systém s akumulací do baterií
  - Fotovoltaický systém s akumulací do virtuální baterie
- Zákazníks tarifem D25 d
  - Fotovoltaický systém s akumulací do vody
  - Fotovoltaický systém s akumulací do baterií
  - Fotovoltaický systém s akumulací do virtuální baterie

Samozřejmě bude snaha o co největší generalizaci zjištěných výsledků případně určení klíčových komponentů nebo předpokladů, které ovlivňují celkovou ekonomickou efektivnost.

V předchozích kapitolách jsem představoval reálná data jak spotřeby zákazníků s tarifem D 02d resp. D 25d tak data generované elektrické energie. Je nicméně třeba vzít v potaz, že tato data jsou pouze za 1 rok. Návrh fotovoltaického systému počítá s životností FVE mezi 20–25 lety. Z tohoto důvodu není úplně rozumné používat data za jeden konkrétní rok, ale je třeba si vzít typická data jak spotřeby, tak generace, které zohledňují výkyvy počasí mezi jednotlivými roky.

Pro data spotřeby bude ideální použít normalizované typové diagramy dodávek pro zákazníky kategorie D 02d resp. D 25d, která jsou dostupná na stránkách OTE. Tato data můžu pro zajímavost porovnat se skutečnými naměřenými hodnotami.

Pro generaci elektřiny využiji software PV GIS, které podle solární mapy a dlouhodobých dat o dopadu slunečního záření umí spočítat průměrnou generaci FVE.

### 13.1.1 Obecné předpoklady výpočtu

Jak již bylo uvedeno, životnost systému budu počítat na 20 let, ale komponenty nevydrží pracovat 20 let při zachování stejné účinnosti. Proto jsem ponížil roční generaci FV panelů o 0,07 % za rok. Dále budu předpokládat výměnu střídače, případně baterií po polovině životnosti systému. Vzhledem k tomu, že netuším, kolik budou stát baterie a střídače za 10 let budu uvažovat výměnu za jejich současnou cenu. Hlavně baterie bysice do budoucna mohly být levnější, nicméně pokud započítám i vliv inflace a budu uvažovat, že při dostatečném snížení ceny se zvedne poptávka po bateriích natolik, že bude nedostatek kobaltu potřebného do Li-On baterií, a cena se zase zvedne, bude předpoklad stejné nákupní ceny poměrně vhodná alternativa, jak se vyhnout spekulacím a případným chybám z nich plynoucích.

FV systém má také nějaké roční náklady na provoz. Existují majitelé FVE, kteří panely myjí a potom se tato práce dá započítat jako náklad, ale podle různých studií není vliv znečištění na produkci FV panelu znatelný [43]. Další náklad, který může FVE mít, je pojištění. Přeci jenom se jedná o systém v hodnotě stovek tisíc korun. Výše ročního pojištění je velice individuální. Bude záležet na velikosti systému, lokalitě a typu pojištění, které budu chtít (požár, výbuch, úder blesku, pád letadla, vichřice, krupobití, zemětřesení, pád stromů atd.). Obecně je však praxe v ČR taková, že se nepojišťuje přímo FVE, ale navýší se pojištění domu o cenu FVE.

Samotné pojištění FVE potom vychází v řádech stokorun za rok [44]. Jednou za několik let bude také nutné zkontrolovat systém revizním technikem, poopravit konstrukci, na které je systém postaven, případně vyměnit vadné solární panely.

Z těchto důvodů budu započítávat roční náklady na provoz ve výši 1000 Kč.

Pro určení ekonomicky nejvýhodnější varianty budu používat výpočet metodou Net Present Value (NPV).

$$NPV = \sum_0^t \frac{CF_t}{(1+i)^t} \quad (1)$$

Tato metoda však uvažuje stanovení diskontu neboli cenu peněz. Vzhledem k tomu, že navrhuji systém pro běžného zákazníka, a ne firmu, bude diskont v rozmezí 2 % (což je přibližně úroveň inflace) až do 4 %. Pokud NPV vyjde kladně, budu počítat jednoduchou návratnost, která je vždy uvedená v nabídce obchodníků s FVE.

Vzhledem k tomu, že systém nakupuje běžný zákazník, budou všechny uvedené ceny počítány již s DPH. Pokud bych počítal FVE pro firmu, musel bych od cen odečíst DPH. Dále bych musel počítat s odpisy, které u domácnosti neuvažuji.

Celková spotřeba zákazníků se mezi roky mění jenom málo. Sice dochází k používání čím dál tím více spotřebičů na elektřinu, ale na druhou stranu se tyto spotřebiče stávají více a více efektivními, proto nepočítám mezi roky nárůstem spotřeby.

Dále je důležitý profil chování zákazníka. Ten jsem již ukazoval v kapitolách s reálnými diagramy spotřeby. Bylo vidět, že přes den je spotřeba více méně přes mírné výkyvy na úrovni baseloadu, což může být přibližně 300 W, ale přesně v tento čas generuje FVE nejvíce energie a je tedy vhodné do tohoto momentu přesunout část spotřeby z odpoledních hodin, jako například spustit myčku na odložený start nebo pračku ideálně i se sušičkou. Pokud se podívám na charakteristiky spotřeby těchto spotřebičů zjistím následující:

SPOTŘEBIČ		ORIENTAČNÍ SPOTŘEBA PODLE ENERGETICKÉ TŘÍDY (KWH/CYKLUS), NÁPLŇ 7 KG			
MYČKA		A+++	A++	A+	A
Šíře 60 cm		do 0,84	0,85 – 0,95	0,96 – 1,05	1,06 – 1,17
Šíře 45 cm		–	do 0,75	0,76 – 0,80	0,81 – 0,90

Obrázek 36 Orientační spotřeba elektrické energie myčky na jeden cyklus [45]

PRAČKA SE SUŠIČKOU <sup>2</sup>	POUZE PRANÍ	PRANÍ + SUŠENÍ
A+++	do 1,09	do 5,40
A++	1,10 – 1,36	5,41 – 5,55
A+	1,37 – 1,45	5,56 – 5,70
A	do 1,12	do 3,40
B	0,95 – 1,30	3,40 – 4,05
C	1,00 – 1,40	4,05 – 4,65

<sup>2)</sup> Praní ve třídách A, B a C je uvedeno pro 5,5 kg prádla, sušení pro 3 kg. Ve třídách A+ až A+++ je praní uvedeno pro 8 kg prádla, sušení pro 5 kg.

Obrázek 37 Orientační spotřeba elektrické energie pračky a sušičky na jeden cyklus [45]

Z uvedených hodnot vyplývá, že je možné do doby generace FVE přesunout až 6,5 kWh spotřeby (počítáno pro energetickou třídu A++). Při výpočtu ekonomické efektivity záleží tedy taktéž na chování zákazníka a na jeho ochotě kvůli FVE změnit svoje chování. Vzhledem k uvedeným skutečnostem budu počítat s více variantami rozdělení využití generované elektřiny (ne všichni zákazníci s FVE budou používat sušičku, ne všichni budou chtít měnit své chování kvůli FVE atd.)



Na začátku si tedy spočítám koeficient využití celkové generované elektřiny v softwaru DEKSOFT FVE, kam nastavím profil spotřeby podle TDD [46] a potom ho s přihlédnutím k průběhově naměřeným datům a ke zkušenostem zákazníků s již postavenou FVE, budu postupně měnit.

Podle typu navrhovaného systému a podle chování zákazníka se bude ve dvoutarifním případě měnit poměr vytlačeného vysokého a nízkého tarifu. Toto je však skutečnost, se kterou žádný software nepočítá, proto budu koeficienty stanovovat na základě kvalifikovaného odhadu autora.

Posledním předpokladem, značně ovlivňujícím výsledek výpočtu, bude růst ceny elektřiny. Za poslední roky byl růst cen elektřiny poměrně dramatický, došlo za 2 roky k skoro stoprocentnímu nárůstu cen na burze [3], ale takovýto stav není dlouhodobě udržitelný, a navíc mě při návrhu budou primárně zajímat koncové ceny pro zákazníky, ne přímo ceny na burze. Proto stanovím lineární nárůst cen elektřiny na začátek o 3 % za rok (lehce nad úroveň běžné inflace).

## 13.2 Metodika návrhu pro fotovoltaický systém ukládáním přebytků do teplé vody

U tohoto druhu akumulace energie budu navrhovat systém rovnou se střídačem. Jak jsem již popisoval v předchozích kapitolách, je bojler, nutný pro přímý ohřev vody z FV panelů, asi 2x dražší než klasický. Takže FV systém se střídačem je jen zhruba o 10 000 Kč dražší než bez něj, ale možnost spotřebovávat elektřinu generovanou z FVE i v jiných spotřebičích než v bojleru za tuto částku, podle mého názoru, stojí.

### 13.2.1 Efektivnost návrhu

Pro zákazníka s dvoutarifním rozdělením cen se v době, kdy FVE vyrábí elektrickou energii, bude nejprve generovaná elektřina spotřebovávat v domě (a tak snižovat cenu za elektřinu odebranou ze sítě, potenciálně i v době vysokého tarifu) a v případě nadprodukce elektřiny se začne ohřívat teplá voda v boileru, která by se v opačném případě ohřívala primárně v době platnosti nízkého tarifu. Z výše uvedeného tedy vyplývá, že postavením takového FV systému budu snižovat hlavně poplatky za silovou elektřinu v nízkém tarifu a až potom v tarifu vysokém, což ve výsledku samozřejmě snižuje i poplatky za distribuci, systémové služby ČEPS, příspěvek na OZE i daně. Nicméně rozdělení těchto úspor bude klíčové pro správný výpočet ekonomické efektivnosti zákazníka s dvoutarifním rozdělením. U tarifu D 02d bude, vzhledem k neexistenci nízkého tarifu, vytlačován pouze vysoký tarif.

Dalším faktorem významně ovlivňujícím efektivnost návrhu bude procento generované elektřiny spotřebované přímo v místě spotřeby, protože pokud se generovaná elektřina nespoteřebuje v domě a bojler bude plně nahřátý, půjde elektřina do sítě. V případě území hlavního města Prahy, kde je distributor společnost PRE a.s., jsou podmínky takové, že zákazník za přeteklou elektřinu nic neplatí, ale také nic nedostává. Ideální je tedy navrhnout systém tak, aby k přetokům, pokud možno docházelo co nejméně.

### 13.2.2 Návrh optimální velikosti FV systému

V případě návrhu velikosti systému se budu řídit hlavně nabídkou na trhu. Z předchozích kapitol vím, že se dají koupit systémy s instalovaným výkonem od 1,5 kWp až po zhruba 3,2 kWp. Větší systémy s akumulací do vody se nedělají, protože teplé vody se dá v domě spotřebovat jen určité množství.

Voda má měrnou tepelnou kapacitu  $c = 1,163 \text{ Wh/kg} \cdot \text{K}$ . Což znamená, že za předpokladu, že ohřívám vodu z 10 °C na 55 °C v bojleru s kapacitou 160 litrů, má takový bojler kapacitu.

$$K = c * V * \Delta t = 1,163 * 160 * 45 = 8,373 \text{ kWh (2)}$$

Takovéto množství energie vyrobí malá FVE o výkonu 2,6 kWp v zimních měsících za 3 až 4 dny, ale v letních klidně za den. Přitom právě v zimě se dá využít, zejména pokud se teplou vodou vytápí objekt, i více než 160 litrů teplé vody.

V létě rodinný dům se třemi obyvateli spotřebuje, podle normy TNI 73 0302 z roku 2014, 120 litrů teplé vody, čtyřčlenná rodina právě 160 litrů [47]. Nicméně ze zkušeností z energetických auditů je reálná spotřeba výrazně nižší, než je uveden v normě a to přibližně 25 litrů na osobu a den. Přitom právě využitelnost teplé vody je v tomto systému naprosto klíčová. Pro účely výpočtů se ze začátku budu držet využitelnosti vody uváděné normou a potom ji budu postupně snižovat.

