



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

## ENERGETICKÝ ÚSTAV

ENERGY INSTITUTE

## FOTOVOLTAICKÝ SYSTÉM PRO RODINNÝ DŮM

PHOTOVOLTAIC SYSTEM FOR A FAMILY HOUSE

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Vojtěch Hájek

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Filip Toman, Ph.D.

BRNO 2024



# Zadání bakalářské práce

Ústav: Energetický ústav  
Student: **Vojtěch Hájek**  
Studijní program: Základy strojního inženýrství  
Studijní obor: Základy strojního inženýrství  
Vedoucí práce: **Ing. Filip Toman, Ph.D.**  
Akademický rok: 2023/24

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

## Fotovoltaický systém pro rodinný dům

### Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Většina zákazníků od fotovoltaických systému očekává úsporu. Přesto že jsou tyto systémy relativně nákladné na pořízení, jejich ceny stále klesají a elektřina nebo teplo, kterou systém v příštích desetiletích vyrobí, je téměř zdarma. Dopočítat se přesné úspory i doby návratnosti je u domácí fotovoltaiky je ovšem někdy obtížné. Do hry vstupuje řada proměnných – namátkou pořizovací cena, spotřeba elektřiny, míra využití vyrobené elektřiny, lokalita domu, stínění, cena elektřiny ze sítě, dotace a další.

### Cíle bakalářské práce:

- Stručná rešerše komponent fotovoltaického systému.
- Návrh fotovoltaického systému pro konkrétní rodinný dům.
- Ekonomické posouzení navrhnutého řešení.

### Seznam doporučené literatury:

LIBRA, Martin a Vladislav POULEK. Fotovoltaika: teorie i praxe využití solární energie. Praha: Ilsa, 2009. ISBN 978-80-904311-0-2.

TUHÝ, Vít. Fotovoltaika – novodobý krajinný prvek ČR. Praha, 2012. 76 s. Bakalářská práce (Bc.) Vysoká škola ekonomická v Praze, Podnikohospodářská fakulta, Podniková ekonomika a management.

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

V Brně, dne

L. S.

---

doc. Ing. Jiří Pospíšil, Ph.D.  
ředitel ústavu

---

doc. Ing. Jiří Hlinka, Ph.D.  
děkan fakulty

## **ABSTRAKT**

Tato bakalářská práce se zabývá využitím fotovoltaického systému pro snížení závislosti rodinného domu na externí dodávce elektřiny a dosažení finanční úspory. V rámci návrhové části práce byly vytvořeny specifické koncepty fotovoltaických systémů. Hlavním cílem je minimalizovat náklady na elektřinu a zároveň maximalizovat využití obnovitelných zdrojů energie. Tyto koncepty jsou navrženy tak, aby došlo k většinové, nikoliv úplné nezávislosti na elektřině ze sítě. Dále byly návrhy porovnány na základě finanční náročnosti, energetického výnosu nebo velikosti potenciální úspory. Dosažené výsledky umožňují identifikovat vhodný návrh pro konkrétní rodinný dům v závislosti na energetických potřebách a finančních možnostech majitele. Zároveň ukazují na vliv dotací na celkovou návratnost investice do projektu.

### **Klíčová slova**

Elektrická energie, Fotovoltaika, Fotovoltaický systém, Fotovoltaický článek, Solární modul

## **ABSTRACT**

This bachelor thesis explores the utilization of a photovoltaic system to reduce a family house's dependency on external electricity supply and achieve financial savings. Within the design section of the thesis, specific concepts of photovoltaic systems were developed. The primary objective is to minimize electricity costs while maximizing the use of renewable energy sources. These concepts are designed to achieve a major, rather than complete independence from grid electricity. Furthermore, the proposals were compared based on financial requirements, energy yield, and potential savings. The obtained results allow for the identification of a suitable proposal for a specific family house based on its energy needs and the owner's financial capabilities. Additionally, the study demonstrates the impact of subsidies on the overall return on investment in the project.

