



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA PODNIKATELSKÁ

FACULTY OF BUSINESS AND MANAGEMENT

## ÚSTAV MANAGEMENTU

INSTITUTE OF MANAGEMENT

# MODEL NÁVRATNOSTI INVESTIC DO FOTOVOLTAICKÉ ELEKTRÁRNY

PHOTOVOLTAIC POWER PLANT RETURN ON INVESTMENT MODEL

## DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

## AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Ondřej Skoupý

## VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Karel Doubravský, Ph.D.

BRNO 2024

# Zadání diplomové práce

Ústav:	Ústav managementu
Student:	<b>Bc. Ondřej Skoupý</b>
Vedoucí práce:	<b>Ing. Karel Doubravský, Ph.D.</b>
Akademický rok:	2023/24
Studijní program:	Strategický rozvoj podniku

Garant studijního programu Vám v souladu se zákonem č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně zadává diplomovou práci s názvem:

## **Model návratnosti investic do fotovoltaické elektrárny**

### **Charakteristika problematiky úkolu:**

Úvod  
Cíle práce, metody a postupy zpracování  
Teoretická východiska práce  
Analýza současného stavu  
Vlastní návrhy řešení  
Závěr  
Seznam použité literatury  
Přílohy

### **Cíle, kterých má být dosaženo:**

Cílem diplomové práce je vytvoření modelu návratnosti investice do fotovoltaické elektrárny pro zákazníky a obchodní managery společnosti Helektros.

### **Základní literární prameny:**

ANDĚL, Jiří., 2005. Základy matematické statistiky. 1.vyd. Praha: Matfyzpress. ISBN 80-867-3240-1.

HINDLS, Richard., 2007. Statistika pro ekonomy. 8. vyd. Praha: Professional Publishing. ISBN 978-80-86946-43-6.

KOŘÍNEK, Martin., 2014. Statistické zpracování dat. 1. vyd. Hradec Králové: Gaudeamus. ISBN 978-80-7435-399-4.

KROPÁČ, Jiří., 2007. Statistika B: jednorozměrné a dvourozměrné datové soubory, regresní analýza, časové řady. 1. vyd. Brno: Vysoké učení technické v Brně. ISBN 80-214-3295-0.



MARKVART, Tom., 2012. Practical handbook of photovoltaics: fundamentals and applications. 2. vyd. Waltham: Academic Press. ISBN 978-0-12-385934-1.

MATUŠKA, Tomáš., 2013. Solární zařízení v příkladech. 1. vyd. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-802-4735-252.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2023/24

V Brně dne 4.2.2024

L. S.

---

doc. Ing. Vít Chlebovský, Ph.D.  
garant

---

doc. Ing. Vojtěch Bartoš, Ph.D.  
děkan

## **ABSTRAKT**

Tato diplomová práce se zaměřuje na návrh konceptu modelu určeného pro stanovení cenového odhadu počáteční investice do konstrukce fotovoltaického systému a hodnocení jeho návratnosti. Práce zahrnuje analýzu spotřebního chování vybraných domácností a posouzení klíčových vstupních parametrů nezbytných pro design osobní fotovoltaické elektrárny. Na základě získaných dat byl vyvinut koncept modelu, jehož schopnosti byly demonstrativně prezentovány a jsou dále diskutovány v rámci této práce. Koncept modelu umožňuje efektivní přípravu cenových nabídek a analýz návratnosti, což představuje významný přínos pro zefektivnění činnosti cenového návrhu fotovoltaického systému.

## **ABSTRACT**

This master thesis focuses on the design of a model for estimating the initial investment cost in constructing a photovoltaic system and assessing its payback. The thesis includes an analysis of the electricity consumption behavior of selected households and an assessment of the critical input parameters necessary for designing the photovoltaic power plant system. Based on the data obtained, a model has been developed, the capabilities of which have been demonstrated in the example and are further discussed within this thesis. The model enables efficient preparation of quotations and payback analyses, which brings significant benefits to streamlining photovoltaic power plant system pricing activities.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Fotovoltaické elektrárny, ekonomická návratnost, návrh fotovoltaické elektrárny, automatizace návrhu.

## **KEYWORDS**

Photovoltaic power plants, economic return, photovoltaic power plant design, process automation.

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

SKOUPÝ, Ondřej. *Model návratnosti investic do fotovoltaické elektrárny* [online]. Brno, 2024 [cit. 2024-05-12]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/159377>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta podnikatelská, Ústav managementu. Vedoucí práce Ing. Karel Doubravský, Ph.D.

## **ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že předložená diplomová práce je původní a zpracoval jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem ve své práci neporušil autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

V Brně dne 14. května 2024

## **PODĚKOVÁNÍ**

Rád bych nejprve poděkoval své přítelkyni za neustálou morální a emocionální podporu během celého studia. Také bych chtěl poděkovat své rodině za její podporu nejen během studií, ale i v životě. Můj dík patří rovněž vedoucímu práce, Ing. Karlu Doubravskému, Ph.D., za cenné rady, poznatky a pozitivní přístup při konzultacích. V neposlední řadě, bych chtěl poděkovat oponentovi práce za věcné připomínky a dotazy. Nakonec bych rád poděkoval i svým pracovním kolegům za jejich trpělivost a za poskytnutí materiálů potřebných pro sepsání této práce.

# OBSAH

ÚVOD.....	10
1 VYMEZENÍ PROBLÉMU, CÍL A METODIKA.....	11
1.1 Vymezení problematiky.....	11
1.2 Cíl práce.....	12
1.3 Metody a postupy zpracování.....	13
2 TEORETICKÁ VÝCHODISKA.....	16
2.1 Základy fotovoltaických systémů.....	16
2.1.1 Popis fungování FVE.....	16
2.1.2 Základní prvky FVE.....	19
2.1.3 Rozdělení FVE.....	23
2.2 Návrh konstrukce FVE.....	25
2.2.1 Vstupy pro návrh FVE.....	27
2.2.2 Právní a regulační rámec.....	27
2.2.3 Technická řešení.....	29
3 ANALÝZA SITUACE.....	31
3.1 Představení společnosti.....	31
3.2 Úvod k analýzám.....	32
3.2.1 Vstupy pro návrh FVE.....	32
3.2.2 Výroba FVP.....	34
3.2.3 Spotřeba domácností.....	36
3.3 Výsledky analýz.....	37
3.3.1 Faktory ovlivňující vstupy pro návrh FVE.....	37
3.3.2 Faktory ovlivňující výrobu FVE.....	41
3.3.3 Modelování spotřeby domácností.....	46

3.4	Celkové zhodnocení .....	50
4	NÁVRHY ŘEŠENÍ .....	52
4.1	Vlastní návrhy .....	52
4.1.1	Představení prostředí pro tvorbu modelu.....	52
4.1.2	Výstupní koncept modelu .....	53
4.1.3	Otázka návratnosti .....	60
4.2	Přínos návrhů .....	67
	ZÁVĚR .....	78
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....	81
	SEZNAM TABULEK .....	84
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	85
	SEZNAM PŘÍLOH.....	87

# ÚVOD

V současné době, kdy se stále více klade důraz na udržitelnost a efektivitu využívání energií, nabývají fotovoltaické elektrárny (FVE) na významu jako klíčový prvek v energetickém sektoru. Tato diplomová práce se zaměřuje na optimalizaci návrhu fotovoltaických elektráren pro domácnosti, přičemž klade důraz na maximální využití dostupných technologií i finančních nástrojů ke zvýšení jejich efektivity a snížení návratnosti investic.

Práce je strukturována tak, aby poskytla pohled na proces plánování, návrhu a realizace fotovoltaických systémů, a to od počátečních kroků přes výběr komponent až po způsoby vyhodnocení ekonomické efektivity. Zvláštní pozornost je věnována analýze spotřebního chování domácností a vlivu vývoje ceny elektrické energie na finální ekonomiku projektu.

První kapitola definuje cíle práce a metody použité při analýze a vývoji konceptu modelu FVE. V následujících kapitolách je podrobně rozebrána metodika návrhu FVE, včetně výběru technologií a zařízení, které jsou klíčové pro zvýšení efektivity a optimalizaci nákladů na instalaci a provoz. Analytická část práce pak demonstruje praktické aplikace teoretických konceptů.

Závěrečná část práce se věnuje hodnocení dosažených výsledků a diskuzi o potenciálu a omezeních navrhovaného konceptu modelu. Výstupem je poskytnutí náhledu na ceny fotovoltaického systému společně s jeho návratností.



# 1 VYMEZENÍ PROBLÉMU, CÍL A METODIKA

V rámci první kapitoly této diplomové práce budou zmíněny oblasti, s nimiž se v práci bude nadále pracovat. Uveden zde bude hlavní cíl práce společně s metodami a limitacemi.

V první části této kapitoly se stanovuje vymezení problematiky, které ovlivňuje rozsah a směr diplomové práce. Další část kapitoly se věnuje detailnímu popisu hlavního cíle práce spojenému s jeho vymezením a definováním. Zároveň jsou v části této kapitoly stanoveny dílčí cíle, které přispějí k systematickému a postupnému zkoumání tématu podle stanovené metodiky. Tato metodika je následně představena a popsána v následující části. Samotná metodika popisuje jednotlivé kroky, jež povedou k naplnění hlavního cíle práce.

## 1.1 Vymezení problematiky

Práce se věnuje návrhu konceptu modelu, který bude sloužit jako podklad pro kalkulačku návratnosti investice do fotovoltaických elektráren. Tato kalkulačka poslouží následně společnosti Helektros jako nástroj při jednání se zákazníky. Společnost Helektros se věnuje instalaci průmyslových strojů a zařízení. Hlavním zaměřením jsou pak elektroinstalace, převážně pak fotovoltaických elektráren a zařízení s nimi spojených. Jelikož se práce zaměřuje více na návrh samotného konceptu modelu než na samotnou společnost, není tedy nutné z tohoto důvodu provádět hloubkovou analýzu společnosti. Důležitým faktorem jsou hlavně data, ke kterým má společnost přístup.

Náplní této práce je vytvořit nástroj, který bude sloužit jako podklad pro vytvoření kalkulačky k vytvoření cenové nabídky a odhad návratnosti investice do fotovoltaických elektráren. Tyto fotovoltaické elektrárny slouží pouze v oblasti pro domácí instalace, na které se společnost Helektros zaměřuje. Kalkulačka po vyplnění základních informací bude schopna spočítat, jaká je pořizovací cena samotné fotovoltaické elektrárny. Podle stanovených požadavků bude možné pomocí statistických modelů vypočítat dobu návratnosti fotovoltaické elektrárny.

Očekávaným přínosem této práce je zefektivnění činnosti společnosti. Převážně pak zkrácení doby potřebné pro cenový návrh samotné fotovoltaické elektrárny pro domácnosti. Obchodní manažer by měl být schopen provádět efektivnější a kvalitnější dodávání podkladů pro zákazníka. Vedlejším přínosem by pak mělo být zkrácení doby, kterou musí obchodní manažer vynaložit při přípravě obchodní nabídky. V rámci budoucího rozvoje nástroje by mohlo dojít dokonce ke kompletnímu zautomatizování, kdy by potenciální zákazník mohl navštívit stránky společnosti a podle jednoduchých pokynů vyplnit veškeré informace sám.

Pro základy konceptu modelu bude využit program, který umí pracovat se statistickými modely. Jelikož společnost zároveň s realizací provádí i servis fotovoltaických elektráren, je možné posoudit návrh modelu s reálnou instalací. Díky poskytovanému servisu má společnost zajištěn i vzdálený přístup k fotovoltaickým elektrárnám. Díky těmto datům bude možné sestavit koncept modelu tak, aby dokázal odhadnout výrobu a spotřebu elektrické energie pro domácnost. Pomocí těchto informací bude koncept modelu schopen určit dobu návratnosti investice. V průběhu návrhu je nutné brát i v úvahu, že společnost instaluje technologie od různých výrobců. Díky této diverzifikaci společnost získává jistou výhodu při realizaci a servisu, nicméně je nutné, aby tedy i koncept modelu byl variabilní při návrhu. Nedílnou součástí návrhu je i určení klíčových a variabilních součástí fotovoltaické elektrárny.

## **1.2 Cíl práce**

Hlavním cílem této práce je navrhnout a implementovat koncept modelu, který poslouží jako základ pro vytvoření internetové kalkulačky určené pro odhad návratnosti investice do fotovoltaických elektráren. Tato kalkulačka bude představovat efektivní nástroj pro obchodní manažery společnosti Helektros, která se specializuje na instalaci fotovoltaických elektráren pro domácnosti.

Konkrétně se koncept modelu zaměří na:

- sestavení statistického konceptu modelu na základě reálných dat z již existujících instalací fotovoltaických elektráren, na které má společnost Helektros přístup díky poskytovanému servisu,

- vytvoření nástroje, který bude schopen efektivně odhadovat náklady spojené s instalací fotovoltaické elektrárny, odhadovanou budoucí spotřebu objektu a dobu návratnosti instalace fotovoltaické elektrárny,
- zefektivnění procesu cenového návrhu pro fotovoltaické elektrárny, což by mělo zkrátit dobu vynaloženou obchodními manažery a zvýšit kvalitu informací poskytovaných zákazníkům,
- v poslední řadě se práce zabývá teoretickým návrhem budoucího rozvoje a automatizace nástroje, což by poskytlo potenciálním zákazníkům i obchodním zástupcům možnost snadné samoobsluhy.

Dalším výsledkem tohoto nástroje je tedy příspěvek k efektivitě společnosti Helektros a potenciálně zvýšit její konkurenceschopnost v oblasti poskytování jejích služeb. Aby bylo možné hlavního cíle dosáhnout, jsou stanoveny tři parciální cíle:

- Představení a popis teoretických východisek pro návrh fotovoltaické elektrárny (FVE). Specifikace charakteristik fotovoltaických elektráren a jejich technických parametrů. Stručné uvedení postupu a návrhu FVE.
- Provedení literární rešerše a analýzy, na jejichž základě pak budou stanoveny faktory ovlivňující výrobu elektrické energie ve FVE.
- Na základě výsledků analýz sestavit vlastní návrhy řešení, představit koncept modelu a určit návratnost FVE. Na základě výsledků vést diskusi a zhodnotit přínos.

### **1.3 Metody a postupy zpracování**

Diplomovou práci lze rozdělit do tří hlavních částí. Jak již bylo zmíněno při vymezení problému, pro společnost není nezbytné provádět hloubkovou analýzu. Klíčovým faktorem jsou zejména data, ke kterým má společnost přístup. Při zpracování je možné využít dostupné podklady, které mohou mít i potenciální konkurenční společnosti. Týká se to tedy společností, které se zaměřují na podobné odvětví a vlastní již kalkulátory pro fotovoltaické elektrárny, nicméně k těmto kalkulátorům není umožněn hloubkový přístup. Tím je myšleno, že není možné dohledat, z jakých statistických modelů vychází, a tedy jak funguje odhad doby návratnosti. Další problém nastává při zjišťování ceny za jednotlivé komponenty FVE, konkurenční společnost si může cenu

upravovat podle potřebné situace. Tento problém může nastat i u společnosti, pro kterou je nástroj navrhován, nicméně díky dostupnosti interních informací je jednodušší definovat důvod, proč došlo ke změně. Díky těmto datům je tedy následně možné i upravovat koncept modelu, aby se co nejvíce přiblížil skutečnosti.

První část práce je věnována analýze a literární rešerši se zaměřením na konstrukci fotovoltaických elektráren. Vzhledem k rozsáhlosti daného tématu se tato část věnuje pouze části fotovoltaických elektráren pro rodinné objekty. Pomocí získaných informací dojde ke zkonstruování základních podmínek pro navrhovaný koncept modelu. Díky těmto informacím dojde tedy k definování nutných položek a s tím i ke stanovení ceny. Díky takto definovaným položkám bude následně možné určit jejich technické parametry, jež následně ovlivňují výpočet doby návratnosti. Pomocí tohoto způsobu budou definovány vstupní hodnoty pro výpočet vstupní investice zákazníka.

V rámci dalších parametrů bude již pro stanovení doby návratnosti nutné definovat a zjistit data týkající se návratnosti investice. Mezi tyto informace se řadí, kolik domácnost spotřebuje elektrické energie, kolik vyrobí, kolik prodá a kolik nakoupí. Po získání těchto informací je pak možné vytvořit obecnou představu o chodu domácnosti co se týká elektrické energie. Další informací, kterou nástroj bude potřebovat, aby dokázal dobře odhadovat návratnost investice, je cena energie. Ve většině případů je cena nákupu elektrické energie definována, a to ve smlouvě od dodavatele elektrické energie. Větší problém nastává u odhadnutí ceny prodeje, tato cena ve většině případů bývá pohyblivá. Velkou část těchto informací je možné získat právě ze sekundárních dat, k nimž má společnost přístup. Závěrem první části tedy bude definování vstupních hodnot pro koncept modelu.

Ve druhé části se práce věnuje popisu a výběru algoritmického nástroje pro stanovení konceptu modelu. Tento algoritmický nástroj bude vyvinut pro implementaci matematického konceptu modelu. Algoritmus bude obsahovat kroky pro výpočet a vyhodnocení návratnosti investice na základě vstupních dat, která budou získána z první části práce. Při psaní práce bylo využito více přístupů i strategií. Jednotlivé přístupy jsou vždy popsány ve samostatných kapitolách. Většina dat pochází od společnosti Helektros a jejích pracovníků, z tohoto důvodu jsou některé zdroje interní, a tedy veřejně nedostupné. Samotný algoritmický nástroj je navrhován s ohledem na

jednoduché použití. Uživatel by měl být schopen snadno zadat vstupní hodnoty a pomocí výpočtů modelu získat jednoduše výsledek návratnosti investice. Algoritmus by tedy měl být implementován s důrazem na reprodukovatelnost výsledků. Díky reprodukovatelnosti výsledků je možné provést konzistentní analýzu v různých situacích a umožňuje porovnání výsledků v průběhu času. Nástroj by měl být dále navržen s ohledem na budoucí rozšíření. To zahrnuje možnost přidání dalších parametrů a funkcionalit pro zohlednění budoucích změn v technologii nebo legislativě.

V poslední části práce bude provedena validace nástroje a jeho výstupů. To zahrnuje porovnání výsledků z nástroje s reálnými daty a scénáři, které byly použity při sběru dat v první části. Validace výsledků bude provedena z důvodu ověření, jestli data poskytují pevný základ pro budoucí použití algoritmického nástroje v rámci rozhodovacích procesů v oblasti investic do fotovoltaických elektráren. Celkově lze říct, že validace nástroje potvrzuje jeho schopnost poskytovat přesné a relevantní výsledky pro podporu strategických rozhodnutí v oblasti obnovitelných energií

## **2 TEORETICKÁ VÝCHODISKA**

V současné době, kdy se termín „energetická transformace“ stává stále běžnějším pojmem, získává tento pojem stále zásadnější význam a z tohoto důvodu je nutné se věnovat roli obnovitelných zdrojů energie, jako jsou fotovoltaické elektrárny. Druhá kapitola této diplomové práce se věnuje přiblížení teoretických termínů, se kterými bude dále pracovat. V první části této práce se věnuje popisu fotovoltaických elektráren a jejich základnímu rozdělení. Ve druhé části této kapitoly je rozebrán postup návrhu konstrukce FVE a jednotlivé faktory.

### **2.1 Základy fotovoltaických systémů**

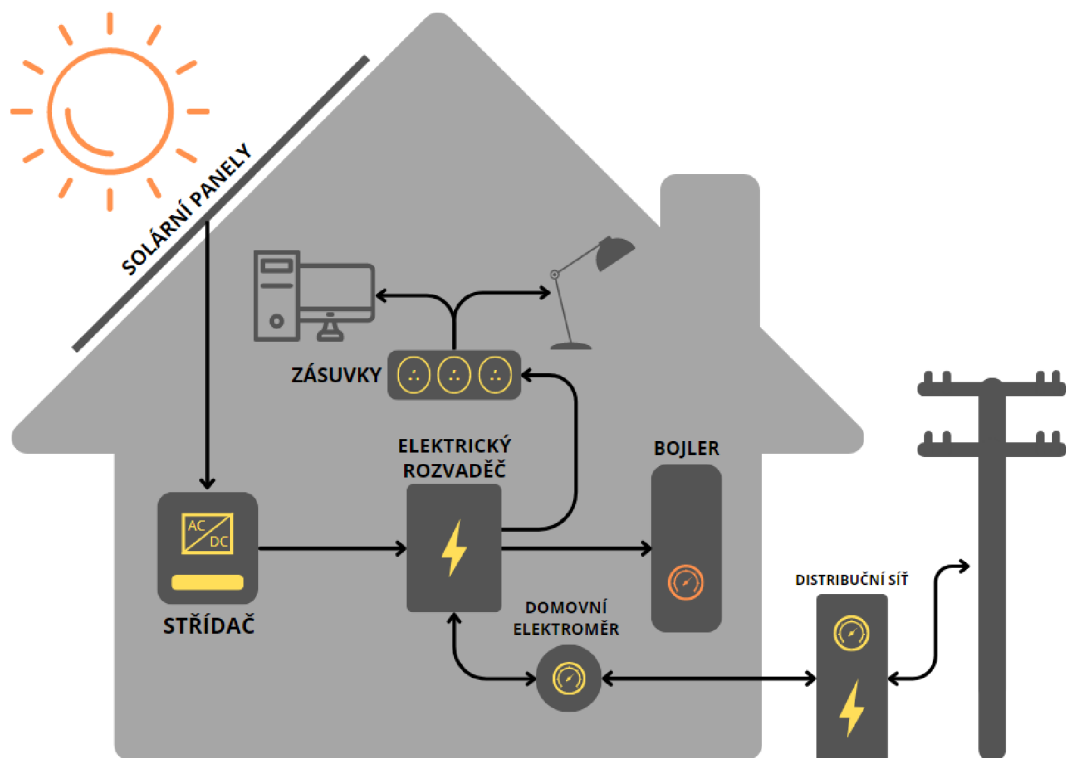
Fotovoltaické elektrárny, známé také jako solární elektrárny, jsou zařízení přeměňující sluneční světlo na elektrickou energii pomocí fotovoltaických článků. Tyto systémy hrají klíčovou roli v produkci obnovitelné energie a jsou považovány za jednu z hlavních technologií, které mohou přispět k redukci skleníkových plynů a podpořit udržitelný rozvoj. Následující část v obecné rovině představuje, co vlastně fotovoltaické elektrárny jsou. Fotovoltaické elektrárny využívají sluneční záření k výrobě elektrické energie prostřednictvím fotovoltaických panelů, což umožňuje udržitelný a ekologicky šetrný způsob výroby elektřiny (McEvoy et al., 2012).

#### **2.1.1 Popis fungování FVE**

V následující části bude představen základní přehled o nezbytných částech fotovoltaického systému. Mezi základní prvky je možné zařadit solární moduly, baterie, regulátory, střídače, optimalizátory, transformátory, kabely a v poslední řadě typy konektorů. Ještě než dojde na seznámení se základními prvky, bude představeno obecné schéma FVE a souvislosti, v nichž na sebe jednotlivé komponenty navazují.

Klíčovými komponenty tohoto systému jsou solární panely, které transformují sluneční záření na stejnosměrný proud. Tyto panely jsou následně propojeny se střídačem, který převádí stejnosměrný (DC) proud na střídavý (AC). Na základě velikosti výkonu se v rámci instalace může objevit i více střídačů. Vzhledem k tomu, že je síť propojena s distribuční nebo přenosovou sítí, musí být napětí upraveno tak, aby odpovídalo úrovni

napětí v síti. Obrázek 1 představuje obecné zapojení FVE v případě, kdy se v instalaci nevyužívá bateriové úložiště (Mastný, 2011).

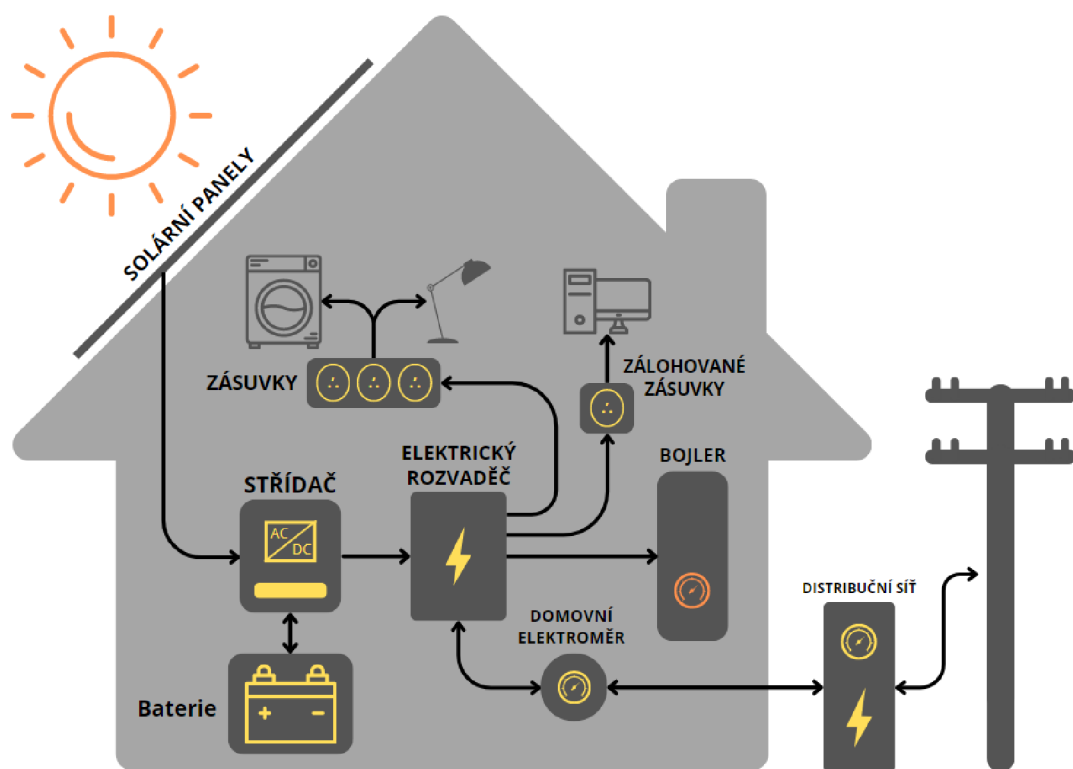


Obrázek 1: Blokové schéma FVE vázané na síť bez akumulátorů (přepřacováno z: Mastný, 2011).

Na výše uvedeném schématu je fotovoltaické pole připojené ke střídači, většinou se na této trase fotovoltaické panely připojují přes stejnosměrné jištění ke střídači a dále do domácnosti a sítě. Jištění v tomto případě představuje pojistka. Jde o mechanický prostředek, který chrání fotovoltaické systémy před nadproudem (Mastný, 2011).

Obrázek 2 představuje instalaci i s bateriovým úložištěm. Tento způsob má určité výhody oproti původnímu řešení z přechodího zobrazení (viz Obrázek 1). Integrace baterií do FVE může nabídnout hned několik výhod, které zlepšují účinnost a spolehlivost systému. Jako první, je možné zmínit, že baterie umožňují ukládání přebytku vyrobené elektrické energie v době, kdy není potřeba. Tato energie může být využita v době nízké produkce, což zajišťuje konstantní dodávku elektřiny, i když sluneční svit není dostatečný. Další výhodou je, že baterie umožňují fungování FVE nezávisle na elektrické síti. To je užitečné v případě výpadku elektřiny, což může zajistit její nepřetržitou dodávku v domácnostech. Při navrhování fotovoltaického

systemu je klíčové vzít v úvahu výkon střídače v kontextu celkové spotřeby objektu. Pokud střídač o požadovaném výkonu není zohledněn již ve fázi návrhu, může dojít k situaci, kdy během výpadku sítě nebude schopen pokrýt celkovou energetickou spotřebu domácnosti. To by vedlo k neúplnému napájení a nedostatečnému zajištění potřebných zařízení. Z tohoto důvodu je důležité při návrhu vědět, jaké jsou konkrétní požadavky na výkon střídače, aby bylo zajištěno spolehlivé zásobování energií i při výpadku sítě. Pokud FVE není dostatečně velká, je možné zálohovat například jen klíčové spotřebiče, či světla. Nicméně je nutné počítat s výkonem, který je schopen střídač poskytnout (Mastný, 2011).



Obrázek 2: Blokové schéma FVE vázané na síť s akumulátorem (přepřacováno z: Mastný, 2011)

Přestože uložení energie v bateriích přináší řadu výhod, toto řešení nebývá vždy využíváno, a to z několika důvodů. Hlavním faktorem jsou vysoké počáteční náklady spojené s nákupem baterií. Při plánování systému s bateriemi je také nezbytné zvážit požadovaný výkon a zajistit, aby systém správně distribuoval energii z panelů do domácnosti, popřípadě do baterií. Tyto faktory mohou znamenat značné investice, což může být pro některé uživatele nebo projekty nepraktické či finančně náročné.



Z blokových schémat je tedy možné vyčíst nejdůležitější prvky v soustavě, tyto prvky budou krátce představeny v následující části.

### **2.1.2 Základní prvky FVE**

V předchozí kapitole byly využity odkazy na prvky využívané na konstrukci fotovoltaického systému, v následující části se práce bude věnovat popisu těchto základních prvků fotovoltaické elektrárny.

#### **Fotovoltaické panely**

Fotovoltaické panely jsou klíčovým prvkem fotovoltaických elektráren. Tyto panely obsahují fotovoltaické články, obvykle vyrobené z krystalického křemíku nebo jiných polovodičových materiálů. Když sluneční záření dopadá na tyto články, dochází k uvolnění elektronů a vytvoření elektrického proudu. Tento stejnosměrný proud je následně převeden na střídavý pomocí střídače, aby byl kompatibilní s distribuční sítí. Solární panel nebo solární modul se skládá z jednotlivých elektricky propojených solárních článků, které zvyšují výkon solárních panelů. Solární články jsou zapouzdřeny tak, aby konstrukce panelu byla časově odolná. To znamená, že hliníkový rám je navržen tak, aby se na něm nemohly usazovat voda ani prach. Jinými slovy vyjádřeno, jakékoli „vnitřní“ poškození je neopravitelné. Většina výrobců zaručuje, že panely neztratí více než 10 % své výkonové kapacity během prvních 10 let a ne více než 20 % během následujících patnácti let. Závěrem je tedy výstup, že většina výrobců zaručuje, že panely budou po dobu prvních 25 let životnosti modulů vyrábět alespoň 80 % jmenovitého výkonu. Záruku ve většině případů zajišťuje třetí strana, kterou je zajišťovací společnost pro případ, že by výrobce zkrachoval. Jeden panel nestačí k výrobě podstatného množství. Proto je nutné moduly propojit do pole pomocí sériového nebo paralelního zapojení. Řetězec pak představuje spojení více modulů. Výběr velikosti řetězce je jedním z nejdůležitějších aspektů návrhu fotovoltaického systému, protože systémy s příliš malým řetězcem snižují účinnost a příliš velké řetězce vedou ke ztrátě záruky a poškození měničů. Maximální velikost závisí na maximálním napětí řetězce, které nesmí za žádných okolností překročit maximální stejnosměrné vstupní napětí střídače (Matuška, 2013).