### 13.3 Metodika návrhu pro fotovoltaický systém s ukládáním do virtuální baterie

Služba virtuální baterie představuje možnost posílat nevyužité přebytky z produkce FVE do sítě, přičemž tato hodnota se může stále načítat a lze ji pak zpětně ze sítě čerpat a využívat v době, kdy je výkon FVE nedostačující. Je tak teoreticky možné si zde uložit přebytky z produkce v letních měsících a čerpat je v zimě, kdy energetická spotřeba objektu roste. V důsledku toho je produkce FVE využita na 100 % bez potřeby vlastnit velký bojler, nebo drahou baterku. Nicméně je třeba si uvědomit, že při zpětném odebrání elektřiny do sítě je stále nutné zaplatit distributorovi poplatek za přenos zpětně odebrané energie, stejně jako poplatek za OZE, systémové služby ČEPS a ostatní poplatky. Je to způsobeno tím, že všechny tyto služby jsou vázány na počet odebraných MWh z distribuční sítě. Navíc velikost podpory Nová zelená úsporám je vázán na snížení energetické náročnosti domu pro distribuční síť, a proto se minimálně 70 % vyrobené energie musí spotřebovat přímo v místě spotřeby nehlédě na konečné 100 % využití vyrobené elektřiny. Poslání přebytečné energie a její následné odebrání v době potřeby se do spotřeby v místě výroby nepočítá. Takže virtuální baterii většinou nelze použít jako jedinou akumulaci. Musí se kombinovat buď s bojlerem, nebo fyzickou baterií. Z tohoto pohledu se jeví jako smysluplnější použít k virtuální baterii bojler, protože po splnění podmínky spotřebovat 70 % elektřiny přímo v objektu (která mi zaručí dotaci) poskytuje virtuální baterie stejnou službu z hlediska zákazníka, jako ta reálná. Ale protože k akumulaci do teplé vody nelze postavit moc velký systém, bývá dotace většinou pouze na úrovni 55 000 Kč a nelze tak za pomoci dotace postavit systém větší než řádově 3 kWp. Poplatek za virtuální baterii se liší v závislosti na tom, kolik energie během jednoho roku je odesláno a zpětně odebráno ze sítě. Cena služby je znázorněna v následující tabulce.

Velikost Virtuální baterie	Cena za měsíc v Kč včetně DPH
1 MWh	49
2 MWh	99
3 MWh	149
4 MWh	199
4+ MWh	499

Obrázek 38 Ceny za virtuální baterii k roku 2019 [48]

Zatím jediný distributor poskytující tuto službu je firma E.ON. Bohužel virtuální baterii není možné pořídit již k fungující FVE, ale pouze na novou objednanou u společnosti E.ON. Bohužel jejich řešení je v porovnání s ostatními nabídkami na trhu o poznání dražší. Navíc pokud objednatel není před stavbou FVE zákazníkem E.ON musí k němu přejít jakožto k novému dodavateli elektřiny. Co se týče informací o specifikacích systému je společnost E.ON poměrně skoupá. Veřejně je k ní k dispozici velice málo informací. Proto dělám návrh pouze v jedné konfiguraci 2,75 kWp za 167 900 Kč bez odečtení dotace. Pro potřeby návrhu budu předpokládat využití alespoň 70 % energie okamžitě v místě spotřeby, a zbylých 30 % si později vezmu z virtuální baterie čímž ušetřím jednotnou cenu silové elektřiny. Za jiné konfigurace bych nemohl od ceny systému odečíst dotaci. K získání dotace budu nicméně potřebovat minimálně bojler, který ale nebudu započítávat do ceny systému. Budu předpokládat, že ho zákazník již má. Což znamená, že jediné, co se může měnit, jsou ceny elektřiny a diskont.

## 13.4 Metodika návrhu pro fotovoltaický systém ukládáním do fyzické baterie

U systému s akumulací do fyzické baterie je největší variabilita jak velikostí systému, tak baterie, tak rozdělením vytlačování VT a NT ve dvoutarifním případě. Nicméně jako první bude potřeba stanovit opět koeficient celkového využití na základě orientačního výpočtu v softwaru DEKSOFT FVE a potom ho budu měnit na základě reálně naměřených diagramů spotřeby a kvalifikovaného odhadu autora.

Rozdělení vytlačení VT a NT zde bude naopak než v případě s akumulací do vody. Většinu elektřiny z baterie budu brát ve večerních hodinách (cca mezi 18 a 23 hodinou) tzn. v platnosti vysokého tarifu. Přes většinu dne, kdy FVE vyrábí, je taktéž VT, akorát zhruba mezi 14. a 16. hodinou může být NT. Navíc pokud má zákazník v domě klasický elektrický bojler (a tarif D 25d to očekává), tak spotřebovávám elektřinu k nahřátí vody v bojleru tzn. opět vytlačuji nízký tarif. Z toho důvodu očekávám, že tento systém bude vytlačovat 20 % NT a 80 % VT, v podstatě bez větších ohledů na instalovaný výkon FVE.

Velikost instalovaného výkonu můžu měnit až do 10 kWp v podstatě libovolně, pouze s podmínkou využitelnosti 70 % energie v místě výroby což se dá regulovat velikostí baterie. Jak moc bude ekonomicky výhodné zvětšovat instalovaný výkon spolu s kapacitou baterie, ukáží při samotném výpočtu.

## 14 Návrh FVE v současných podmínkách ČR

### 14.1 Pro zákazníka s tarifem D 25d

Pro konkrétní návrh jsem si jako první vybral zákazníka s tarifem D 25d. Pro spočtení ekonomické efektivity pro tohoto zákazníka je potřeba mít nějaká vstupní data plateb za elektřinu. Na následujících obrázcích jsou potřebná data z faktury pro rodinný dům na území hlavního města Prahy za období od 18.7.2017 do 16.07.2018

Rekapitulace (celkem za fakturační období)	Množství (MWh)	Sazba DPH	Celkem bez DPH (Kč)	DPH (Kč)	Celkem včetně DPH (Kč)
Vyučtování dodávky elektřiny 18.7.2017 - 16.7.2018	4,57100	21%	13 681,62	2 873,14	16 554,76
Vyučtované zálohy		21%	-15 143,76	-3 180,24	-18 324,00

#### SPOTŘEBA

Období od	Období do	Měřidlo	Tarif	Stav měřidla		ZO*	TDD	Náso-bitel	Spotřeba (kWh)	Korekce (kWh)	Spotřeba v období (MWh)	
				počáteční	koncový							
18.7.2017	1.9.2017	2008032321	VT	18598	18865	Z	5	1	267	0	267	0,26700
18.7.2017	1.9.2017	2008032321	NT	17132	17334	Z	5	1	202	0	202	0,20200
2.9.2017	31.12.2017	2008032321	VT	18865	19768	Z	5	1	903	0	903	0,90300
2.9.2017	31.12.2017	2008032321	NT	17334	18017	Z	5	1	683	0	683	0,68300
1.1.2018	16.7.2018	2008032321	VT	19768	21165	D	5	1	1397	0	1397	1,39700
1.1.2018	16.7.2018	2008032321	NT	18017	19136	D	5	1	1119	0	1119	1,11900
<b>Celkem dodané množství elektřiny</b>												<b>4,57100</b>

\* C - oprava spotřeby, D - odečet distributorem, O - odhad spotřeby distributorem, S - samoodečet, T - odhad spotřeby dle TDD, Z - změna ceny

#### PŘEHLED PLATEB za celkové období 18.7.2017 - 16.7.2018

Účtované množství	Jednotka	Tarif	Průměrná jednotková cena (bez DPH)**	Celkem bez DPH	Celkem s DPH*
2567	kWh	VT (T1, I)	3,25 Kč/kWh	8 343,63 Kč	10 095,79 Kč
2004	kWh	NT (T2, II)	1,64 Kč/kWh	3 293,31 Kč	3 984,91 Kč
11,9680	měsíc		170,85 Kč/měsíc	2 044,68 Kč	2 474,06 Kč
<b>Celkem</b>				<b>13 681,62 Kč</b>	<b>16 554,76 Kč</b>

\* Haléřový rozdíl (proti částce na prvním listu vyúčtování) může být / je způsoben zaokrouhlováním.

\*\* Vypočítáno dle vyhlášky č. 70/2016 Sb. podílem částky celkem bez DPH a účtovaného množství.

## REGULOVANÉ PLATBY ZA DISTRIBUCI A OSTATNÍ SOUVISEJÍCÍ SLUŽBY

Období		Položka	Sazba	Tarif	Množství	Jednotka	Za jednotku bez DPH	Celkem bez DPH (Kč)
od	do							
18.7.2017	1.9.2017	Distribované množství elektřiny NT	D25d	NT	0,20200	MWh	64,01000 Kč	12,93
18.7.2017	1.9.2017	Distribované množství elektřiny VT	D25d	VT	0,26700	MWh	1 624,71000 Kč	433,80
2.9.2017	31.12.2017	Distribované množství elektřiny NT	D25d	NT	0,68300	MWh	64,01000 Kč	43,72
2.9.2017	31.12.2017	Distribované množství elektřiny VT	D25d	VT	0,90300	MWh	1 624,71000 Kč	1 467,11
1.1.2018	16.7.2018	Distribované množství elektřiny NT	D25d	NT	1,11900	MWh	71,69000 Kč	80,22
1.1.2018	16.7.2018	Distribované množství elektřiny VT	D25d	VT	1,39700	MWh	1 719,17000 Kč	2 401,68
Období		Položka	Jistič (fáze x A)	Množství	Jednotka	Za jednotku bez DPH	Celkem bez DPH (Kč)	
od	do							
18.7.2017	1.9.2017	Cena za činnost zúčtování OTE		1,48500	měsíc	4,90000 Kč	7,28	
18.7.2017	1.9.2017	Měsíční plat za příkon - jistič	3x25	1,48500	měsíc	120,00000 Kč	178,20	
18.7.2017	1.9.2017	Daň z elektřiny		0,46900	MWh	28,30000 Kč	13,27	
18.7.2017	1.9.2017	Cena na podporu výkupu elektřiny (OZE)*		0,46900	MWh	495,00000 Kč	232,16	
18.7.2017	1.9.2017	Systémové služby ČEPS, a.s.		0,46900	MWh	93,94000 Kč	44,06	
2.9.2017	31.12.2017	Cena za činnost zúčtování OTE		3,96700	měsíc	4,90000 Kč	19,44	
2.9.2017	31.12.2017	Měsíční plat za příkon - jistič	3x25	3,96700	měsíc	120,00000 Kč	476,04	
2.9.2017	31.12.2017	Daň z elektřiny		1,58600	MWh	28,30000 Kč	44,88	
2.9.2017	31.12.2017	Cena na podporu výkupu elektřiny (OZE)*		1,58600	MWh	495,00000 Kč	785,07	
2.9.2017	31.12.2017	Systémové služby ČEPS, a.s.		1,58600	MWh	93,94000 Kč	148,99	
1.1.2018	16.7.2018	Cena za činnost zúčtování OTE		6,51600	měsíc	5,40000 Kč	35,19	
1.1.2018	16.7.2018	Měsíční plat za příkon - jistič	3x25	6,51600	měsíc	127,00000 Kč	827,53	
1.1.2018	16.7.2018	Daň z elektřiny		2,51600	MWh	28,30000 Kč	71,20	
1.1.2018	16.7.2018	Cena na podporu výkupu elektřiny (OZE)*		2,51600	MWh	495,00000 Kč	1 245,42	
1.1.2018	16.7.2018	Systémové služby ČEPS, a.s.		2,51600	MWh	93,63000 Kč	235,57	
<b>Celkem (bez DPH)</b>							<b>8 803,76</b>	

\*Dle §28 odst. 5 a 6 zákona č. 165/2012 Sb. je vyúčtována nižší hodnota z následujících dvou metodických výpočtů:

Postup A:

3 (počet fází jističe) \* 25 (proudová hodnota jističe [A]) \* 5,452 (počet měsíců) \* 18,01 (jednotková cena bez DPH) = 7364,29 Kč bez DPH

3 (počet fází jističe) \* 25 (proudová hodnota jističe [A]) \* 6,516 (počet měsíců) \* 15,05 (jednotková cena bez DPH) = 7354,94 Kč bez DPH

Postup B (maximální možná platba za fakturované období): 4,571 (spotřeba [MWh]) \* 495 (jednotková cena bez DPH) = 2262,65 Kč bez DPH

## OBCHODNÍ CENA ZA DODÁVKU SILOVÉ ELEKTRINY

Období		Položka	Sazba	Množství	Jednotka	Za jednotku bez DPH	Celkem bez DPH (Kč)
od	do						
<b>EL   D   SMART   ALL   HOME AKU 8   D25d</b>							
18.7.2017	1.9.2017	Silová elektřina, Pevná cena za měsíc	D25d	1,48500	měsíc	55,00000 Kč	81,68
18.7.2017	1.9.2017	Silová elektřina, Spotřeba NT	D25d	0,20200	MWh	726,00000 Kč	146,65
18.7.2017	1.9.2017	Silová elektřina, Spotřeba VT	D25d	0,26700	MWh	726,00000 Kč	193,84
2.9.2017	31.12.2017	Silová elektřina, Pevná cena za měsíc	D25d	3,96700	měsíc	40,00000 Kč	158,68
2.9.2017	31.12.2017	Silová elektřina, Spotřeba NT	D25d	0,68300	MWh	984,00000 Kč	672,07
2.9.2017	31.12.2017	Silová elektřina, Spotřeba VT	D25d	0,90300	MWh	984,00000 Kč	888,55
1.1.2018	16.7.2018	Silová elektřina, Pevná cena za měsíc	D25d	6,51600	měsíc	40,00000 Kč	260,64
1.1.2018	16.7.2018	Silová elektřina, Spotřeba NT	D25d	1,11900	MWh	984,00000 Kč	1 101,10
1.1.2018	16.7.2018	Silová elektřina, Spotřeba VT	D25d	1,39700	MWh	984,00000 Kč	1 374,65
<b>Celkem (bez DPH)</b>							<b>4 877,86</b>