### **Keywords**

Electrical energy, Photovoltaics, Photovoltaic system, Photovoltaic cell, Solar module

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

HÁJEK, Vojtěch. *Fotovoltaický systém pro rodinný dům* [online]. Brno, 2024 [cit. 2024-05-14]. Dostupné z: <https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/156790>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Energetický ústav. Vedoucí práce Filip Toman.

## **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „*Fotovoltaický systém pro rodinný dům*“ vypracoval samostatně s použitím literatury a informací, na něž odkazuji.

-----  
Datum

-----  
*Jméno a příjmení*

## **PODĚKOVÁNÍ**

Děkuji tímto vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Filipu Tomanovi, Ph.D. za odborné rady, připomínky, komentáře a čas, který mi během psaní bakalářské práce věnoval.



## OBSAH

ÚVOD.....	11
1 Komponenty Fotovoltaického systému .....	12
1.1 Fotovoltaický Článek.....	12
1.1.1 Monokrystalické články .....	12
1.1.2 Polykrystalické články.....	12
1.1.3 Amorfní křemíkové články.....	13
1.1.4 Tenkovrstvé články CIS .....	13
1.1.5 Tenkovrstvé články CdTe.....	13
1.2 Solární modul .....	14
1.3 Střídače .....	15
1.3.1 Střídače s transformátorem.....	15
1.3.2 Střídače bez transformátoru .....	15
1.4 Optimizéry .....	16
1.5 Akumulátory elektrické energie .....	16
1.5.1 Virtuální baterie .....	17
1.5.2 Fyzické baterie.....	17
1.6 Nosné konstrukce .....	17
1.6.1 Konstrukce na šikmé střeše .....	18
1.6.2 Konstrukce na ploché střeše .....	18
1.6.3 Konstrukce na fasádě.....	19
2 Návrh konceptů fotovoltaického systému .....	20
2.1 Charakteristika vybraného objektu.....	20
2.2 Návrh rozmístění PV modulů na střeše .....	21
2.3 Cenová nabídka a charakteristika konceptu .....	22
2.3.1 Systém s akumulací do baterií .....	22
2.3.2 Systém bez akumulace do baterií .....	23
2.3.3 Systém s akumulací do baterií a podporou elektromobility .....	24
2.3.4 Malý fotovoltaický systém s bateriovým uložištěm .....	26
3 Ekonomické zhodnocení jednotlivých návrhů .....	28
3.1 Určení vstupních hodnot pro výpočet návratnosti.....	28
3.1.1 Určení ceny elektřiny.....	28
3.1.2 Volba řešení přetoků.....	28
3.2 Kalkulace návratnosti jednotlivých návrhů .....	28
3.3 Zhodnocení návrhů .....	30
ZÁVĚR.....	32
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	33
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....	35
SEZNAM OBRÁZKŮ .....	36
SEZNAM TABULEK .....	37
SEZNAM PŘÍLOH .....	38



## ÚVOD

Obnovitelné zdroje energie jsou v současné době předmětem mnoha diskusí, nejen v politických kruzích. Hlavním důvodem je velký potenciál využitelnosti těchto zdrojů, a zároveň snaha naleznout adekvátní náhradu za neobnovitelné zdroje, jako jsou fosilní paliva.