## **Střídače**

Hlavním cílem střídaje je měnit stejnosměrné napětí přicházející z fotovoltaických panelů na napětí střídavé, které může být využito pro domácnost, či distribuční síť. Umožňují také monitorování a diagnostiku v případě poruchy. Téměř všechny současné typy střídačů využívají technologii sledování maximálního bodu výkonu, která zajišťuje maximální účinnost modulů při rychle se měnících klimatických podmínkách. Pro problematiku, které se bude dotýkat tato práce je možné střídače rozdělit na 3 typy střídačů. První verzi jsou verze takzvané modulové střídače. Tento typ střídače je namontován na každém panelu zvlášť. Tyto střídače jsou vybaveny bezdrátovou komunikací pro individuální kontrolu výkonu. Jejich účinnost je nižší a umožňují také paralelní zálohování v případě výpadku proudu. Jejich výhodou je, že nevyžadují odstavení celého systému kvůli údržbě, modulové střídače lze řešit individuálně a zbytek elektrárny může vyrábět elektřinu dál. Druhým typem je typ řetězový neboli string střídače. Jak již bylo zmíněno, sada fotovoltaických modulů představuje řetězec, řetězec je elektrické spojení daného počtu panelů. Toto řešení je vhodné pro středně až středně velké systémy, umožňuje paralelní zálohování v případě výpadků. Problém běžných stringových střídačů spočívá v tom, že výkon řetězce je závislý na nejméně výkonném panelu. To znamená, že jeden nefunkční modul, snižuje výkon celého stringu, a tím snižuje celkový výkon. Tento problém se řeší pomocí pokročilejších a dražších technologiemi, jako jsou modulové střídače nebo optimalizátory výkonu. Posledním typem střídačů jsou střídače centrální. Jsou známé vysokou účinností, dále mají obvykle nižší náklady na údržbu než předchozí střídače. Nevýhodou centrálního střídače, že v případě poruchy nebo snížení výkonu centrálního střídače může dojít k negativnímu vlivu na výkon celého systému. Celková účinnost velmi závisí na jednom bodě a to střídači. Centrální střídače mohou být méně flexibilní, a to při změnách v konfiguraci solárních panelů nebo při potřebě rozšiřování systému (Matoušek, 2007).

## **Baterie**

Historicky se baterie/akumulátory využívaly v objektech, kde nebyla dostupná distribuční síť, jednalo se takzvaně o jedinou možnost, jak zajistit chod objektu i v případě, kdy solární panely neposkytovaly elektrickou energii. Ukládání elektrické energie je proto nezbytné ze dvou hlavních důvodů. Prvním je zajištění relativně konstantního výkonu v případech kolísání slunečního záření, a tedy kolísání množství vyrobené elektřiny během dne, druhým je potřeba energie během noci, kdy není k dispozici žádný zdroj energie. Existuje mnoho typů a výrobců baterií. Nejběžnějším typem je dnes takzvaný hluboký cyklus olověných akumulátorů. Tyto akumulátory fungují na principu vratné chemické reakce tlustých olověných desek a kyseliny sírové. V případě, kdy je však objekt připojen do distribuční sítě, vzniká sporný názor ohledně využití baterií. Jelikož hlavním argumentem pro jejich využití bylo uložení energie pro využití v situacích, kdy objekt bude energii postrádat, ztrácí tento argument díky distribuční síti svoji váhu. Navíc je zcela běžné, že baterie jsou jednou z nejdražších součástí při navrhování systému pro domácnosti, tedy proč využívat ještě dražší řešení v podobě baterií? Nicméně díky zavedení pohyblivé výkupní ceny energie získává využití baterií opět smysl. Bohužel nelze okamžitě s jistotou prohlásit, že se baterie vyplatí. Uživatel si pořad musí spočítat sám, jestli se mu investice do baterií vrátí, nebo ne (Matuška, 2013).

## **Řídicí jednotka**

Aby nedošlo k poškození akumulátoru v důsledku přebíjení nebo úplného vyčerpání jeho kapacity, je nutné použít regulátor. Toto zařízení také zabraňuje tomu, aby v noci procházel proud z baterie skrze fotovoltaické moduly opačným směrem. K tomu slouží buď polovodič, který umožňuje průchod nabíjecího proudu pouze jedním směrem, nebo mechanický prostředek, elektromagnetická cívka zvaná relé, která rozepíná a spíná spínač. Prevence přebíjení se provádí regulací napětí. To znamená, že když baterie dosáhne nastavené úrovně napětí, regulátor zakáže jakýkoli tok proudu do baterie. Řídicí jednotky bývají také často integrovány již ve střídačích, je však nutné, aby střídač byl navržen pro ukládání do baterií (Matuška, 2013).

## **Optimalizátor výkonu**

Optimalizátor výkonu je malé přídavné zařízení, které dokáže zmírnit účinky stínění/zašpinění a montuje se na panel, připojuje se k rozvodné skříni a dále do řetězce. Optimalizátor výkonu je měnič DC/DC, který posílá elektrickou energii do střídače pro konverzi DC/AC. Optimalizátory také sledují bod maximálního výkonu, ale na rozdíl od střídačů se sledování provádí pro každý modul zvlášť. Rovněž bezdrátově sdělují údaje o výkonu, což umožňuje sledovat výkon každého modulu namontovaného s optimalizátorem. Jedna z možností tohoto sledování je přístupná prostřednictvím webového rozhraní výrobce a může být také integrována do monitorovacího centra. Optimalizátory je třeba namontovat na každý modul. To velmi ztěžuje údržbu a zejména instalaci do již existujícího fotovoltaického systému. Většina systémů pro domácnosti a některé systémy vázané na síť se skládají z několika řad modulů instalovaných na strmých střechách nebo jiných místech s komplikovaným přístupem a přístup ke všem rozvodným krabicím může být velmi obtížný. Střídače modulů a optimalizátory výkonu jsou si velmi podobné. Oba jsou namontovány na jednotlivých modulech a oba pomáhají zvýšit výkon systému. Hlavní rozdíl spočívá v tom, že optimalizátory jsou měniče stejnosměrného proudu na stejnosměrný s ohledem na jeho velikost a měnič standardní převádí stejnosměrný proud na střídavý (Matuška, 2013).

## **Kabelové vedení**

Kabely jsou pravděpodobně jednou z nejčastěji přehlížených částí fotovoltaického systému a mají velký vliv na jeho výkon. Existuje mnoho různých typů kabelů, které lze použít, a názory na ně se různí, ale hlavní věc, kterou je třeba vzít v úvahu, je potřeba snížit odpor. Odpor je něco, co brání průtoku elektronů vodičem, a čím vyšší je odpor, tím nižší je napětí na konci vodiče. Příliš velký odpor způsobí pokles napětí na úroveň, kdy by měnič mohl přestat fungovat a regulátor by mohl přestat nabíjet baterie. Čím větší je průřez kabelu, tím menší je jeho odpor. Nejtlustší kabely ve fotovoltaických systémech jsou bateriové kabely, které mají nejmenší odpor a jsou velmi dobré pro propojení baterií, ale nejsou tak vhodné pro zapojení modulů až k regulátoru nabíjení. Při návrhu je tedy nutné zohlednit odlišné typy vedení a využívat při návrhu jejich

vlastnosti. Například vodiče, které jsou určeny pro venkovní účely, materiál pláště odolný proti UV-záření a je odolný proti povětrnostním vlivům, není nutné využívat pro připojení baterií, které se nacházejí uvnitř objektu (Matuška, 2013).

### 2.1.3 Rozdělení FVE

V předchozí části bylo naznačeno, že je možné rozdělit FVE podle výkonu, a tedy podle velikosti instalace. Na základě těchto informací je obecně možné rozdělit FVE podle tří velikostí.

- **Mikro-FVE.** Obvykle se používají pro domácnosti nebo malé podniky. Instalují se na střeších domů nebo menších budov.
- **Malé FVE.** Jsou větší než mikro-FVE, ale stále vhodné pro menší průmyslové nebo komerční využití.
- **Velké FVE:** Navrženy jsou pro průmyslové nebo komerční využití s významným výkonem.

V případě domovních instalací se většinou případů jedná o instalace mikro-FVE. Pro objekty obsahující více bytových jednotek je možné dosáhnout i na malé, a to z toho důvodu, že se ve většině případů provádí instalace pro všechny byty nacházející se v objektu (Matuška, 2013).

Společnost Helektros je schopna provádět instalaci pro všechny typy velikostí instalace, nicméně koncept modelu se bude zaměřovat pouze na velikosti instalací do rozsahu mikro-FVE. Pokud se u konceptu modelu prokáže jeho spolehlivost, lze v budoucím rozšíření uvažovat o implementaci pro větší elektrárny.

Dalším způsobem, jak je možné dělit FVE, je pomocí umístění fotovoltaických panelů. Podle umístění lze odvodit i funkci uchycení. Podle ní je možné fotovoltaické panely rozdělit následovně, a to na: stacionární a sledovací. Stacionární představují tradiční solární panely umístěné na pevné konstrukci, která není pohyblivá. Pro sledovací pak platí, že panely jsou umístěny na sledovacím systému, který sleduje pohyb slunce a optimalizuje expozici slunečnímu záření. Díky těmto vlastnostem je zřejmé, že například sledovací způsob uchycení se používá častěji na volné ploše.

Podle umístění je možné rozdělit FVE následovně.

- **Střešní FVE.** Jsou instalovány na střechách budov. Bývají často využívány pro domácnosti nebo menší komerční objekty.
- **Přijatelná plocha.** Jde o velké solární pole umístěné na vyhrazených plochách nebo volných pozemcích.
- **Integrované FVE.** Prvky solárních panelů jsou integrovány do budov nebo infrastruktury.

V realizaci pro rodinné objekty je možné se nejčastěji setkat se střešním provedením. Jedná se o nejjednodušší a nejrychlejší způsob instalace (Matuška, 2013).

Samotný navrhovaný koncept modelu tento způsob montáže může zahrnout v případě počítání efektivnosti elektrárny při její výrobě. Dále samozřejmě může zahrnout cenu za složitější komplikaci instalace.

Poslední obecné rozdělení, kterému bude věnován prostor, je na základě systémového zapojení. Opět i zde se předchozí část částečně dotýká této problematiky. Rozdělení FVE podle systémového zapojení je následující.

- **Připojené k síti (On-Grid).** FVE jsou připojeny k elektrické síti, což umožňuje obousměrný tok elektriny mezi elektrárnou a sítí.
- **Izolované (Off-Grid).** FVE jsou nezávislé a nepřipojené k elektrické síti. Elektrická energie se ukládá do baterií nebo jiných zásobníků.

Podle zákona č. 458/2000 Sb., o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon), je nezbytné dodat veškeré technické informace. Pomocí těchto informací je pak možné požádat o připojení k distribuční síti podle poskytovatele v dané oblasti. Ve většině případů se žádá o připojení do distribuční sítě převážně z toho důvodu, že se plánuje prodej elektrické energie mimo rodinný objekt (Matuška, 2013).

V rámci návrhu konceptu modelu se tedy bude uvažovat častěji se vyskytující situace, a to domácnost připojená k síti. Pokud by se jednalo o realizaci Off-Grid, není možné provádět prodej, a tudíž nelze řešit návratnost. V případě realizace Off-Grid by bylo pouze možné řešit, jestli je FVE schopna pokrýt spotřebu domácnosti, tedy jestli je možné postavit například opuštěnou chatu a v ní fungující elektroinstalaci.

V rámci této části nebyly rozhodně zmíněny všechny možnosti, podle kterých lze rozdělit FVE. Jedná se pouze o typ rozdělení, který by mohl hrát roli při výpočtech ceny a návratnosti instalace.

## 2.2 Návrh konstrukce FVE

V rámci návrhu konceptu modelu, který má představovat výstup této práce, byly představeny základní kameny FVE. Tyto základní kameny jsou důležité pro návrh konceptu modelu, nicméně tato zařízení se stanovují na základě vstupních informací. Následující část práce se tedy věnuje technickému návrhu a konstrukci fotovoltaických elektráren.

Návrh a konstrukce fotovoltaických elektráren (FVE) je proces zahrnující řadu technických, ekonomických a právních aspektů. Při plánování a budování FVE je důležité zohlednit několik klíčových kroků, aby byl systém efektivní, ekonomicky rentabilní a ekologicky šetrný. Pro dosažení hlavního cíle, kterým je vytvoření konceptu modelu pro výpočet ceny a návratnosti FVE, je nezbytné důkladně analyzovat jednotlivé kroky zapojené do procesu návrhu těchto zařízení.

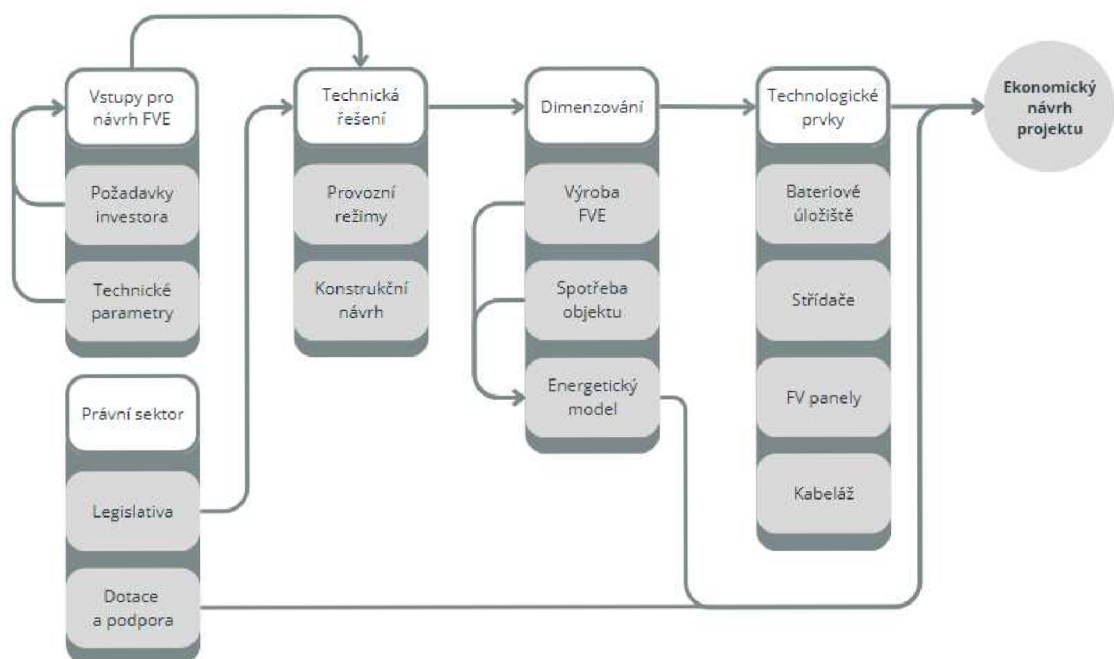
Po porozumění těmto prvkům je možné identifikovat specifické oblasti, které mají vliv na výpočty ceny a návratnosti FVE. Tento ucelený přístup tak umožní navrhnout výpočetní nástroj, který bude reflektovat všechny relevantní faktory ovlivňující ekonomickou efektivitu fotovoltaických elektráren.

Návrh a konstrukci FVE je možné rozdělit do více částí. Hlavním cílem této kapitoly je zaměřit se na jednotlivé části a přiblížit návrh. Na základě podkladů ze „*Solar photovoltaic system modeling and performance prediction*“ (Ma et al., 2014) a „*Podpory pro projektanty – Silektro Energy*“ (Čapek a Hlavatý, 2022) byl vytvořen návrhový postup pro tvorbu FVE. Tento obrázek představuje blokové zobrazení oblastí pro návrh a konstrukci FVE. V rámci návrhového postupu, jak je možné vidět na následujícím obrázku (viz Obrázek 3), lze vidět postup návrhu. Samotný návrh se dá rozdělit do pěti sektorů.

Tyto sektory jsou následující:

- vstupy pro návrh FVE,
- právní sektor,
- technická řešení,
- dimenzování,
- technologické prvky.

Jak lze vidět na následujícím obrázku, samotné sektory dále obsahují menší oblasti. Těmto oblastem se tato kapitola nadále věnuje.



Obrázek 3: Návrhový model FVE (zdroj: zpracováno podle Čapka a Hlavatého, 2022)



### **2.2.1 Vstupy pro návrh FVE**

Vstupy ovlivňující návrh FVE a její cenu se dělí do dvou oblastí. První se zaměřuje na požadavky investora projektu, jež je nutné brát v potaz při projektování systémů FVE, zatímco druhá část řeší technické parametry domácnosti. V prvním případě se může jednat například o ekonomické požadavky, kdy investor očekává určitou návratnost investice nebo přichází s konkrétním rozpočtem na počáteční investici. Dále se může jednat o požadavek výkonosti FVE týkající se kapacity systému nebo celkové roční produkce energie. Někteří investoři mohou mít také specifické představy o tom, jak by měl systém vypadat nebo jak by měl být integrován do stávajících staveb či krajiny, což může ovlivnit výběr komponent a design systému (Sommerfeldt et al., 2022).

Jelikož se jedná o podstatnou část návrhu projektu FVE, je tomuto tématu věnována i kapitola 3.2.1 Vstupy pro návrh FVE, kde jsou pomocí analýzy rozhovorů identifikovány konkrétní požadavky investorů. Kromě požadavků investorů se kapitola věnuje i definování technických parametrů a tomu, jak k nim společnost přistupuje.

### **2.2.2 Právní a regulační rámec**

Jelikož při navrhování konceptu modelu, je nutné si stanovit co vlastně omezuje použití určitých komponentů, je nutné přiblížit, co rámuje právní podmínky pro konstrukci FVE.

Při realizaci FVE je klíčové dodržovat tři právní předpisy. Za první zákon je možné označit zákon č. 458/2000 Sb., o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon), o podmínkách podnikání a výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů. Jedná se o legislativní dokument České republiky, který reguluje podmínky podnikání a výkon státní správy v energetických odvětvích. Zákon byl přijat s cílem zajistit spolehlivé, bezpečné a efektivní zásobování energiemi, ochranu veřejného zájmu, ochranu spotřebitelů, podporu hospodářské soutěže a integraci českého energetického trhu do evropských a mezinárodních struktur. Co je podstatné pro tuto práci, je to, že dokument zahrnuje ustanovení zaměřená na podporu využívání obnovitelných zdrojů energie v souladu s politikou Evropské unie a mezinárodními závazky v oblasti klimatu a udržitelného rozvoje. Je zde definováno, kdo a za jakých

podmínek může působit v oblasti energetiky. Poskytuje podrobný popis postupů, které zájemce o instalaci FVE musí podstoupit před provedením koupě FVE. Zákon vymezuje, co spadá pod energetické podnikání a za jakých podmínek je nutné získat licenci od Energetického regulačního úřadu. Jeho hlavním účelem je poskytnout komplexní informace o výstavbě a provozu FVE. Dále se věnuje elektroenergetice, kde se zabývá otázkami týkajícími se identifikace výrobců elektřiny, role provozovatelů přenosové a distribuční sítě, stanovení jejich zákonných povinností, návodům pro provoz FVE a dalším aspektům.

Druhým klíčovým právním předpisem je zákon č. 283/2021 Sb., stavební zákon. Tento zákon byl přijat s cílem modernizovat a zjednodušit pravidla pro územní plánování a stavební procesy. Reguluje cíle a postupy územního plánování, orgány zodpovědné za toto plánování, hodnotí vlivy staveb na životní prostředí i veřejné zájmy a stanovuje podmínky pro výstavbu a infrastrukturní rozvoj. V neposlední řadě schvaluje, mění a odstraňuje stavby, vydává stavební povolení i další oprávnění a ukládá povinnosti a odpovědnosti subjektům zúčastněným na výstavbě. Tento zákon mimo zmíněné do značné míry ovlivňuje, jak jsou FVE plánovány, schvalovány a realizovány, což má přímý dopad na rozvoj této formy obnovitelné energie. Například při plánování a povolování staveb, včetně FVE, zákon vyžaduje zohlednění environmentálních aspektů a udržitelného rozvoje. Tím se zajišťuje, že instalace FVE bude prováděna způsobem šetrným k životnímu prostředí a bude respektovat principy udržitelnosti.

Poslední zákon, který ovlivňuje konstrukci FVE, je zákon č. 165/2012 Sb., o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů. Jedná se o zákon zmiňující podporované zdroje energie a změnu některých zákonů. Tento zákon obsahuje primární pravidla podpory, následně pak popisuje, jak tuto podporu získat. Zákon dále obsahuje, z jakého důvodu stát podporuje výstavbu elektrických elektráren pracujících na obnovitelných zdrojích. Součástí zákona je i plán regulace, tento plán se vždy vydává na celý rok. Nicméně z tohoto zákona se realizátorů FVE týká pouze část, a to ta, která ukotvuje podporu obnovitelných zdrojů. Zde je přesně stanoveno, za jakých podmínek je možné získat podporu. Kromě podmínek lze zjistit způsob měření, který musí být splněn, aby mohl být proveden výpočet podpory.

Jak již bylo naznačeno, tyto právní předpisy neplatí pouze pro solární energii, ale také pro další obnovitelné zdroje, například pro větrnou energii, vodní energii, biomasu a hybridní systémy. Pokud se tedy plánuje výstavba vlastní FVE, je nutné mít odborníky, kteří pracují s aktuálním zněním těchto zákonů. Pro samotný navrhovaný nástroj je tedy nutné uvažovat výše zmíněné podmínky, jelikož při opomenutí některého znění by došlo k hrubému porušení zákona.

### **2.2.3 Technická řešení**

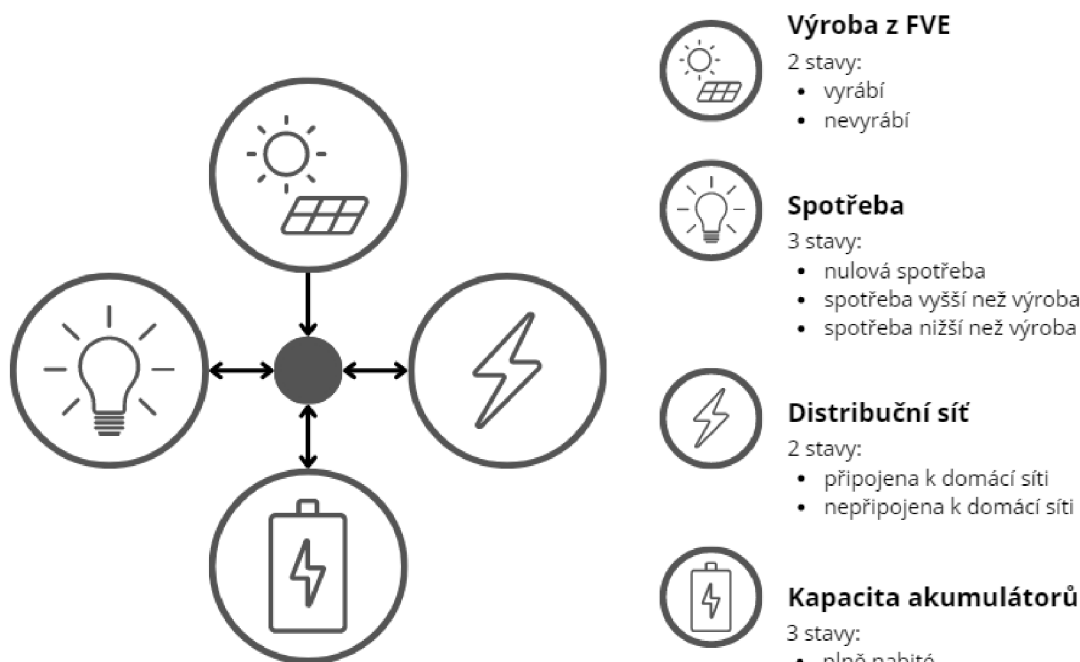
Jak lze vidět na ukázce (viz Obrázek 4), další z důležitých prvků návrhu FVE je oblast technických řešení. Tato oblast obsahuje další dvě podoblasti, jako jsou provozní režimy a konstrukční návrh. Provozní režimy představují stavy elektrárny, kde se systém může nacházet. Velmi zjednodušeně se dá říct, že pomocí provozních režimů lze posoudit, jak vypadá tok energie. Provozní režimy FVE mají omezený dopad při návrhu samotné elektrárny, protože pro většinu projektů jsou parametry těchto režimů již dány především okolnostmi lokality a požadavky investora. (Čapek a Hlavatý, 2022)

Provozní režimy jsou důležité, protože ovlivňují výrobu elektřiny, její prodej a případné náklady na údržbu a provoz. Kombinace stavů, a tedy tok energie, vychází z následujícího zobrazení (viz Obrázek 4).

Postup vytváření konstrukčního projektu je velice důležitá část návrhu FVE, nicméně pro sledované cíle v rámci této práce má konstrukční návrh malý dopad a z tohoto důvodu není uvažován v plném rozsahu. Částí, kterou se tato práce zabývá, je návrh konstrukce FVP, jenž se skládá z pěti kroků. Než se dostane na samotné představení těchto pěti kroků, je nutné zmínit, co vlastně konstrukce FVP je. Při teoretickém návrhu FVE se ve většině případů uvažuje, že konstrukce je již součástí samotného panelu. Nicméně při reálné instalaci je nutné rozlišovat mezi třemi základními typy konstrukcí. Jedná se o konstrukci pro rovnou střechu, pro šikmou střechu a pro zemní instalaci. Tyto konstrukce slouží k upevnění FVE-panelů na určitý typ povrchu (Ma et al., 2014).

Při návrhu je nutné uvažovat, kde probíhá instalace, tedy lokace FVE. Po zjištění lokace, která představuje první krok při návrhu konstrukce, je nutné zjistit charakteristiku okolí. Druhým krokem je nutné zjistit případné zatížení sněhem. Stanovující podmínky pro tuto problematiku je možné najít v normě ČSN EN 1991-1-3 ED.2 (730035). Třetí krok se velmi podobá kroku druhému. Třetím krokem je

stanovení zatížení větrem. Tyto podmínky jsou zmíněny v normě ČSN EN 1991-1-4 ED.2 (730035). Ve čtvrtém kroku se již pracuje s informacemi, o jaký typ plochy se jedná a jaké jsou použity FV-panely. Pátý krok slouží k výběru montážního systému, včetně upevňovacích prvků. Výsledkem je návrh obsahující statický výpočet a kusovník materiálu (Čapek a Hlavatý, 2022).



Obrázek 4: Provozní režimy FVE (zdroj: zpracováno podle Čapka a Hlavatého, 2022)

Společnost před samotnou instalací provádí výše zmíněné kroky při kompletním návrhu FVE. Nicméně v souvislosti s cenovým odhadem, kde se neprovádí kompletní návrh, společnost rozlišuje čtyři možná provedení konstrukce pro FVE, a to z důvodu rozdílné náročnosti instalace, a tedy i odlišné ceny za instalaci. Typ konstrukce je vždy vztahován na jeden FV-panel instalace. Rozdělení, které společnost využívá, je následující:

- šikmá plocha – plechová střecha, tašková střecha,
- rovná plocha – se závažím,
- rovná plocha – bez závaží a sklonu,
- rovná plocha – bez závaží se sklonem.

### 3 ANALÝZA SITUACE

Analýza je zásadním prvkem vědeckého zkoumání a praktického rozhodovacího procesu. Jejím cílem je získat hlubší porozumění zkoumaným jevům a poskytnout informace potřebné pro informované rozhodování. V kontextu práce se tato kapitola věnuje různým analytickým metodám a přístupům, které byly použity pro hodnocení specifických aspektů.

#### 3.1 Představení společnosti

Před samotnými analýzami se práce krátce věnuje představení společnosti Helektros a informacím s ní spojeným. Informace v rámci následující kapitoly představení společnosti vychází z následujících zdrojů: Helektros s. r. o., 2020 a notářský zápis od JUDr. Hungr, 2021.

Název subjektu:	Helektros s. r. o.
Sídlo:	č. p. 64, 691 23 Ivaň
IČO:	139 77 687
Právní forma:	společnost s ručením omezeným
Předmět podnikání:	Montáž, opravy, revize a zkoušky elektrických zařízení Výroba, instalace, opravy elektrických strojů a přístrojů, elektronických a telekomunikačních zařízení Poskytování technických služeb k ochraně majetku a osob

Společnost Helektros, s.r.o., byla založena v roce 2008 s vizí stát se lídrem v oblasti elektroenergetiky. Za dobu své existence prošla společnost významnou transformací od malého podniku s lokálním dosahem k úspěšnému hráči na území České republiky. V průběhu let společnost Helektros expandovala nejen geograficky, ale také v rozšiřování svého portfolia služeb a produktů.

Hlavní oblasti činnosti společnosti Helektros zahrnují elektroinstalační práce, instalace fotovoltaických elektráren, integraci systémů automatizace, projektování inteligentních řídicích systémů a řešení v oblasti obnovitelných zdrojů energie. Společnost poskytuje komplexní služby od počátečních konzultací přes projektování a instalaci až po

dlouhodobý servis a údržbu. Kombinace velkého množství instalací a zkušeností v odvětví z ní činí dobrého partnera pro široké spektrum klientů, včetně průmyslových podniků, komerčních subjektů i soukromých domácností.

V budoucnosti se Helektros zaměří na rozšíření svého vlivu v oblasti obnovitelných zdrojů energie a na podporu přechodu k inteligentním a energeticky soběstačným domácnostem a podnikům. Vize společnosti je stát se průkopníkem v oblasti energetických řešení, která jsou nejen efektivní a inovativní, ale také přínosná pro společnost a planetu.

## **3.2 Úvod k analýzám**

Následující část práce se věnuje analýze vstupů a ovlivňujících faktorů navrhovaného konceptu modelu. Tyto faktory hrají významnou roli při odhadování návratnosti a dále mohou mít velký dopad na návrh konceptu modelu. V rámci následující části budou zodpovězeny výzkumné otázky, které vznikly na základě teoretických východisek spojených s návrhem a konstrukcí FVE. V závislosti na odpovědích bude probíhat konstrukce samotného konceptu modelu.

### **3.2.1 Vstupy pro návrh FVE**

Za účelem získání informací v otázce vstupů pro návrh fotovoltaických elektráren byla zvolena strategie v podobě provedení výzkumu ve formě případové studie, která se zaměřuje na popis přístupu k návrhu a konstrukci elektráren v podniku Helektros. Aby bylo možné získat odpověď na tuto otázku, byl zvolen kvalitativní, deduktivně-induktivní přístup, který kombinuje dedukci obecných principů s indukcí konkrétních aspektů prostřednictvím rozhovorů. Data jsou sbírána prostřednictvím individuálních částečně strukturovaných rozhovorů, jež jsou nahrávány se souhlasem respondentů. Účastníci rozhovorů jsou vybíráni metodou záměrného výběru na základě identifikace klíčových osob s relevantními kompetencemi v oblasti návrhu a konstrukce fotovoltaických elektráren.