## HISTORICKÁ SPOTŘEBA

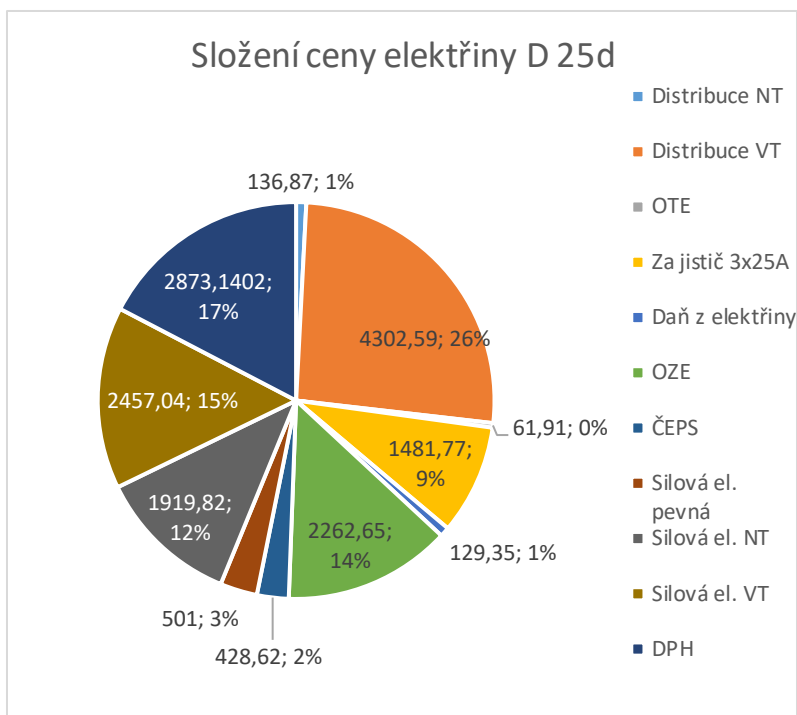
Období	VT (kWh)	NT (kWh)	Celkem (kWh)
01.09.2016 - 17.07.2017	2 867	1 600	4 467
18.07.2017 - 16.07.2018	2 567	2 004	4 571

### Obrázek 39 Faktura zákazníkas tarifem D25d

Celková platba za toto období je tedy 16 554,76 Kč včetně DPH. Samozřejmě nelze ušetřit stavbou fotovoltaického systému celou tuto částku, alespoň ne v případě, pokud se jedná o systém připojený do distribuční sítě. Nicméně můžu výrazně ušetřit na variabilní složce placené elektřiny. Pro zjištění, jak velkou část můžu ušetřit, jsem rozdělil velikosti plateb podle jednotlivých složek.

Distribuce NT	136.87 Kč
Distribuce VT	4 302.59 Kč
OTE	61.91 Kč
Za jistič 3x25A	1 481.77 Kč
Daň z elektřiny	129.35 Kč
OZE	2 262.65 Kč
ČEPS	428.62 Kč
Pevná cena	501.00 Kč
Silová el. NT	1 919.82 Kč
Silová el. VT	2 457.04 Kč
DPH	2 873.14 Kč
Celkem	16 554.76 Kč

**Tabulka 24 Složení plateb za elektřinu  
zákazníka D 25d**



**Obrázek 40 Složení plateb za elektřinu zákazníka D 25d**

Při zachování současného stavu se mi nezmění poplatky za činnost OTE a poplatky za jistič. Podle toho, jaký budu mít FV systém, se mi potom změní odběr elektřiny v nízkém a vysokém tarifu. Taktéž platby za distribuci a všechny platby vázané na počet odebraných MWh. Lze tedy konkrétně zde ušetřit až 87 % z celkových plateb za elektřinu. Jestli to bude pomocí některého z možných FV systémů výhodné zjistím v následujících kapitolách.

### Varianta systému 2,16 kWp s bojlerem 200 l

Základní informace o systému:

V tomto prvním případě zkusím spočítat ekonomickou efektivnost malého FV systému o velikosti 2,16 kWp. Při pořízení budu předpokládat nákup nového bojleru, který by měl vydržet po dobu životnosti celého systému, která bude stanovena na 20 let. Dále budu předpokládat u všech návrhů ideální stav umístění fotovoltaických panelů směrem na jih bez zastínění a s ideálním sklonem 35°.

Připojení do sítě:	jednofázové (230 V / 50 Hz)
Instalovaný výkon	2,1 kWp
Využití vyrobené elektřiny:	vlastní spotřeba v domě, přebytky dodané do sítě
Fotovoltaické panely:	8 x Amerisolar 270 Wp
Měnič napětí:	1 x KOSTAL MP 2.0
Baterie:	ne
Přepěťové ochrany:	Dehn
Bojler:	200 l ELIZ EURO 200 INTELIGENT

Měsíční bilance pro první rok je v následující tabulce

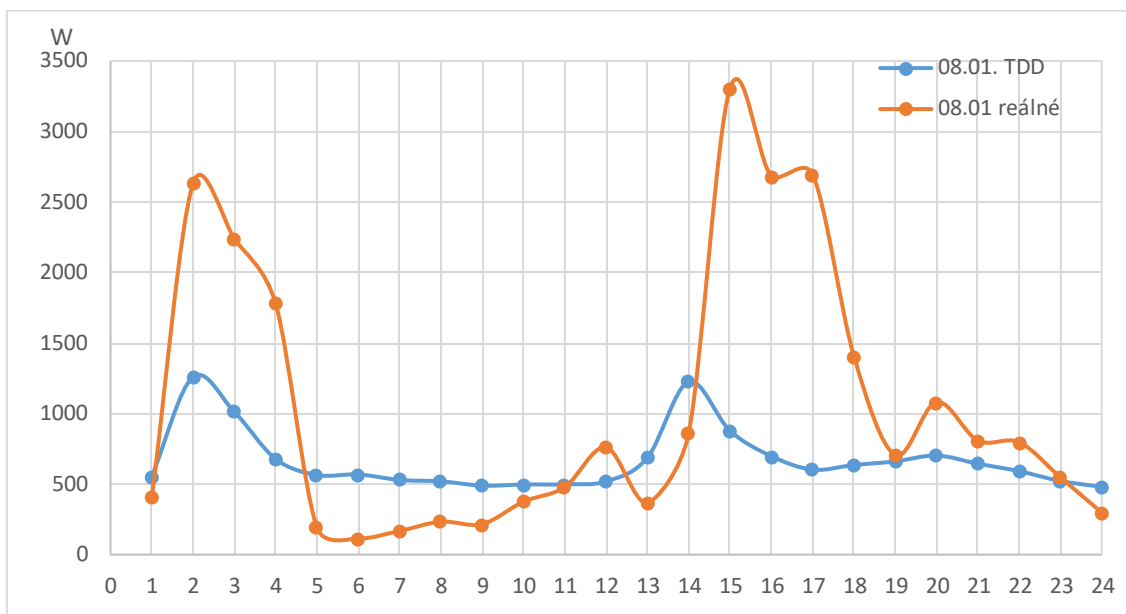
Měsíc. Rok	I.18	II.18	III.18	IV.18	V.18	VI.18	VII.1 8	VIII.1 8	IX.18	X.18	XI.18	XII.1 8
Měsíční produkce FVE 2,1 kWp [kWh]	52.8	96.5	187	250	259	263	267	252	196	127	69.1	49.9
Celková spotřeba bez FVE [kWh]	499. 9	431. 1	426. 9	363. 8	325. 1	288. 5	278. 6	284.9	308. 5	385. 2	433. 4	490. 5
Měsíční spotřeba VT [kWh]	199. 9	172. 4	234. 8	200. 1	195. 0	201. 9	195. 0	170.9	185. 1	231. 1	260. 0	196. 2
Měsíční spotřeba NT [kWh]	299. 9	258. 7	192. 1	163. 3	130. 0	86.5 7	83.5	113.9	123. 4	154. 1	173. 3	294. 3
Měsíční spotřeba se systéme m 2.1 kWh	447. 1	334. 6	239. 9	136. 3	104. 9	75.5 3	59.7 0	70.72	126. 3	258. 2	364. 3	440. 6

**Tabulka 25 Měsíční bilance spotřeby zákazníka s tarifem D 25d**

Data měsíční produkce FVE o velikosti 2,16 kWp byla vzata ze systému PV GIS [49].

Jak jsem již uvedl dříve, není možné pro data spotřeby používat reálné naměřené hodnoty. Proto jsem použil TDD5 pro území hlavního města Prahy [50] a přepočtl hodnoty pomocí celkové spotřeby převzaté

z reálné faktury zákazníka s tarifem D 25d. Při porovnání s reálnými hodnotami za jeden konkrétní den v roce vypadá takto.



**Obrázek 41 Porovnání reálně naměřených dat za rok 2018 s dlouhodobými daty PV GIS**

Tento graf má ilustrovat pouze a jenom skutečnost, že TDD jsou vzhledem jejich povaze mnohem „hladší“, jedná se totiž o dlouhodobý průměrný spotřeby všech zákazníků s jedním tarifem, kdežto reálné diagramy mají mnohem větší výkyvy, protože se jedná o aktuálně naměřená data. Pokud ale navrhujeme systém s dlouhou dobou životnosti, je lepší použít dlouhodobá průměrná data. V návrhu ale budeme reálným hodnotám přihlížet.

#### Přehled vstupních údajů:

Položka	Jednotka	Hodnota
Pořizovací cena	[Kč]	113557
Cena bojleru	[Kč]	10000
Výměna střídače 2.5 kW	[Kč]	20000
Náklady na provoz	[Kč/rok]	1000
Státní dotace	[Kč]	55000
Příspěvek na dokumentaci	[Kč]	5000
Životnost	[roky]	20
Roční produkce	[kWh]	2069.3
Roční spotřeba	[kWh]	4571
Růst spotřeby domácnosti za rok	[-]	0
Růst cen elektřiny za rok	[-]	0.03
Cena za kWh VT silová + distribuce	[Kč/kWh]	2.70317
Cena za kWh NT silová + distribuce	[Kč/kWh]	1.06369
Poplatek za jistič za měsíc + OTE + doprava	[Kč/měsíc]	165
Daň, OZE, ČEPS za kWh	[Kč/kWh]	0.61693
DPH	[-]	0.21

Koeficient využití produkce celkem	[-]	0.92
Koeficient využití produkce VT	[-]	0.2
Koeficient využití produkce NT	[-]	0.8
Koeficient poklesu účinnosti systému za rok	[-]	0.007
Diskontní úroková sazba	[-]	0.02

**Tabulka 26** Vstupní údaje pro systém 2,1 kWp s bojlerem 200 l pro zákazníka D 25d

**Spočítaný koeficient využití podle DEKSOFT FVE**

FVE  
verze 1.2.8



Výsledky výpočtu		
Celková roční spotřeba TV	57,1	m <sup>3</sup>
Celková spotřeba elektrické energie	4 559,2	kWh
Celková využitelná produkce elektrické energie z FVE v budově	1 643,6	kWh
Celková produkce elektrické energie dodaná do distribuční soustavy	156,3	kWh
Celková produkce elektrické energie z FVE	1 799,9	kWh
Celkové množství elektrické energie odebrané z distribuční soustavy	2 915,6	kWh
Procento využití celkové produkce FVE pro krytí spotřeby v budově	91,3	%
Procento pokrytí vlastní spotřeby pomocí FVE	36,1	%
Maximální dosažená teplota v zásobníku		
Uzel 1 (horní třetina zásobníku)	75,0	°C
Uzel 2 (střed zásobníku)	75,0	°C
Uzel 3 (dolní třetina zásobníku)	75,0	°C
Graf způsobu pokrytí spotřeby elektrické energie v budově		
Graf průměrné měsíční teploty v zásobníku		

**Obrázek 42** Spočítaný koeficient celkového využití el. energie v programu DEKSOFT FVE [46]

Počítání v tomto programu má jednu nevýhodu v tom, že se spotřeba elektřiny na ohřev teplé vody počítá zvlášť. Je tedy nutné nastavit diagram spotřeby teplé vody v průběhu roku, a pokud se voda už dříve započítávala do diagramů spotřeby elektřiny (v případě zákazníka D25d se to předpokládá), tak je nutné o tuto spotřebu diagram snížit, aby se elektřina potřebná k přípravě TUV nezapočítávala do spotřeby 2x. Jak je vidět, procento využití celkové produkce FVE vyšlo 91,3 %. Jako první si tedy zaokrouhlím mírně nahoru a



budu počítat s tímto využitím. Nicméně podle softwaru vyrobila FVE méně energie než z programu PV GIS, což je moje referenční hodnota. Už jen z toho důvodu se mi koeficient celkového využití zdá poměrně vysoký a budu ho tedy spíše snižovat. Další důvod ke snižování je ten, že TDD, podle kterých počítám, mají mnohem menší výkyvy než reálné diagramy (jak bylo již ukázáno), a proto bude reálně koeficient trochu nižší. Výsledky výpočtů jsou v následující tabulce.