Jedním z těchto obnovitelných zdrojů je solární energie ze Slunce, která dopadá přímo na povrch Země a stává se stále populárnější alternativou k tradičním zdrojům elektřiny. V technické praxi se solární energie nejčastěji spojuje s pojmem Solární elektrárna, která dopadající sluneční záření přeměňuje na elektrický proud. Tyto elektrárny mají širokou škálu využití. S jejich pomocí je například možné vyrábět a používat elektřinu v místech, kde není možné dodávat energii přímo ze sítě, ať už se jedná o odlehlé oblasti, těžko přístupná místa nebo třeba ostrovy vzdálené daleko od pevniny. Dalším častým využitím je vytvoření samostatných zařízení, která si pomocí solární energie dobíjí akumulátor, který je následně napájí. Často se tento typ konstrukce v současnosti objevuje na pouličním osvětlení, SOS telefonech na dálnicích nebo také na kapesních kalkulačkách. V době zvyšujících se cen většiny energií se Solární elektrárny staly velmi vyhledávanou možností investice pro firmy a domácnosti s vidinou snížení závislosti na dodavateli energie a s návratností investice během několika let. Řada zákazníků však neuvažuje, zda se jim fotovoltaika skutečně vyplatí nebo jestli vyrobenou energii vhodně zpracují, jelikož, krom počasí, výkon fotovoltaiky závisí především na konstrukčních vlastnostech objektu, na který je fotovoltaika instalována.

Cílem této bakalářské práce je navrhnout fotovoltaický systém pro rodinný dům, za účelem snížení závislosti na elektrické energii od dodavatele a dosáhnout co nejkratší předpokládané doby návratnosti investice. K dosažení tohoto cíle budou analyzovány a porovnány různé varianty fotovoltaických systémů v závislosti na jejich výkonnosti, nákladech a jejich předpokládané úspornosti.

První kapitola se zabývá součástmi fotovoltaického systému, v níž jsou přiblíženy vlastnosti jednotlivých komponent a popis jejich funkce. Dále tato kapitola umožňuje pochopit skladbu a fungování fotovoltaických systémů.

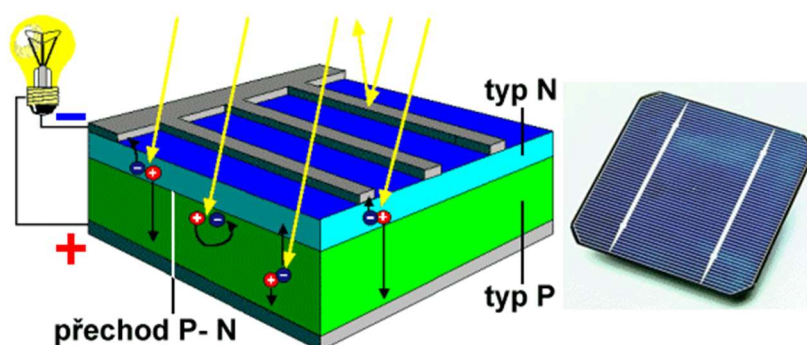
Druhá kapitola se zaměřuje na konkrétní návrhy fotovoltaického systému pro konkrétní rodinný dům. Bude provedeno detailní představení jednotlivých konceptů z hlediska výkonu systému a požadované investice do projektu.

Třetí a poslední kapitola představuje způsob výpočtu návratnosti investice v rámci Bakalářské práce a následně se zaměřuje na porovnání návratností jednotlivých návrhů v závislosti na přítomnosti či absenci dotací. Následně jsou diskutovány doporučení pro volbu optimálního řešení.

## 1 Komponenty Fotovoltaického systému

### 1.1 Fotovoltaický Článek

Základním prvkem fotovoltaiky je fotovoltaický článek (PV článek). Jedná se v podstatě o polovodičovou diodu. Klasické krystalické solární články se skládají ze dvou křemíkových vrstev, které jsou rozdílně dotovány. Horní vrstva, která je vystavena slunečnímu svitu, je dotována záporně (vodivost typu N) pomocí fosforu, dolní vrstva je kladně dotována bórem (vodivost typu P). Tyto vrstvy jsou od sebe odděleny pomocí P-N přechodu. Na přední i zadní stranu článku jsou umístěny kovové elektrody, které umožňují odběr elektrického proudu z článku. Přední elektroda má zpravidla tvar mřížky, jelikož je třeba, aby zabírala co nejmenší plochu, naopak na zadní straně se používají celoplošné elektrody. Z důvodu zvýšení množství absorbovaných fotonů, se na povrch článku nanáší antireflexní vrstva [1,2].