Kategorizace základních oblastí vychází především z dokumentů „*Solar photovoltaic system modeling and performance prediction*“ (Ma et al., 2014) a „*Podpora pro projektanty – Silektro Energy*“ (Čapek a Hlavatý, 2022). Tyto zdroje posloužily jako základ pro definování dvou hlavních oblastí vstupů pro návrh fotovoltaických

elektráren. Těmito oblastmi jsou požadavky investora a technické parametry. Pro každou oblast byla sestavena sada otázek, avšak během rozhovorů byly podle reakcí účastníků případně přidávány doplňující, vysvětlující nebo nové otázky.

Znění otázek, které byly použity v rozhovoru, je zde:

- Požadavky investora
  - Jaké požadavky nejčastěji zaznívají ze stran investorů při plánování a návrhu fotovoltaických elektráren?
  - Za jaké podmínky se investoři rozhodují pro bateriové úložiště?
  - Ovlivňují požadavky investora provozní režim FVE?
  - Jakým způsobem se přistupuje k údržbě a servisu FVE po dobu její životnosti?
- Technické parametry
  - Jak se určuje počet FV-panelů na instalaci?
  - Jaké typy FV-panelů se využívají a od jakých výrobců?
  - Podle čeho se určuje střídač?
  - Jaké typy střídačů se využívají a od jakých výrobců?
  - Jak se určuje velikost bateriového úložiště?
  - Jaké typy baterií se využívají a od jakých výrobců?

Při určování klíčových pracovníků ve společnosti nenastal problém, nicméně ten se objevil v případě jasného definování role. Jelikož se jedná o malou společnost, někteří zaměstnanci v ní zastávají více funkcí. Tato skutečnost měla na odpovědi pozitivní i negativní dopad. Díky zastávání více funkcí najednou má zaměstnanec větší přehled o návrhu a konstrukci FVE. Nevýhoda, která vyplývá z tohoto rozřazení, spočívá v tom, že přístupy k návrhu a konstrukci FVE se liší. V rámci budoucího vývoje se sice společnost zaměřuje na lepší diverzifikování rolí a zvýšení množství zaměstnanců, nicméně při zpracovávání této práce byla společnost omezena množstvím pracovníků. V následující tabulce je možné vidět pozici pracovníka ve společnosti, důvod výběru pro zodpovězení otázek týkajících se návrhu a konstrukci FVE a v poslední řadě identifikaci, která byla danému pracovníkovi přidělena. Vzhledem k zaměření práce a přání společnosti nejsou v tabulce zmíněna jména dotazovaných osob.

Tabulka 1: Soubor dotazovaných pracovníků (zdroj: vlastní zpracování)

Identifikátor pracovníka	Pracovní pozice ve společnosti	Podmínka výběru
P1	Projektový manažer, vedoucí projektového týmu, zakladatel společnosti	Detailní znalost procesů probíhajících ve firmě a na instalacích FVE, reprezentace společnosti a první kontakt se zákazníky (investory)
P2	Projektant FVE, revizní technik	Provádí návrh projektu FVE, řeší legislativní problematiku FVE ve společnosti
P3	Projektant FVE, obchodní jednatel	Provádí návrh projektu FVE, vytváří cenovou nabídku projektu
P4	Projektant FVE, obchodní jednatel, vedoucí realizace	Provádí návrh projektu FVE, vytváří cenovou nabídku projektu. Provádí úpravu projektu FVE podle skutečnosti, vykonává dohled nad instalací FVE
P5	Technik konstruktér	Provádí instalaci FVE podle projektu a požadavků investora

### 3.2.2 Výroba FVP

Obrázek 3 ukazuje, že dimenzování FVE se skládá ze tří částí. Těmito částmi jsou výroba, spotřeba a energetický model. Přičemž energetický model představuje spíše výsledek energetické bilance domácnosti skládající se z výroby a spotřeby dané domácnosti.

Výroba v rámci dimenzování vychází již z informací při návrhu. Nejdůležitějším faktorem v případě výroby jsou samotné fotovoltaické panely (FVP). Co jsou fotovoltaické panely a jak fungují, bylo vysvětleno v části 2.1.2 Základní prvky FVE. V následující části se práce bude věnovat vlivům na celkovou a průběžnou výrobu. Existuje osm vlivů působících na celkovou a průběžnou výrobu. Těchto osm vlivů je možné zařadit do tří oblastí, a to do vlivů ovlivnitelných, částečně ovlivnitelných a do vlivů neovlivnitelných, jak ukazuje Tabulka 2. Do části ovlivnitelných vlivů pak spadá část spojená se ztrátami v elektrické části. Vlivy spojené s venkovní teplotou a počasím pak spadají do oblasti neovlivnitelných vlivů. Do poslední, tedy do oblasti částečně ovlivnitelných vlivů, spadá vliv spojený s lokalitou, okolním stíněním, sklonem, orientací FVP a v poslední řadě vlivy spojené s degradací



zařízení. Při předvídání možné výroby je nutné brát tyto vlivy v potaz. Při provádění klasického návrhu se uvažuje pouze potenciálně maximální fotovoltaický výkon panelů. Pro lepší představu se jedná o maximální energii, na kterou je panel konstruován. Tato hodnota se využívá při návrhu, nicméně je nutné zmínit, že panel ji nedodává vždy. Z tohoto důvodu při odhadu výroby elektrické energie z dlouhodobého hlediska je nutné brát v potaz okolní vlivy (Čapek a Hlavatý, 2022).

Tabulka 2: Vnější vlivy (zdroj: zpracováno podle Čapka a Hlavatého, 2022)

Ovlivnitelné	Částečně ovlivnitelné	Neovlivnitelné
<ul style="list-style-type: none"> <li>Ztráty v elektrické části</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lokalita</li> <li>Okolní stínění</li> <li>Sklon FV-panelů</li> <li>Orientace FV-panelů</li> <li>Degradace zařízení</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Venkovní teplota</li> <li>Počasi</li> </ul>

S ohledem na přímá data od společnosti Helektros a obsah těchto informací nejsou v rámci dat k dispozici nebo neodpovídají potřebným kritériím informace pro komplexní analýzu. Z tohoto důvodu práce přistupuje k výrobním datům z alternativních zdrojů. Tyto alternativní zdroje zahrnují široké spektrum akademických prací, vědeckých článků a technických publikací, které poskytují podklady pro vytvoření konceptu modelu optimální výroby FVP.

Orientace na akademické a vědecké prameny umožňuje vytvářet předpovědi založené na empiricky ověřených údajích a modelech, které byly podrobeny recenznímu řízení a kritické diskusi. Využívání těchto zdrojů přináší řešení a validitu přístupu pro konstrukci výroby FVP. Pro konstrukci FVP probíhá následně syntetizování různorodých informací do uceleného odhadu. V rámci analýzy byl kladen důraz na faktory ovlivňující výrobu, jako jsou geografická poloha, průměrné sluneční záření v dané oblasti, efektivita panelů a očekávaná životnost materiálů. Tyto faktory budou důkladně zkoumány a porovnávány s historickými daty společnosti Helektros, což umožní vytvořit reálné odhady maximálního a minimálního možného výkonu fotovoltaických panelů. Analýza dat je komplexní a mnohvrstevnatý proces, který začíná identifikací relevantních zdrojů, jejich kritickým hodnocením a selekcí informací, jež jsou nejvýznamnější pro specifické potřeby konceptu modelu. V dalším

kroku se provádí korelace mezi datovými sadami, aby bylo možné odhalit vzorce a trendy aplikovatelné na výsledný koncept modelu. S ohledem na různé úrovně ovlivnitelných a neovlivnitelných faktorů je snaha vytvořit nástroj, který bude schopen reflektovat realistický výkon systémů v různých provozních scénářích.

### **3.2.3 Spotřeba domácností**

Pro zjištění spotřeby energie v rodinných domácnostech byla zvolena metoda empirického šetření, zaměřující se na analýzu skutečné spotřeby v rámci rodinných objektů. Výzkum byl strukturován jako případová studie, kde hlavním cílem bylo zjistit, jak se reálná spotřeba energie odvíjí v rámci celého roku. Pro analýzu dat byl použit kvantitativní přístup kombinovaný s metodami statistické analýzy, konkrétně s využitím grafického znázornění distribuce dat pomocí sloupcových grafů. Tyto histogramy budou sloužit pro následné modelování možné spotřeby elektrické energie, která v rámci domácnosti může nastat. Vzhledem k malému zastoupení instalací mimo region Moravy a malému množství vzorku z jiných regionů České republiky není možné přesněji určit a rozdělit spotřebu v různých geografických a klimatických podmínkách, jedná se spíše o obecný přehled spotřeby domácnosti. Snaha snížit dopad tohoto nedostatku na přesnost konceptu modelu návratnosti nahrazuje výše zmíněný přístup modelování – nejlepší a nejhorší možný průběh spotřeby domácnosti. Vzorky, resp. domácnosti byly vybírány záměrně na základě kritérií, která zahrnovala rozdíly ve velikosti domů, typu vytápění a používaných elektrických zařízení. Tato metodologie umožnila co nejvíce se přiblížit k identifikování typického vzorce spotřeby domácnosti. Bohužel vzhledem k typu dat nebylo možné vytvořit hlubší vhled do faktorů, které ovlivňují samotnou spotřebu.

Celkově vybraná společnost Helektros provedla instalaci fotovoltaických systémů na více než 550 objektech, avšak pro účely tohoto výzkumu bylo vybráno pouze 205 instalací, které splňují specifická kritéria. Tato kritéria zahrnují fakt, že se jedná o rodinné objekty s možností zpětného dohledání spotřeby v systému, který společnost využívá. Nejstarší z těchto instalací byly realizovány v roce 2018. Aby bylo možné získat relevantní data o spotřebě, byla u starších instalací zprůměrována spotřeba od doby jejich instalace až do konce roku 2023. Tento přístup umožnil srovnat dlouhodobější trend spotřeby s daty z novějších instalací, které byly v provozu pouze

jeden rok. Tato metodologie poskytuje základ pro porovnání spotřebních vzorců a identifikaci potenciálních odchylek nebo trendů v chování spotřeby v rámci zkoumaného souboru.

### **3.3 Výsledky analýz**

S přihlédnutím ke skrutkuře práce se výsledky analýzy rozdělily do tří oblastí. V první z nich se práce věnuje výsledkům spojeným s faktory ovlivňujícími vstupy pro návrh FVE. Jakým způsobem probíhal sběr dat, je popsáno v části 3.2 Úvod k analýzám. Následující část práce se věnuje analýze vstupů a faktorů, jež ovlivňují navrhovaný koncept modelu. Tyto faktory hrají významnou roli při odhadování návratnosti a dále toho, jak velký mohou mít dopad na návrh konceptu modelu. V následující části budou zodpovězeny výzkumné otázky, které vznikly na základě teoretických východisek souvisejících s návrhem a konstrukcí FVE.

V části 2.2 Návrh konstrukce FVE se práce věnovala tomu, jak přistupovat k dimenzování a modelování energetického chování domácnosti při odhadu návratnosti. S ohledem na komplikovanost samotného dimenzování byla tato problematika rozdělena do dvou oblastí, a to 3.3.2 Faktory ovlivňující výrobu FVE a 3.3.3 Modelování spotřeby domácnosti.

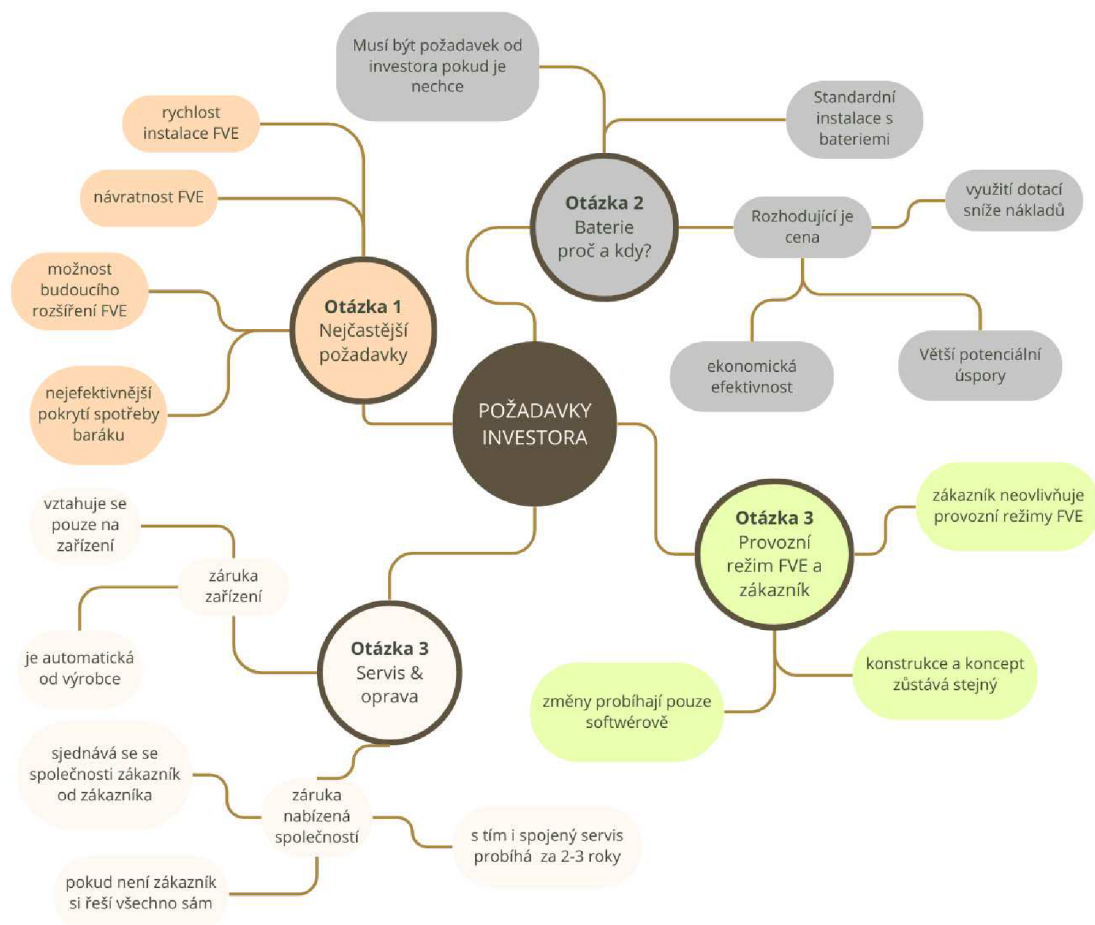
#### **3.3.1 Faktory ovlivňující vstupy pro návrh FVE**

Analýza dat probíhala po jednotlivých oblastech. Tyto oblasti byly stanoveny, jak bylo zmíněno v předchozí kapitole. Následující část práce se věnuje analýze vstupů a faktorů ovlivňujících navrhovaný koncept modelu. Tyto faktory plní významnou roli jednak při odhadování návratnosti, jednak při tom, jak velký mohou mít dopad na návrh konceptu modelu. V rámci následující části budou zodpovězeny výzkumné otázky, vzniklé na základě teoretických východisek spojených s návrhem a konstrukcí FVE. V závislosti na odpovědích bude probíhat konstrukce samotného konceptu modelu.

Výstupy z analýzy jsou transformovány do shrnujících odpovědí a také prostřednictvím myšlenkových map. Tyto myšlenkové mapy poté slouží k vizualizaci vztahů mezi jednotlivými oblastmi (viz Obrázek 5 a Obrázek 8: Výroba el. energie v průběhu roku (zdroj: zpracováno podle Mustafy et al., 2020)

). V rámci vývoje rozhovorů postupně vznikaly suboblasti. Pro lepší přehlednost byly oblastem a suboblastem přiděleny kódy, které trefněji vystihují danou oblast.

Oblast týkající se požadavků investora zahrnuje přístup k plánování FVE s ohledem na různorodé požadavky. Tyto požadavky se vztahují k faktorům, které mohou ovlivnit a změnit návrh FVE při jejím plánování, a zkoumají je. Kromě vztahu k plánování FVE mohou tyto faktory mít dopad i na návratnost projektu.



Obrázek 5: Myšlenková mapa – požadavky investora (zdroj: vlastní zpracování)

### **Shrnutí – požadavky investora, otázka 1**

Investoři obecně hledají rychlou návratnost investice a chtějí, aby systém pokryl jejich spotřebu energie, čímž se sníží celkové energetické náklady domácnosti. Dále investoři mají zájem o efektivní využití investovaných prostředků a rychlost realizace instalace. V některých případech je zmiňován i zájem o možnost budoucího rozšíření systému.

### **Shrnutí – požadavky investora, otázka 2**

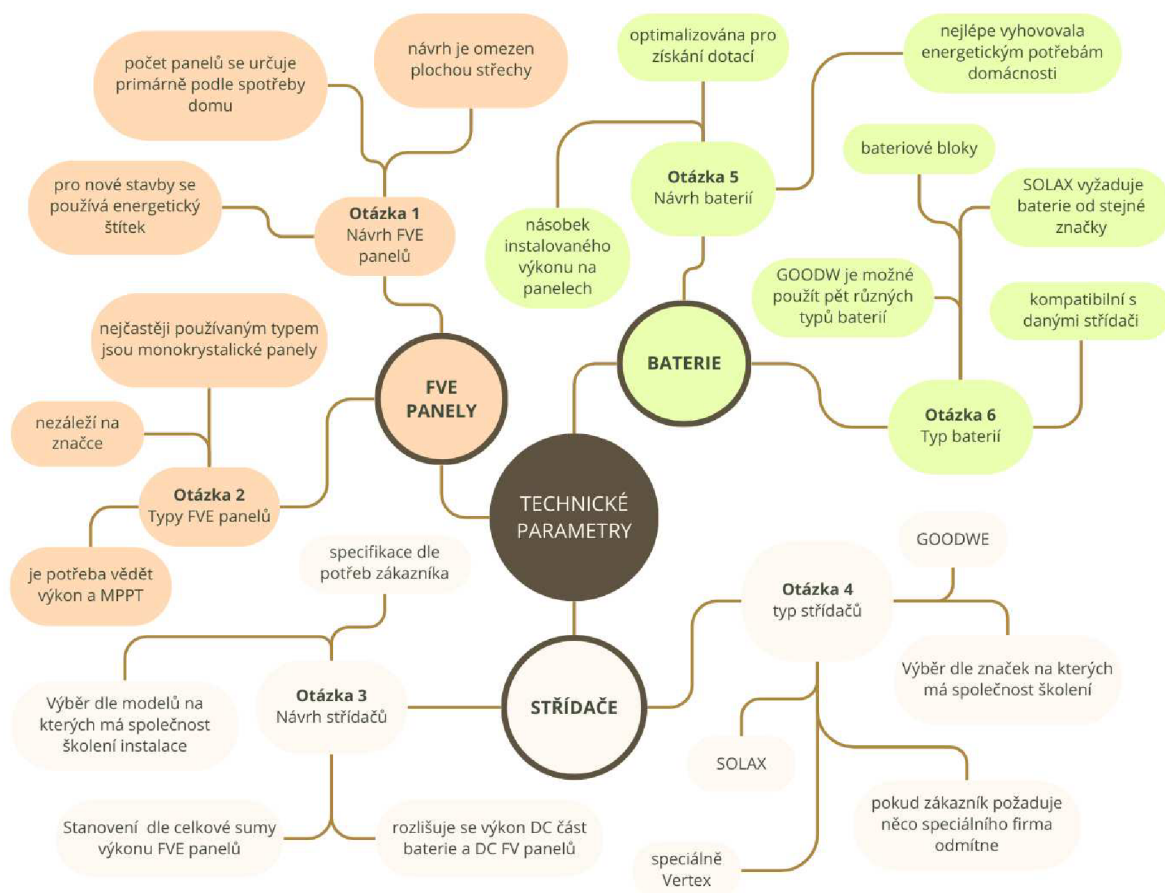
Investoři se rozhodují pro instalaci bateriových úložišť především na základě ekonomické efektivnosti, tedy zda cena baterií a potenciální úspory z vlastní spotřeby energie ospravedlňují počáteční investici. Dalším důležitým faktorem, který ovlivňuje výběr baterií, je možnost využití dotací, které mohou výrazně snížit náklady na instalaci. Společnost provádí návrh s bateriovým úložištěm a jen na požádání provádí realizaci bez baterií.

### **Shrnutí – požadavky investora, otázka 3**

Obvykle požadavky investorů přímo neovlivňují provozní režim FVE, protože základní koncept systému zůstává stejný. Nicméně zákazníci mohou určovat specifické požadavky na software pro řízení energie, které mohou jemně modifikovat. Následně pak systém reaguje na změny v produkci a spotřebě energie.

### **Shrnutí – požadavky investora, otázka 4**

Údržba a servis FVE jsou typicky zajišťovány na základě smluvních podmínek mezi dodavatelem a zákazníkem. Běžně se nabízí servisní intervaly každé dva až tři roky, po skončení záruční doby mohou zákazníci pokračovat v údržbě za poplatek. V případě poruchy nebo selhání systémových komponent jsou tato zařízení nahrazena, přičemž náklady a logistiku řeší dodavatel. Pokud zákazník nesjedná servis u společnosti, veškeré náklady spojené s opravou následně zákazník hradí sám.



Obrázek 6: Myšlenková mapa – technické parametry (zdroj: vlastní zpracování)

### Shrnutí – technické parametry, otázka 1

Počet fotovoltaických panelů se určuje primárně podle spotřeby domu. Výpočet zahrnuje stanovení velikosti instalovaného výkonu, který je limitován rozměry střechy. V případech, kde nejsou dostupné přesné údaje o spotřebě, se pracuje s odhady založenými na podobných objektech, nebo se získávají data z energetických štítků budovy.

### Shrnutí – technické parametry, otázka 2

Používání FV-panelů závisí na ceně, kterou je zákazník ochoten zaplatit, a na dostupnosti materiálu na trhu. Nejčastěji používaným typem jsou monokrystalické panely.

### **Shrnutí – technické parametry, otázka 3**

Střídače jsou vybírány na základě celkového očekávaného výkonu fotovoltaických panelů a velikosti bateriového úložiště. Typ střídače je dále ovlivněn specifikovanými potřebami projektu, jako jsou například kompatibilita s bateriovými systémy nebo schopnost snadného rozšíření systému. Střídače musí odpovídat maximálnímu možnému výkonu FV-panelů a zároveň umožňovat efektivní správu energie. Velikost střídače se často odvíjí od potřeb zákazníka a specifikací instalace.

### **Shrnutí – technické parametry, otázka 4**

Střídače jsou instalovány od značek, které nabízejí nejlepší ceny. Při výběru je nutné brát značky, u kterých má společnost provedena školení montáže. Momentálně jsou v instalacích využívána zařízení od značek, jako jsou SOLAX, GoodWe a Vertex.

### **Shrnutí – technické parametry, otázka 5**

Velikost bateriového úložiště je určena na základě potřeb energetické soběstačnosti a možnosti akumulace přebytečné energie. Často bývá dimenzována tak, aby odpovídala maximálnímu dennímu výkonu systému nebo pokryla specifické energetické potřeby během nízké produkce. Velikost bateriového úložiště je většinou určena jako násobek instalovaného výkonu na panelech a je optimalizována pro získání dotací.

### **Shrnutí – technické parametry, otázka 6**

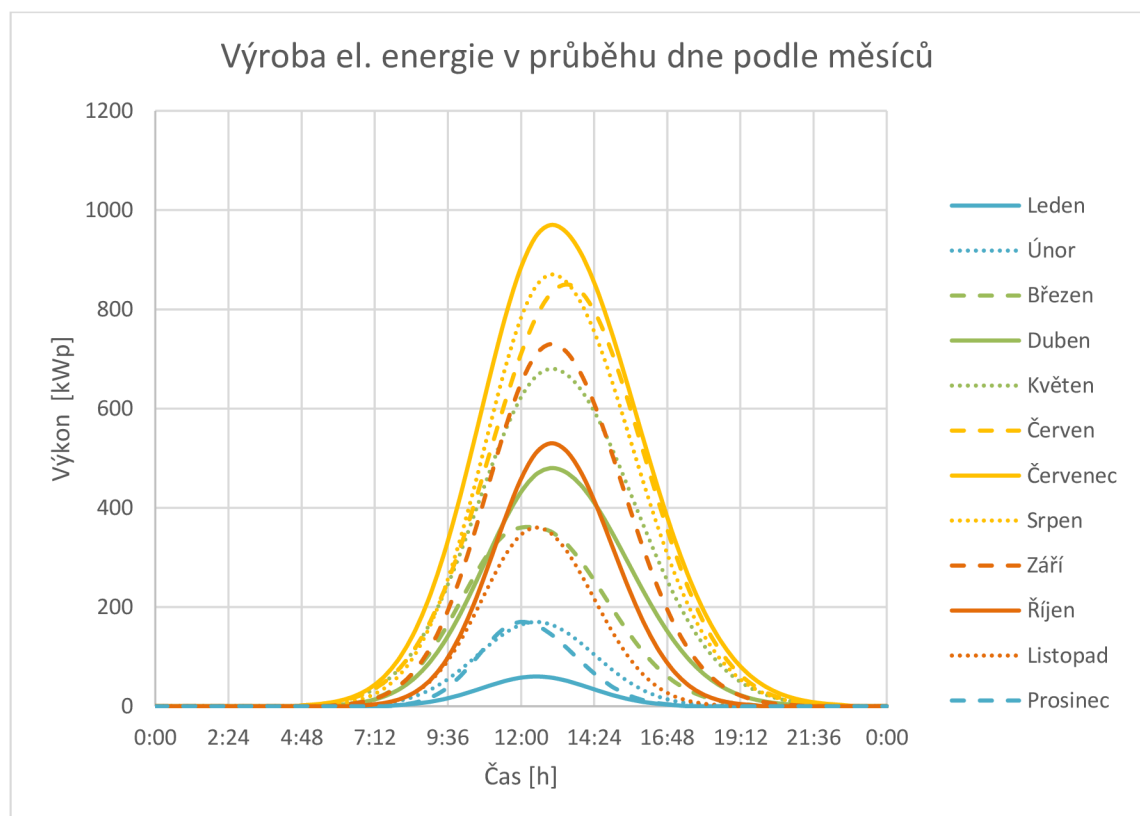
Používají se baterie, které jsou kompatibilní s danými střídači. Například střídač SOLAX vyžaduje baterie od stejné značky. U střídačů GoodWe je možné použít pět různých typů baterií, což umožňuje určitou flexibilitu při návrhu systému.

### **3.3.2 Faktory ovlivňující výrobu FVE**

Jak bylo zmíněno v části 3.2.2 Výroba FVP, faktory ovlivňující výrobu je možné rozdělit na ovlivnitelné, částečně ovlivnitelné a neovlivnitelné (viz Tabulka 2). Tabulka dále ukazuje, z čeho se faktory skládají. V případě ztrát spojených s elektrickou částí záleží na návrhu a dimenzování FVE. Za ztráty s tímto problémem spojené nesou zodpovědnost projektanti a realizační tým (Čapek a Hlavatý, 2022).

Co se týká faktorů neovlivnitelných, zde se jedná o počasí a teplotu. Počasí hraje klíčovou roli v provozu fotovoltaických elektráren, přičemž různé meteorologické podmínky, jako jsou sluneční záření, teplota a oblačnost, mají významný dopad na výrobu elektrické energie. Existuje již celá řada akademických prací a článků, které se touto problematikou zabíraly. Výsledky mluví, že celkový dopad může vytvořit až 15procentní rozptyl při výrobě elektrárny. Tyto práce zahrnují a identifikují, jaká je u každého z těchto faktorů míra dopadu na výrobu. Nicméně momentálně neexistují nástroje, jejichž pomocí by se přesně dalo určit počasí v rámci dlouhodobého horizontu několika let (Ghazi a Ip, 2014; Salimi et al., 2020).

Z tohoto důvodu se neuvažuje proměnná spojená s počasím do finálního konceptu modelu při odhadu výroby a návratnosti fotovoltaických elektráren. Jak je tedy patrné z předchozích odstavců, pro modelování produkce FVE je využíváno okolností týkajících se částečně ovlivnitelných faktorů.



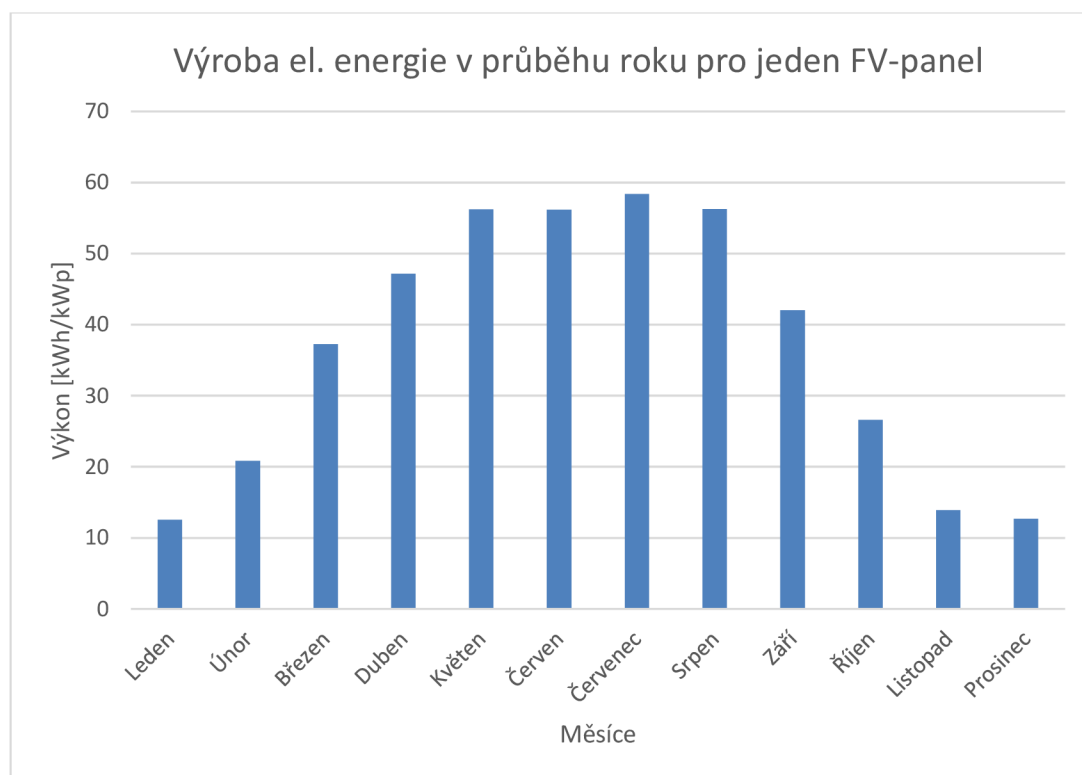
Obrázek 7: Výroba el. energie v průběhu dne (zdroj: zpracováno podle Mustafy et al., 2020)



Ještě než se práce bude věnovat těmto faktorům, je nutné představit modelování výroby. Jak bylo zmíněno v části 2.1.2 Základní prvky FVE, fotovoltaické panely vyrábí elektrickou energii pomocí slunečních paprsků. Energie, kterou je tedy schopen jeden fotovoltaický panel vygenerovat, se v průběhu dne mění. Kromě tvaru, který se modeluje v závislosti na denním cyklu, se mění i velikost v závislosti na ročním období.