Výsledky:

<b>Systém 2.1 kWp</b>					
K. využití celkem	K. využití VT	K. využití NT	růst cen elektřiny	diskont	NPV
0.92	0.2	0.8	0.03	0.02	<b>-22 031 Kč</b>
0.92	0.3	0.7	0.03	0.02	<b>-12 899 Kč</b>
0.92	0.2	0.8	0.03	0.03	<b>-27 637 Kč</b>
0.92	0.3	0.7	0.03	0.03	<b>-19 421 Kč</b>
0.92	0.3	0.7	0.04	0.03	<b>-15 696 Kč</b>
0.92	0.3	0.7	0.04	0.02	<b>-8 642 Kč</b>
0.85	0.3	0.7	0.03	0.02	<b>-19 519 Kč</b>
0.85	0.3	0.7	0.04	0.02	<b>-15 586 Kč</b>
0.85	0.3	0.7	0.04	0.03	<b>-21 991 Kč</b>

**Tabulka 27 Výsledky systému 2,1 kWp zákazníka D 25d**

Jak je vidět, kombinací na počítání je poměrně hodně, nicméně NPV nevyšlo kladné ani v jedné. Je to dáno hlavně tím, že systém nevytlačuje dostatek energie ve vysokém tarifu, a proto za rok vygeneruje úsporu na účtu za elektřinu okolo 5000 Kč. Ale roční fixní náklady jsem zvolil 1000 Kč což je 20% z této částky. Sice bych mohl uvažovat u malého systému nižší, nebo žádné pojištění, ale revize levnější nebude a panely se můžou porouchat stejně jako u většího systému. Východiskem by tedy mohlo být „generovat“ větší úsporu pomocí postavení většího systému. To ale samozřejmě zvýší vstupní investici a sníží koeficient celkového využití energie.

Výsledky:

<b>Systém 3.24 kWp</b>					
K. využití celkem	K. využití VT	K. využití NT	růst cen elektřiny	diskont	NPV
0.8	0.2	0.8	0.03	0.02	<b>-36 899 Kč</b>
0.8	0.3	0.7	0.03	0.02	<b>-25 043 Kč</b>
0.8	0.3	0.7	0.04	0.02	<b>-19 516 Kč</b>
0.8	0.3	0.7	0.04	0.03	<b>-29 114 Kč</b>
0.75	0.2	0.8	0.03	0.02	<b>-43 218 Kč</b>
0.75	0.3	0.7	0.04	0.02	<b>-26 922 Kč</b>
0.75	0.3	0.7	0.03	0.02	<b>-32 103 Kč</b>
0.75	0.3	0.7	0.03	0.03	<b>-40 361 Kč</b>

**Tabulka 28 Výsledky systému 3,24 kWp zákazníka D 25d**

Jak je vidět, výsledky jsou ještě o poznání horší, než v předchozím případě. Systém tentokrát generuje ročně úsporu okolo 6000 Kč, protože vytlačuje více elektřiny a bude ohřívat i více vody, ale to znamená, že musí mít zákazník i větší spotřebu teplé vody a ta se nedá zvyšovat donekonečna. Úspora tedy není o moc větší a v kombinaci s vyšší počáteční investicí vyjdou výsledky hůře.

## Závěr pro zákazníka s tarifem D 25d pro FVE s akumulací do vody:

Vzhledem k uvedeným výpočtům a výsledkům je pro naprostou většinu zákazníků s tarifem D 25d v současné době za současných cen FV panelů a střídačů neekonomické pořízení FVEs akumulací do vody. Navíc výpočet přes TDD je poměrně příznivý pro výpočet návratnosti FVE, protože už ze začátku počítá s poměrně vysokým baseloadem. Z těchto důvodů bych naprosto nedoporučoval stavbu těchto systémů pro zákazníky s tarifem D 25d.

### 14.1.1 Fotovoltaický systém s akumulací do virtuální baterie pro zákazníka D 25d

Připojení do sítě:	jednofázové (230 V / 50 Hz)
Využití vyrobené elektřiny:	vlastní spotřeba v domě, přebytky dodané do virtuální baterie
Fotovoltaické panely:	10x Axitec AC275P
Měnič napětí:	SMA Sunny Boy 2.5
Baterie:	virtuální (sít')
Přepěťové ochrany:	Dehn
Plocha solárních panelů:	16,3 m <sup>2</sup>
Cena s odečtenou dotací:	107 900 Kč

Tento systém má za cíl zvýšit rentabilitu pomocí ušetření plateb za elektřinu, kterou bych jinak odeslal do sítě. Jakým způsobem se pomocí virtuální baterky dá ušetřit je popsáno v kapitole Metodika návrhu. V praxi by bylo nejvýhodnější při aplikaci tohoto modelu nastavit řídicí systém tak, aby byl koeficient využití virtuální baterie co nejvyšší tzn. maximálně 0,3, protože zbytek musím spotřebovat přímo v místě spotřeby a neposílat do sítě. Následně se hodí pomocí virtuální baterie co nejvíce snížit spotřebu ve vysokém tarifu. Nicméně podobný řídicí systém jsem na trhu nenašel, a proto budu uvažovat rozdělení VT a NT stejné jako v předchozím případě. Vstupní údaje jsou z velké části stejné jako v předchozím návrhu, odlišné údaje jsou níže.

Pořizovací cena	[Kč]	167900
Cena virtuální baterie	[Kč/měsíc]	50
...		
Koeficient využití produkce bez virtuální baterie	[-]	0.7
Koeficient využití virtuální baterie		0.3
Koeficient využití produkce VT	[-]	0.3
Koeficient využití produkce NT	[-]	0.7
Koeficient poklesu účinnosti systému za rok	[-]	0.007
Diskontní úroková sazba	[-]	0.03

Tabulka 29 Vstupní údaje pro systém 2,75 kWp s virtuální baterií

Výsledky jsou v následující tabulce:

Systém 2.75 kWp			
K. využití celkem	růst cen elektřiny	diskont	NPV
1	0.02	0.02	-48 467 Kč
1	0.03	0.02	-38 474 Kč
1	0.04	0.02	-27 167 Kč
1	0.03	0.03	-32 314 Kč
1	0.04	0.03	-37 302 Kč

Tabulka 30 Výsledky systému 2,75 kWp zákazníka D 25d

Evidentně ani tento systém není vůbec výhodný. Kombinace vyšší vstupní ceny a návratnosti pouze z poplatku za cenu silové elektřiny nevychází lépe než u systému se samostatnou akumulací do vody. Do budoucna lze pouze čekat, jestli E.ON nebude virtuální baterku nabízet již k postaveným FVE, potom by systémy vycházely jistě mnohem lépe. Poplatek 50 Kč / měsíc ale asi není dostatečný, aby pokryl zvýšené náklady na provoz distribuční sítě na jednoho zákazníka, proto má E.ON pravděpodobně část nákladů pokrytou díky stavbě FVE pro zákazníka. Nicméně to však zvyšuje cenu pro zákazníka neúměrně profitu plynoucímu z virtuální baterie.

#### 14.1.2 Fotovoltaický systém s akumulací do fyzické baterie pro zákazníka D 25d

Připojení do sítě:	jednofázové (230 V / 50 Hz)
Instalovaný výkon	1,89 kWp
Využití vyrobené elektřiny:	vlastní spotřeba v domě, přebytky dodané do baterie případně do sítě
Fotovoltaické panely:	7 x BENQ AUO 270 Wp
Měnič napětí:	1 x Hybridní GoodWe GW3648-EM s funkcí záložního zdroje
Baterie:	lithiová baterie Pylontech US2000B+; 2,4 kWh LifePo4
Přepěťové ochrany:	Dehn
Cena s odečtenou dotací:	95 000 Kč

Jako první variantu začnu s nejmenším systémem, který jsem byl ve variantě na klíč schopen najít a postupně budu systémy zvětšovat. U systému s klasickou baterií je totiž největší variabilita. Vždy můžu přikupovat více baterií, je ale otázka, jak moc to bude efektivní vzhledem k vysoké pořizovací ceně baterií a jejich omezené životnosti. Stejně jako v předchozích případech jsem počítal s výměnou střídače jednou za životnost systému, zde budu počítat taktéž s výměnou baterií.

Baterie mají, na rozdíl od ukládání do vody, výhodu, že energie do nich uložená bude využita zejména ve vysokém tarifu, tedy v době mezi 17 a 23 hodinou. Stejně jako v předchozím případě si koeficient využití spočítám v softwaru DEKSOFTFVE. Výsledky jsou v následující tabulce:

Systém 1.89 kWp						
K. využití celkem	K. využití VT	K. využití NT	růst cen elektřiny	diskont	NPV	návratnost [roky]
0.85	0.8	0.2	0.03	0.02	-33 684 Kč	-
0.85	0.8	0.2	0.03	0.03	-44 328 Kč	-
0.85	0.8	0.2	0.04	0.02	-19 971 Kč	-
0.85	0.8	0.2	0.04	0.03	-32 335 Kč	-
0.9	0.8	0.2	0.04	0.02	-11 796 Kč	-

Tabulka 31 Výsledky systému 1,89 kWp zákazníka D 25d

Varianta s 85 % využitím generované energie je s ohledem na reálné diagramy spotřeby lehce optimistická, nicméně zvýšit využití se trochu dá, proto jsem spočítal i variantu s využitím až 90 % veškeré generované energie. Lehký optimismus platí i pro rozdělení vysokého a nízkého tarifu 80/20. Nicméně s teoretickým přesunutím spotřeby některých spotřebičů do doby generace FVE je to určitě možné. Přesto, jak je vidět, vychází NPV ve všech možnostech záporně. Opět je to na tak malý systém dáno tím, že generuje úsporu okolo 6000 Kč / rok, a tak jsou provozní náklady opět poměrně znatelné.

Snížení celkového využití nemá smysl ukazovat, ekonomická návratnost systému by byla pouze více v mínusu.

Při zvýšení instalovaného výkonu systému dojde samozřejmě ke zvýšení vstupní investice, ale také bude objekt odebírat z distribuční sítě méně elektřiny, tím bude generovat větší úsporu, čímž se i více rozloží

náklady na provoz. Zároveň bude docházet k větším přetokům nevyužité energie, a to i v případě 2x větší baterie.

Připojení do sítě:	jednofázové (230 V / 50 Hz)
Instalovaný výkon	3,6 kWp
Využití vyrobené elektřiny:	vlastní spotřeba v domě, přebytky dodané do baterie případně do sítě
Fotovoltaické panely:	11 x Jinko Solar 325 Wp
Měnič napětí:	1 x Hybridní GoodWe GW3648-EM s funkcí záložního zdroje
Baterie:	2 x lithiová baterie Pylontech US2000B+; 4,8 kWh LiFePo4
Přepětové ochrany:	Dehn
Cena s odečtenou dotací:	130 000 Kč

Systém 3.6 kWp						
K. využití celkem	K. využití VT	K. využití NT	růst cen elektřiny	diskont	NPV	návratnost [roky]
0.7	0.8	0.2	0.03	0.02	<b>-35 250 Kč</b>	-
0.7	0.8	0.2	0.04	0.02	<b>-14 856 Kč</b>	-
0.7	0.7	0.3	0.03	0.02	<b>-45 458 Kč</b>	-
0.7	0.8	0.2	0.04	0.03	<b>-33 962 Kč</b>	-
0.75	0.7	0.3	0.03	0.02	<b>-32 880 Kč</b>	-
0.75	0.8	0.2	0.03	0.02	<b>-21 943 Kč</b>	-
0.75	0.8	0.2	0.04	0.02	<b>-92 Kč</b>	-
0.75	0.8	0.2	0.04	0.03	<b>-20 668 Kč</b>	-

**Tabulka 32 Výsledky systému 3,6 kWp zákazníka D 25d s baterií 4,8 kWh**

Jak vidno z výsledků, je tato varianta v některých případech lepší. Vyšší investice trochu zmírní vliv stálých nákladů na FVE a při optimistické variantě s využitím 75 % energie v objektu a růstu cen elektřiny o 4 % ročně (což je optimistické z hlediska ekonomické návratnosti FVE, pro zákazníka už méně) se mi NPV dostane skoro na nulu.