Obrázek 1.1 Schéma PV článku [2].

#### 1.1.1 Monokrystalické články

Jedním z nejrozšířenějších typů jsou články monokrystalické, které se skládají z jediného krystalu. Vyrábí se většinou ve tvaru čtvercovém s ostrými nebo se zaoblenými rohy (tzv. semisquare). Délka hrany je 10, 12,5 nebo 15 cm. Alternativou mohou být i oblé nebo také šestihranné články, kde je výhodou především menší spotřeba materiálu na výrobu. Monokrystalické články mají tmavě modrou až černou barvu. Jejich výhodou je poměrně vysoká účinnost, kdy v laboratorních podmínkách dosahují až 21 % a jejich průměrná účinnost se pohybuje mezi 15 až 17 % [1].

Monokrystalické PV články se vyrábí pomocí řezání křemíkových ingotů. Jedná se o válce z monokrystalického křemíku, jejichž průměr se pohybuje kolem 14 mm, dosahují délky minimálně 80 cm a váží cca 100 kg [3]. Tyto ingoty jsou následně příčně rozřezávány na malé destičky, jejichž tloušťka se může pohybovat kolem 100  $\mu\text{m}$ . Destičky jsou též nazývány jako wafery a tvoří základní prvek PV článku [4].

#### 1.1.2 Polykrystalické články

Druhým velmi rozšířeným druhem jsou články polykrystalického typu. Skládají se z většího počtu křemíkových krystalů a jsou typické svou modře třpytící se strukturou. Články mívají čtvercový nebo obdélníkový tvar a jejich účinnost se pohybuje mezi 13-16 %.

Hlavní výhodou polykrystalických článků v porovnání s články monokrystalickými je podstatně nižší nákladnost výroby. Nejčastěji se používá technologie blokového lití, kde vznikají křemíkové bloky, které se následně rozřežou na tyče a ty pak na destičky. Druhou výhodou výroby článků z polykrystalického křemíku je menší spotřeba materiálu [1].



Obrázek 1.2 Porovnání Monokrystalického (vlevo) a polykrystalického (vpravo) článku (upraveno) [5].

### 1.1.3 Amorfni křemíkové články

Jedná se o první typ tzv. tenkovrstvých solárních článků. Tyto články jsou podstatně levnější než články krystalické. Mezi pozitivní vlastnosti těchto článků patří nižší citlivost na teplotu a zastínění než u krystalických článků, ale bohužel jejich účinnost je podstatně nižší [1].

Články z amorfniho křemíku jsou typicky požívány v kapesních počítačích nebo např. na hodinkách. Výroba amorfniho křemíku probíhá ve vakuu při teplotách jen kolem 200 °C. Tento dotovaný křemík má velmi krátkou difúzní vzdálenost, a proto se mezi vrstvy P a N vestavuje intrinsická (nedotovaná) vrstva, ve které nosiče náboje vydrží podstatně delší dobu. V průběhu prvních několika měsíců provozu podstatně klesá účinnost amorfniho článků (tzv. Staeblerův – Wronského jev). Maximální účinnost se tak pohybuje kolem 10 % [1].

### 1.1.4 Tenkovrstvé články CIS

Jedná se o neúčinnější tenkovrstvou technologii fotovoltaických článků současnosti, která dosahuje účinnosti až 11%. Její charakteristikou je nanášení absorpční vrstvy CIS (dvojselenid mědi-india) na nosné sklo ve vakuové komoře při teplotě cca 500 °C. Články CIS na rozdíl od článků z amorfniho křemíku nepodléhají procesu stárnutí. Nevýhodou však je nestabilita vůči vlhkému prostředí. Tento nedostatek se eliminuje především pomocí kvalitního zapouzdření článku. Moduly z těchto článků jsou tmavošedé až černé [1].