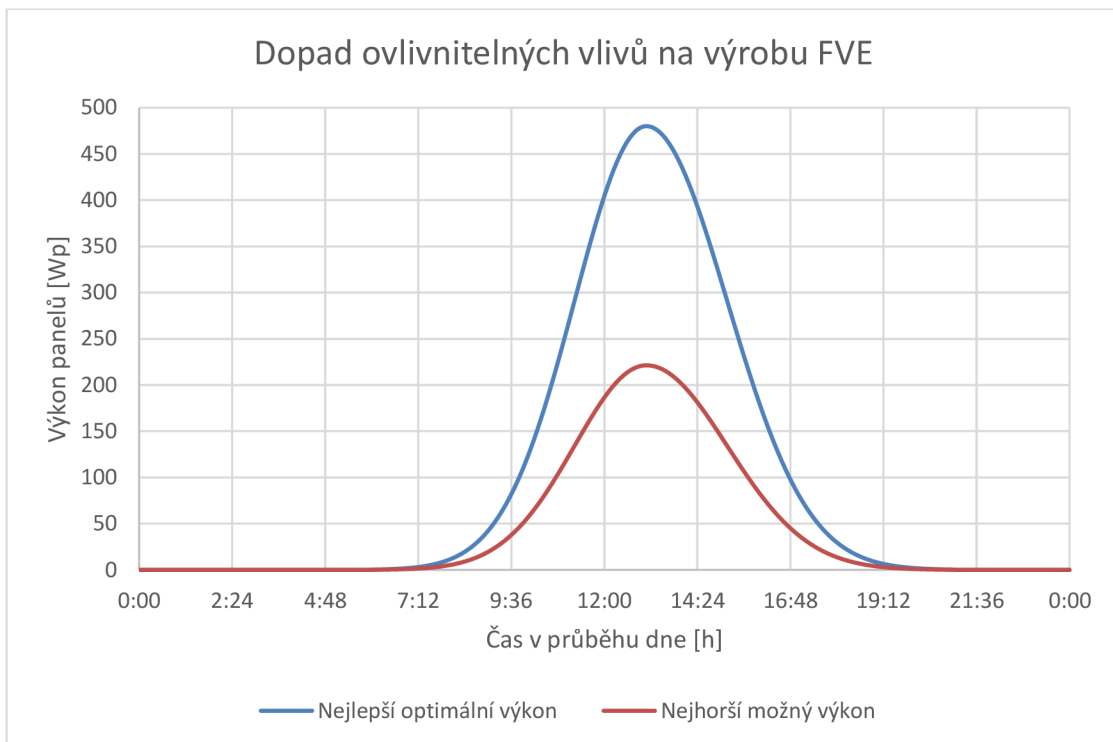
Obrázek 7 znázorňuje, jak vypadá výroba elektrické energie v průběhu dne v jednotlivých měsících. Ze zmíněného obrázku je dále možné vidět, jak maximální výkon se v průběhu roku liší, a to řádově o 76 %. S tímto faktem je nutné počítat při navrhování konceptu modelu a výpočtu návratnosti. Pro lepší přehlednost byl vytvořen následující graf (viz Obrázek 8), na němž je přehledněji zobrazeno, jak se liší jednotlivý výkon v rámci měsíců v průběhu roku (Salimi et al., 2020).

Díky těmto informacím je možné již odhadnout, jak může vypadat výroba FVE. Při interpretaci výsledků s ohledem na využití těchto dat v konceptu modelu vyvstává problém nepřesnosti. Tento problém se týká výpočtu návratnosti. Na výše zmíněný koncept modelu sice působí částečně ovlivnitelné vlivy, cílem daných výzkumů však nebylo tyto fenomény měřit a zaznamenat.



Obrázek 8: Výroba el. energie v průběhu roku (zdroj: zpracováno podle Mustafy et al., 2020)

Ze zmíněného důvodu bylo pro vytvoření realističtějšího odhadu využito podkladů z akademických výzkumů a prací, které se danou problematikou zabývaly, tedy problematikou spojenou s částečně ovlivnitelnými faktory při výrobě FVE. Na základě takto získaných informací byly vytvořeny dva modely, představující kombinaci ideálních podmínek a nejméně ideálních podmínek. Zjednodušenou ukázkou těchto dvou odhadů výroby FVE zachycuje následující graf (viz Obrázek 9). V následující části jsou popsány jednotlivé vlivy a velikost dopadu na výrobu.



Obrázek 9: Dopad ovlivnitelných vlivů na výrobu FVE (zdroj: vlastní zpracování)

V případě faktorů spojených s lokalitou je možné se odkázat na autory Hofierku et al. (2014), Demirkirana a Karakayu (2022). Podklady od uvedených autorů poskytly důležité informace o tom, jak lokalita na území České republiky ovlivňuje výkon fotovoltaických elektráren. Získané poznatky naznačují, že změna umístění může mít dopad na výkon elektráren, a to v rozsahu až 6–9 % z celkového výkonu.

Ve věci stanovení vlivu spojeného s okolním stíněním je vhodné poukázat na to, jak přistupovat ke vlivu stínění na výrobu. Při modelování FVE existuje velké množství nástrojů, které pracují s 3D-zobrazením. Pomocí těchto zobrazení je možné vytvořit velmi realistickou simulaci stínění objektů a dopadu na výrobu. Nicméně aby tyto nástroje byly přesné, je nutné věnovat velkou pozornost rozměrům a vzdálenostem

objektů, které vytváří stínění. Vzhledem k tomuto požadavku tyto modely zaberou velké množství času. To v případě, kdy se může jednat o stav, že společnost nebude provádět finální realizaci, vede k neefektivnosti využití pracovní síly. Z tohoto důvodu se práce zaměřila pouze na problémy, které se v případě stínění objevují nejčastěji. Mezi nejčastěji se vyskytující objekty se řadí přímo ty na ploše sdílené s FVP. Těmito objekty mohou být komíny, vzduchotechnické vývody či jiné technologie využívající umístění na střeších objektů.

Problematikou stínění s vlivem na výkon FV-panelů se zabývali autoři Bayrak a Oztop, (2020). Při výzkumu bylo zjištěno, že ztráty (efektivita FV-panelu) závisí na čase, tedy se v průběhu dne mění. V případě sledovaného stanoviště, kdy bylo využíváno 36článekového panelu, docházelo ke snížení výkonu téměř na nulu v případě, kdy byl panel zastíněn více než z 27 %. Při stanovení celkového dopadu stínění na FVE-soustavu je možné uvažovat o snížení až 12 % výkonosti v průběhu dne.

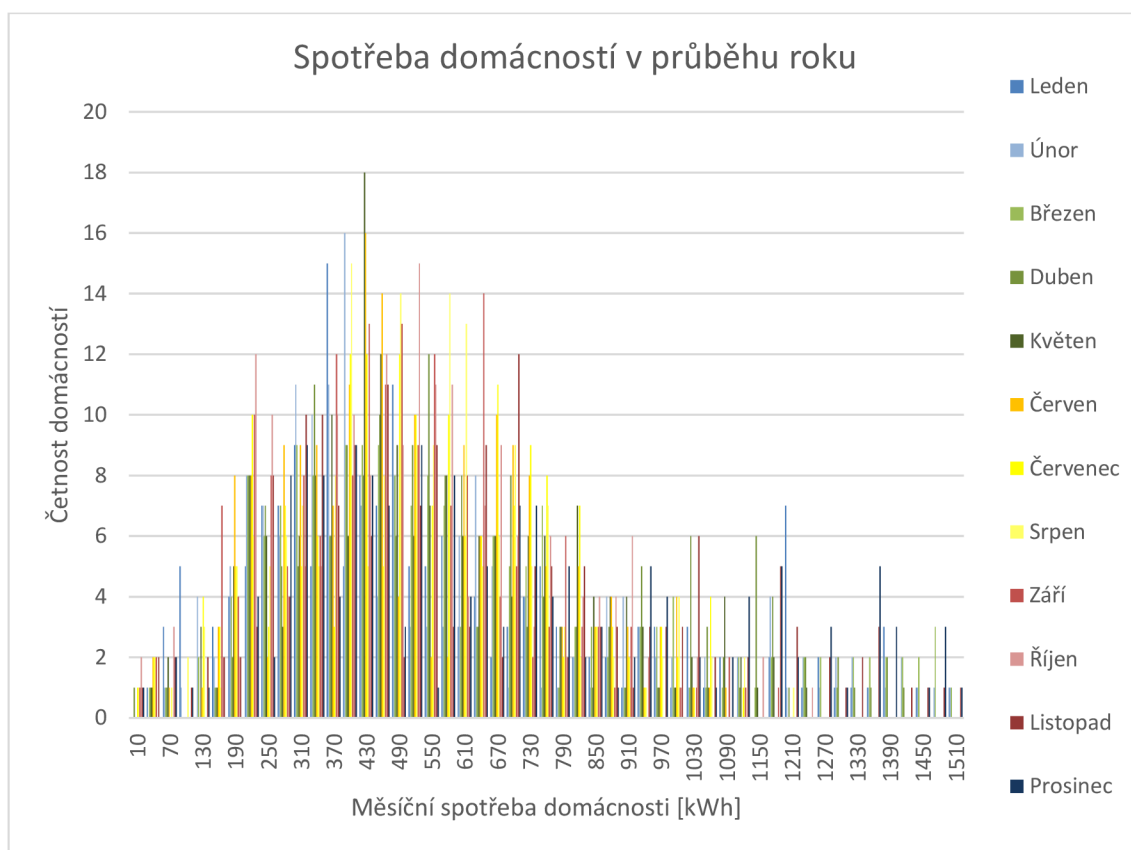
Dalším důležitým faktorem, který není možné opomenout, je opotřebení materiálu, a tedy snížení výkonu FV-panelů. Opotřebení materiálu se dále věnovali autoři Kudelas et al. (2019) a Aghaei et al. (2022). Nejrozšířenější technologie aktuálně představují monokrystalický a multikrystalický křemík, u fotovoltaických panelů střední třídy a polykrystalických panelů se míra degradace pohybuje od 0,3 % do 2,9 % za rok.

V Tabulka 2 je možné vidět rozdělení částečné ovlivnitelných faktorů do pěti oblastí. U využitých výzkumů autorů Božikové et al. (2021) a Mondola et al. (2007) se oblasti týkající se sklonu a orientace prošetřují dohromady. Z prezentovaných výsledků je zřejmé, že úhel sklonu a azimut mají významný vliv na celkovou energetickou bilanci fotovoltaického systému. Výzkum dále poukazuje na to, že vliv úhlu sklonu fotovoltaických modulů na množství elektřiny vyrobené fotovoltaickou elektrárnou je přibližně 18procentní. Dále je třeba zdůraznit, že vliv změn úhlu na výrobu energie ve střední Evropě deklarovaly i další experimentální výsledky, které byly získány v průběhu několika let. V České republice, konkrétně v oblasti Brna a Prahy, bylo zjištěno, že v Brněnském kraji v České republice je optimální úhel sklonu  $34,7^\circ$  a v kraji Hlavní město Praha je  $35^\circ$ . Vliv změny úhlu azimutu na výrobu energie fotovoltaickým systémem je 24,19 % v průběhu roku. Maximální produkce energie bylo dosaženo při azimutovém úhlu z rozmezí ( $-20$  až  $15^\circ$ ).

### 3.3.3 Modelování spotřeby domácnosti

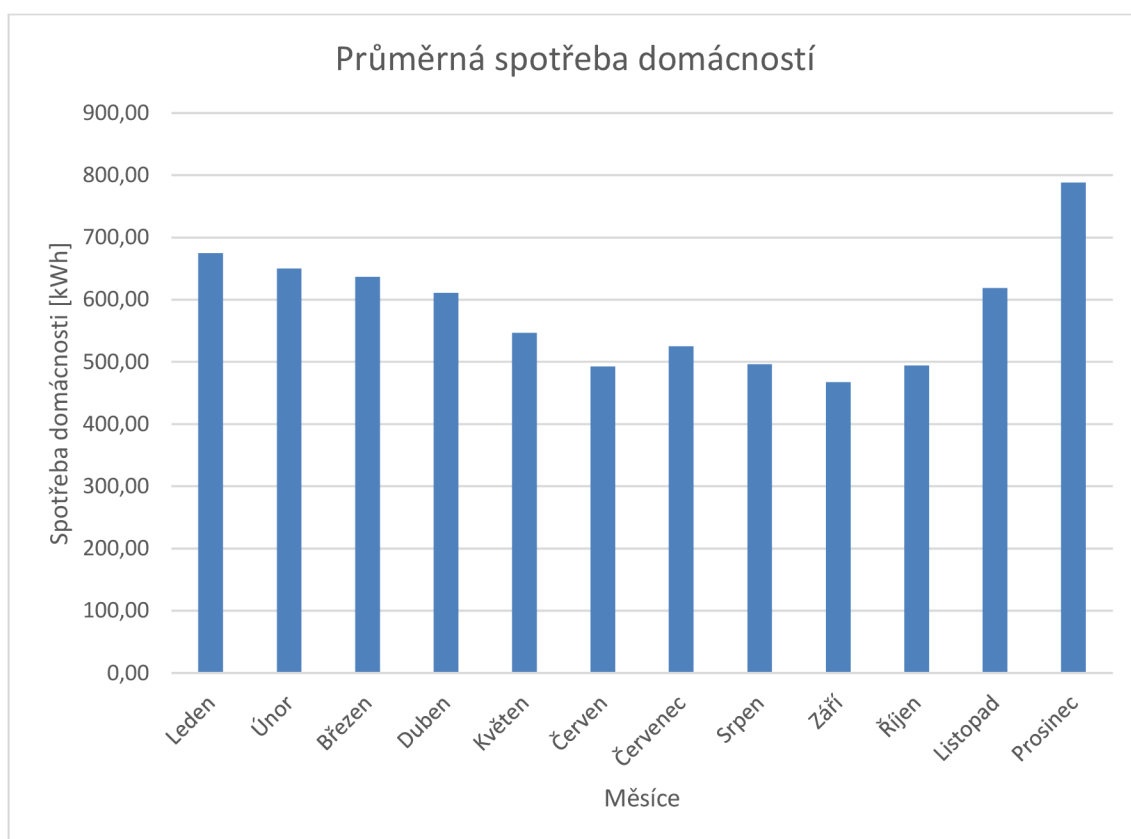
Následující část prezentuje výsledky analýzy spotřeby energie rodinných objektů, které byly vybrány na základě stanovených kritérií v části 3.2.3 Spotřeba domácností.

Obrázek 10 poskytuje přehled o počtu domácností majících stejnou spotřebu. Na svislé ose je zobrazena četnost domácností, na vodorovné ose je možné vidět spotřebu objektů kde krok rozdělení spotřeby energie byl stanoven na 20 kWh. U zimních měsíců, jak je možné vidět v grafu, vychází větší rozptyl než u měsíců letních. Graf dále zobrazuje, že spotřeba objektů se nejčastěji pohybovala v rozmezí 220–700 kWh za měsíc. Data dále ukazují, že spotřeba, která přesahuje 700 kWh, je méně pravděpodobná, ale stále možná. Tyto případy by mohly nastat například u starších nebo neefektivně izolovaných domů. Kromě těchto případů by bylo možné vzít v úvahu i stále rostoucí trend elektromobilů, který může mít velký vliv na elektrickou spotřebu objektů.



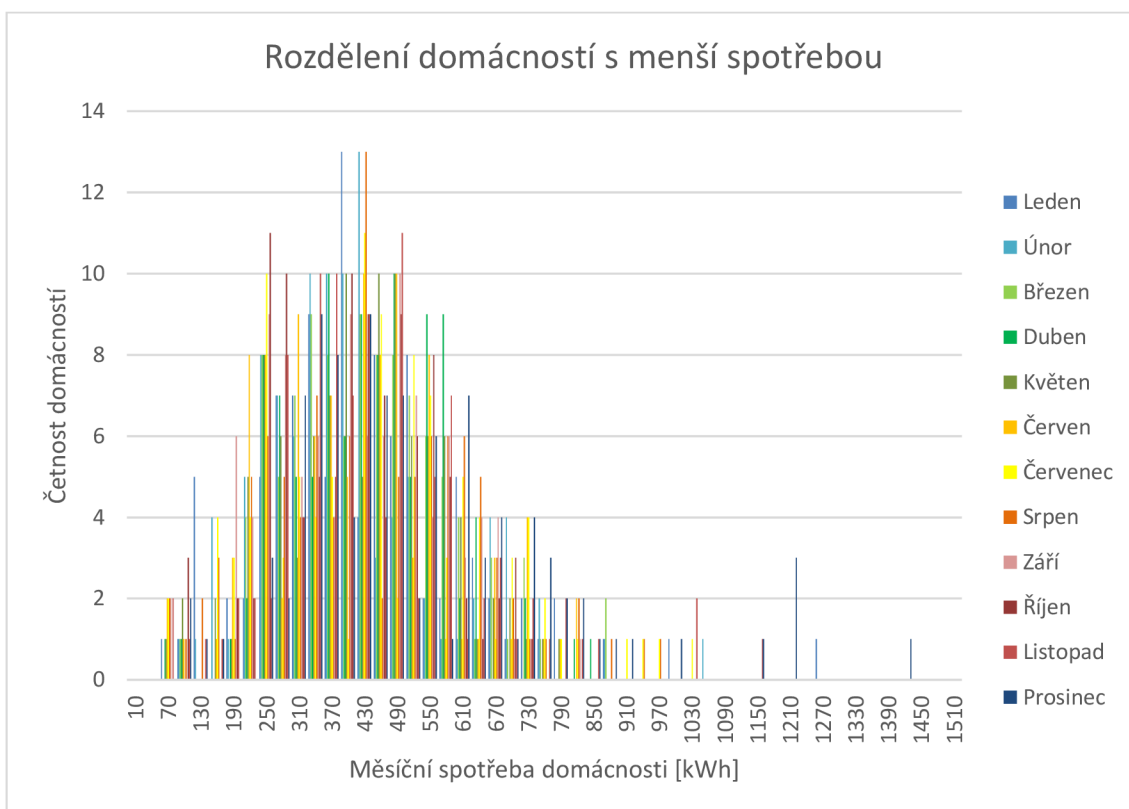
Obrázek 10: Spotřeba domácností v průběhu roku (zdroj: vlastní zpracování)

Obrázek 10 obsahuje velké množství dat, proto by bylo možné dospět k závěru, že roční období nemá vliv na spotřebu domácností. Z tohoto důvodu byl vytvořen graf, který představuje průměrné spotřeby sledovaných domácností (viz Obrázek 11). Tento graf zobrazuje průměrnou hodnotu spotřeby sledovaných domácností. Jak lze vidět na grafu průměrné spotřeby sledovaných domácností, graf představuje průměrnou spotřebu domácností v kilowatthodinách (kWh) za jednotlivé měsíce. Díky přehlednosti grafu je zřejmé, že spotřeba má sezonní charakter, s nejvyššími hodnotami v zimních měsících, což naznačuje zvýšenou potřebu vytápění a osvětlení. Leden a prosinec vykazují největší průměrnou spotřebu, přesněji pak 674 kWh a 788,49 kWh, kdežto letní měsíce, jako jsou červen, červenec a srpen, ukazují nižší spotřebu, což odráží nižší energetické požadavky v teplejším období. Nejnižší hodnota pak vychází v září, a to 467,12 kWh. Navýšení spotřeby v měsíci prosinci oproti září činí téměř 69 %. Závěr k těmto hodnotám je, že spotřeby domácností se v průběhu roku mohou výrazně lišit.

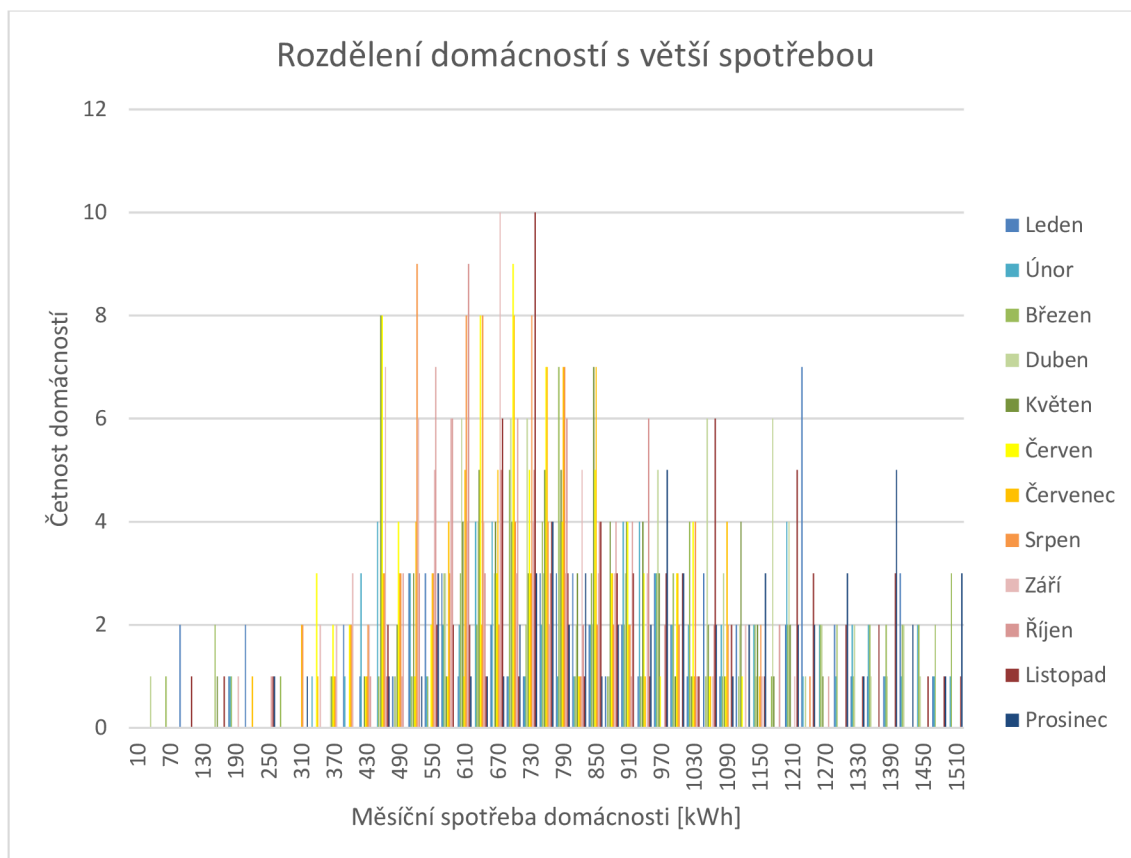


Obrázek 11: Průměrná spotřeba sledovaných domácností (zdroj: vlastní zpracování)

Na základě vypočtené průměrné spotřeby byly sestaveny grafy představující Obrázek 12 a Obrázek 13. Tyto grafy kategorizují domácnosti na základě jejich roční spotřeby energie do skupin s vyšší a nižší spotřebou. Formát os zůstává stejný jako u přechozího grafu (viz Obrázek 10), kde svislá osa ukazuje frekvenci výskytu domácností a vodorovná osa zobrazuje spotřebu energie objektu. Krok pro vodorovnou osu byl stanoven na 20 kWh. Grafy prezentují rozdělení domácností podle jejich měsíční spotřeby elektrické energie v kWh, a to s rozdílem ve frekvenci spotřeby mezi jednotlivými měsíci roku. Oba grafy ukazují, že domácnosti mají tendenci spotřebovat nejméně energie během letních měsíců a nejvíce v zimních měsících, podobně jako u grafu spotřeby domácnosti v průběhu roku. Na prvním grafu je vidět, že nejvíce domácností spotřebovává mezi 250 až 610 kWh, zatímco na druhém grafu je nejčetnější skupina mezi 610 až 910 kWh. Rozložení spotřeby v prvním grafu je rovnoměrnější a má vyšší vrcholy, což ukazuje na to, že existuje větší skupina domácností s podobnou spotřebou. Na druhém grafu jsou vrcholy nižší a rozložení je širší, což naznačuje, že domácnosti mají rozmanitější spotřební vzory.



Obrázek 12: Rozdělení domácností s menší spotřebou (zdroj: vlastní zpracování)

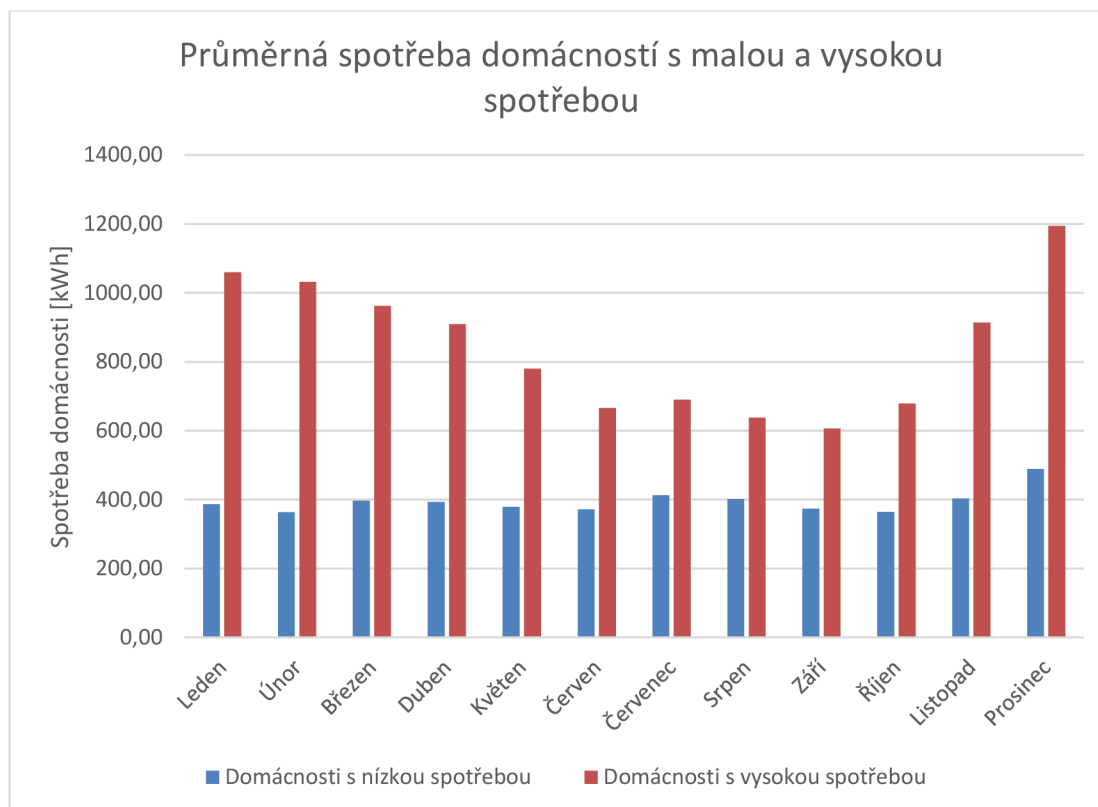


Obrázek 13: Rozdělení domácností s větší spotřebou (zdroj: vlastní zpracování)

V rámci modelování extrémů spotřeby domácností byl vytvořen graf, který představuje graf porovnání průměrné spotřeby domácností (viz Obrázek 14).

Na něm je možné vidět, že domácnosti s malou spotřebou mají konstantnější spotřebu elektrické energie než domácnosti se spotřebou vysokou. Celoroční spotřeba domácností s vysokou spotřebou je o 5 397 kWh vyšší než u domácností se spotřebou nízkou. Rozdíl oproti průměrné spotřebě činí přibližně 3 129 kWh, což znamená navýšení o 44,7 %.

Je patrné, že pochopení dynamiky spotřeby domácností je klíčové pro efektivní plánování a optimalizaci energetických systémů. Rozdíly v roční spotřebě mezi domácnostmi s nízkou a vysokou spotřebou ukazují na významné variace v energetických potřebách, které by měly být zohledněny při návrhu výsledného konceptu modelu.



Obrázek 14: Porovnání průměrné spotřeby domácností (zdroj: vlastní zpracování)

### 3.4 Celkové zhodnocení

Investoři přistupují k plánování a návrhu fotovoltaických elektráren s různorodými požadavky, avšak několik hlavních trendů lze identifikovat. Hlavními požadavky bývají obvykle dosažení rychlé návratnosti investice a pokrytí spotřeby energie objektu s cílem snížit běžné energetické náklady. Dalšími častými požadavky jsou efektivita systému a rychlost montáže. Rozhodnutí investovat do bateriového úložiště bývá často podmíněno ekonomickými faktory, jako jsou cena baterií, dostupné dotace a roční spotřeba energie, které společně určují, zda bude instalace s bateriemi nabízena. V některých případech mohou požadavky investora ovlivnit provozní režim FVE, nicméně ve většině případů zůstává koncept provozu FVE stejný a mění se pouze jeho velikost. Určování počtu FV-panelů na instalaci je komplexní proces, který zohledňuje nejen spotřebu domu, ale i fyzické omezení dané velikostí střechy. Pokud nejsou údaje o spotřebě k dispozici, pracovníci se opírají o statistiky podobných domácností nebo o energetické štítky, které jsou součástí nových stavebních norem. Obvykle se preferují monokrystalické panely, a pokud jde o střídače, výběr je omezen



na několik značek, s nimiž firma má dobré zkušenosti a zajištěné školení pro instalaci. Velikost bateriového úložiště se určuje podle potřebného výkonu a zákaznickovy roční spotřeby, přičemž se často setkáváme s instalací úložiště o kapacitě jednoho až dvou násobků instalovaného výkonu panelů.

Faktory ovlivňující výrobu FVE se zabývá část 3.2.2 Výroba FVP, kde hlavní pozornost je věnována faktorům ovlivňujícím výrobu energie. Výrobní kapacita FVE je ovlivněna různými faktory, které jsou rozděleny na ovlivnitelné, částečně ovlivnitelné a neovlivnitelné. Tato analýza pomáhá určit, jak různé aspekty mohou ovlivnit proces výroby. Stručně vyjádřeno, jak externí podmínky mohou ovlivnit efektivitu elektrárny. Efektivita panelu může v případě sledovaných částečně ovlivnitelných vlivů klesnout v rámci výroby až o 54 % v porovnání s jejím maximálním potenciálem.