Pokud bych přikoupil ještě jednu baterii o kapacitě 2,4 kWh a tím zvýšil cenu systému o 27 600 Kč [51] (plus by se zvětšila investice v 10. roce, kdy bych vyměňoval větší baterku) byl by výsledek v neoptimističtějších případech s růstem cen elektřiny o 4 % ročně a diskontem 2 % následující.

Systém 3.6 kWp						
K. využití celkem	K. využití VT	K. využití NT	růst cen elektřiny	diskont	NPV	návratnost [roky]
0.8	0.8	0.2	0.04	0.02	<b>-52 928 Kč</b>	-
0.85	0.8	0.2	0.04	0.02	<b>-38 165 Kč</b>	-

**Tabulka 33 Výsledky systému 3,6 kWp zákazníka D 25d s baterií 7,2 kWp**

Záleží sice na tom o kolik mi ve finále zvedne vyšší kapacita baterie koeficient využitelnosti, nicméně v obou případech je výsledek horší, než když byla kapacita baterie, a tím i vstupní investice menší. Vyšší kapacita baterie tedy v tomto případě nepřináší vyšší úsporu.

Pokud budu předpokládat zákazníka taktéž s tarifem D 02d, ale vyšší spotřebou, na úrovni 6 MWh / rok bude koeficient využití vyšší při nezměněných vstupních nákladech. Výsledky takovéto kombinace pak budou vypadat takto:

Systém 3.6 kWp						
K. využití celkem	K. využití VT	K. využití NT	růst cen elektřiny	diskont	NPV	návratnost [roky]
0.8	0.8	0.2	0.03	0.02	-8 635 Kč	-
0.8	0.8	0.2	0.04	0.02	14 672 Kč	17.1
0.8	0.7	0.3	0.03	0.02	-20 301 Kč	-
0.8	0.8	0.2	0.04	0.03	-7 374 Kč	-
0.85	0.7	0.3	0.03	0.02	-7 723 Kč	-
0.85	0.8	0.2	0.03	0.02	4 672 Kč	17.5
0.85	0.8	0.2	0.04	0.02	29 435 Kč	16.3
0.85	0.8	0.2	0.04	0.03	5 920 Kč	16.3

**Tabulka 34 Výsledky systému 3,6 kWp zákazníka D 25d se spotřebou 6000 kWh /rok a baterií 4,8 kWh**

V nejpříznivější možné variantě se NPV dostane až na 29 435 Kč, nicméně návratnost 16,3 let není pořád žádné závratné číslo. Navíc je třeba brát v potaz, že při nezměněné velikosti baterie bude nárůst spotřeby u tarifu D 25d, zejména večer, když jsou obyvatelé objektu doma a tedy v momentě, kdy FVE nevyrábí a přebytečná energie se neměla moc jak jinak spotřebovat. Při zvýšeném baseloadu stoupne koeficient celkového využití energie maximálně k 85 %. Což je sice poměrně dobrá využitelnost, ale pořád ne dostatečná, aby se návratnost dostala tak nízkou, aby tito zákazníci začali stavět FVE.

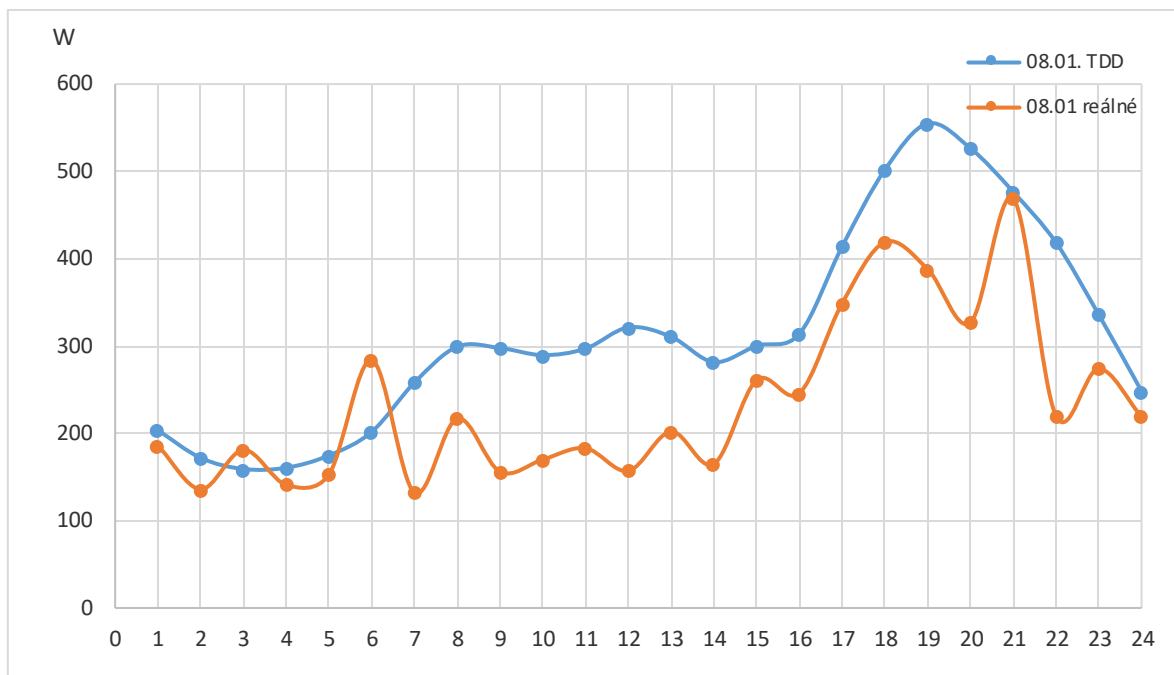
#### **Závěr pro zákazníka s tarifem D 25d pro FVE s akumulací do fyzické baterie:**

Varianta s fyzickou baterií přináší největší variabilitu a nezávislost na distribuční síti. Při splnění určitých podmínek může krátkodobě fungovat i v ostrovním provozu, což je při výpadku sítě určitá forma benefitu, který zde není finančně ohodnocen. Nicméně i přes občasné kladné NPV ve variantách s velkou dávkou optimismu se návratnost nedostane pod 16 let, a to je až příliš mnoho.

## 14.2 Pro zákazníka s tarifem D 02d

Jak je již zmíněno výše, tento tarif má v České republice asi 60 % domácností a je tedy dominantní na českém trhu. Přestože většina těchto zákazníků jsou byty v panelových domech a bytovkách, najdou se i rodinné domy s tímto tarifem.

Hlavní rozdíl zde bude v nerozlišování vysokého a nízkého tarifu, což trochu zjednoduší výpočet a mělo by to navíc pomoci dostat návratnost malých FVE více do černých čísel. Také mají zákazníci tohoto tarifu samozřejmě jiný diagram spotřeby, který opět sestavím z dat TDD od OTE [50]. Protože zákazníků s tarifem D 02d je velké množství, nedá se přesně stanovit typické množství elektrické energie, kterou tyto zákazníci odebírají ze sítě. Proto si jako referenční hodnotu zvolím 3 MWh / rok, což může rodinný dům s tímto tarifem bez velkých problémů spotřebovat. Je ovšem otázka, jestli by při takovéto velikosti spotřeby nebyl vhodný jiný tarif. Nicméně spousta domů ho spíše z historických důvodů stále má. Pro srovnání opět přidávám graf TDD a reálně naměřených hodnot pro jeden den.



**Obrázek 43** Porovnání reálně naměřených dat za rok 2018 s dlouhodobými daty PV GIS

Jak je vidět i zde, je baseload výše u TDD než u reálně naměřených dat, ale alespoň u tohoto dne již nedochází k tak vysokým špičkám odběru, jako tomu bylo u zákazníka s tarifem D 25d. Je to dáno tím, že se zde nenahřívá bojler s teplou vodou. Dále je patrné, že konkrétně zde je v podstatě celá křivka spotřeby reálně naměřených dat níže než u TDD. To povede k tomu, že při použití TDD budou vycházet koeficienty využití celkové generace z FVE poněkud lépe, než by tomu bylo u reálně naměřených dat. V jiných dnech bude pak křivka reálné spotřeby po většinu času výš, protože celková roční spotřeba je stejná jak u reálně naměřených dat, tak u TDD. Nicméně opět data z jednoho roku nejsou pro návrh systému na 20 let úplně rozhodující, a proto k nim budu pouze přihlížet.

#### 14.2.1 Fotovoltaický systém s akumulací do vody pro zákazníka D02d

Připojení do sítě:	jednofázové (230V / 50 Hz)
Instalovaný výkon	2,1 kWp
Využití vyrobené elektřiny:	vlastní spotřeba v domě, přebytky uložené do vody případně do sítě
Fotovoltaické panely:	8 x Amerisolar 270 Wp
Měnič napětí:	1 x KOSTAL MP 2.0
Baterie:	ne
Přepěťové ochrany:	Dehn
Bojler:	200 l ELIZ EURO 200 INTELIGENT

Položka	Jednotka	Hodnota
Pořizovací cena	[Kč]	113557
Cena bojleru	[Kč]	10000
Výměna střídače 2 kW	[Kč]	20000
Náklady na provoz	[Kč/rok]	1000
Státní dotace	[Kč]	55000
Příspěvek na dokumentaci	[Kč]	5000

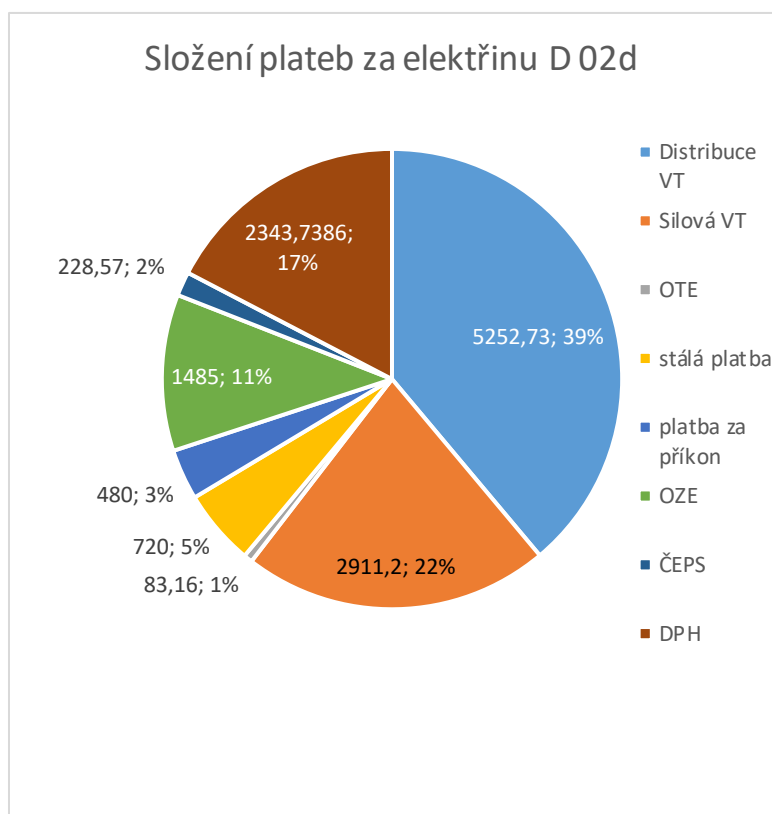
Životnost	[roky]	20
Roční produkce	[kWh]	2069.3
Roční spotřeba	[kWh]	3000
Růst spotřeby domácnosti za rok	[-]	0
Růst cen elektřiny za rok	[-]	0.03
Cena za kWh VT	[Kč]	2.72131
Cena za kWh NT	[Kč]	
Poplatek za jistič + OTE	[Kč/měsíc]	106.93
Daň, OZE, ČEPS za kWh	[Kč]	0.59949
DPH	[-]	0.21
Koeficient využití produkce celkem	[-]	0.7
Koeficient využití produkce VT	[-]	1
Koeficient využití produkce NT	[-]	0
Koeficient poklesu účinnosti systému za rok	[-]	0.007
Diskontní úroková sazba	[-]	0.02

**Tabulka 35 Vstupní údaje systému 2,1 kWps 200l bojlerem pro zákazníka D 02d**

Při pohledu na skladbu plateb za elektřinu je zde rozdělení trochu jiné což je dáno hlavně absencí nízkého tarifu.