### 1.1.5 Tenkovrstvé články CdTe

Články na bázi CdTe (telurid kademnatý) jsou také účinnější než amorfni PV články. Výroba probíhá vakuovou metodou při cca 700 °C. Mají tmavě zelenou lesknoucí se až černou barvu a především během 1. desetiletí 21. století se jednalo o majoritní typ tenkovrstvých PV článků [1].

## 1.2 Solární modul

Fotovoltaické články dosahují v dnešní době výkonu až 4 W a jejich napětí je 0,5 V. Aby bylo možné napájet spotřebiče a součástky běžných napětí, sestavují se články pomocí paralelních a sériových zapojení do solárních modulů (panelů). Zapojení článků do série se též označuje jako „String“. Zapojení probíhá tak, že přední kontakty článku se připájí k zadnímu kontaktu článku následujícího. Tento proces je zcela automatický. Začátek a konec jednotlivých stringů je vyveden na elektrický vývod z modulu. U tenkovrstvých článků neprobíhá proces pájení, jelikož články jsou napařovány přímo na skleněnou destičku a během nanášení v pruzích jsou přímo zapojovány do série [1].

Solární panely se obvykle skládají ze 4 nebo 8 řad PV článků vedle sebe. Články se zapustí do etylen – vinyl – acetátu (EVA), který chrání články před negativními vlivy okolního prostředí, jako jsou vlhkost, povětrnostní vlivy a mechanické namáhání. Tato vrstva zároveň funguje jako izolace. Články se následně zapouzdří a tím vznikají typické obdélníkové rozměry panelů. Typické provedení solárního modulu je na obr. 1.3 [6]. Zapouzdření se uskutečňuje mezi skleněnou destičku na přední straně a fólii z umělé hmoty na zadní straně. Na přední sklo se používá speciální, tvrzené solární sklo, které je typické nízkým obsahem oxidu železa, díky této vlastnosti je vysoce propustné. Zadní strana modulu, lze nahradit druhým sklem, pak se hovoří o tzv. dvojitých skleněných modulech. Nejčastější variantou jsou moduly s hliníkovým rámem, jehož funkcí je především ochrana citlivých hran skla a zjednodušení montáže modulu. Existují i moduly bezrámové (tzv. lamináty) [1].

Další důležitou součástí solárního modulu je připojovací krabice, která je vyrobena z umělé hmoty, která je tepelně stabilní a odolná vůči UV záření. V této krabici se nachází připojovací svorky a obtokové diody. Pomocí svorek se následně propojuje více modulů. Krabice jsou také opatřeny připojovacími kabely s konektory umožňujícími jednoduché propojování jednotlivých modulů. Konektory jsou zabezpečeny proti dotyku a následnému přepólování [1].

Standartní moduly mají obvykle výkon do 450 W [7], plochu od 0,6 do 2 m<sup>2</sup> a hmotnost 8 až 25 kg, tudíž manipulace s moduly je relativně snadná. Design modulů lze jednoduše ovlivnit pomocí různobarevných fólií na zadní straně nebo speciálním řešením rámu. Příkladem mohou být solární střešní tašky (viz. Obr. 1.4 [8]), které mohou nahradit typickou střešní krytinu nebo moduly bez skla, kde jsou články zalaminovány mezi dvěma fóliemi. Tímto způsobem se dají vyrábět i ohebné, či nerovinné moduly [1].



Obrázek 1.3 Fotovoltaický modul od firmy Sunergy [6].



Obrázek 1.4 Solární taška od firmy WATTControl [8].

### 1.3 Střídače

Střídače neboli měniče, jsou jednou z nejdůležitějších součástí fotovoltaického systému. Jejich hlavní funkcí je přeměna stejnosměrného proudu (DC), který je vyroben v solárních modulech na proud střídavý (AC) a zároveň jej přizpůsobují na frekvenci a napětí odpovídající dané síti. Účinnost střídačů je velmi vysoká, a proto převod proudu probíhá s minimálními ztrátami. Menší fotovoltaiky do výkonu 5 kWp nebo do plochy modulů cca 50 m<sup>2</sup> mají střídač napojen na síť jednofázově. U větších výkonu se volí třífázové měniče, které napájí všechny tři fáze sítě stejně [1].