Poslední část se věnuje modelování spotřeby energie v domácnostech, což je klíčové pro přesné navrhování velikosti a kapacity FVE. Analýza spotřeby ukazuje, že existují významné sezonní variace, a to s vyšší spotřebou energie v zimních měsících. Tato sezonnost je důležitá pro optimalizaci systémů FVE tak, aby byly co nejefektivnější a ekonomicky výhodné po celý rok. Zajímavý a překvapivý výsledek je, že nejnižší průměrná spotřeba domácností vychází na září. Při energetickém potenciálu, který nabízí letní měsíce, jako jsou například červenec nebo srpen, je tento výsledek zajímavý. Teoretickým závěrem, který by bylo nutné ověřit, je fakt, že řada domácností díky vývoji technologií a požadavkům na nízkou energetickou náročnost objektů dosahuje velmi vysoké tepelné izolace. Díky velmi efektivní tepelné izolaci nastává právě v letních měsících opačný problém, a to s chlazením objektů. Z tohoto důvodu je možné teoreticky uvažovat o stavu, kdy právě v září nastávají ideální podmínky pro nejnižší možnou spotřebu objektu. Nicméně pro potvrzení tohoto závěru by bylo nutné provést více testů.

Shrňme-li tuto kapitolu, výsledky poskytují ucelený pohled na to, jak různé faktory ovlivňují výrobu a spotřebu v kontextu fotovoltaických systémů, což je zásadní pro efektivní návrh a provoz těchto systémů. Analýzy a modely použité v těchto kapitolách pomáhají lépe pochopit dynamiku výroby a spotřeby energie, která bude využita při návrhu modelu návratnosti investice.

## 4 NÁVRHY ŘEŠENÍ

Následující kapitola se zaměří na samotný návrh konceptu modelu a jeho přínos. V první části této kapitoly se práce věnuje využití a aplikování výsledků z předchozí kapitoly. Druhá část kapitoly se následně soustředí na přínosy a teoreticky finální podobu nástroje pro obchodní manažery společnosti Helektros.

### 4.1 Vlastní návrhy

Jak bylo zmíněno na začátku práce, výsledný koncept modelu by měl po uživateli vyžadovat co nejmenší množství dat. Následně by měl být schopen na základě velmi malého množství vstupních požadavků vytvořit cenu instalace a poté návratnost celého projektu pro zákazníka. Pro lepší přehlednost výsledného nástroje bude vytvořen teoretický příklad, na kterém bude představeno, jak koncept modelu pracuje.

#### 4.1.1 Představení prostředí pro tvorbu modelu

Při návrhu konceptu modelu pro odhad výroby fotovoltaických panelů byl vybrán standardní Excel jako primární nástroj z několika důvodů. Excel od společnosti Microsoft je univerzální nástroj pro analýzu dat, a to pro svou přístupnost, uživatelsky přívětivé rozhraní a široké spektrum analytických funkcí. Excel a jeho rozsáhlé aplikace v kvantitativních oblastech, včetně energetiky, poskytují robustní základ pro efektivní zpracování komplexních datových sad a pro formulaci prediktivních modelů. Excel poskytuje flexibilní prostředí pro manipulaci s daty, což umožňuje rychlou a efektivní práci s většími datovými sadami. Pro práci byl vyžit již při určování rozložení spotřeby domácností a následně pro její modelování. Kromě toho dále Excel umožňuje vytvářet vlastní funkce a automatizovat procesy, což je klíčový atribut při práci s modely, které vyžadují repetitivní výpočty nebo simulaci mnoha scénářů.

Díky dobré vizualizaci dat, usnadňující přívětivou interpretaci výsledků a komunikaci s odbornými i laickými audiencemi, jsou výsledky konceptu modelu pro budoucí zákazníky společnosti Helektros mnohem atraktivnější a snáze pochopitelné. Možnost vizualizace je důležitá pro srozumitelné zobrazení vývoje výrobních schopností

fotovoltaických panelů v závislosti na proměnlivých faktorech, jako jsou sezonní variabilita nebo rozdílná účinnost.

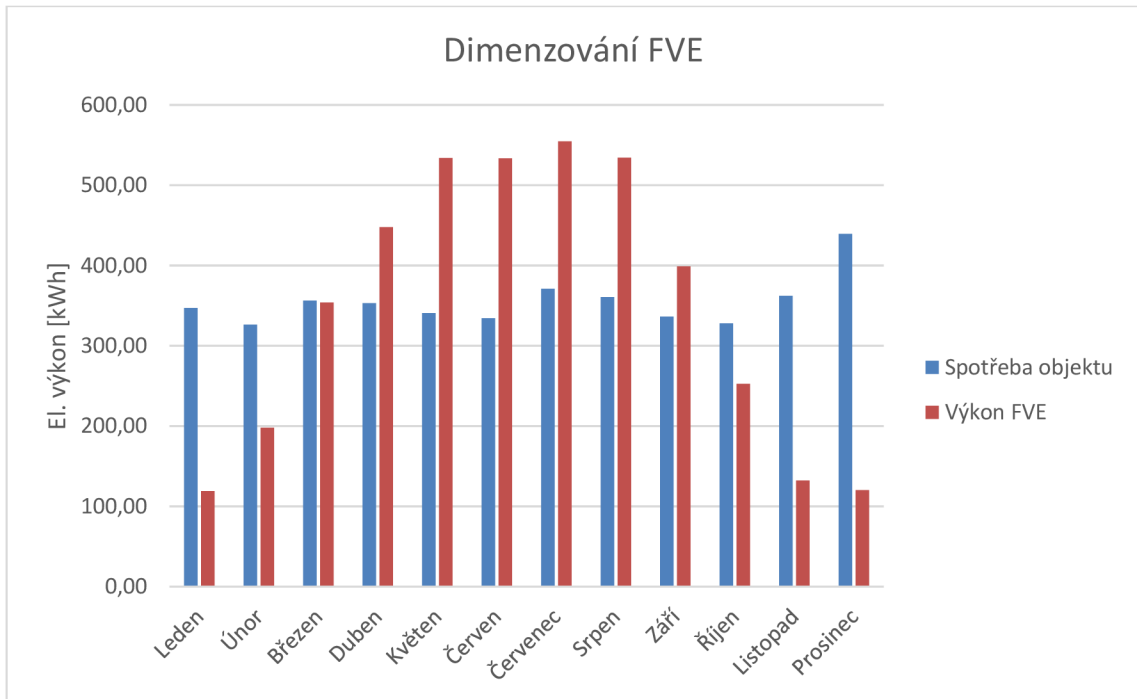
V neposlední řadě samotná společnost dává přednost aplikacím, které jsou široce přístupné a nevyžadují složitou konfiguraci. Excel je díky své přítomnosti v běžných kancelářských balíčcích a širokému rozšíření mezi uživateli považován za de facto standard. To umožňuje jednoduchou výměnu dat a zjednodušuje proces peer-review. Při návrhu konceptu modelu pro odhad výroby FVE byla z těchto důvodů dána přednost programu Excel.

#### **4.1.2 Výstupní koncept modelu**

Při stanovení základních parametrů pro navrhování fotovoltaické elektrárny, jak je specifikováno v sekci 3.3.1 Faktory ovlivňující vstupy pro návrh FVE, je roční spotřeba energie daného objektu důležitým prvkem. Tento údaj slouží jako klíčový faktor pro adekvátní dimenzování systému FVE a je důležitý z toho důvodu, aby byla kapacita elektrárny ve správném poměru k energetickým potřebám objektu. V případě, že se plánuje výstavba FVE pro budovu, která ještě nebyla postavena, je požadován energetický štítek, z něhož je možné odhadnout očekávanou spotřebu budovy. Po získání dat o roční spotřebě objektu lze následně přejít k návrhu fotovoltaického systému. Pro demonstrační účely této práce byla vybrána roční spotřeba typické domácnosti ve výši 4 256 kWh. Informace získané z podkapitoly 3.3.3 Modelování spotřeby domácnosti naznačují, že zvolená domácnost spotřebovává méně než průměrná domácnost v databázi společnosti. Je důležité si uvědomit, že tyto údaje reflektují pouze ty objekty, pro které společnost vlastní historická data.

Proces modelování energetické náročnosti objektů a odhadu produkce fotovoltaických systémů je proces, který na sebe navazuje. Tento proces vyžaduje analýzu a vyváženou syntézu různých datových sad. Při tomto kroku se provádí sestavení grafu, který adekvátně reprezentuje roční energetické požadavky daného případu. Pro náš případ je výstupním bodem pro tento postup následující graf (viz Obrázek 15), jenž vizualizuje nejen spotřebu, ale také produkci fotovoltaické elektrárny v časové sérii rozprostřené přes celý kalendářní rok. Graf zohledňuje množství faktorů, které mají přímý vliv na výrobu FVE, jako jsou sezonní proměny, intenzita slunečního záření v rámci měsíců a další proměnné, které byly identifikovány a analyzovány v sekci 3.3.2 Faktory

ovlivňující výrobu FVE. V tomto kontextu je prováděna interpretace dat, ale také aplikace teoretických modelů, které umožňují zobrazit potenciální výkonnostní schopnosti fotovoltaických panelů.



Obrázek 15: Dimenzování FVE u vybraného příkladu (zdroj: vlastní zpracování)

Při přechodu k detailnějšímu popisu grafu je vhodné se věnovat metodice, jež byla provedena při výběru fotovoltaických panelů pro daný objekt. V návaznosti na tuto situaci je potřeba se podrobněji zabývat specifikacemi zařízení, která byla vybrána pro konstrukci FVE. S odkazem na výsledky v části 3.3.1 Faktory ovlivňující vstupy pro návrh FVE bylo ve shrnutých odpovědích zmíněno, že výběr FVP závisí na dostupnosti a aktuální ceně. Z tohoto důvodu je potřeba reflektovat jak teoretické předpoklady, tak praktické možnosti implementace dané potřeby. V souladu s tímto požadavkem byla do nástroje vytvořena sekce „Seznam zařízení“, což představuje celkový počet komponentů využívaných na fotovoltaických elektrárnách u sledované společnosti. Seznam vychází z dokumentace, již společnost používala při sestavování cenových nabídek a která slouží jako základní informace o ceně pro zákazníka. Pomocí tohoto přístupu je dosaženo návrhu, který je schopen reflektovat současné trendy. Zaměstnanec společnosti, který poté bude provádět návrh pro budoucího zákazníka, pouze zkontroluje dostupnost jednotlivých panelů a vybere ten, který nejvíce vyhovuje

požadavkům. Pokud FVP ještě v aktuálním seznamu není, je možné ho jednoduše doplnit do seznamu, je ovšem nutné přepsat technické parametry do seznamu zařízení.

V rámci příkladu byly jako referenční typ zvoleny fotovoltaické panely typu „AXItec X HC AC-440MH/144 V (2 094×1 038×35 mm) – 440 Wp“. Tento výběr umožnil nástroji určit požadovaný počet panelů na základě jejich maximálního ročního výkonu. Výsledky ukázaly, že pro pokrytí energetických potřeb vybraného objektu je potřeba přibližně 9,7 panelu. Pro praktické účely bylo toto číslo zaokrouhleno na celkem 10 panelů. Dále koncept modelu bere v úvahu nejen celkový počet potřebných panelů, ale také specifické technické parametry každého panelu, včetně plochy, kterou panel zabere. To je klíčové pro plánování rozložení panelů a optimalizaci jejich umístění ve vztahu k dostupnému prostoru a orientaci střechy. Kromě toho koncept modelu zkoumá i celkovou plochu, kterou zabírají panely uspořádané do fotovoltaického stringu, a to v závislosti na typu použitého střídače. Pomocí tohoto přístupu umožňuje nástroj nejen efektivně využít dostupné prostorové kapacity, ale také maximalizovat výrobu elektrické energie, což přispívá k lepšímu porozumění možnostem instalace a provozu fotovoltaického systému. Tímto způsobem se zajišťuje, že všechny technické aspekty, od výkonu jednotlivých panelů až po celkovou plochu zabíranou systémem, jsou pečlivě vyhodnoceny a integrovány do finálního návrhu.

Dalším krokem v procesu plánování instalace fotovoltaických systémů je volba konstrukce pro montáž panelů. Jedná se o úkol, který nemůže být automatizován. Tento aspekt je popsán v kapitole části 2.2.3 Technická řešení. V rámci této kapitoly jsou diskutovány různé typy konstrukčních řešení, které společnost aplikuje při instalaci systémů. Společnost Helektros obvykle rozlišuje čtyři hlavní typy konstrukcí, přičemž každá z nich je přizpůsobena specifickým potřebám a charakteristikám instalovaného místa. Tyto konstrukce zahrnují řešení pro různé typy střešních instalací. Ačkoli jsou tyto konstrukce ve výsledné cenové nabídce prezentovány jako jedna komplexní dodávka, je důležité pochopit, že každá z nich má své specifické technické a konstrukční nuance.

Pro konkrétní případ byla zvolena nejčastěji používaná konstrukce určená pro sedlové střechy s pálenými taškami. Tento typ konstrukce je nejčastěji využíván do tradiční střešní krytiny bez nutnosti zásadních úprav konstrukce střechy. Volba takového

konstrukce umožňuje efektivní montáž a minimalizuje potřebu dalších stavebních zásahů, což vede k rychlejší a méně nákladné instalaci.

Poslední částí, kterou je nutné ručně zadat, je typ baterie. V rámci procesu návrhu fotovoltaických systémů je volba baterií úzce spojena s výběrem střídače. Jak je uvedeno v sekci 3.3.1 Faktory ovlivňující vstupy pro návrh FVE, je typ baterie určen především typem použitého střídače. V případě poskytnutého dokumentu pro cenový odhad, který obsahoval seznam zařízení, jež společnost využívala pro prezentaci ceny zákazníkům, obsahuje seznam zařízení pouze střídače značky GoodWe. Dokumentace pro cenové odhady obvykle obsahuje seznam střídačů, přičemž v tomto případě jsou zmiňovány střídače značky GoodWe, což určuje kompatibilní baterie a jejich řídicí jednotky. V konceptu modelu je proto vytvořen seznam baterií a jejich řídicích jednotek, které jsou kompatibilní se zmíněnými střídači uvedenými v daném dokumentu. Tento krok výrazně zjednodušuje proces výběru baterií pro zaměstnance, kteří mohou, podobně jako u výběru fotovoltaických panelů, zvolit typ baterie z aktuálně dostupných možností. Model následně automaticky kalkuluje potřebný počet baterií vzhledem k instalovanému výkonu fotovoltaických panelů a samostatně vybere odpovídající řídicí jednotku pro daný typ baterie. Jelikož baterie vyžadují specifické řídicí jednotky pro komunikaci se střídači, není možné sortiment baterií jednoduše rozšířit bez zajištění kompatibility s použitými střídači. Tento aspekt je klíčový pro správnou funkčnost celého systému, protože nesprávná konfigurace může vést k technickým problémům. Při přidávání baterií je tedy nutné zajistit, že bateriová řídicí jednotka dokáže komunikovat s danou jednotkou střídače. Střídač je vybrán automaticky na základě celkového výkonu baterií a fotovoltaických panelů. Tato automatizace zaručuje optimální spárování mezi výkonem baterií a střídačem, což je nezbytné pro efektivní a bezpečný provoz systému. V případě, že by společnost chtěla do budoucna rozšířit nabídku střídačů, je nezbytné implementovat do konceptu modelu speciální podmínku, která by ověřovala kompatibilitu nových střídačů s typy použitých baterií. Tímto způsobem se zajistí, že i nově přidané střídače budou efektivně integrovány do systému a budou správně komunikovat s příslušnými bateriovými řídicími jednotkami.

Pro výpočetní koncept modelu byl vybrán konkrétní typ baterie „Baterie PYLONTECH H48050 HV – 2.4 kW“, který byl zvolen jako cenově nejvhodnější pro zadaný příklad.

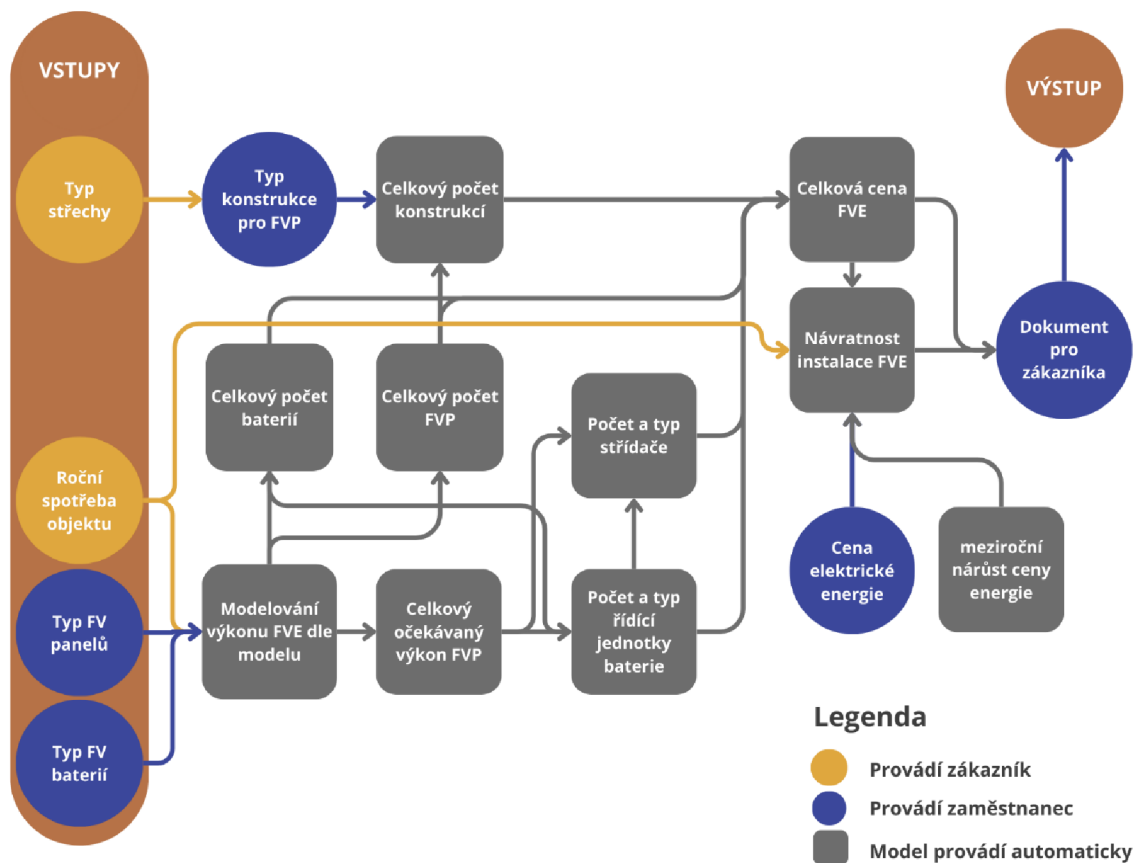
Následně se podle podmínek automaticky stanovil optimální počet těchto baterií pro maximální efektivitu systému. Maximální efektivita systému nastává s celkovým počtem tří baterií.

S ohledem na vybraný typ baterie byla specifikována řídicí jednotka „PYLONTECH BMS SC0500A – 100S“. Tato jednotka je nezbytná pro správné řízení nabití, vybíjení a celkovou správu baterie. Celkově pak dosahuje bateriové úložiště výkonu 7,2 kWh, což poskytuje dostatečnou rezervu pro pokrytí energetických potřeb domácnosti během doby, kdy fotovoltaické panely nejsou schopny produkovat energii (například v noci či během nepříznivých povětrnostních podmínek).

Pro konverzi uložené energie a její následné využití v domácí síti byl pomocí modelu vybrán střídač „Hybridní měnič GoodWe GW8K-ET (AC 8,0 kW, DC 9,6 kWp) – 3.f střídač“, který efektivně transformuje stejnosměrný proud z baterií a panelu na střídavý proud použitelný v běžné elektrické síti. Tento střídač byl zvolen konceptem modelu na základě maximálního výkonu získaného z fotovoltaických panelů a baterií, což zajišťuje, že systém bude fungovat na optimální úrovni a s maximální účinností.

Poslední částí procesu stanovení ceny materiálu jsou položky týkající se doplňkových materiálů, které je nutné zmínit pro dokončení instalace fotovoltaického systému. Informace o těchto materiálech a jejich cenách byly přejaty z dokumentu, který je několikrát zmíněn v textu a bude součástí příloh diplomové práce. Mezi tyto materiály patří rozváděč AC/DC a jednotka bateriového úložiště, které slouží k uložení baterií a střídačů. Dále jsou zahrnuty podružné materiály, například svorky, pojistky, spojky a svazovací pásy. Závěrečnou položkou je kabeláž, která zahrnuje kabelové trasy, konektory a jističe.

Jak program funguje, ukazuje následující zobrazení (viz Obrázek 16), na němž je možné vidět zjednodušený postup, který byl dříve popsán. Diagram tedy představuje postup výpočtu konceptu modelu pro stanovení celkové ceny fotovoltaické elektrárny a její návratnosti. Schéma zahrnuje vstupy, procesy a výstupy zapojené do modelu, přičemž je zohledněna úloha zákazníka, zaměstnance a automatických procesů modelu.



Obrázek 16: Diagram postupu výpočtu konceptu modelu (zdroj: vlastní zpracování)

Výsledný vzhled cenové nabídky je zachycen na následující stránce (viz Obrázek 17), který názorně ilustruje strukturu a rozložení jednotlivých položek. Na tomto obrázku jsou zvýrazněna pole, která vyžadují ruční výběr zaměstnancem.

Dále na obrázku lze vidět segmenty týkající se prací a montáže. Tyto informace byly převzaty z existujících dokumentů a následně byly aktualizovány ve spolupráci se společností Helektros tak, aby odpovídaly aktuálnímu stavu.

Pod celkovým součtem ceny je na obrázku zobrazena část věnovaná základním technickým specifikacím fotovoltaické elektrárny. Tato část poskytuje přehled o technických parametrech systému, což zákazníkům umožňuje lepší pochopení nabízeného řešení.



# Výstupní model

Roční spotřeba objektu

4 256 kWh

## Cenová nabídka FVE

Typ	počet	MJ	cena/MJ	cena celkem
Materiál				212 715,9 Kč
<b>Střídače</b>				
Hybridní měnič GoodWe GW8K-ET (AC 8,0kW, DC 9,6kWp) - 3.f střídač FVP	1 ks		49 781,3 Kč	49 781,3 Kč
AXItec X HC AC-440MH/144V (2094x1038x35mm) - 440Wp	10 ks		3 780,0 Kč	37 800,0 Kč
Konstrukce - Sedlová střecha, pálená taška	1 kpl		11 495,0 Kč	11 495,0 Kč
<b>Baterie</b>				
Baterie PYLONTECH H48050 HV - 2.4 kw	3 ks		20 960,0 Kč	62 880,0 Kč
PYLONTECH BMS SC0500A - 100S	1 ks		18 059,7 Kč	18 059,7 Kč
Rozvaděč AC/DC	1 ks		11 300,0 Kč	11 300,0 Kč
Jednotka bateriového uložení	1 ks		14 900,0 Kč	14 900,0 Kč
Podružný materiál (svorky, pojistky, spojky, vazací pásky)	1 kpl		2 000,0 Kč	2 000,0 Kč
Kabeláž				
Kabeláž, kabelové cesty, konektory, jističe	1 kpl		4 500,0 Kč	4 500,0 Kč
<b>Práce, montáž</b>				58 340,0 Kč
Instalace FV modulů, konstrukce	1 kpl		25 750,0 Kč	25 750,0 Kč
Instalace FV měniče, baterií, rozváděčů a kabelových tras	1 kpl		11 600,0 Kč	11 600,0 Kč
Zaškolení obsluhy, registrace monitoringu	1 kpl		990,0 Kč	990,0 Kč
Revize FVE	1 kpl		4 500,0 Kč	4 500,0 Kč
Úprava domovního a elektroměrového rozváděče dle podmínek E.On/případně dálkový přenos informací	1 kpl		3 000,0 Kč	3 000,0 Kč
Cestovné (doprava materiálu)	1 kpl		3 000,0 Kč	3 000,0 Kč
Vyřízení dotace (Energetický specialista - audit, úřady)	1 kpl		5 000,0 Kč	5 000,0 Kč
Projektová dokumentace	1 kpl		4 500,0 Kč	4 500,0 Kč

Cena celkem: 311 714,3 Kč

Výše dotace: 155 000,0 Kč

Konečná cena: 156 714,3 Kč 15 % DPH

## Technické specifikace FVE

Potřebná plocha k FVE	m2
Plocha jednoho panelu	2,17
Plocha jednoho stringu (ramena střídače)	10,87
Celková potřebná plocha	21,74
<b>Výkon FVE</b>	
Celkový výkon FVP	4 400 Wp
Celkový výkon Bateriového uložení	7 200 Wh

Obrázek 17: Výstupní model – cenová nabídka (zdroj: vlastní zpracování)

### 4.1.3 Otázka návratnosti

Předtím, než se diplomová práce podrobněji zaměří na otázku návratnosti investice do fotovoltaických elektráren, je nezbytné se věnovat vlivu dotací na konečnou cenu fotovoltaických systémů a přístupu společnosti k těmto dotacím. Pro lepší pochopení dopadu tohoto aspektu byly vypracovány dva scénáře. Ten první představuje situaci, kdy by zákazník realizoval instalaci fotovoltaického systému bez využití jakýchkoli dotací. Druhý scénář je ten, kdy klient dotace pro instalaci FVE využil.

Na základě povahy instalace je možné se zaměřit na následující dotace:

- **Program Nová zelená úsporám.** Tento státní podpůrný program je určen primárně pro menší rezidenční a komerční projekty, nabízí dotace na pokrytí části nákladů spojených s instalací fotovoltaických systémů. Výše dotace se odvíjí od aktuálně platných kritérií programu, jež se mohou čas od času měnit. Program typicky adresuje náklady na nákup a instalaci solárních panelů a související technologie (Státní fond životního prostředí ČR, 2014).
- **Národní plán obnovy.** Speciálně pro solární projekty s instalovaným výkonem do 1 MW nabízí tento program podporu, která může pokrývat až 35 % celkových nákladů na instalaci, a dokonce až 50 % nákladů na systémy pro akumulaci energie. Tento program je zvláště významný pro podporu integrace obnovitelných zdrojů energie do národní energetické sítě (Hladík, 2021).

Práce se nezabývá detailními podmínkami pro získání těchto dotací, nicméně se zaměřujeme na maximální možné úspory, které může společnost pro klienta vyjednat. Společnost Helektros se obvykle obrací k využití podpory z Národního plánu obnovy. Podle nejnovějších dokumentů „Energetické úspory ve veřejných budovách“ a po konzultaci se společností Helektros má společnost možnost získat dotaci až 50 % z celkových nákladů instalace, přičemž maximální výše dotace může dosáhnout 205 000 Kč. Pro konkrétní modelovaný projekt byla stanovena výše dotace na 155 000 Kč, což významně snižuje počáteční investiční náklady a zlepšuje finanční atraktivitu projektu pro investory. Díky stanovení vstupní ceny pro oba scénáře je následně možné přistoupit k problematice spojené s návratností projektu.

Další částí, jíž se práce věnuje, je přístup k energii, která není spotřebována v domácnosti, a energetické bilanci. Výslednou energetickou bilanci ukazuje Tabulka 3. Tato energie je součástí přebytků energie převedených do distribuční sítě, jak představuje Obrázek 15. Co se v rámci procesu děje, je situace, kdy fotovoltaické panely produkují největší množství energie během letních měsíců. V těchto obdobích, kdy standardní domácí spotřebiče odebírají pouze základní množství elektrické energie a výkonnější zařízení sloužící k vytápění objektu mohou být vypnuta, nastává situace, kdy lokální výroba často převyšuje aktuální spotřebu. Přebytečná energie je nejprve směřována do bateriového systému pro skladování. Jakmile jsou baterie plně nabitě, další nadbytečná energie je přeměřována do veřejné distribuční sítě.

Tabulka 3: Energetická bilance vybraného příkladu (zdroj: vlastní zpracování)

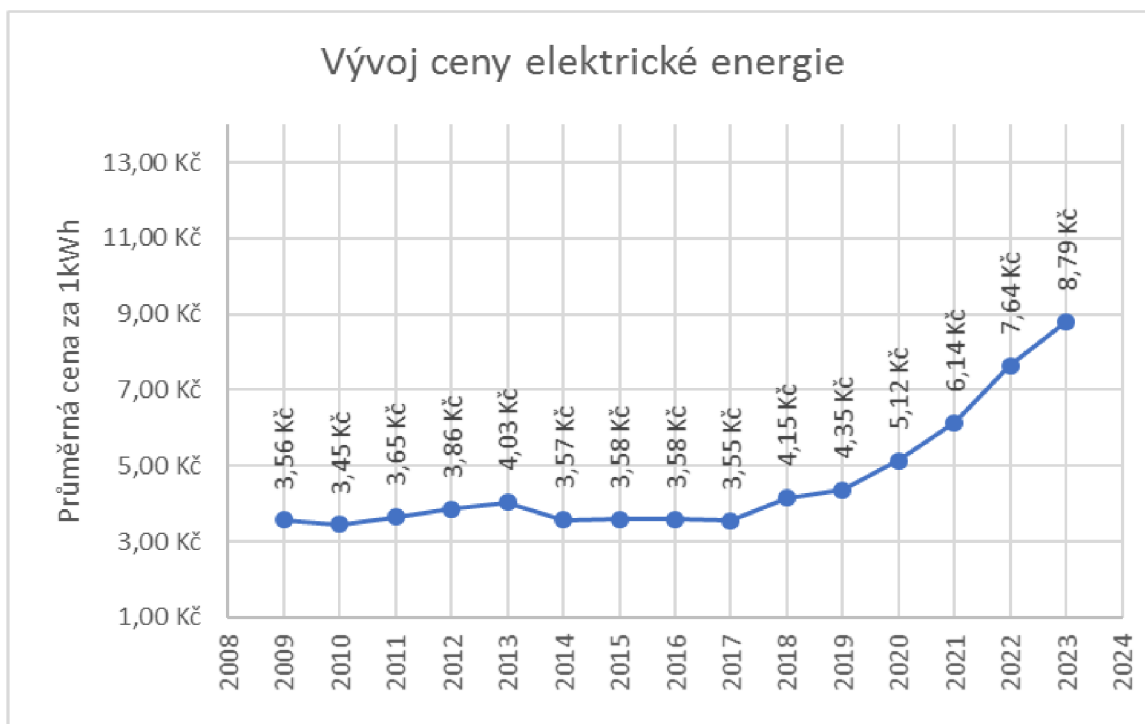
	Výkon FVE [kWh]	Spotřeba objektu [kWh]	Nakoupená energie [kWh]	Ušetřená energie [kWh]
Leden	119,05	347,17	228,11	119,05
Únor	198,07	326,52	128,46	198,07
Březen	353,96	356,24	2,28	353,96
Duben	447,92	352,99	–	352,99
Květen	534,15	340,84	–	340,84
Červen	533,61	334,33	–	334,33
Červenec	554,70	371,14	–	371,14
Srpen	534,41	360,73	–	360,73
Září	399,07	336,19	–	336,19
Říjen	252,52	327,76	75,23	252,52
Listopad	132,13	362,37	230,24	132,13
Prosinec	120,39	439,71	319,32	120,39
Celkem za rok	4 180,00	4 256,00	983,64	3 272,36

Vzniklé přetoky mohou být zdrojem příjmů, pokud jsou správně řízeny a zákazník má uzavřenu výhodnou smlouvu o odkupu přebytečné energie. Bez této smlouvy se v nejlepším případě může stát, že přebytek elektřiny bude poskytnut distribučnímu operátorovi bez kompenzace. V situacích, kdy překročení plánovaného výkonu vede

k narušení stability distribuční sítě, mohou vzniknout i pokuty. V dnešní době existuje několik způsobů, jak se těmto pokutám vyhnout, ale tyto podmínky závisí na dohodě zákazníka se společností, která danou službu nabízí, ne se společností, která provádí instalaci FVE. Z těchto důvodů se v rámci této práce nepočítá s přebytky energie jako se zdrojem příjmů. Jak tedy vypadá stav energie modelovaného objektu a jeho energetická bilance, je možné vidět v Tabulka 3, která poskytuje přehled o elektrické energii v objektu.