Distribuce VT	5 252.73 Kč
Silová VT	2 911.20 Kč
OTE	83.16 Kč
stálá platba	720.00 Kč
platba za příkon	480.00 Kč
OZE	1 485.00 Kč
ČEPS	228.57 Kč
DPH	2 343.74 Kč
Celkem	13 504.40 Kč

**Tabulka 36 Složení plateb za elektřinu v tarifu D 02d**



**Obrázek 44 Složení plateb za elektřinu v tarifu D 02d**

Z tabulky je patrné, že zákazník s tarifikem D 02d zaplatí za 3 MWh jen o zhruba 3000 Kč / rok méně než zákazník s tarifikem D 25d za 4,5 MWh. Navíc zde stálé platby tvoří jen 8% z celkové částky oproti 13% u D 25d. Což znamená, že díky FVE může ušetřit poměrně více a fotovoltaika by tak měla být rentabilnější. Pro demonstraci tohoto faktu jsou v následující tabulce ekonomické výsledky systému s akumulací do vody.

Systém 2.1 kWp				
K. využití	Růst cen elektřiny	diskont	NPV	návratnost [roky]
0.8	0.03	0.02	<b>37 981 Kč</b>	13.2
0.8	0.03	0.03	<b>26 116 Kč</b>	13.2
0.8	0.04	0.02	<b>53 076 Kč</b>	12.5
0.7	0.03	0.02	<b>20 745 Kč</b>	15
0.7	0.03	0.03	<b>10 547 Kč</b>	15
0.7	0.04	0.03	<b>33 953 Kč</b>	14

**Tabulka 37 Výsledky FV systému 2,1 kWp s akumulací do vody pro zákazníka D 02d**

Výsledky jsou podle očekávání mnohem příznivější pro FVE s ohřevem do vody než u předchozího tarifu. Vzhledem k neexistenci nízkého tarifu vytlačuji celou dobu vysoký, což má velmi příznivý efekt na rentabilitu systému. Vzhledem k nižší spotřebě mám sice nižší koeficient využití generované elektřiny, ale spotřebu teplé vody počítám mezi zákazníky podobnou, takže to zde moc nevadí. Systém DEKSOFT FV mi pro spotřebu 3 MWh / rok spočítal koeficient využití 77 %, nicméně reálnější využití bude podle odhadu autora na základě reálných diagramů spotřeby spíše nižší. I přes úpravu chování zákazníka a přesunutí zapínání některých spotřebičů do časů generace FVE si nemyslím, že bude využitelnost o moc vyšší než 70 %. Nejnižší návratnost jsem spočítal na 12,5 roku, což sice pořád ještě není na slíbené úrovni, ale už celkem blízko. Nicméně je návratnost opět počítána v absolutních číslech bez započítání diskontu (proto se při nezměněném růstu cen elektřiny nemění). Vyšší úsporu už postavením většího systému získat nelze, protože už by nebyla splněna podmínka 70 % spotřeby v místě výroby.

#### **Závěr pro zákazníka s tarifem D 02d pro FVE s akumulací do vody:**

Systém dosahuje za všech předpokladů kladného NPV. Nicméně návratnost přes 12 let ještě pořád není úplně investičně zajímavá pro většinu zákazníků. Velkou nevýhodou tohoto návrhu však zůstává, že při využitelnosti zhruba 200 litrů teplé vody denně, což tento návrh předpokládá, bude pro zákazníka mnohem výhodnější změnit svůj tarif na D 25d a ne stavět FVE.

Čísla tedy vypadají slibně, nicméně systém s ukládáním přebytků do vody je pro zákazníka s tarifem D 02d z principu nesmysl. Bohužel tuto kombinaci (D 02d + akumulace do vody) používají obchodníci s FVE při výpočtu návratnosti celkem často, protože jim generuje hezká čísla s návratností dokonce okolo 6. let [52].

#### **14.2.2 Fotovoltaický systém s akumulací do virtuální baterie pro zákazníka D 02d**

Připojení do sítě:	jednofázové (230 V / 50 Hz)
Využití vyrobené elektřiny:	vlastní spotřeba v domě, přebytky dodané do virtuální baterie
Fotovoltaické panely:	10x Axitec AC275P
Měnič napětí:	SMA Sunny Boy 2.5
Baterie:	virtuální (sít')
Přepěťové ochrany:	Dehn
Plocha solárních panelů:	16,3 m <sup>2</sup>
Cena s odečtenou dotací:	107 900 Kč

Zde opět budu uvažovat, že virtuální baterie bude šetřit maximálně 30 % energie, o kterou by jinak zákazník přišel.



Systém 2.75 kWp				
K. využití	Růst cen elektřiny	diskont	NPV	návratnost [roky]
1	0.02	0.02	-6 480 Kč	
1	0.03	0.02	9 326 Kč	16.9
1	0.04	0.02	27 211 Kč	15.7
1	0.03	0.03	-4 122 Kč	
1	0.04	0.03	11 521 Kč	15.7

**Tabulka 38 Výsledky FV systému 2,75 kWp s akumulací do virtuální baterie pro zákazníka D 02d**

U tohoto systému jsem opět metodou NPV více v mínusu než bez virtuální baterie s pouhou akumulací do bojleru. Z toho vyplývá, že ačkoliv je virtuální baterie od společnosti E.ON poměrně hezký nápad do budoucna, tak za současných pořizovacích cen je pro naprostou většinu zákazníků (minimálně D 25d a D 02d) nerentabilní. Bylo by zajímavé, kolik by tato služba musela stát za měsíc bez nutnosti nechat si FVE postavit od společnosti E.ON.

#### 14.2.3 Fotovoltaický systém s akumulací do fyzické baterie pro zákazníka D 02d

Připojení do sítě:	jednofázové (230 V / 50 Hz)
Instalovaný výkon	1,89 kWp
Využití vyrobené elektřiny:	vlastní spotřeba v domě, přebytky dodané do baterie případně do sítě
Fotovoltaické panely:	7 x BENQ AUO 270 Wp
Měnič napětí:	1 x Hybridní GoodWe GW3648-EM s funkcí záložního zdroje
Baterie:	lithiová baterie Pylontech US2000B+; 2,4 kWh LifePo4
Přepěťové ochrany:	Dehn
Cena s odečtenou dotací:	95 000 Kč

Při návrhu takto malého systému se dá opět očekávat, že fixní náklady budou opět poměrně významné vzhledem k roční úspoře systému. Tato FVE ušetří ročně zákazníkovi s tarifem D 02d přibližně 6500 Kč, takže stále náklady budou okolo 15 % z úspory. Výsledky v tabulce níže.

Systém 1.89 kWp				
K. využití	Růst cen elektřiny	diskont	NPV	návratnost [roky]
0.75	0.03	0.02	-36 283 Kč	-
0.75	0.03	0.03	-46 676 Kč	-
0.75	0.04	0.02	-22 855 Kč	-
0.8	0.03	0.02	-28 105 Kč	-
0.8	0.03	0.03	-39 289 Kč	-
0.8	0.04	0.02	-13 782 Kč	-

**Tabulka 39 Výsledky FV systému 1,89 kWp s akumulací do baterie 2,4 kWh pro zákazníka D 02d**

Jak je vidět, NPV je opět dost v mínusu ve všech variantách. Tentokrát o něco málo více než u identického návrhu zákazníka s jiným tarifem, ale vyšší spotřebou. Pokud bych chtěl koeficient využití zvýšit, musel bych přidat větší baterii při stejné velikosti systému, ale to by opět akorát neúměrně zvýšilo investici. Musím tedy postavit větší systém, který opět větší úsporou dokáže poněkud rozložit fixní náklady. Ideální by bylo sehnat jen o něco málo větší systém, okolo 2 kWp, abych nepotřeboval velkou baterii při splnění podmínky spotřeby 70 % vyrobené energie v objektu. Při pohledu na český trh ale zjišťuji, že elektrárna s výkonem lehce přes 2 kWp s akumulací do baterie neexistuje. Důvodem je podmínka, že pro získání dotace v kategorii C3.5 je nutná

kapacita 1,25 kWh na 1 kWp instalovaného výkonu. To znamená, že pro elektrárnu s výkonem 2 kWp je nutná baterie větší než 2,5 kWh, ale baterie se standardně dodávají ve variantě 2,4 kWp nebo násobky této hodnoty. Mohl bych samostatně po přiznání dotace přidat jeden další panel, tím lehce přetížít střídač a zvýšit množství generované energie, ale při nezměněné baterii by koeficient využití stejně klesl, takže to návrhu moc nepomůže, navíc jeden panel navíc neudělá žádnou zásadní změnu. Nehledě na skutečnost, že by to znamenalo porušení podmínek přiznání dotace.

Další možností je pak systém zvětšit poměrně výrazně na hodnotu okolo 3 kWp s výrazně větší baterií a tím zachovat koeficient využití, ale také zvýšit úsporu.

Připojení do sítě:	jednofázové (230 V / 50 Hz)
Instalovaný výkon	3,12 kWp
Využití vyrobené elektřiny:	vlastní spotřeba v domě, přebytky dodané do baterie případně do sítě
Fotovoltaické panely:	12 x BENQ AUO 260 Wp
Měnič napětí:	1 x Hybridní GoodWe GW3648-EM s funkcí záložního zdroje
Baterie:	lithiová baterie KOSTAL PIKO-LI-7,2 kWp
Přepětové ochrany:	Dehn
Cena s odečtenou dotací:	189 859 Kč

Už z původní ceny je jasné, že se cena systému zejména kvůli baterii zvedla neúměrně návratnosti. Pro potvrzení je níže tabulka výsledky.

Systém 3.12 kWp				
K. využití	Růst cen elektřiny	diskont	NPV	návratnost [roky]
0.7	0.04	0.02	<b>-110 240 Kč</b>	-

**Tabulka 40 Výsledky FV systému 3,12 kWp s akumulací do baterie pro zákazníka D 02d**

Jak je vidět, je cena baterie naprosto neúměrná jejímu ekonomickému přínosu pro tuto instalaci. Další změny parametrů nezmění fakt, že takto navržený systém je pro zákazníka se spotřebou 3 MWh / rok prostě moc velký a hlavně drahý.

#### **Závěr pro zákazníka s tarifem D 02d pro FVE s akumulací do fyzické baterie:**

Systémy s akumulací do fyzické baterie jsou pro zákazníky takto nízkou spotřebou prostě stále moc drahé (a to počítám na tarif D 02d s poměrně velkou spotřebou, která by měla nahrávat návratnosti FVE). Ve většině případů by úspore na platbách za elektřinu pomohla prostá změna tarifu, spíše než stavba FVE. V žádné z uvedených konfigurací jsem se nedostal k době návratnosti 8-10 let udávané obchodníky s FVE.

## **15 Určení, kdy budou malé FVE rentabilní pro běžné domácnosti**

Jak bylo ukázáno a spočítáno v předchozí kapitole, malé FVE do 10 kWp se běžným zákazníkům (domácnostem) navzdory dotačním od státu zatím nevyplatí. Jak jsem již několikrát opakoval, obchodníci s FVE uvádějí návratnost těchto systémů typicky v rozmezí 8-10 let někdy dokonce už za 6 [52]. V mých výpočtech jsem se však k těmto hodnotám zdaleka nedostal. Je to dáno především tím, že většina výpočtů prováděných obchodníky je značně zjednodušených. Vůbec neberou v úvahu tarif zákazníka (a když ano počítají s D 02d), nepočítají s rozdělením poplatků za elektrickou energii a jsou většinou velice optimističtí v koeficientu spotřeby elektřiny v místě výroby, bez udání důvodu. Z jejich pohledu to dává smysl, navíc se

dá říci, že u návrhu systémů s dlouhou dobou životnosti se dá přílišným jítím do detailů udělat větší chyba ve výpočtu, než když se výpočet zjednoduší. V mých výpočtech jsem se ale snažil všechny předpoklady podložit jak logickými úvahami, tak ukázkou reálných dat, a proto by k chybám kvůli přílišné míře detailu nemělo docházet. Následně se tedy pokusím určit k jakým změnám ve vstupních parametrech by muselo dojít, aby návratnost těchto systémů byla uváděných 8 let.

Parametry, které se mohou změnit je výše dotace, cena panelů, cena baterií, cena střídače a tempo růstu cen elektřiny. V reálném světě se nikdy nezmění pouze jeden ukazatel, a proto se pokusím představit pár vhodných, dle mého nejpravděpodobnějších kombinací, které povedou k návratnosti FVE 8 let, nebo nižší.

#### **15.1.1 Scénář pro D25d s akumulací do vody**

První případ, pro který mi návratnost u zákazníka s tarifem D 25d a FVE s tepelným využitelným přebytkům do vody vychází na úrovni 8,8 let, je pokud:

Koeficient využití bude 92 % s využitím ve VT 30 % a NT 70 %. Cena střídače klesne na polovinu a s ním i cena celého systému o adekvátní částku, dotace se ze současných 55 000 Kč zvýší na 65 000 Kč a růst ceny elektřiny bude 5 % za rok. NPV takového systému by bylo v případě diskontu 2 % 42 529 Kč.