Zatímco životnost solárních modulů se pohybuje mezi 25-30 lety, životnost střídačů je odhadována na 5 až 8 let, jedná se tak o součást fotovoltaiky s největší pravděpodobností poruchy. Proto se po deseti letech provozu přistupuje k opravě nebo úplné výměně střídače [1].



Obrázek 1.5 Trojfázový střídač od firmy GOODWE [9].

#### 1.3.1 Střídače s transformátorem

Prvním konstrukčním řešením jsou střídače s transformátorem. Transformátor může být nízkofrekvenční (nf) nebo vysokofrekvenční (vf). Transformátory nf mají značné ztráty výkonu, jsou vcelku hlučné a mají velké rozměry a hmotnost. Vysokofrekvenční transformátory jsou naopak menší a účinnější, ale vyžadují nákladnou výkonovou elektroniku. Obecnou výhodou transformátorových střídačů je bezpečnost, kde transformátor zajišťuje tzv. galvanické oddělení, kdy primární a sekundární strana transformátoru nemají vodivé propojení [1].

#### 1.3.2 Střídače bez transformátoru

Stále populárnějším typem střídačů jsou střídače bez transformátoru. Jejich nespornou výhodou je vyšší účinnost a menší rozměry a hmotnost než v případě střídačů s transformátorem. Absence transformátoru v konstrukci má za následek některé nevýhody tohoto typu střídačů, jako je například potřeba instalace dodatečné proudové ochrany, jako jsou proudové chrániče (tzv. fička) [1].

Střídače bez transformátoru se dělí na čtyři základní typy.

- Bez stejnosměrného měniče
- Se zvyšovacím měničem
- Se snižovacím měničem
- Se zvyšovacím a snižovacím měničem

## 1.4 Optimizéry

Některé komponenty nejsou nutnou podmínkou pro funkčnost fotovoltaiky jako celku, ale mohou být potřebné pro požadovaný výkon systému. Jednou z těchto komponent jsou právě optimizéry. Jedná se o malé zařízení, které se instaluje na zadní stranu solárního modulu. Hlavní funkcí optimizéru je zvýšení účinnosti solárního modulu, toto navýšení se průměrně pohybuje mezi 10 až 25 % účinnosti modulu [10].

U fotovoltaiky bez použití optimizérů je limitujícím faktorem vliv zastínění, kdy celkový výkon fotovoltaiky je ovlivněn nejslabším solárním modulem, a tak i při částečném zastínění jednoho z modulů dochází k rapidnímu poklesu výkonu celého systému. Zastínění modulu může nastat vlivem mnoha faktorů, jako jsou například mraky, stromy v okolí domu, satelity nebo antény na střeše objektu [11]. V případě použití optimizéru je ovlivněn výkon pouze zastíněného modulu, zatímco ostatní mohou nadále pracovat na 100 % svého výkonu. Optimizéry také snižují degradaci výkonu modulu v závislosti na opotřebení, kdy i po 30 letech provozu si modul může zachovat až 80 % původního výkonu. Použití optimizérů umožňuje měřit a sledovat výkon jednotlivých modulů a následně podle dat optimalizovat výrobu solární energie. Pokud v první fázi nejsou optimizéry nainstalovány do fotovoltaiky, tak se nejedná o závažný problém, jelikož je lze vcelku jednoduše do systému přidat [10].