Poslední věc, o níž je nutné se zmínit před výpočtem návratnosti, je způsob, jakým práce přistupuje k nákupu elektrické energie a k vývoji této ceny.

Cena elektrické energie je podstatným faktorem pro hodnocení ekonomické efektivity investice do fotovoltaických systémů. Tento trend je ovlivněn několika faktory, včetně zvyšujících se cen primárních zdrojů, investic do obnovy a rozvoje distribučních sítí, ale také legislativními změnami a zvýšeným zdaněním (Sedláček a Láncošová 2019).



Obrázek 18: Vývoj ceny elektrické energie (zdroj: přepracováno z ceníků ČEZ, viz. Příloha č.1)

Na základě archivních údajů získaných od společnosti ČEZ Prodej, a. s. byl vypracován vývoj cen elektřiny pro domácnosti v České republice, jejíž výsledky jsou vizualizovány na předchozím grafu (viz Obrázek 18). Tento graf dokumentuje vývoj cen v období od roku 2009 až do roku 2023 a poskytuje přehled o průměrných cenách

za 1 kWh elektrické energie. Zobrazené údaje reflektují celkovou cenu elektřiny, včetně všech souvisejících poplatků, jako jsou distribuční sazby, daň z elektřiny, poplatky za systémové služby, aktivita operátora trhu energií (OTE), náklady na samotnou dodávku elektřiny a tarify za vysoký i nízký odběr. Tento pohled umožňuje pochopení struktury cenové politiky a jejího dopadu na koncové uživatele.

Dlouhodobý trend ukazuje, že ceny elektrické energie na českém trhu v posledních letech vykazují stoupající trend. Z analýzy vyplývá, že průměrný roční růst ceny elektrické energie za sledované období dosahuje 6,64 %. Tento nárůst může být důsledkem různých faktorů, které se mohou týkat změn na světových energetických trzích, investic do obnovitelných zdrojů energie a změn v regulačním prostředí. Ve zkoumaném období rostoucí ceny mohou dále reflektovat také zvyšující se náklady na distribuci a modernizaci energetické infrastruktury. Nicméně pro přesné stanovení faktorů ovlivňujících tento nárůst by bylo nutné provést hloubkovou analýzu, na kterou bohužel v rámci této diplomové práce již není prostor.

Nejnovější dostupná data za rok 2023 ukazují, že průměrná cena za kilowatthodinu v posledním roce dosáhla hodnoty přibližně 8,79 Kč. Tato cena zahrnuje všechny komponenty tarifu a poskytuje realističtější odhad nákladů, které modelovaný projekt za energii platí. Díky těmto informacím je možné pro koncept modelu lépe odhadovat výdaje na energie a zvažovat potenciální úspory, jichž lze dosáhnout optimalizací spotřeby nebo výroby z FVE.

Ohledně výpočtu návratnosti tedy postupuje následovně. Pro modelovaný případ je celková cena instalace s dotacemi 156 714,3 Kč. Celoroční spotřeba objektu je 4 256 kWh. FVE je schopno ročně ušetřit až 3 272,36 kWh, tedy při aktuální ceně 8,79 Kč to činí ročně 28 764,04 Kč. Pro lepší přehlednost je možné dosadit do následující rovnice:

$$\text{Ročně ušetřená částka} = \text{Množství ušetřené energie} \times \text{cena za 1 kWh} \quad (4-1)$$

$$\text{Ročně ušetřená částka} = 3\,272,36 \times 8,79 = 28\,764,04 \text{ Kč}$$

Výsledné ušetřené částky při připočítání ročního navýšení 6,6 % ceny za 1 kWh je možné vidět v následující Tabulka 4.

Tabulka 4: Návratnost FVE (zdroj: vlastní zpracování)

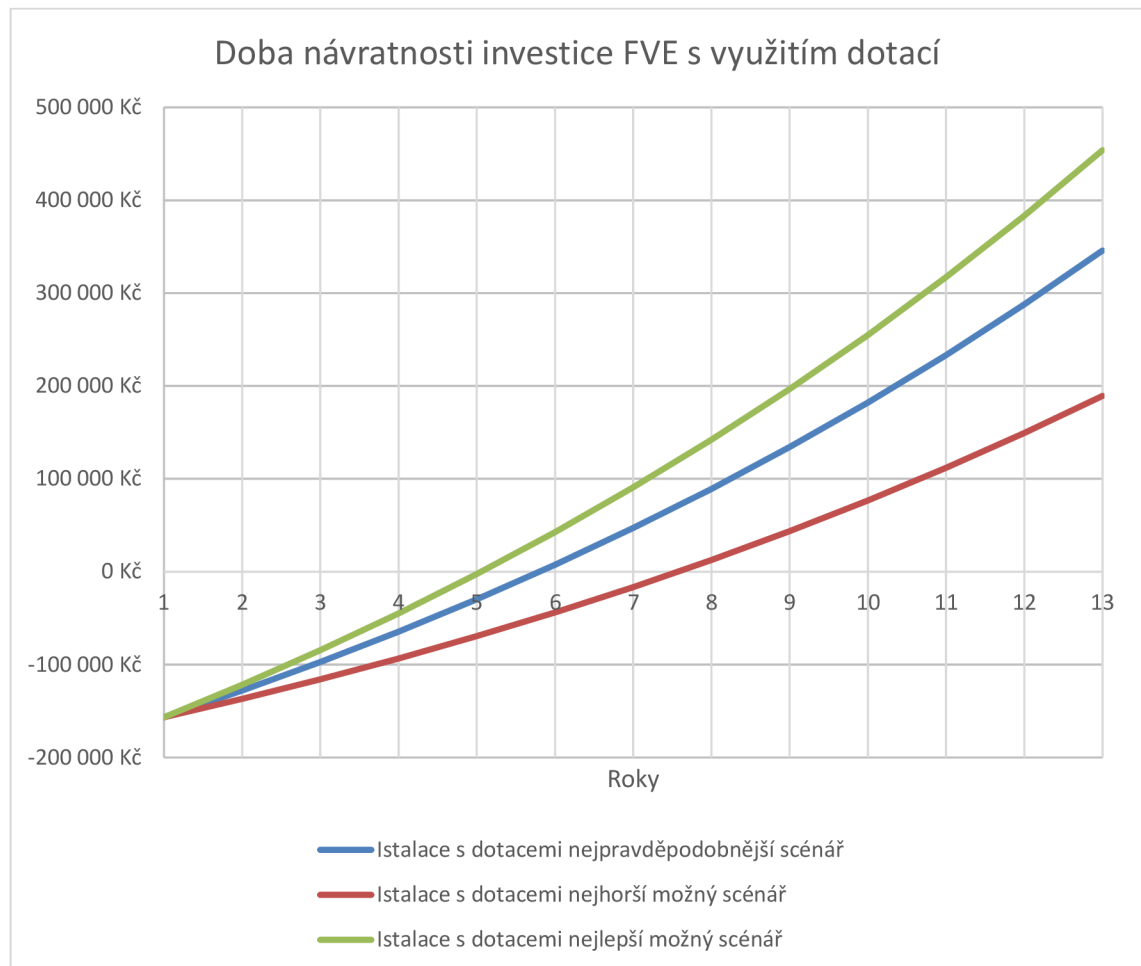
Roky od pořízení instalace	Cena za 1 kWh [Kč]	Celková ušetřená částka [Kč]	Návratnost [Kč]
–	–	–	–156 714,30
1	8,79	28 764,04	–127 950,25
2	9,37	30 662,47	–97 287,79
3	9,99	32 686,19	–64 601,59
4	10,65	34 843,48	–29 758,11
5	11,35	37 143,15	7 385,04
6	12,10	39 594,60	46 979,64
7	12,90	42 207,84	89 187,48
8	13,75	44 993,56	134 181,04
9	14,66	47 963,13	182 144,17
10	15,62	51 128,70	233 272,87
11	16,66	54 503,20	287 776,07

Po začlenění dat z tabulky 4 do připraveného grafu lze v následujícím zobrazení (viz Obrázek 19) pozorovat vizualizaci průběhu návratnosti investice do fotovoltaické elektrárny. Graf nejenže ilustruje nejpravděpodobnější vývoj návratnosti založený na hodnotách předpokladů z tabulky 4, ale zároveň nabízí širší perspektivu skrze zobrazení optimistického (nejlepšího) a pesimistického (nejhoršího) scénáře. Tato variabilita pomáhá rozšířit pohled na návratnost investice zároveň s porozuměním vzniku možných rizik a příležitostem spojeným s investicí.

Optimistický scénář předpokládá, že všechny podmínky budou ideální, tedy že částečně ovlivnitelné faktory budou mít minimální dopad na výrobu elektrické energie, což by vedlo k rychlejšímu dosažení bodu ziskovosti. Naopak pesimistický scénář zahrnuje možné komplikace spojené s částečně ovlivnitelnými faktory, a to do stavu, kdy by mohly mít velmi kritický dopad na výrobu FVE. U pesimistického scénáře se neuvažují

problémy, jako jsou technické poruchy, nižší sluneční svit, než se očekává, a potenciální legislativní změny, které by mohly ovlivnit dotace či tarify za odběr elektrické energie.

Obrázek 19 tedy poskytuje celkový náhled na výslednou finanční dynamiku projektu a umožňuje investorům i zainteresovaným stranám lépe pochopit časový rámec, ve kterém mohou očekávat, že jejich investice začne generovat zisk.

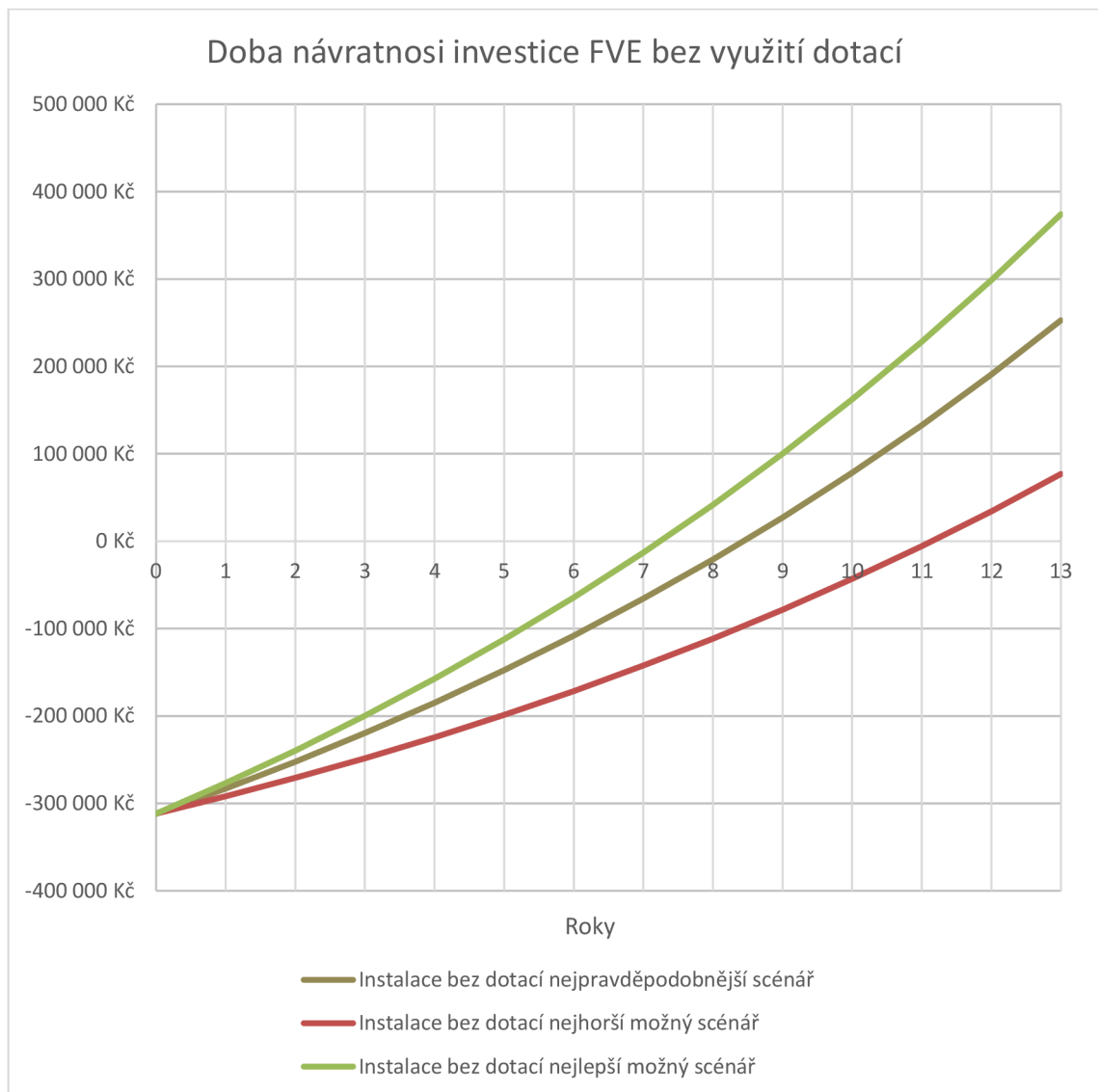


Obrázek 19: Zobrazení návratnosti FVE s využitím dotací (zdroj: vlastní zpracování)

Jak je patrné z vizualizace, odhadovaná doba návratnosti investice do instalace fotovoltaických systémů se může pohybovat v rozmezí od 5–7,5 roku, přičemž nejpravděpodobnější scénář předpokládá návratnost za šest let. Tento odhad je založen na současných cenách elektrické energie, předpokládané výkonnosti systémů a aktuálních nákladech na instalaci.

Pro lepší porozumění dopadu finančních podpor byl vytvořen další graf, který ilustruje možnou dobu návratnosti v případě, že by zákazník nevyužil zmíněné dotace. Tento

alternativní scénář je zobrazen na dalším obrázku, kde je zřetelné, že v takovém případě by nejpravděpodobnější návratnost dosahovala 8,5 roku, a to s variabilitou mezi sedmi až 11 lety. Graf demonstruje, že využití dotací může významně zkrátit dobu návratnosti investice, u tohoto příkladu až o dva roky.



Obrázek 20: Zobrazení návratnosti FVE bez využití dotací (zdroj: vlastní zpracování)

Samotné zobrazení doby návratnosti investice poskytuje dobrý základ pro investiční rozhodnutí. Koncept modelu demonstruje také ekonomický vliv dotací na profitabilitu solárních elektráren. Rozhodnutí investovat bez podpory dotací je tudíž spojeno s delší dobou návratnosti, což může být pro některé investory méně atraktivní, nicméně v dlouhodobějším horizontu stále rentabilní.



Doby návratnosti v obou zmíněných případech jsou relativně krátké, což je ekonomicky výhodné. Tento faktor je zvláště způsoben posledními výraznými zvýšeními ceny elektrické energie, kdy dochází k rychlému růstu nákladů na energie. V kontrastu, kdyby se hodnotila doba návratnosti za období od roku 2009 do roku 2018, by průměrný meziroční nárůst dosahoval pouze 2,51 % a cena za 1 kWh by se pohybovala kolem 4,15 Kč. V takovém scénáři se optimální doba návratnosti mohla pohybovat mezi 10 až 14 lety, což je podstatně déle v porovnání s modelovaným stavem. Když se k tomu ještě zohlední, že záruční lhůty u některých typů solárních zařízení se obvykle pohybují kolem 10 let, může to v praxi znamenat, že některé komponenty by mohly vyžadovat výměnu ještě před dosažením bodu návratnosti investice. To by následně mohlo zvýšit celkové náklady na instalaci a negativně ovlivnit její finanční efektivitu.

## **4.2 Přínos návrhů**

Navrhovaný „koncept modelu“ by v budoucnosti mohl zefektivnit a zrychlit proces odhadu cenové nabídky instalace fotovoltaických elektráren pro obchodní manažery společnosti Helektros. Nástroj nejenže umožňuje rychlé sestavení cenového odhadu, ale zároveň poskytuje obchodním manažerům vhodnější argument při jednání se zákazníky tím, že nabízí detailní simulace návratnosti investice. Tento nástroj tedy přináší obchodnímu týmu možnost předložit zákazníkům komplexní a přesvědčivé informace, které snižují potřebu dalšího přesvědčování a usnadňují rozhodovací proces o koupi FVE.

Důležitou součástí tohoto přístupu je i výrazné zkrácení času potřebného k přípravě cenových odhadů. Tradičně by zaměstnanci museli vynaložit značné úsilí na sestavení cenového odhadu, což by zahrnovalo analyzování historických dat, dotazování zákazníka a dalších otázky týkající se technických parametrů domácnosti, to vše, aby bylo možné cenovou nabídku co nejvíce přiblížit realitě. Koncept modelu tento proces automatizuje, a umožňuje tak zaměstnancům věnovat se efektivněji dalším činnostem, což vede ke zvýšení produktivity a efektivity práce.

Celkově tedy tento nástroj přináší společnosti Helektros a jejím obchodním manažerům nástroj, který významně zjednodušuje proces tvorby cenových nabídek. Výsledky jsou lepší servis pro zákazníky a zefektivnění interních procesů společnosti.

V rámci efektivní prezentace zákazníkům by bylo vhodné, aby model umožňoval generování jednoduchých tisknutelných dokumentů, které by obchodní manažeři mohli předat zákazníkům po obchodních schůzkách. Tento dokument by fungoval jako přizpůsobitelná šablona, která by byla snadno modifikovatelná podle specifických potřeb každého zákazníka, a poskytovala tak unikátní a osobní přehled nabídky od společnosti Helektros.

Diplomová práce předkládá kompletně nový návrh, jak by takový dokument mohl být strukturován a jaké klíčové informace by měl obsahovat, aby co nejvíce vyhovoval požadavkům obchodních manažerů a zároveň byl dostatečně atraktivní pro zákazníka. V další části této kapitoly bude tento návrh dokumentu probrán a budou diskutovány jeho jednotlivé komponenty, včetně možností jeho přizpůsobení a integrace do existujících systémů společnosti.

Tento přístup by nejen zvýšil profesionální dojem z obchodního jednání, ale zároveň by poskytl zákazníkům všechny potřebné informace v přehledné a stručné formě, což by mohlo výrazně usnadnit jejich rozhodovací proces. Kromě toho by personalizovaný dokument mohl zvýšit důvěru v nabízená řešení a posílit image společnosti jako zákaznický orientovaného a flexibilního partnera. Celkový dokument je možné najít v příloze této diplomové práce.

Dokument obsahuje celkem sedm stran, což je zvoleno s ohledem na to, aby byl pro zákazníka snadno „stravitelný“ a neodradil ho nadměrným objemem informací. V rámci usnadnění čtení a zvýšení přívětivosti jsou stránky dokumentu obohaceny o grafy, které vizuálně doplňují textový obsah a činí informace lépe přístupnými.

Na úvodní stránce, jejíž náhled je prezentován na obrázku 21, jsou zobrazeny název dokumentu a kód cenové nabídky. Tento kód slouží převážně pro společnost, neboť umožňuje efektivně vyhledávat v interním systému detaily o tom, kdo dokument vypracoval, pro koho a kdy byl vytvořen. Dále dokument uvádí datum vystavení a dobu platnosti cenové nabídky, což zákazníkovi umožňuje ověřit její aktuálnost. Na titulní stránce jsou také zveřejněny základní kontaktní údaje společnosti, včetně telefonního čísla na zákaznickou poradnu, pohotovostní linky, e-mailové adresy a fyzické adresy sídla společnosti. Tato úvodní strana je designována tak, aby byla reprezentativní a poskytovala všechny nezbytné informace na první pohled.

Druhá stránka dokumentu, kterou je možné vidět na obrázku 22, se zaměřuje na úvodní ustanovení, která specifikují rozsah a platnost cenové nabídky. Zde je zdůrazněno, že informace obsažené v dokumentu jsou platné do data uvedeného v textu, což zákazníkovi umožňuje ověřit její aktuálnost a relevanci. Tato strana také nabízí podrobnější představení společnosti, její ocenění a technologie, které společnost využívá ve svých projektech. Je zde zdůrazněno, že společnost má oprávnění instalovat pouze ty technologie, pro které má nezbytná školení a certifikace, což podtrhuje její odbornou kvalifikaci a specializaci.

Třetí strana dokumentu poskytuje základní přehled o tom, co fotovoltaické elektrárny obnášejí a jaké jsou jejich hlavní komponenty. Tento úvod je zde napsán pro lepší porozumění zákazníkům, kteří se mohou s fotovoltaickou elektrárnou setkat poprvé. Informace jsou převzaty z teoretické části diplomové práce a slouží k ilustraci toho, jak jednotlivé komponenty fotovoltaického systému spolupracují a co přesně zahrnují. Pro lepší vizuální pochopení je na stránce vloženo blokové schéma elektrárny, které demonstruje funkční vztahy mezi technologickými prvky, jak je popisuje sekce 2.1.1 Popis fungování FVE této diplomové práce.

Čtvrtá strana dokumentu (viz Obrázek 24) je vyhrazena pro zodpovězení otázek, které se týkají zákaznickova projektu. Jedná se o dvě klíčové otázky: „*Jaká je roční spotřeba energie v dané domácnosti?*“ „*Jaký typ střechy je na objektu?*“ Odpovědi na tyto otázky jsou nezbytné pro správné dimenzování konceptu modelu. Na základě získaných informací je následně s pomocí konceptu modelu vygenerován graf, který ilustruje roční spotřebu energie domácnosti v kontrastu s predikovanou výrobou fotovoltaické elektrárny. Pod tímto grafem je uvedena sekce technických specifikací fotovoltaického systému, kde zákazník nalezne důležité informace, jako jsou rozměry plochy, kterou budou solární panely zabírat, maximální výkon fotovoltaických panelů a kapacita bateriového úložiště.

Pátá stránka dokumentu je zaměřena na vysvětlení principu návratnosti investice do fotovoltaických elektráren. Stránka podrobně popisuje, jak koncept modelu bere v úvahu meziroční nárůst cen elektrické energie a jaké ceny za kilowatthodinu (kWh). Dále je vysvětleno, jak model předpokládá návratnost instalace na základě průměrných tržních cen z předchozího roku. Tyto údaje jsou přehledně rozděleny do

samostatné kolonky, aby byly pro zákazníka snadno identifikovatelné a srozumitelné. Dále je na stránce uvedeno, z jakých zdrojů model čerpá data o cenách elektrické energie; v tomto případě se jedná o aktuální ceníky elektrické energie od společnosti ČEZ. Výstupem této stránky je tabulka umístěná pod kolonkami, která detailně ukazuje, jaký vliv má predikovaný nárůst cen energie na návratnost investice. Tabulka zahrnuje data za jednotlivé roky od instalace, předpokládaný růst cen, celkovou ušetřenou částku za každý rok a v posledním sloupci sumarizuje odhadovanou dobu návratnosti celého fotovoltaického systému.

Šestá stránka dokumentu je věnována vizualizaci dat uvedených v předchozí tabulce, kde stránka graficky znázorňuje předpokládanou návratnost investice. Grafy na této stránce ukazují nejlepší a nejhorší možný scénář vývoje návratnosti, což umožňuje zákazníkovi lepší porozumění potenciálním výkyvům v investici. Kromě toho je zde prezentován další graf, který ilustruje dobu návratnosti bez využití finančních dotací, aby byl zákazník informován o možném finančním dopadu, pokud by se rozhodl nepoužít dostupné podpory.

Poslední, sedmá stránka se zaměřuje na konkrétní rozpis cenové nabídky pro instalaci fotovoltaického systému. Zde jsou detailně vypsány ceny za jednotlivé komponenty a služby. Pod touto detailní specifikací je umístěn graf, který přehledně ukazuje, jaký podíl na celkové ceně mají jednotlivé části cenové nabídky. Tato stránka také stručně nastiňuje obecné podmínky platby a zdůrazňuje, které služby jsou v rámci nabídky zahrnuty, a které nikoliv, aby byl zákazník plně informován o všech aspektech nabídky. Tímto způsobem dokument poskytuje zákazníkovi kompletní a transparentní přehled o finančních aspektech projektu fotovoltaické elektrárny, kterou nabízí společnost Helektros.



**HELEKTROS**

## Cenová nabídka za instalaci FVE

Kód nabídky: N2202XX

Datum: 2.5.2024

Platnost nabídky: 21 dní

Poradna: +420 775 862 872

Pohotovostní linka: +420 775 595 594

email: info@helektros.cz

Ivaň 64, 691 23 Ivaň, Jihomoravský kraj, Česko

Obrázek 21: Dokument pro zákazníka – úvodní strana (zdroj: vlastní zpracování)

## 1 Úvodní ustanovení

Tento dokument slouží jako přehled sazeb a cen, které nabízí společnost Helektros za instalaci fotovoltaických elektráren (FVE) pro zákazníka "Jméno-Příjmení". Cenová nabídka představuje výňatek z celkové projektové dokumentace pro instalaci a konstrukci FVE. Platnost této cenové nabídky je omezena na 21 dní od data vystavení, které je stanoveno na "2. května 2024". V případě, že dojde k rozporům s tímto přehledem sazeb a cen nebo po uplynutí uvedené platnosti nabídky, je obsah tohoto cenového rozhodnutí považován za neplatný. Ceník se vztahuje výhradně na instalaci pro zmíněného zákazníka a nelze jej využít jako podklad pro získání dotací bez doprovodné projektové dokumentace.

## 2 Představení společnosti

Jsme rodinná firma s kořeny na Moravě, která považuje každého zákazníka za jedinečného. U nás můžete očekávat vždy profesionální přístup a služby na míru vašim potřebám. Vyberte si kvalitu, zkušenost a upřímný zájem o vaši spokojenost.

### Naše technologie

Pracujeme výhradně s nejnovějšími a celosvětovými komponenty jako jsou :

- Panely – Jinko, Longi, JA solar
- Střídače – Goodwe, Solax, Solinteg
- Baterie – Goodwe, Solax, Dyness

Na komponenty poskytujeme samozřejmě i záruku 10 let.

### Naše ocenění



Stavíme dle zásad  
Jsme s hrdostí členy spolku Solární asociace. Náš tým klade velký důraz na zásady a transparentnost v každé fázi spolupráce, abychom zajistili vzájemnou spokojenost. Prioritou je pro nás dodávka výrobků nejvyšší kvality a neustálý rozvoj a inovace v rámci fotovoltaického průmyslu.



Mimo jiné se hlásíme k členství v Cechu akumulace a fotovoltaiky (CAFT), renomovaném spolku odborníků ve fotovoltaice. Díky tomuto členství se aktivně podílíme na tvarování regulací a finančních nástrojů ve spolupráci se státní správou. Ještě významnější je, že CAFT je základním kamenem Komory obnovitelných zdrojů energie v ČR.

Obrázek 22: Dokument pro zákazníka – 1. strana (zdroj: vlastní zpracování)

## 3 Co je FVE

Fotovoltaické systémy, často označované jako solární, jsou zařízení, která mění světlo ze slunce na elektřinu. Je to ekologický způsob, jak vyrábět energii. Pomocí tohoto způsobu Vám mohou pomoci ušetřit peníze na za elektřinu.

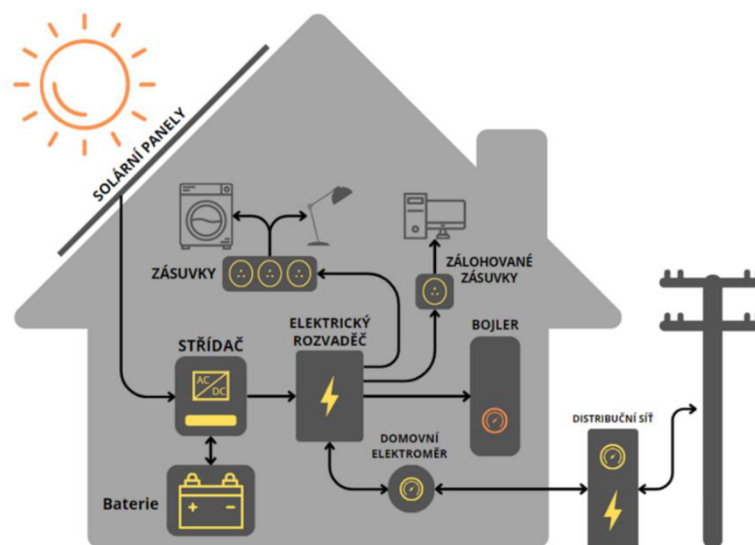
Solární elektrárny jsou složeny z mnoha menších jednotek které si následně vysvětlíme co jsou a co v elektrárně dělají.

Prvky FVE

- **Střídač** mění stejnosměrný proud z panelů na střídavý proud pro domácnosti. Je klíčový pro fungování elektrických zařízení v domě a připojení do sítě.
- **Fotovoltaické panely** přeměňují sluneční světlo na elektrický proud. Jsou základem solárního systému a umísťují se na střechy.
- **Baterie** ukládají elektrickou energii vyrobenou solárními panely pro použití, když slunce nesvíí. Umožňují nezávislost na elektrické síti.
- **Řídící jednotka baterie:** Řídící jednotka baterie monitoruje a řídí nabíjení a vybíjení baterie. Zajišťuje, aby baterie pracovala efektivně a bezpečně.