V případě, že budu počítat s méně optimistickou variantou využití 85 % v místě spotřeby a rozložení VT / NT 20 / 80 bude se muset cena FVE snížit ještě o dalších 8 000 Kč, abych dostal systém s návratností 8 let. Tento pokles ceny by musel vzejít z poklesu cen fotovoltaických panelů, protože nepočítám s možným snížením ceny za instalaci FV systému.

#### **15.1.2 Scénář pro D25d s akumulací do baterií**

Pokud budu počítat s akumulací do baterií je nejjednodušší a nejpravděpodobnější scénář snížení cen baterií. To však nespraví vše, a proto budu muset samozřejmě počítat se snížením cen i ostatních důležitých komponent. V předchozích výpočtech vycházela lépe pro zákazníka D 25d větší FVE 3,6 kWp s větší baterií 4,8 kWh. NPV bylo za současných cen sice pořád v mínusu, ale už jen 92 Kč. Pokud budu chtít zkrátit návratnost na 8 let musím:

Ponechat koeficienty celkového využití na 75 % s rozdělením 80 % vytlačení VT a 20 % NT. Snížit cenu střídače na polovinu, taktéž cenu baterií na polovinu a o 10 % snížit cenu panelů. Dále zvýšit dotaci o 10 000 Kč a zafixovat růst cen elektřiny na 5 % za rok. S takovýmto scénářem vychází návratnost FVE s akumulací do baterií na 8,9 roku. Počáteční investice s odečtenou dotací je pak pro zákazníka za tento systém pouhých 85 000 Kč. To je od současných cen FVE na trhu ještě poměrně daleko. NPV s diskontem 2 % vychází 107 255 Kč.

#### **15.1.3 Scénář pro D02d s akumulací do vody**

Tento systém mi vycházel pro zákazníka s tarifem D 02d nejlépe, v nejvíce optimistickém případě s návratností lehce přes 12,5 let. Počáteční investice do tohoto systému byla 63 557 Kč po odečtení dotace. Kvůli teoretické možnosti zvýšit spotřebu elektrické energie v době generace zde byl nastaven, jako jeden z možných případů, koeficient využití 0,8. Už jen pokud tento koeficient zachovám a zvýším růst cen energie na 5 % za rok, jako v předchozích případech, dostanu návratnost na 9,8 roku. To už může být pro některé domácnosti poměrně přijatelná doba návratnosti. NPV vychází při diskontu 2 % v tomto případě 70 171 Kč, což není úplně špatné. Na tomto příkladu se dá tedy konstatovat, že pokud bude investor velký pesimista ohledně růstu cen elektřiny do budoucna, měl by si takovýto FV systém pořídit už nyní. Ovšem je opět otázka, co s velkým množstvím teplé vody.

#### **15.1.4 Scénář pro D02d s akumulací do baterií**

U tohoto zákazníka jsem počítal se systémem 1,89 kWp a baterií 2,4 kWh, protože na českém trhu se menší nedělají. Nicméně zákazníci s tímto tarifem mají obvykle poměrně malou spotřebu, minimálně v době, kdy typická FVE generuje nejvíce energie, a tak potřebují buď systém menší, nebo větší baterii.

Ideální varianta, kdy by se tedy tento systém vyplatil, by bylo významné snížení cen baterií. Nicméně i přes snížení cen baterií o 50 % nebude systém dostatečně rentabilní, aby se dostal na hranici návratnosti osmi let, protože generuje malou úsporu (částka okolo 6000 Kč / měsíc není moc). Takže pro zákazníky s tarifem D 02d bude rentabilní malá FVE až v momentě, kdy mimo jiné klesnou i ceny panelů a bude levné postavit systém alespoň 3 kWp za částku okolo 100 000 Kč s baterií alespoň 7,2 kWh. Potom vychází návratnost při 5 % růstu cen elektřiny okolo devíti let.

## 16 Shmutí výpočtů pro zákazníky s tarifem D 02d a D 25d

Jak je patrné z předchozích výpočtů, žádná z uvedených konfigurací není v současné době rentabilní. Je nutné podotknout, že jsem při počítání NPV počítal po 10. roce s obnovou střídače i baterií za současnou cenu na trhu. Tento předpoklad může být vzhledem ke klesajícím cenám baterií poměrně konzervativní. Dále počítám s konstantními náklady bez ohledu na instalovaný výkon systému. Je to dáno tím, že poruchovost předpokládám u všech systémů podobnou a revize systému taktéž bude stát zhruba stejně, ať se bude jednat o systém 1 kWp nebo 3 kWp.

Co by mělo nahrávat ekonomické efektivnosti FVE je můj předpoklad ideálního natočení na jih a ideálního sklonu, což rozhodně nemusí být pro všechny objekty podmínka.

Když jsem počítal bod zvratu, při kterém už začne být rentabilní stavět malé FVE pro většinu zákazníků, došel jsem k závěru, že cena systémů by musela klesnout zhruba o polovinu, aby se dostala do masové produkce. Při pohledu na výsledky musím konstatovat, že je v současnosti nerentabilní stavět jakýkoliv fotovoltaický systém pro naprostou většinu potenciálních domácností reprezentovaných právě tarify D 02d a D 25d. To znamená, pokud nedojde k nějaké dramatické změně, bude Česká republika pokračovat neplnění svých závazků vůči EU.

## 17 Závěr

V této diplomové práci jsem se zabýval analýzou současného stavu obnovitelných zdrojů v České republice. Po představení legislativních podmínek na poli obnovitelných zdrojů jsem zjistil, že do budoucna podporované zdroje číslo jedna jsou malé solární elektrárny do 10 kWp. Avšak navzdory podpoře ze strany státu, počet i instalovaných kW těchto zdrojů na území České republiky v posledních letech spíše klesá. Co se týče státní podpory, existuje v mnoha různých variacích. Podporované jsou FVE s přímou akumulací do vody, s tepelným využitím přebytků k ohřevu teplé vody, nebo s akumulací do baterií. Popisoval jsem tedy možné konfigurace těchto systémů, možnosti jejich využití a výhody, případně nevýhody. Z této analýzy vzešlo, že má smysl se podívat na ekonomickou efektivnost malých systémů do 3 kWp s tepelným využitím přebytků k ohřevu teplé vody a potom spočítat návratnost systémů s různou velikostí instalovaného výkonu a s akumulací do různých velikostí fyzické baterie, případně použít baterii virtuální. Po analýze teoreticky možných konfigurací jsem prošel nabídku obchodníků s FVE na českém trhu pro zjištění současných cen.

Následně ještě před počítáním ekonomické efektivnosti bylo nutné se podívat na složení ceny FV systému. Hlavní položka v cenách FV je baterie, pokud je navrhován systém bez baterie, jde především o množství energie, které se spotřebuje přímo v momentě kdy je vyrobena. Spotřeba elektrické energie je ale silně ovlivněna její cenou v daném momentě, která je závislá na tarifu, který daný zákazník má. Popsal jsem tedy tarifní strukturu České republiky a následně řešil, jak tarif ovlivňuje diagram spotřeby a tím pádem kolik elektrické energie může být spotřebováno v době výroby FVE. Pro znázornění korelace mezi dobou výroby a dobou spotřeby jsem sháněl reálně naměřená data různých spotřebitelů a různě velikých FVE za rok 2018. Při popisu dat jsem se snažil popsat, jak se daný zákazník s daným tarifem chová, ale rozlišovací doba 15 minut nebyla dostatečně detailní. Při popisování chování zákazníka jsem ukazoval rozdíly ve spotřebě jak v rámci ročních období, tak i pracovních a víkendových dnech v týdnu.

Po zjištění, co všechno a jakým způsobem ovlivňuje chování zákazníka, jsem začal pracovat na metodice návrhu optimálního FV systému. Vysvětloval jsem, proč není vhodné při návrhu FVE používat data pouze za jeden konkrétní rok, ale že i tak je možné je zohlednit.

Pro návrh tří různých druhů FV systémů jsem vybral 2 různé zákazníky s různými tarify. Zákazníka s tarifem D 02d, protože tento tarif je v České republice nejpočetněji zastoupen, a zákazníka s tarifem D 25d, pro ukázkou jak moc dvoutarifní struktura ovlivňuje návratnost FV systému.

Před návrhem jsem nejprve ukázal fakturu za elektřinu a popsals rozložení jednotlivých plateb s tím, jestli tyto platby můžeme postavením FVE snížit nebo ne. Následně jsem začal navrhovat jednotlivé FV systémy s popisem všech předpokladů a důležitých skutečností, které při návrhu hrají roli. Efektivnost návrhu jsem posuzoval pomocí výsledné hodnoty NPV za dvacet let a následně podle čisté doby návratnosti systému, kterou jsem počítal pouze pro kladná NPV.

Výsledky nebyly pro stavbu FVE v současné době nijak moc příznivé. Hodnota NPV vycházela ve většině případů v mínusu, a pokud už byla kladná, tak jen poměrně nepatrně s dlouhou dobou návratnosti. Hlavním problémem bylo najít využití pro generovanou elektřinu. Pokud jsem navrhoval systém s využitím přebytků v teplé vodě, narážel jsem na omezenou teoretickou využitelnost velkého množství teplé vody hlavně v létě. Z tohoto důvodu jsem část elektřiny posílal zadarmo do distribuční sítě, protože jsem navrhoval systém na území hlavního města Prahy, a tedy na distribučním území společnosti PRE. Ukázalo se, že jakýkoliv systém s ukládáním přebytků do teplé vody je pro zákazníka s tarifem D 25d nevýhodný, protože ohřívá vodu, kterou bych jinak ohřál v době platnosti nízkého tarifu poměrně levně. Naopak v době mezi 17. a 23. hodinou, kdy by zákazník potřeboval více elektřiny, už systém negeneruje takřka nic.

Jinak tomu bylo u zákazníka s tarifem D 02d. Vzhledem k poměrně vysoké ceně za elektřinu po dobu celého dne se tento ve srovnání s ostatními levný systém poměrně osvědčil. NPV vyšlo ve všech případech kladné, ale pořád s poměrně dlouhou dobou životnosti. Proto jsem pro tohoto zákazníka navrhoval v první řadě změnit tarif na nějakou formu dvoutarifního režimu než stavět FVE.

Při návrhu systému s akumulací do baterií se všechny systémy pro oba typy zákazníků potýkaly s příliš velkou pořizovací cenou a následnou velkou investicí okolo 10. roku životnosti systému, zapříčiněnou nutností vyměnit baterii. A přestože se baterie ukázaly být jako nejdražší položkou při návrhu FV systému, nejsou tou položkou, která by také generovala největší úsporu. Problémem byla hlavně nízká kapacita. Když jsem ale zvyšoval kapacitu používaných baterií, abych zvýšil využitelnost energie generované z fotovoltaických panelů, výsledky se zhoršovaly a doba návratnosti rostla. Ani v jednom případě se mi nepodařilo dostat NPV systému do kladných hodnot. Pokusil jsem se tedy vyřadit drahou baterii a přebytečnou elektřinu ukládat do virtuální baterie, kterou nabízí společnost E.ON. Nicméně při hlubším rozpracování a propočítání této nabídky jsem došel k daleko horším číslům než v případě fyzické baterie. Hlavní problém je v tom, že při použití virtuální baterie je nutnost nechat si postavit FVE od společnosti E.ON, která je výrazně dražší než ostatní nabídky na trhu, a navíc ušetřím pouze platbu za silovou část elektřiny, která ve výsledných platbách nehraje až tolik zásadní roli, aby se systém vyplatil. Z čísel, která mi pomoci metody NPV vycházela, bych spíše navrhoval jinou formu investice pro domácnosti než stavbu FVE.

Při analýze zjištěných výsledků jsem narazil na zjevnou nesrovnalost v mých vypočtených dobách návratnosti a těmi uváděnými obchodníky s FVE. Zkusil jsem tedy určit, co by se muselo v současnosti stát, aby se návratnost skutečně pohybovala na hranici osmi let a bylo tedy výhodné si FVE pořídit.

Pro systém s akumulací přebytků do vody se ukázalo, že je již na hranici ekonomické použitelnosti pro zákazníka s tarifem D 02d. Stačí, abych uvažoval s vysokým růstem cen energií. Nicméně i v tomto případě by bylo nutné nejprve zvážit změnu tarifu. Pro systémy s fyzickou baterií jsem docházel k závěrům, že bude nutné, aby baterie a měniče zlevnily ještě zhruba o polovinu, aby dostaly FV systémy do masové produkce. Navíc jsem stále uvažoval rychlý růst cen elektřiny.

Nicméně při stavbě FVE elektrárny existuje ještě jeden pohled než čistě ekonomický. Stavbou FVE si zákazník zajistí větší nezávislost na distribuční síti a v případě stavby FVE s akumulací do baterií může při dodržení určitých podmínek dokonce fungovat při výpadku sítě v ostrovním režimu. Díky této schopnosti může FVE zamezit také škodám na majetku, protože může fungovat jako záložní zdroj. Dokáže napájet po několik hodin při správném dimenzování například mrazák nebo lednici, případně zamezit ztrátám dat na počítači v momentě výpadku.

Díky stavbě FVE taky zákazník zhodnocuje nemovitost, na které je postavena. A v neposlední řadě snižuje FVE uhlíkovou stopu zákazníka, což může být pro rodiny více ekologickým smýšlením dostatečný důvod ke stavbě FVE navzdory skutečnosti, že se zatím ekonomicky nevyplatí.

Ze všech výše zjištěných poznatků ale musím konstatovat, že stále ještě nenastává doba masivního rozvoje malých solárních elektráren a pokud bude mít Česká republika zájem na rychlém rozšíření těchto systémů, bude muset zvážit buď jiný systém pobídek, nebo zvýšit, na můj vkus už tak poměrně štědrá, státní dotaci.

## 18 Seznam použité literatury

- [1] “2030 CLIMATE AND ENERGY POLICY FRAMEWORK,” Brussels, 2014.
- [2] Ministerstvo životního prostředí, “Politika ochrany klimatu v ČR.”
- [3] “Elektřina - aktuální a historické ceny elektřiny.” [Online]. Available: <https://www.kurzy.cz/komodity/cena-elekriny-graf-vyvoje-ceny/>.
- [4] Ministerstvo Průmyslu a Obchodu, “STÁTNÍ ENERGETICKÁ KONCEPCE ČESKÉ REPUBLIKY Praha – prosinec 2014,” 2014.
- [5] “The Draft of National Energy and Climate Plan of the Czech Republic (public consultation) | MPO.” [Online]. Available: <https://www.mpo.cz/en/energy/strategic-and-conceptual-documents/the-draft-of-national-energy-and-dimate-plan-of-the-czech-republic-public-consultation-242764/>.
- [6] “180/2005 Sb. Zákon o podpoře využívání obnovitelných zdrojů.” [Online]. Available: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2005-180>.
- [7] “Solar Energy News, Solar Technology & Information - Renewable Energy World.” [Online]. Available: <https://www.renewableenergyworld.com/solar-energy.html>.
- [8] Ministerstvo Průmyslu a Obchodu, “OBNOVITELNÉ ZDROJE ENERGIE Obnovitelné zdroje energie v roce 2016,” 2017.
- [9] EGÚ Brno, “Oponentní posudek vybraným tématům z návrhu Národního Klimaticko-Energetického Plánu (NKEP) pro oblast FVE.”
- [10] “Rodinné domy – zdroje energie – Nová zelená úsporám.” [Online]. Available: <https://www.novazelenausporam.cz/nabidka-dotaci/rodinne-domy-zdroje-energie/>. [Accessed: 08-Dec-2018].
- [11] “Ceník Dražice LX modelů platný od 1.5.2019.”
- [12] P. Ministerstva, “Závazné pokyny pro žadatele a příjemce podpory z podprogramu Nová zelená úsporám RODINNÉ DOMY,” 2018.
- [13] “ROČNÍ ZPRÁVA O PROVOZU ES ČR 2013 Oddělení statistiky a sledování kvality ERÚ, Praha 2014.”
- [14] “Roční zpráva o provozu ES ČR 2014.”
- [15] ERU, “Roční zpráva o provozu ES 2016,” 2014.
- [16] ERU, “Roční zpráva o provozu ES 2015,” 2014.
- [17] “Roční zpráva o provozu ES ČR 2017,” 2018.
- [18] solarniasociace.cz, “Přehled FV systémů (oblast C33 až C36) v 3. výzvě RD NZÚ k 16. 1. 2017.”
- [19] P. Švorba, M. Kábrt, and J. Kaplan, “Přehled příjemců podpory programu Nová zelená úsporám - 3. výzva RD - k 31. 3. 2019,” pp. 1–530, 2019.
- [20] “Čtvrtletní zpráva o provozu ES ČR.”

- [21] "FV panel GCL 280Wp | Solar-Eshop." [Online]. Available: <https://www.solar-eshop.cz/p/fv-panel-gcl-280wp/>.
- [22] Vojáček Antonín, "Začínáme s fotovoltaickými panely," Longmans, Green, and Co, p. 115, 2009.
- [23] "Solární Novinky cz." [Online]. Available: <http://www.solarninovinky.cz/?zpravy/2018110201/jak-se-vyhnut-problemum-se-souctovym-merenim-vyroby-z-fve>. [Accessed: 09-Mar-2019].
- [24] "Olovené baterie pro solární systémy | Solární Experti." [Online]. Available: <https://www.solarniexperti.cz/olovene-akumulatory-pro-ostrovni-a-hybridni-fotovoltaicke-systemy/>. [Accessed: 12-Apr-2019].
- [25] "CES|BatteryBox." [Online]. Available: <http://www.cesbatterybox.com/allinone>.
- [26] "OIG Power s.r.o. - Hala 4 - A11 FOR ARCH." [Online]. Available: <http://forarch.cz/aktuality/detail?id=15903>.
- [27] "Baterie BMZ ESS 7.0 Li-Ion 48V 121Ah 6,8kWh | <https://eshop.neosolar.cz>." [Online]. Available: <https://eshop.neosolar.cz/baterie-bmz-ess-7-0-li-ion-48v-121ah-6-8kwh>.
- [28] "CES|BatteryBox." [Online]. Available: <http://www.cesbatterybox.com/batterybox>. [Accessed: 09-Mar-2019].
- [29] "Domácí solární elektrárna. Kolik stojí? Vyplatí se? | Nazeleno.cz." [Online]. Available: <https://www.nazeleno.cz/energie/fotovoltaika-1/domaci-solarni-elektrarna-kolik-stoji-vyplati-se.aspx>.
- [30] "Elektrické bojler a ohřivače vody | Domintex." [Online]. Available: <https://www.domintex.cz/elektricke-ohrivace-vody/>. [Accessed: 02-Mar-2019].
- [31] "Katalog schémat regulátoru IR 12 KRB typová schémata zapojení systémů s teplovodním krbem či kotlem na tuhá paliva Úsporné řešení pro vaše topení."
- [32] "Fotovoltaický ohřev vody 1,5 kWp - SOLLARIS." [Online]. Available: <http://www.sollaris.cz/cenik-fotovoltaickych-elektren/fotovoltaicky-ohrev-vody-15-kwp>.
- [33] "TNI 73 0302 Energetické hodnocení solárních tepelných soustav - Zjednodušený výpočtový postup," 2014.
- [34] "FVE s bateriemi – Terms Energy." [Online]. Available: <http://www.termsenergy.cz/fve-c36>. [Accessed: 10-Mar-2019].
- [35] "Solární Novinky cz, instalační firmy," 2018. [Online]. Available: <http://www.solaminovinky.cz/indNR.php?firmy/adresar-podle-oboru/instalacni-firmy>. [Accessed: 13-Dec-2018].
- [36] Solární asociace, "Seznam instalačních a servisních společností FVE - Solární asociace," 2018. [Online]. Available: <http://www.solarniasociace.cz/cs/pro-verejnost/seznam-instalacnich-a-servisnich-spolecnosti>. [Accessed: 13-Dec-2018].
- [37] "ČEZ Battery Box." [Online]. Available: <https://www.cez.cz/cs/sluzby-pro-zakazniky/cez-battery-box/>.
- [38] K. Ardani, E. O'shaughnessy, R. Fu, C. McClurg, J. Huneycutt, and R. Margolis, "Installed Cost Benchmarks and Deployment Barriers for Residential Solar Photovoltaics with Energy Storage: Q1



2016,” 2016.

- [39] “Energetický regulační VĚSTNÍK ENERGETICKÝ REGULAČNÍ ÚŘAD.”
- [40] “Distribuční sazba D02d – Slovník pojmů | Elektřina.cz.” [Online]. Available: <https://www.elektrina.cz/slovník/distribucni-sazba-d02d>. [Accessed: 18-Apr-2019].
- [41] “Energetický regulační VĚSTNÍK ENERGETICKÝ REGULAČNÍ ÚŘAD.”
- [42] “Přehled cen elektrické energie.” [Online]. Available: <https://www.tzb-info.cz/ceny-paliv-a-energie/14-prehled-cen-elektricke-energie#d25>. [Accessed: 13-Mar-2019].
- [43] Ekowatt, “Vliv znečištění na FV panel.” [Online]. Available: <http://fotovoltaika.ekowatt.cz/vliv-znecistení.php>.
- [44] Ing. Jiří Chlupáček, “Pojištění fotovoltaické elektrárny - SVP Solar.” [Online]. Available: <https://www.svp-solar.cz/pojisteni-fotovoltaicke-elektrarny/>.
- [45] PRE, “Orientační hodnoty spotřeby.”
- [46] “DEKSOFT | Program FVE.” [Online]. Available: <https://deksoft.eu/programy/fve>.
- [47] “TNI 73 0302 | ČSN online.” [Online]. Available: <https://csnonline.agentura-cas.cz/Detailnormy.aspx?k=95594>.
- [48] “Naše řešení: Solární systémy od E.ON.” [Online]. Available: <https://www.eon-solar.cz/nase-reseni>.
- [49] “JRC Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) - European Commission.” [Online]. Available: [http://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/en/tools.html](http://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html).
- [50] “Přepočtené TDD — Čeština.” [Online]. Available: <https://www.ote-cr.cz/cs/statistika/typove-diagramy-dodavek-elektriny/prepoctene-tdd?date=2019-04-18>.
- [51] “PylonTech US2000B Plus - 2,4kWh.” [Online]. Available: <http://www.sticka.cz/kategorie/baterie/baterie-lifepo4/pylontech-us2000b-plus-2-4kwh/>.
- [52] “Fotovoltaiická elektrárna 2,6 kWp na klíč | Solární Experti.” [Online]. Available: <https://www.solarniexpert.cz/solarni-systemy/fotovoltaika/fotovoltaiicka-elektrarna-fve-o-vykonu-26-kwp-na-klic/>.

## 19 Přílohy

Příklad výpočtu Discounted Cash Flow pro variantu zákazníka D 25d s akumulací do fyzické baterie.

Systém 1.89 kWp		
Položka	Jednotka	Hodnota
Pořizovací cena	[Kč]	170000
Cena baterie	[Kč]	27600
Výměna střídače 2 kW	[Kč]	20000
Náklady na provoz	[Kč/rok]	1000
Státní dotace	[Kč]	70000
Příspěvek na dokumentaci	[Kč]	5000
Životnost	[roky]	20
Roční produkce	[kWh]	0
Roční spotřeba	[kWh]	4571
Růst spotřeby domácnosti za rok	[-]	0
Růst cen elektřiny za rok	[%]	0.03
Cena za kWh VT	[Kč/kWh]	2.70317
Cena za kWh NT	[Kč/kWh]	1.06369
Poplatek za jistič za měsíc + OTE + doprava	[Kč/měsíc]	165
Daň, OZE, ČEPS za kWh	[Kč/kWh]	0.61693
DPH	[-]	0.21
Koeficient využití produkce celkem	[-]	0.85
Koeficient využití produkce VT	[-]	0.8
Koeficient využití produkce NT	[-]	0.2
Koeficient poklesu účinnosti systému za rok	[-]	0.007
Diskontní úroková sazba	[-]	0.02

	Roky	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Spotřeba	[kWh]		4571	4571	4571	4571	4571	4571	4571	4571	4571	4571
platba za elektřinu	[Kč]		16783	17287	17806	18340	18890	19457	20040	20642	21261	21899
produkce FVE	[kWh]		1963.6	1949.9	1936.2	1922.7	1909.2	1895.8	1882.6	1869.4	1856.3	1843.3
ušetřeno díky FVE	[Kč]		5224.2	5366.1	5511.2	5659.6	5811.3	5966.6	6125.3	6287.7	6453.8	6623.7
Počáteční investice	[Kč]	-95000										
Výměna střídače	[Kč]											
Cash Flow	[Kč]	-95000	5224	5366	5511	5660	5811	5967	6125	6288	6454	6624
DCF	[Kč]	-95000	5122	5158	5193	5229	5263	5298	5332	5366	5400	5434

	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	4571	4571	4571	4571	4571	4571	4571	4571	4571	4571
	22556	23232	23929	24647	25387	26148	26933	27741	28573	29430
	1830.4	1817.6	1804.9	1792.2	1779.7	1767.2	1754.9	1742.6	1730.4	1718.3
	6797.4	6975.1	7156.9	7342.8	7532.9	7727.4	7926.3	8129.7	8337.8	8550.6
	-47600									
	-40803	6975	7157	7343	7533	7727	7926	8130	8338	8551
	5467	5500	5532	5565	5597	5629	5661	5692	5723	5754

NPV	[Kč]	<b>-33 684 Kč</b>
-----	------	-------------------