Výhody fotovoltaických systémů:

- **Úspora nákladů:** Po počáteční investici mohou solární panely snížit nebo dokonce eliminovat vaše měsíční náklady na elektřinu.
- **Ekologické:** Solární energie je čistá a obnovitelná, což znamená, že při její výrobě nedochází k emisím škodlivých plynů.
- **Zvýšení hodnoty nemovitosti:** Domy s fotovoltaickými systémy často mají vyšší tržní hodnotu.



Obrázek 23: Dokument pro zákazníka – 2. strana (zdroj: vlastní zpracování)



## 4 Vaše FVE

Co od vás potřebujeme vědět?

**Vaši roční spotřebu domácnosti**

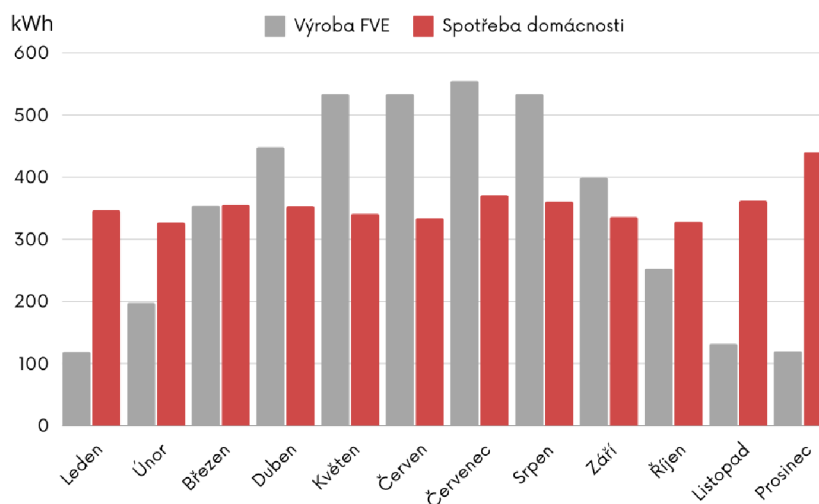
**4 256 kWh**

**Typ Vaší střechy**

**Sedlová střecha - pálená taška**

Na základě těchto dvou odpovědí jsme pro Vás navrhli fotovoltaický systém, který co nejlépe pokryje spotřebu elektrické energie u Vás doma.

### Spotřeba a výroba Vašeho domova s FVE



### Technické specifikace

#### Potřebná plocha k FVE

Plocha jednoho panelu	<b>2,17 m<sup>2</sup></b>
Plocha jednoho stringu (ramena střídače)	<b>10,87 m<sup>2</sup></b>
Celková potřebná plocha	<b>21,74 m<sup>2</sup></b>

#### Výkon FVE

Celkový výkon FVP	<b>4 400 Wp</b>
Celkový výkon Bateriového uložení	<b>7 200 Wh</b>

Obrázek 24: Dokument pro zákazníka – 3. strana (zdroj: vlastní zpracování)



## 5 Nejlepší investice

Návratnost fotovoltaického (FV) systému ukazuje, jak dlouho trvá, než výdělky a úspory z FVE pokryjí počáteční náklady na její pořízení a instalaci. Jednoduše řečeno, doba návratnosti je období, za které se vám investice "zaplatí sama" a začnete na ní vydělávat. Doba návratnosti se vypočítá tímto způsobem:

- **Vypočítejte celkové náklady na systém:** Zahrnujte nákup solárních panelů, montážní práce, případné úpravy střechy a další instalace.
- **Zjistěte roční úspory:** Tyto úspory pocházejí z toho, co byste jinak platili za elektřinu dodanou od poskytovatele energie. Můžete také zahrnout příjmy z prodeje přebytečné elektrické energie zpět do sítě, pokud je to možné.
- **Vydělte celkové náklady ročními úsporami:** Výsledkem je doba, za kterou se investice zaplatí sama, obvykle udávaná v letech.

Výsledky návratnosti je poté možné vidět v následující tabulce která ukazuje návratnost FVE

Meziroční % nárůst  
cen elektrické energie **6,6** %

Cena za nákup  
elektrické energie **8,79** Kč/kWh

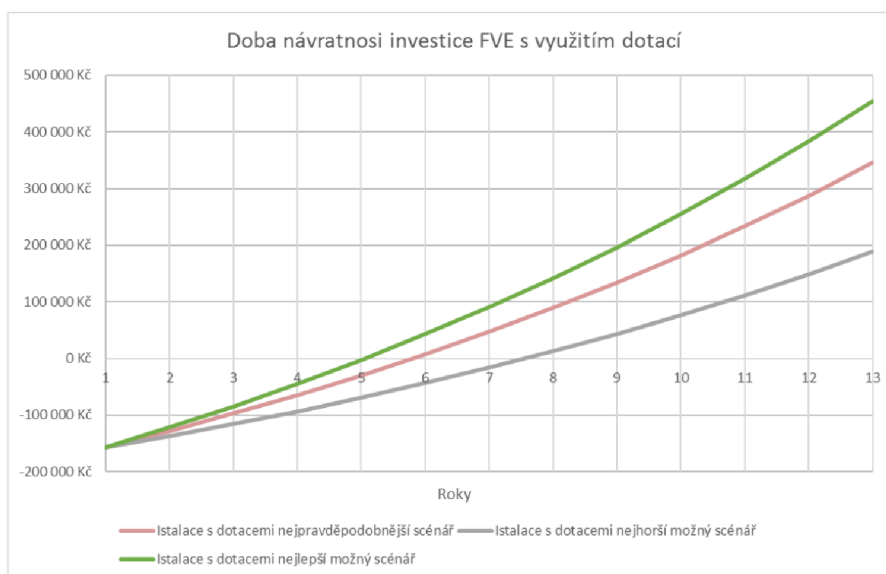
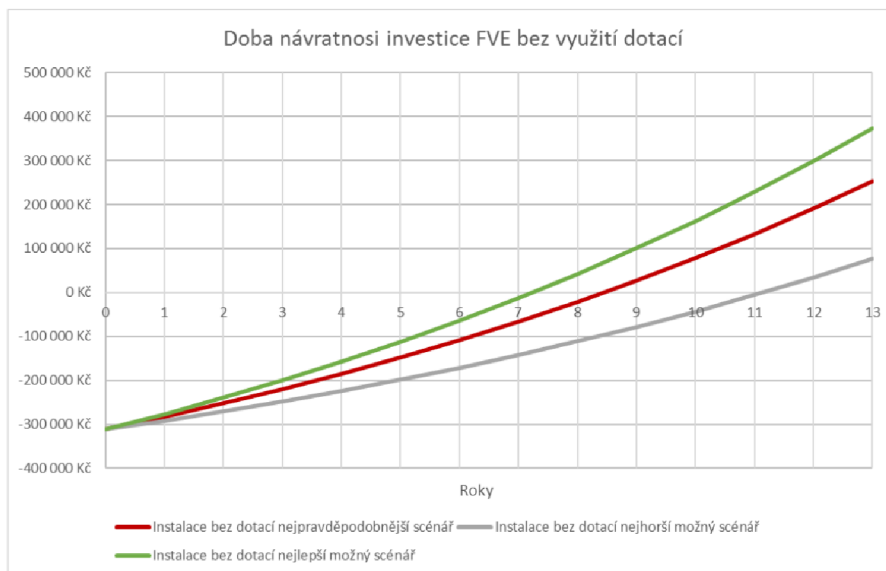
Hodnoty byly stanoveny na základě informací z aktuálního ceníku ČEZ

Roky od pořízení instalace	Cena za 1kWh [Kč]	Celková ušetřená částka [Kč]	Návratnost [Kč]
-	-	-	-156 714,3
1	8,79	28 764,04	-127 950,25
2	9,37	30 662,47	-97 287,79
3	9,99	32 686,19	-64 601,59
4	10,65	34 843,48	-29 758,11
5	11,35	37 143,15	7 385,04
6	12,10	39 594,6	46 979,64
7	12,9	42 207,84	89 187,48
8	13,75	44 993,56	134 181,04
9	14,66	47 963,13	182 144,17
10	15,62	51 125,7	233 272,87
11	16,66	54 503,2	287 776,07

Pokud vezme hodnoty z předchozí tabulky a vložíme je do grafů výsledek vypadá pak následovně

Obrázek 25: Dokument pro zákazníka – 4. strana (zdroj: vlastní zpracování)

## 6 Grafy návratnosti



Obrázek 26: Dokument pro zákazníka – 5. strana (zdroj: vlastní zpracování)

## 3 Cenová nabídka

### Materiály

Typ	Počet	Cena/MJ	Celkem
<b>Střídače</b>			
Hybridní měnič GoodWe GW8K-ET (AC 8,0kW, DC 9,6kWp) - 3.f střídač	1 ks	49 781,3 Kč	49 781,3 Kč
<b>Fotovoltaické panely</b>			
AXItec X HC AC-440MH/144V (2094x1038x35mm) - 440Wp	10 ks	3 780,0 Kč	37 800,0 Kč
Konstrukce - Sedlová střecha, pálená taška	1 kpl	11 495,0 Kč	11 495,0 Kč
<b>Baterie</b>			
Baterie PYLONTECH H48050 HV - 2.4 kw	3 ks	20 960,0 Kč	62 880,0 Kč
PYLONTECH BMS SC0500A - 100S	1 ks	18 059,7 Kč	18 059,7 Kč
Rozvaděč AC/DC	1 ks	11 300,0 Kč	11 300,0 Kč
Jednotka bateriového uložení	1 ks	14 900,0 Kč	14 900,0 Kč
Podružný materiál (svorky, pojistky, spojky, vazací pásky)	1 kpl	2 000,0 Kč	2 000,0 Kč
<b>Kabeláž</b>			
Kabeláž, kabelové cesty, konektory, jističe	1 kpl	4 500,0 Kč	4 500,0 Kč

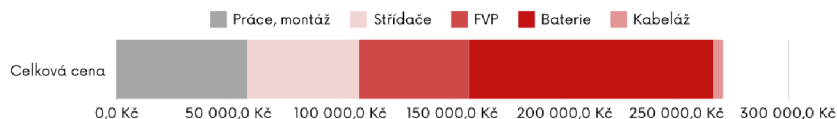
### Služby

Typ	Počet	Cena/MJ	Celkem
Instalace FV modulů, konstrukce	1 kpl	25 750,0 Kč	25 750,0 Kč
Instalace FV měniče, baterií, rozvaděčů a kabelových tras	1 kpl	11 600,0 Kč	11 600,0 Kč
Zaškolení obsluhy, registrace monitoringu	1 kpl	990,0 Kč	990,0 Kč
Revize FVE	1 kpl	4 500,0 Kč	4 500,0 Kč
Úprava domovního a elektroměrového rozvaděče dle podmínek E.On	1 kpl	3 000,0 Kč	3 000,0 Kč
Cestovné (doprava materiálu)	1 kpl	3 000,0 Kč	3 000,0 Kč
Vyřízení dotace (Energetický specialista - audit, úřady)	1 kpl	5 000,0 Kč	5 000,0 Kč
Projektová dokumentace	1 kpl	4 500,0 Kč	4 500,0 Kč

V ceně nejsou stavební a bourací práce, které provede objednatel dle instrukcí, případně dle dohody.

Cena celkem: 311 714,3 Kč  
 Dotace: 155 000,0 Kč  
**Konečná cena: 156 714,3 Kč**

Cena je uvedena s 15 % DPH



Platební podmínky: 10tis. záloha po podpisu smlouvy, 50% před montáží, 50 % po dokončení a předání díla

Obrázek 27: Dokument pro zákazníka – 6. strana (zdroj: vlastní zpracování)

## ZÁVĚR

Cílem této práce bylo vyvinout efektivní koncept modelu pro cenový odhad a hodnocení návratnosti investice do fotovoltaických systémů. Tento koncept modelu byl navržen s ohledem na zjednodušení procesu stanovení cen a analýzy návratnosti pro obchodní manažery ve společnosti Helektros. V následujících odstavcích bude provedeno finální shrnutí dosažených výsledků, realizována diskuse o omezeních konceptu modelu a zařazeno doporučení pro budoucí výzkum a vývoj. Také bude poskytnut přehled o tom, jak může tento nástroj přispět k lepšímu porozumění a efektivnější implementaci fotovoltaických technologií v praktických aplikacích.

Během realizace této diplomové práce byla shromažďována a analyzována data týkající se spotřeby elektrické energie v domácnostech. Tato data byla důležitá pro adekvátní nastavení a kalibraci vytvořeného konceptu modelu. Analyzovaná data odhalila, že průměrná roční spotřeba energie ve sledovaném vzorku domácností dosahuje přibližně 7 MWh. Tento údaj poskytuje základní přehled o energetických nárocích typické domácnosti. V další fázi byly zkoumány a do konceptu modelu integrovány různé faktory, které mohou ovlivnit efektivitu fotovoltaických systémů. Analýza odhalila, že za nepříznivých podmínek může dojít k poklesu výkonu fotovoltaických elektráren až o 53,9 %, jak je uvedeno v sekci 3.3.2 Faktory ovlivňující výrobu FVE.

Důležitým aspektem této práce byla také analýza ekonomických faktorů spojených s výrobou a spotřebou elektrické energie. Na základě dostupných dat od společnosti ČEZ byl sestaven vývoj cen za 1 kWh elektrické energie od roku 2009 do roku 2032. Výsledky ukázaly stálý meziroční nárůst ceny, což má přímý dopad na ekonomickou efektivitu investic do fotovoltaických systémů v rámci vytvořeného nástroje.

Analytické práce provedené v rámci této studie poskytly konceptu modelu potřebné informace k relevantnímu odhadu vstupní ceny a návratnosti instalace FVE. Na praktickém příkladu byla dále provedena demonstrace funkčnosti konceptu modelu. K lepšímu pochopení celkového procesu návrhu a návratnosti investice byl vytvořen uživatelsky přívětivý dokument, který slouží jako vizuální prezentace výsledků nejen pro zákazníka.

Dokument detailně popisuje všechny fáze projektu a jeho návratnost, která v prezentovaném případě dosahuje pěti let až 7,5 roku. Tato rychlá návratnost je nejen výsledkem využití státních dotací, které mohou výrazně zkrátit dobu potřebnou k dosažení finančního zisku z instalace. Ale je také třeba zdůraznit, že takové výsledky nejsou standardní a mohou být ovlivněny dalšími faktory, jako je například nedávný nárůst cen elektrické energie, což nezanedbatelně zvyšuje finanční atraktivitu fotovoltaických systémů.

Omezení nástroje vyplývají především z rozsahu dat, která byla dostupná pro modelování spotřeby. Vzorek domácností poskytnutý společností Helektros byl relativně malý, což může ovlivnit přesnost konceptu modelu. Navíc nástroj čelil výzvám při stanovování a predikci cen za elektrickou energii, a to jak v oblasti jejího nákupu, tak prodeje. Předpověď budoucích cen ohledně prodeje elektrické energie je komplikovaná a obsahuje množství faktorů, které mohou cenu ovlivňovat, proto je obtížné dosáhnout přesné a spolehlivé predikce. Vývoj cen energie, popřípadě jejich přesné predikce by vyžadovaly další rozsáhlý výzkum, což by mohlo potenciálně zkrátit odhadovanou dobu návratnosti investic do fotovoltaických systémů, nicméně za cenu komplikovanější konstrukce konceptu modelu.

Pro potřeby analýzy vývoje nákupní ceny elektrické energie byly využity pouze ceníky společnosti ČEZ, což bylo zvoleno vzhledem ke snadné dostupnosti těchto dat. Avšak pro komplexnější a reprezentativnější analýzu by bylo vhodné zahrnout cenové údaje od dalších hlavních dodavatelů, jako je například EDG distribuce. Během shromažďování dat se však ukázalo, že veřejně dostupné informace od společnosti EDG neumožňují detailní zpětné určení cen za dodávku elektrické energie, což způsobilo jejich nevyužití v rámci nástroje a snížení reprezentativnosti konceptu modelu.

Další možností rozvoje nástroje by bylo zjednodušení procesu pro zákazníky. Tím se rozumí, že by se koncept modelu stal přístupným přímo na webových stránkách společnosti. Tímto způsobem by zákazníci mohli samostatně získávat relevantní informace, které by jinak obdrželi od obchodního manažera. Kromě toho by bylo výhodné, kdyby model automaticky aktualizoval ceny elektrické energie a přizpůsoboval odhady návratnosti investic v reálném čase. Tento přístup by však mohl

znamenat i určité negativní aspekty, například ztrátu osobního kontaktu se zákazníky, což může být v případě vyšších investic, jako je instalace fotovoltaických systémů, nepříjemné. Osobní interakce často přidává hodnotu, zejména když zákazníci chtějí projednat podrobnosti a cítit se jistěji při rozhodování.

Dále by koncept modelu mohl zahrnout schopnost odhadovat celkovou spotřebu domácnosti z údajů za poslední měsíc, k nimž mají zákazníci častěji přístup. Tento vývoj by však vyžadoval rozsáhlejší databázi spotřebních dat než ta, která byla k dispozici pro tuto diplomovou práci. Rozšíření databáze by umožnilo přesnější a relevantnější odhady, které by zákazníkům poskytovaly lepší představu o potenciálních úsporách a návratnosti jejich investice do fotovoltaických systémů.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

AGHAEI, Mohammadreza., FAIRBROTHER Andrew W., GOK Abdulkerim, AHMAD Shahzada, KAZIM Samrana, K. LOBATO, ORESKI Gernot, REINDERS Angèle, SCHMITZ Jurriaan, THEELEN Mirjam J., YILMAZ Pelin a KETTLE Jeff, 2022. Review of degradation and failure phenomena in photovoltaic modules. Renewable and Sustainable Energy Reviews [online]. 159, 112160. ISSN 1364-0321. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112160>

ANDĚL, Jiří, 2005. Základy matematické statistiky. Praha: Matfyzpress. ISBN 80-867-3240-1.

BAYRAK, Fatih a Hakan F. OZTOP, 2020. Effects of static and dynamic shading on thermodynamic and electrical performance for photovoltaic panels. Applied Thermal Engineering [online]. 169, 114900. ISSN 1359-4311. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2020.114900>

BOŽIKOVÁ, Monika, BILČÍK Matuš, MADOLA Vladimír, SZABÓOVÁ Tímea, KUBÍK Ľubomír, LENDELOVÁ Jana a CVIKLOVIČ Vladimír, 2021. The effect of azimuth and tilt angle changes on the energy balance of photovoltaic system installed in the Southern Slovakia region. Applied Sciences. 11(19), 8998.

ČAPEK, Pavel a HLAVATÝ Jan, 2022. Podpora pro projektanty – Silekto Energy. Projektování fotovoltaických elektráren [online]. [vid. 2024-01-02]. Dostupné z: <https://www.silekto.cz/technicka-podpora-a-skoleni/pro-projektanty/>

ČESKO. Zákona č. 165/2012 Sb., o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů - znění od 1. 1. 2024. In: Zákony pro lidi.cz [online]. © AION CS 2010–2024 [cit. 8. 5. 2024]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-165>

ČESKO. Zákona č. 283/2021 Sb., stavební zákon - znění od 1. 1. 2024. In: Zákony pro lidi.cz [online]. © AION CS 2010–2024 [cit. 8. 5. 2024]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2021-283>

ČESKO. Zákona č. 458/2000 Sb., o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon) - znění od 1.

4. 2024. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010–2024 [cit. 8. 5. 2024]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-458>

DEMIRKIRAN, Muhammet a KARAKAYA Abdulhakim, 2022. Efficiency analysis of photovoltaic systems installed in different geographical locations. *Open Chemistry*. 20(1), 748–758.

GHAZI, Sanaz a IP Kenneth, 2014. The effect of weather conditions on the efficiency of PV panels in the southeast of UK. *Renewable energy*. 69, 50–59.

HELEKTROS S.R.O., © 2024 Helektros, 2020. Domovská webová stránka společnosti Helektros s.r.o. - fotovoltaika bez starostí [online]. [vid. 2023-12-17]. Dostupné z: <https://helektros.cz/>

HINDLS, Richard, 2007. *Statistika pro ekonomy*. 8. vyd. Praha: Professional Publishing. ISBN 978-80-86946-43-6.

HLADÍK, Petr, 2021. Elektronický dokument - Výzva č. 12/2021 k předkládání žádostí o poskytnutí podpory. Národní plán obnovy [online] [vid. 2024-04-30]. Dostupné z: [https://www.narodniprogramzp.cz/files/documents/storage/2024/02/21/1708508639\\_P%C5%99%C3%ADloha%201-vyzva\\_12\\_2021\\_NPZP\\_3\\_aktualizace.pdf](https://www.narodniprogramzp.cz/files/documents/storage/2024/02/21/1708508639_P%C5%99%C3%ADloha%201-vyzva_12_2021_NPZP_3_aktualizace.pdf)

HOFIERKA, Jaroslav, KAŇUK Ján a GALLAY Michal, 2014. The Spatial Distribution of Photovoltaic Power Plants in Relation to Solar Resource Potential: The Case of the Czech Republic and Slovakia. *Moravian Geographical Reports* [online]. 22(2), 26–33. ISSN 1210-8812. Dostupné z: doi:10.2478/mgr-2014-0009

HUNGR, Pavel, 2021. Notářský zápis o založení společnosti Helektros s.r.o. [online]. Notářský zápis. Pohořelice, úřad notáře, Brněnská 121, PSČ 691 23, Dostupné z: <https://or.justice.cz/ias/ui/vypis-sl-detail?dokument=69144777&subjektId=1140497&spis=1281302>

KOŘÍNEK, Martin, 2014. *Statistické zpracování dat*. Sv. 2. Hradec Králové: Gaudeamus. ISBN 978-80-7435-399-4.

KROPÁČ, Jiří, 2007. *Statistika B: jednorozměrné a dvourozměrné datové soubory, regresní analýza, časové řady*. Brno: Vysoké učení technické v Brně. ISBN 80-214-3295-0.



- KUDELAS, Dušan, TAUŠOVÁ Marcela, TAUŠ Peter, GABÁNIOVÁ Lubomíra a KOŠČO Ján, 2019. Investigation of operating parameters and degradation of photovoltaic panels in a photovoltaic power plant. *Energies*. 12(19), 3631.
- MA, Tao, YANG Hongxing a LU Lin, 2014. Solar photovoltaic system modeling and performance prediction. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* [online]. 36, 304–315. ISSN 13640321. Dostupné z: doi:10.1016/j.rser.2014.04.057
- MARKVART, Tom, c2012. Practical handbook of photovoltaics: fundamentals and applications. 2nd ed. Waltham: Academic Press. ISBN 978-0-12-385934-1.
- MASTNÝ, Petr, 2011. Obnovitelné zdroje elektrické energie. Vyd. 1. Praha: České vysoké učení technické v Praze. ISBN 978-80-01-04937-2.
- MATOUŠEK, Antonín., 2007. Výroba elektrické energie. Vyd. 1. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Ústav elektroenergetiky. ISBN 978-80-214-3317-5.

## **SEZNAM TABULEK**

Tabulka 1: Soubor dotazovaných pracovníků (zdroj: vlastní zpracování) .....	34
Tabulka 2: Vnější vlivy (zdroj: zpracováno podle Čapka a Hlavatého, 2022).....	35
Tabulka 3: Energetická bilance vybraného příkladu (zdroj: vlastní zpracování) .....	61
Tabulka 4: návratnost FVE (zdroj: vlastní zpracování).....	64

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Blokové schéma FVE vázané na síť bez akumulátorů (přepřacováno z: Mastný, 2011). .....	17
Obrázek 2: Blokové schéma FVE vázané na síť s akumulátorem (přepřacováno z: Mastný, 2011).....	18
Obrázek 3: Návrhový model FVE (zdroj: zpracováno podle Čapka a Hlavatého, 2022) .....	26
Obrázek 4: Provozní režimy FVE (zdroj: zpracováno podle Čapka a Hlavatého, 2022)30	
Obrázek 5: Myšlenková mapa – požadavky investora (zdroj: vlastní zpracování) .....	38
Obrázek 6: Myšlenková mapa – technické parametry (zdroj: vlastní zpracování).....	40
Obrázek 7: Výroba el. energie v průběhu dne (zdroj: zpracováno podle Mustafy et al., 2020) .....	42
Obrázek 8: Výroba el. energie v průběhu roku (zdroj: zpracováno podle Mustafy et al., 2020) .....	43
Obrázek 9: Dopad ovlivnitelných vlivů na výrobu FVE (zdroj: vlastní zpracování).....	44
Obrázek 10: Spotřeba domácností v průběhu roku (zdroj: vlastní zpracování) .....	46
Obrázek 11: Průměrná spotřeba sledovaných domácností (zdroj: vlastní zpracování) ..	47
Obrázek 12: Rozdělení domácností s menší spotřebou (zdroj: vlastní zpracování) .....	48
Obrázek 13: Rozdělení domácností s větší spotřebou (zdroj: vlastní zpracování) .....	49
Obrázek 14: Porovnání průměrné spotřeby domácností (zdroj: vlastní zpracování).....	50
Obrázek 15: Dimenzování FVE u vybraného příkladu (zdroj: vlastní zpracování) .....	54
Obrázek 16: Diagram postupu výpočtu konceptu modelu (zdroj: vlastní zpracování) ..	58
Obrázek 17: Výstupní model – cenová nabídka (zdroj: vlastní zpracování).....	59
Obrázek 18: Vývoj ceny elektrické energie (zdroj: přepřacováno z ceníků ČEZ, viz. Příloha č.1).....	62

Obrázek 19: Zobrazení návratnosti FVE s využitím dotací (zdroj: vlastní zpracování)	65
Obrázek 20: Zobrazení návratnosti FVE bez využití dotací (zdroj: vlastní zpracování)	66
Obrázek 21: Dokument pro zákazníka – úvodní strana (zdroj: vlastní zpracování).....	71
Obrázek 22: Dokument pro zákazníka – 1. strana (zdroj: vlastní zpracování).....	72
Obrázek 23: Dokument pro zákazníka – 2. strana (zdroj: vlastní zpracování).....	73
Obrázek 24: Dokument pro zákazníka – 3. strana (zdroj: vlastní zpracování).....	74
Obrázek 25: Dokument pro zákazníka – 4. strana (zdroj: vlastní zpracování).....	75
Obrázek 26: Dokument pro zákazníka – 5. strana (zdroj: vlastní zpracování).....	76
Obrázek 27: Dokument pro zákazníka – 6. strana (zdroj: vlastní zpracování).....	77

## **SEZNAM PŘÍLOH**

<b>PŘÍLOHA Č. 1: SEZNAM CENÍKŮ ČEZ 2009-2023 .....</b>	<b>I</b>
<b>PŘÍLOHA Č. 2: PŘEPSANÉ ODPOVĚDI ZAMĚSTNANCE P1 .....</b>	<b>IV</b>
<b>PŘÍLOHA Č. 3: PŘEPSANÉ ODPOVĚDI ZAMĚSTNANCE P2 .....</b>	<b>VI</b>
<b>PŘÍLOHA Č. 4: PŘEPSANÉ ODPOVĚDI ZAMĚSTNANCE P3 .....</b>	<b>X</b>
<b>PŘÍLOHA Č. 5: PŘEPSANÉ ODPOVĚDI ZAMĚSTNANCE P4 .....</b>	<b>XII</b>
<b>PŘÍLOHA Č. 6: PŘEPSANÉ ODPOVĚDI ZAMĚSTNANCE P5 .....</b>	<b>XV</b>

## **PŘÍLOHA Č. 1: Seznam ceníků ČEZ 2009-2023**

ČEZ DISTRIBUCE, A.S., 2009. *Ceník produktů skupiny ČEZ pro domácnosti na rok 2009* [online]. Guldenerova 2577/19, Plzeň 303 28: ČEZ Distribuce. Dostupné také z: <https://www.cez.cz/edee/content/file/produkty-a-sluzby/obcane-a-domacnosti/cez-cenikmoo-2009-web.pdf>

ČEZ DISTRIBUCE, A.S., 2010. *Ceník produktů skupiny ČEZ pro domácnosti na rok 2010* [online]. Guldenerova 2577/19, Plzeň 303 28: ČEZ Distribuce. Dostupné také z: <https://www.cez.cz/edee/content/file/produkty-a-sluzby/obcane-a-domacnosti/cez-cenikmoo-2010-web.pdf>

ČEZ DISTRIBUCE, A.S., 2011. *Ceník produktů skupiny ČEZ pro domácnosti na rok 2011* [online]. Guldenerova 2577/19, Plzeň 303 28: ČEZ Distribuce. Dostupné také z: <https://www.cez.cz/edee/content/file/produkty-a-sluzby/obcane-a-domacnosti/cez-cenikmoo-ele-2011.pdf>

ČEZ DISTRIBUCE, A.S., 2012. *Ceník produktů skupiny ČEZ pro domácnosti na rok 2012* [online]. Guldenerova 2577/19, Plzeň 303 28: ČEZ Distribuce. Dostupné také z: [https://www.cez.cz/edee/content/file/produkty-a-sluzby/obcane-a-domacnosti/cez\\_cz\\_ele\\_cenikmoo\\_2012\\_web.pdf](https://www.cez.cz/edee/content/file/produkty-a-sluzby/obcane-a-domacnosti/cez_cz_ele_cenikmoo_2012_web.pdf)

ČEZ DISTRIBUCE, A.S., 2013. *Ceník elektřiny skupiny ČEZ, produktová řada Comfort* [online]. Guldenerova 2577/19, Plzeň 303 28: ČEZ Distribuce. Dostupné také z: [https://www.cez.cz/edee/content/file/produkty-a-sluzby/obcane-a-domacnosti/elektrina-2013/cez\\_cz\\_ele\\_cenikmoo\\_2013\\_sdruzeny175-web.pdf](https://www.cez.cz/edee/content/file/produkty-a-sluzby/obcane-a-domacnosti/elektrina-2013/cez_cz_ele_cenikmoo_2013_sdruzeny175-web.pdf)

ČEZ DISTRIBUCE, A.S., 2014. *Ceník elektřiny skupiny ČEZ, produktová řada Comfort* [online]. Guldenerova 2577/19, Plzeň 303 28: ČEZ Distribuce. Dostupné také z: [https://www.cez.cz/edee/content/file/produkty-a-sluzby/obcane-a-domacnosti/elektrina-2014/cez\\_cz\\_ele\\_cenikmoo\\_2014\\_sdruzeny.pdf](https://www.cez.cz/edee/content/file/produkty-a-sluzby/obcane-a-domacnosti/elektrina-2014/cez_cz_ele_cenikmoo_2014_sdruzeny.pdf)

ČEZ DISTRIBUCE, A.S., 2014. *Ceník elektřiny skupiny ČEZ, produktová řada Comfort* [online]. Guldenerova 2577/19, Plzeň 303 28: ČEZ Distribuce. Dostupné také z: [https://www.cez.cz/edee/content/file/produkty-a-sluzby/obcane-a-domacnosti/elektrina-2014/cez\\_cz\\_ele\\_cenikmoo\\_2014\\_sdruzeny.pdf](https://www.cez.cz/edee/content/file/produkty-a-sluzby/obcane-a-domacnosti/elektrina-2014/cez_cz_ele_cenikmoo_2014_sdruzeny.pdf)

ČEZ DISTRIBUCE, A.S., 2015. *Ceník elektřiny skupiny ČEZ, produktová řada Comfort* [online]. Guldenerova 2577/19, Plzeň 303 28: ČEZ Distribuce. Dostupné také z: [https://www.cez.cz/edee/content/file/produkty-a-sluzby/obcane-a-domacnosti/elektrina-2015/cez\\_cz\\_ele\\_cenikmoo\\_2015-01-01\\_comfort.pdf](https://www.cez.cz/edee/content/file/produkty-a-sluzby/obcane-a-domacnosti/elektrina-2015/cez_cz_ele_cenikmoo_2015-01-01_comfort.pdf)

ČEZ DISTRIBUCE, A.S., 2016. *Ceník elektřiny skupiny ČEZ prodej, produktová řada Comfort* [online]. Guldenerova 2577/19, Plzeň 303 28: ČEZ Distribuce. Dostupné také z: [https://www.cez.cz/edee/content/file/produkty-a-sluzby/obcane-a-domacnosti/elektrina-2016/cez\\_cz\\_ele\\_cenikmoo\\_2016-01-01\\_comfort.pdf](https://www.cez.cz/edee/content/file/produkty-a-sluzby/obcane-a-domacnosti/elektrina-2016/cez_cz_ele_cenikmoo_2016-01-01_comfort.pdf)

ČEZ DISTRIBUCE, A.S., 2017. *Ceník elektřiny skupiny ČEZ prodej, produktová řada Comfort* [online]. Guldenerova 2577/19, Plzeň 303 28: ČEZ Distribuce. Dostupné také z: [https://www.cez.cz/edee/content/file/produkty-a-sluzby/obcane-a-domacnosti/elektrina-2017/web\\_cez\\_cz\\_ele\\_cenikmoo\\_2017-1-1\\_comfort-distribuce.pdf](https://www.cez.cz/edee/content/file/produkty-a-sluzby/obcane-a-domacnosti/elektrina-2017/web_cez_cz_ele_cenikmoo_2017-1-1_comfort-distribuce.pdf)

ČEZ DISTRIBUCE, A.S., 2018. *Elektřina v akci smlouva na 3 roky, domácnosti* [online]. Guldenerova 2577/19, Plzeň 303 28: ČEZ Distribuce. Dostupné také z: [https://www.cez.cz/edee/content/file/produkty-a-sluzby/obcane-a-domacnosti/elektrina-2018/moo/web\\_cenik\\_elektrina\\_v\\_akci\\_na\\_3\\_roky\\_moo\\_2018\\_2\\_cezdi.pdf](https://www.cez.cz/edee/content/file/produkty-a-sluzby/obcane-a-domacnosti/elektrina-2018/moo/web_cenik_elektrina_v_akci_na_3_roky_moo_2018_2_cezdi.pdf)

ČEZ DISTRIBUCE, A.S., 2018. *Elektřina v akci smlouva na 3 roky, domácnosti* [online]. Guldenerova 2577/19, Plzeň 303 28: ČEZ Distribuce. Dostupné také z: [https://www.cez.cz/edee/content/file/produkty-a-sluzby/obcane-a-domacnosti/elektrina-2018/moo/web\\_cenik\\_elektrina\\_v\\_akci\\_na\\_3\\_roky\\_moo\\_2018\\_2\\_cezdi.pdf](https://www.cez.cz/edee/content/file/produkty-a-sluzby/obcane-a-domacnosti/elektrina-2018/moo/web_cenik_elektrina_v_akci_na_3_roky_moo_2018_2_cezdi.pdf)

ČEZ DISTRIBUCE, A.S., 2019. *Elektřina v akci smlouva na 3 roky, domácnosti* [online]. Guldenerova 2577/19, Plzeň 303 28: ČEZ Distribuce. Dostupné také z: [https://www.cez.cz/edee/content/file/produkty-a-sluzby/obcane-a-domacnosti/elektrina-2019/moo/web\\_new\\_cenik\\_elektrina\\_na\\_3\\_rok\\_v\\_akci\\_moo\\_201911\\_cezdi.pdf](https://www.cez.cz/edee/content/file/produkty-a-sluzby/obcane-a-domacnosti/elektrina-2019/moo/web_new_cenik_elektrina_na_3_rok_v_akci_moo_201911_cezdi.pdf)

ČEZ DISTRIBUCE, A.S., 2020. *Ceník, Elektřina – na 3 roky v akci, domácnosti* [online]. Guldenerova 2577/19, Plzeň 303 28: ČEZ Distribuce. Dostupné také z: [https://www.cez.cz/edee/content/file/produkty-a-sluzby/obcane-a-domacnosti/elektrina-2020/moo/web\\_new-cenik\\_elektrina-na-3-rok-v-akci\\_moo\\_201912\\_cezdi.pdf](https://www.cez.cz/edee/content/file/produkty-a-sluzby/obcane-a-domacnosti/elektrina-2020/moo/web_new-cenik_elektrina-na-3-rok-v-akci_moo_201912_cezdi.pdf)

ČEZ DISTRIBUCE, A.S., 2021. *Ceník, Elektřina – na 3 roky v akci, domácnosti* [online]. Guldenerova 2577/19, Plzeň 303 28: ČEZ Distribuce. Dostupné také z: <https://www.cez.cz/edee/content/file/produkty-a-sluzby/obcane-a-domacnosti/elektrina-2021/mop/web-cenik-elektrina-na-3-rok-v-akci-mop-2021-04-cezdi.pdf>

ČEZ DISTRIBUCE, A.S., 2022. *Ceník, Elektřina – na 3 roky, domácnosti* [online]. Guldenerova 2577/19, Plzeň 303 28: ČEZ Distribuce. Dostupné také z: [https://www.cez.cz/edee/content/file/produkty-a-sluzby/obcane-a-domacnosti/elektrina-2022/moo/cez\\_cenik\\_elektrina\\_na-3-roky\\_moo\\_predi\\_07\\_2022\\_web.pdf](https://www.cez.cz/edee/content/file/produkty-a-sluzby/obcane-a-domacnosti/elektrina-2022/moo/cez_cenik_elektrina_na-3-roky_moo_predi_07_2022_web.pdf)

ČEZ DISTRIBUCE, A.S., 2023. *Ceník elektřiny pro domácnosti mimo Období regulace (neregulované ceny), elektřina – na 3 roky* [online]. Guldenerova 2577/19, Plzeň 303 28: ČEZ Distribuce. Dostupné také z: [https://www.cez.cz/edee/content/file/produkty-a-sluzby/obcane-a-domacnosti/elektrina-2023/moo/moo\\_ee\\_na\\_3\\_roky\\_abc\\_1.4.2023\\_cez.pdf](https://www.cez.cz/edee/content/file/produkty-a-sluzby/obcane-a-domacnosti/elektrina-2023/moo/moo_ee_na_3_roky_abc_1.4.2023_cez.pdf)



## **PŘÍLOHA Č. 2: Přepsané odpovědi zaměstnance P1**

Délka rozhovoru: 9 min

OS = Ondřej Skoupý

P1 = Projektový manager, vedoucí projektového týmu, zakladatel společnosti

Rozhovor probíhal po předešlé domluvě po telefonu. Zaměstnanec byl obeznámen s informací, že rozhovor se bude nahrávat na mobilní telefon a souhlasila s tím.

**OS:** Jaké požadavky nejčastěji zaznívají ze stran investorů při plánování a návrhu fotovoltaických elektráren?

**P1:** To se nedá všeobecně paušalizovat, vždy záleží na požadavcích zákazníka. Nicméně, nejčastěji se jedná o pokrytí spotřeby energie a efektivní snížení spotřeby domu společně s co nejrychlejší návratností.

**OS:** Za jaké podmínky se investoři rozhodují pro bateriové uložení?

**P1:** Na základě ceny a spotřeby domu standardně jsou nabízeny instalace s bateriemi, a to z důvodu vyššího příspěvku. Pokud si však zákazník řekne, provádíme instalace i bez baterií.

**OS:** Ovlivňují požadavky investora provozní režim FVE?

**P1:** Ve většině případů ne, koncept zůstává vždy stejný, mění se jen velikost.

**OS:** Jakým způsobem se přistupuje k údržbě a servisu FVE, po dobu její životnosti?

**P1:** V rámci instalace nabízíme servis po 2 až 3 letech, v závislosti na typu a velikosti instalace. Pokud je to po záruce, musí si zákazník zaplatit kompletně celou výměnu, což zahrnuje nové zařízení, dopravu i montáž.

**OS:** Jak se určuje počet FV panelů na instalaci?

**P1:** Takže, primárně se to řídí spotřebou domu, podle které se navrhne velikost instalovaného výkonu, která je samozřejmě limitována velikostí střechy. Pokud není dostatek místa, upravuje se výkon podle dostupného prostoru. Pokud nemáme z nějakého důvodu přístup ke spotřebě domácnosti, každá nová budova musí podle

aktuálních norem obsahovat energetický štítek. Tento štítek obsahuje odhad spotřeby domácnosti nebo nového objektu.

**OS:** Jeká typy FV panelů se využívají a od jakých výrobců?

**P1:** Záleží převážně na ceně, kterou je zákazník ochoten zaplatit, a na momentální dostupnosti materiálu a zařízení. Standardně volíme monokrystalické panely, což je nejčastěji používaný typ. Novinkou jsou bifaciální panely, které jsou oboustranné a využívají teplo ze střechy, ale ty se tak často nemontují. Máme za sebou jen několik instalací tohoto typu.

**OS:** Podle čeho se určuje střídač?

**P1:** No obecně bych řekl, podle toho, od koho firma má domluvenou dobrou cenu. Pak hraje roli školení na montáž u nás jsou to víceméně 3 značky, pokud si zákazník řekne něco speciálního většinou odmítáme.

**OS:** Jaký typy střídačů se využívají a od jakých výrobců?

**P1:** Záleží, kdo vám dá nejlepší cenu, navíc musíte zaplatit i za školení pro montáž a instalaci momentálně instalujeme zařízení od 2 značek, a to je SOLAX, GOODW a Vertex.

**OS:** Jak se určuje velikost bateriového uložení?

**P1:** Ve většině případů to odpovídá jednonásobku nebo dvojnásobku instalovaného výkonu na panelech. Tato řešení nejlépe vyhovuje v rámci poskytované dotace.

**OS:** Jaký typy baterií se využívají a od jakých výrobců?

**P1:** Pokud je Střídač SOLAX tak se musí používat baterky od stejné značky, tedy od značky GOODWE. Myslím, že je nějakých 5 druhů baterií které je možné využít u tohoto střídače nejčastěji se, ale i pro instalaci využíváme ti napěťový bloky, jestli víte, co to je. Jedna baterka má 100 V ten celý blok obsahuje 4 až 5 ks takže celkově to potom vychází že napětí baterka až 400 V

## **PŘÍLOHA Č. 3: Přepsané odpovědi zaměstnance P2**

Délka rozhovoru: 14 min

OS = Ondřej Skoupý

P2 = Projektant FVE, revizní technik

Rozhovor probíhal po předešlé domluvě po telefonu. Zaměstnanec byl obeznámen s informací, že rozhovor se bude nahrávat na mobilní telefon a souhlasila s tím.

**OS:** Jaké požadavky nejčastěji zaznívají ze stran investorů při plánování a návrhu fotovoltaických elektráren?

**P2:** Rychlá návratnost a doba montáže.

**OS:** Doplnující otázka, takže za jak rychle se jim vrátí peníze a zaset co dobu jste schopni nastoupit a udělat domluvenou práci?

**P2:** Přesně tak, potom je dál zajímavá, co se u toho může poškodit a podobné věci, ale předchozí dvě věci jsou vždycky na co se ptají.

**OS:** Za jaké podmínky se investoři rozhodují pro bateriové uložení?

**P2:** Pokud dokážou využít uloženou energii.

**OS:** Doplnující otázka vždycky navrhuje možnosti s Bateriemi anebo je tady jiná možnost?

**P2:** Ano samozřejmě existují možnosti bez baterie nicméně častěji se setkáváme s využitím i baterii, nebo takhle ukážeme návrh s baterkou a bez baterky a zákazník si potom rozhodne. Většinou velkým argument, co hraje roly, je roční spotřeba, ale stejně to potom záleží na zákazníkovi, ale ve většině případů rozhoduje roční spotřeba.

**OS:** Ovlivňují požadavky investora provozní režim FVE?

**P2:** Myšleno ve stylu, že když se zákazník rozhodne více prodávat, než potřebuje?

**OS:** Přesně tak

**P2:** Ano, požadavky zákazníka mohou ovlivnit provoz FVE. Nicméně většinou se to stahuje na aplikaci, kterou ten zákazník využívá. Jedná se o softwarovou záležitost ne

změna FVE. Zákazník určuje a nastavuje sám, jak to chce pomocí aplikace. Ty nejnovější manager aplikace to dokážou řešit pomocí počasí, ale to si většinou neprovádí. Jelikož se ta platí navíc poplatky tak se to na většině instalací neprovádí.

**OS:** Jakým způsobem se přistupuje k údržbě a servisu FVE, po dobu její životnosti?

**P2:** My většinou dáváme záruku 10 let na střídače, a na panely je až 20 let, pokud se nepletu, takže takhle. Výměna pak probíhá, že se zažádá o reklamaci mi hned objednáme Střídač nebo komponent, popřípadě panel tím pádem vyměníme starý za nový, a to okamžitě montujeme s tím, že všechno je v ceně jak ta doprava na tu zakázku, tak ta výměna komponentů.

**OS:** Jak se určuje počet FV panelů na instalaci?

**P2:** Opět podle spotřeby toho rodinný domu a taky hodně záleží na člověku kolik má peněz, to má veliký dopad na celý návrh. Dále to stanovují podle svitu slunce, pokud je střecha například blbě nasměrovaná, že tam svítí jenom dopoledne a odpoledne už tam nesvítí tak z tohoto důvodu se tam potom nevyplatí dělat nějakou velkou elektrárnu. Díky tomu, že ta elektrárna z půlky nevyrobí tak se návratnost může prostě mnohonásobně prodloužit. Třeba u instalacích, které se pohybují nad 300 000 tak se prostě ta návratnost nikdy nevrátí.

**OS:** Doplňující otázka, hraje tam i vliv třeba ploché střechy využíváte vždycky jako maximální potenciál plochy co ta střecha nabízí?

**P2:** Takhle není asi střecha, nebo nepamatuji si střechu, kdybychom kompletně využili její potenciál, protože ve většině případů se to prostě ekonomicky nevyplatí. Zákazník do toho nechce jít, protože dotace jsou ve většině případů třeba do, a teďka abych nekecal 300 000,- možná 400 000,- a to jako je maximum co jsi schopen z toho vyždímat, a to musíš tam musíš hodit třeba i nabíječku na elektromobil orientačně je to tak 20 panelů. Pokud si to představíš panel prostě 2x1 m nikdy nevyužiješ plnou plochu střechy ten člověk není schopen to prostě celý potřebovat. V dnešní době, když už prodáváš energii tak u některých měsíců prodáváš za zápornou cenu potom se to musí řešit nějakou virtuální baterkou, ale to prostě ve většině případů zase se vrátím nazad na začátek. My ukážeme možnosti proberme to s tím zákazníkem, co jemu vyhovuje on se potom rozhodne, jestli to chce, jestli to chce jako na tu střechu kompletně.

**OS:** Jeká typy FV panelů se využívají a od jakých výrobců?

**P2:** Hele typ FV panelů jsou jedno, důležitý je zachovat parametry střídače a dá se to různě kombinovat zrovna kde je dobrá cena.

**OS:** Podle čeho se určuje střídač?

**P2:** Záleží, jak jsou velké baterky a jak je velká spotřeba baráku. Abych dal příklad z praxe na jednom objektu jsme měli Střídač značky Goodwe jedná se o Čínskou značku Měli jsme tam a 7,5 kW často se nám stávalo že nám vyhazoval celkový jištění a potom běhat a nahazovat to všechno prostě zabralo půl dne tak jsme to potom změnili 10 kW tím se to hodně zlepšilo. Máme tam 12 a půl kilowatt baterek s tím že teďka ten střídač co tam je stačí. Takže ve většině případů se používá ten 10 kW pokud bychom to chtěli zvětšit tak by se muselo přijít asi až na 15 kW. Potom už se to řeší jinak, pak to třeba dělá pro firmy a tam se třeba používají různé kombinace a nedává se jeden střídač.

**OS:** Jaký typy střídačů se využívají a od jakých výrobců?

**P2:** Goodwe a Solax

**OS:** Jak se určuje velikost bateriového úložiště?

**P2:** V závislosti na předchozí otázku, tak baterie se většinou nevztahuje ke střídači, pokud se nepoužívá Solax pokud se používá Solax používáme zásadně Solax baterie ono se to potom řídit samo. Je to takhle vyvinutý, je to takhle prostě nejlepší. Samozřejmě tam jde nastavit i jiný druh, takže nezáleží, jaký typ baterii se tam použije. Hodně hraje i co tam zákazník chce, velikost abych odpověděl na tvoji otázku se určuje zase opět podle spotřeby domů tak je tam záleží, jestli chce zákazník zainvestovat do většího bateriového úložiště.

**OS:** Jaký typy baterií se využívají a od jakých výrobců?

**P2:** Solax střídač bere jen solax baterky, pokud je tam něco jiného je tam těžší instalace. Goodwe záleží dá se to modulovat myslím, že podporují 5 typů, typy nejdou mezi sebou kombinovat, takže se vybere jeden typ tak aby vyšla co nejlíp dotace. Myslím, že to vychází nejlíp, když je to 1,5 násobku instalovaného výkonu na panelech přibližně

## **PŘÍLOHA Č. 4: Přepsané odpovědi zaměstnance P3**

Délka rozhovoru: 10 min

OS = Ondřej Skoupý

P3 = Projektant FVE, obchodní jednatel

Rozhovor probíhal po předešlé domluvě po telefonu. Zaměstnanec byl obeznámen s informací, že rozhovor se bude nahrávat na mobilní telefon a souhlasila s tím.

**OS:** Jaké požadavky nejčastěji zaznívají ze stran investorů při plánování a návrhu fotovoltaických elektráren?

**P3:** Aby to bylo co nejrychleji na střeše za co nejméně peněz. No potom jsou tady i někteří investoři, kteří už při koupi myslí na to, jak by systém mohli v budoucnu vylepšit nebo rozšířit. Takže se třeba rozhodnou pro řešení, které se bude dát snadno upgradovat. Pak zjistí, kolik je s tím práce a vykašlou se na to.

**OS:** Za jaké podmínky se investoři rozhodují pro bateriové uložení?

**P3:** No vždy hraje roli cena, ale díky dotacím je to jednodušší ve většině případů to navrhuji již s baterkami a jen pokud si zákazník řekne tak je tam nedáváme.

**OS:** Ovlivňují požadavky investora provozní režim FVE?

**P3:** Když někdo investuje do fotovoltaických panelů, má obvykle nějaký plán nebo představu, co od toho chce. A podle toho se pak všechno nastavuje. Když investor chce hlavně vytěžit co nejvíce peněz, bude chtít, aby systém byl co nejvýkonnější. Prodával energie za co nejlepší cenu a podobně. Ono se to potom upravuje dodatečně.

**OS:** Jakým způsobem se přistupuje k údržbě a servisu FVE, po dobu její životnosti?

**P3:** Po 2 letech většinou děláme servis, pokud je to v záruce není co řešit, pokud je to po záruce zákazník to musí zaplatit

**OS:** Jak se určuje počet FV panelů na instalaci?

**P3:** Podle spotřeby objektu, stačí mi poslední tři zimní měsíce to bývá největší spotřeba potom se to musí napasovat na barák. Pokud se to neveleze na střechu může se to třeba hodit na garáž a podobně.

**OS:** Jeká typy FV panelů se využívají a od jakých výrobců?

**P3:** Co je nejlevnější a co je zrovna rychle dostupný.

**OS:** Podle čeho se určuje střídač?

**P3:** Já používám Goodwe 5 a 8 kW to na rodinný domy nejčastěji stačí. Jinak bereš výkon z panelů a z baterek.

**OS:** Jaký typy střídačů se využívají a od jakých výrobců?

**P3:** Goodwe nic jiného nepoužívám.

**OS:** Jak se určuje velikost bateriového uložení?

**P3:** Podle spotřeby baráku, pokud ti nestačí plocha tak se to řeší baterkami dá se nakupovat energii za levno a potom ji požit na pokrytí. Jinak dobrý je mít výkon co máš na střeše mít i v baterkách

**OS:** Jaký typy baterií se využívají a od jakých výrobců?

**P3:** To, co podporuje Goodwe

## **PŘÍLOHA Č. 5: Přepsané odpovědi zaměstnance P4**

Délka rozhovoru: 16 min

OS = Ondřej Skoupý

P4 = Projektant FVE, obchodní jednatel, vedoucí realizace

Rozhovor probíhal po předešlé domluvě po telefonu. Zaměstnanec byl obeznámen s informací, že rozhovor se bude nahrávat na mobilní telefon a souhlasila s tím.

**OS:** Jaké požadavky nejčastěji zaznívají ze stran investorů při plánování a návrhu fotovoltaických elektráren?

**P4:** Záleží zákazník od zákazníka. V poslední době se setkávám, aby to bylo co nejrychleji, klasika včera bylo pozdě.

**OS:** Za jaké podmínky se investoři rozhodují pro bateriové uložení?

**P4:** U nás standardně navrhujeme už s baterkami, dá se díky tomu spoustu věcí dořešit dodatečně. Pokud samozřejmě zákazník nechce tak mu je tam nedáváme, ale je o to pak snížená dotace.

**OS:** Ovlivňují požadavky investora provozní režim FVE?

**P4:** Ve většině případů spíš ne. Co spíš zákazník hodně ovlivňuje, je životnost baterek nejlepší je, když dojedou elektroautem a nechají ho přes noc nabíjet přes baterky a baterky kompletně vytaví.

**OS:** Jakým způsobem se přistupuje k údržbě a servisu FVE, po dobu její životnosti?

**P4:** No, jelikož to ve většině případu montujeme, chceme to i servisovat. Pokud se domluvíme se zákazníkem servis je jednou za 2-3 roky. Jinak si to musí řešit sám, ale ve většině případů pak volají nám.

**OS:** Jak se určuje počet FV panelů na instalaci?

**P4:** Počet solárních panelů pro instalaci určuji na základě několika klíčových faktorů. Nejprve provedu analýzu spotřeby energie v domácnosti, abych pochopil energetické potřeby objektu. Dále zohledním geografickou polohu, orientaci střechy a její sklon, což mi pomáhá odhadnout dostupné množství slunečního záření. V neposlední řadě



zohledním i lokální regulace a předpisy. Počet panelů musí odpovídat i stavebním omezením a estetickým preferencím zákazníka.

**OS:** Doplnující otázka, jak postupujete v případě, pokud nevíte spotřebu energie domácnosti?

**P4:** Když nevím přesná čísla, můžu se podívat na to, kolik obvykle spotřebují podobné domácnosti. Je to trochu jako hádání, ale opírám se o nějaké ty statistiky, co se běžně používají. Když nemám čísla, můžu aspoň spočítat, co všechno doma mají a jak moc to žere energii. Přičtu televizi, ledničku, pračku a tak dál a dostanu aspoň nějaký odhad. Můžu se taky zeptat majitelů, jaký mají životní styl, kolik jsou doma, jestli hodně cestují atd. To mi dá aspoň nějakou představu. Takže i když nemám přesné údaje, snažím se to vzít z různých stran, abych nakonec našel nejlepší řešení. A když to nevyjde na první pokus, vždycky se dá systém vyladit později.

**OS:** Jeká typy FV panelů se využívají a od jakých výrobců?

**P4:** Jinkosolar, Longi kolega myslím, že používá Cannadian solar, ale hlavní je dostupnost, co zrovna mají.

**OS:** Podle čeho se určuje střídač?

**P4:** První věc, na kterou se dívám, je celková instalovaná kapacita fotovoltaických panelů. Střídač musí být schopen zvládnout maximální výkon, který systém může vyprodukovat, a to nejen v píkových hodinách. Jestli zákazník uvažuje o rozšíření systému v budoucnu, chci vybrat střídač, který to umožní. Takový střídač by měl mít dostatečnou kapacitu nebo podporovat paralelní zapojení.

**OS:** Jaký typy střídačů se využívají a od jakých výrobců?

**P4:** Záleží, pro koho se dělá projekt, pokud je to pro nás montujeme dva typy střídačů, protože na to máme školení. Pokud je požadavek od zákazníka na speciální střídač tak mu to klidně spočítám, ale většinou to nemontujeme, protože bychom pak museli shánět někoho kdo nám to přijde namontovat a zkontrolovat.

**OS:** Jak se určuje velikost bateriového uložení?

**P4:** Když mám určit, jak velké bateriové uložení potřebujeme pro fotovoltaický systém, podívám se na několik klíčových věcí. Spotřeba energie: To je základ. Kolik energie

domácnost spotřebuje, hlavně když nejsou online solární panely, jako večer nebo v noci? To mi dá první nápad na to, kolik energie potřebujeme mít uloženou. Musím taky vědět, kolik energie můžou panely vyrobit během dne. Chci se ujistit, že baterie budou dost velké na to, aby uchovávaly přebytečnou energii, která se nevyužije hned. Také zvažuji, jak se mohou potřeby domácnosti změnit. Jestli plánují pořídit elektromobil nebo jakékoli další velké spotřebiče, které zvýší jejich celkovou spotřebu energie, mělo by se to promítnout do velikosti uložení.

**OS:** Jaký typy baterií se využívají a od jakých výrobců?

**P4:** Přesný typy vám teď neřeknu. Jde tam hlavně o výkon nejčastěji využíváme bateriové bloky je tam nejjednodušeji instalace pro kluky.

## **PŘÍLOHA Č. 6: Přepsané odpovědi zaměstnance P5**

Délka rozhovoru: 15 min

OS = Ondřej Skoupý

P5 = Projektový manager, vedoucí projektového týmu, zakladatel společnosti

Rozhovor probíhal po předešlé domluvě po telefonu. Zaměstnanec byl obeznámen s informací, že rozhovor se bude nahrávat na mobilní telefon a souhlasila s tím.

**OS:** Jaké požadavky nejčastěji zaznívají ze stran investorů při plánování a návrhu fotovoltaických elektráren?

**P5:** Většinou je největším cílem co nejvíc ušetřit, a to se vztahuje na pokrytí jejich spotřeby kromě spotřeby tak v poslední době se setkáváme čím dál častěji s požadavkem na přípravu pro elektroauto.

**OS:** Za jaké podmínky se investoři rozhodují pro bateriové uložení?

**P5:** Tak ve většině případů nebo s tím co se já setkávám je, že zákazník chce i baterky, a to z toho důvodu, protože je potom schopen dosáhnout na větší dotaci. Ve výsledku je to pro něj výhodnější, ale samozřejmě pokud zákazník nechce tak bateriový úložník neuděláme. Nicméně fotovoltaika bez baterek se montuje ojedinelé.

**OS:** Ovlivňují požadavky investora provozní režim FVE?

**P5:** Ono to pak hodně záleží na distributorovi té sítě zákazník si s ní musím uzavřít smlouvu kde vlastně má výhodnější tarif pro prodej do sítě, ale to se v dnešní době, už moc často nestává, protože ten trh je přeplněný. Většina těch zákazníků chce jenom pokrýt svoji spotřebu, takže nějak extra nezasahují do těch provozních režimů té fotovoltaiky.

**OS:** Jakým způsobem se přistupuje k údržbě a servisu FVE, po dobu její životnosti?

**P5:** Tak může nastat cokoliv může například odejít střídač tak se potom servisuje střídač to samé se může stát i s baterkami. Baterky mají řídicí jednotku tam zas může nastat nějaká závada, prostě se může objevit cokoliv. Pak se to musí vyměnit, jak k tomu přistupujeme, většinou k tomu přistupujeme tak, že montáž je součástí dotace

nebo snažíme se tu montáž narvat do té dotace. Potom je potřeba rozlišovat, jestli je záruka se domluvila s tím zákazníkem jako od nás, nebo je to záruka jenom toho zařízení, pokud je záruka domluvená s námi tak to není problém, objednáme přijedeme vyměníme a pokud je to nějaký pozáruční servis tak se to musí samozřejmě zaplatit.

**OS:** Jak se určuje počet FV panelů na instalaci?

**P5:** Běžně se to určuje, jak už bylo zmíněno v nějaké předchozí otázce podle roční spotřeby objektu nebo spíš spotřeby zákazníka. Samozřejmě v tom hraje roli, pokud zákazník má přání na vyšší výkon je to hodně o domluvě, pokud chce zákazník maximum tak mu tam dáme maximum. Jediné, co ovlivňuje maximální hodnotu je výkon střídače většinou maximum je 8 kW samozřejmě existují výkonnější, jako třeba 15 kW, ale ty se už nedávají na rodinné domky ty se nejčastěji používají na haly či bytové jednotky

**OS:** Jeká typy FV panelů se využívají a od jakých výrobců?

**P5:** No takhle z hlavy to je celkem těžký... takže myslíš že používáme Jinkosolar, Longi ty asi nejčastěji. Minulosti tam ještě byl Cannadian solar a Axipremium. A ještě Axltec ale nejčastěji Longi a Jinko.

**OS:** Podle čeho se určuje střídač?

**P5:** Tak převážně to určuje výkon panelu a potom baterka, pokud zákazník chce jít kompletně soběstačné co se týče elektřiny tak dáváme větší bateriové úložiště ten střídač to musíš zvládnout výjimečně tam hraje role vzhled, jak to bude vypadat na stěně, ale to je výjimečný.

**OS:** Jaký typy střídačů se využívají a od jakých výrobců?

**P5:** Tak výrobci Solax a GOODW víceméně jen tyhle ty dva existují pár instalací kde jsme dali něco jiného, ale to je vždycky jen na přání investora myslím, že ta značka se jmenovala Victron protože mají kompletně programovatelné střídače, ale to většina zákazníků nepotřebuje.

**OS:** Jak se určuje velikost bateriového úložiště?

**P5:** Je to podle panelů na střeše a podle roční spotřeby nedá se to určitě procentuálně prostě že bychom řekli, že baterky musí pokrýt 80% z výkonu panelu ale je to

o optimalizaci spotřeby a výroby občas se stává že dodáváme baterky dodatečně nebo naopak že dodáváme panely dodatečně.

**OS:** Jaký typy baterií se využívají a od jakých výrobců?

**P5:** Takže převážně značka Solex a Pylontech S tím že ti Pylontech jsou převážně pro tu značku GOODW U těch baterek značky SOLAX je jedna řídicí jednotka takzvaně master baterka ostatní se chovají jako slave maximálně jdou zapojit 3 do sebe