Nevýhodou použití optimizérů je hlavně jejich cena, kdy cena optimizéru na jeden modul se pohybuje mezi 1200 až 2500 Kč za kus, což v případě instalace na všechny moduly může ovlivnit celkovou cenu fotovoltaiky. Dále je v souvislosti s optimizéry potřeba uvažovat nad volbou střídače pro fotovoltaiku, kdy zvýšení zatížení střídače vlivem zvýšeného výkonu modulů může značně zkrátit životnost střídače. Zákazník by tedy měl v první fázi uvažovat, zda jsou optimizéry nutnou součástí konkrétní fotovoltaiky nebo zda se jedná o navýšení pořizovací ceny systému, bez adekvátního navýšení výkonu [10].



Obr 1.6 Optimizér od firmy SolarEdge [12].

## 1.5 Akumulátory elektrické energie

Součástí fotovoltaiky bývají akumulátory elektrické energie (baterie). Baterie nejsou nutnou komponentou pro celkovou funkci fotovoltaiky, ale mohou mít pozitivní dopad především na návratnost investice a množství využití energie, která byla vyrobena. Funkcí baterií je uchování vyrobené elektrické energie během dne a možnost jejího využití ve večerních hodinách, kdy odběr elektrické energie v domácnostech je největší. Tato možnost zvyšuje



pořizovací cenu fotovoltaiky, ale podstatně snižuje závislost na dodavateli. Existují dva základní typy baterií, které se u fotovoltaik využívají [13,14].

### 1.5.1 Virtuální baterie

Jedná se o levnější variantu akumulace vyrobené energie, kdy přebytky z vlastní výroby jsou pouštěny zpět do sítě a v době potřeby opět čerpány od dodavatele. Tato varianta je vhodná pro zákazníky, kteří nemají prostředky nebo prostor na pořízení fyzické baterie. Virtuální baterie mají i řadu nevýhod. Zpětný odběr elektrické energie není zdarma, jelikož dodavatel má většinou tento zpětný odběr zpoplatněný. Na rozdíl od fyzické baterie, virtuální baterie přestává fungovat v případě výpadku proudu, což zanechává relativně velkou závislost na veřejné síti [13,14].

### 1.5.2 Fyzické baterie

Použití fyzické baterie je vhodné, pokud zákazník chce docílit co nejmenší závislosti na dodavateli a využívat co největší množství vyrobené energie. Při instalaci fyzické baterie je potřeba uvažovat nad jejím umístěním, jelikož baterie zabírá určitý prostor a neměla by se nacházet ve vlhkém prostředí. Baterie jsou také citlivé na teplotu, a proto je nejlepší je umístit do místností, kde nehrozí vysoká teplota vlivem přímého slunečního svitu a zároveň aby nedošlo k poklesu teploty pod bod mrazu v zimním období. Tyto faktory ovlivňují životnost baterie, která by se měla pohybovat mezi 10 až 15 lety. V dnešní době se nejčastěji používají lithiové články, které zcela nahrazují články olověné [13,14].



Obr 1.7 Baterie od firmy Solax [15].

## 1.6 Nosné konstrukce

Existuje celá řada možností, kam lze solární moduly na budovách nainstalovat. Nejčastější volbou bývají střechy, a to z mnoha důvodů, někdy se však vyplatí moduly umístit i na jiné části budovy.

### 1.6.1 Konstrukce na šikmé střeše

Šikmé střechy se objevují na většině rodinných domů a nejčastěji se setkáváme s tzv. sedlovou střechou, která je nejjednodušší na provedení. Při konstrukci fotovoltaiky na šikmou střechu záleží na tom, zda se jedná o novou stavbu nebo jestli se instalace uskutečňuje na již postavené budově [1].

V případě instalace na již existující střechu je neekonomičtější řešením tzv. řešení nad střechou. Jedná se o instalaci s minimálním zásahem do samotné střechy domu, kdy je původní střecha ovlivněna jen při instalaci montážního systému. Tento systém se skládá ze střešních háků, které se upevňují ke střešní konstrukci skrze krytinu. Na tyto háky se nainstalují montážní (nosné) lišty, na které se následně pomocí upevňovacích prvků umístí samotné moduly. Nevýhodou tohoto řešení je bez pochyb vystavení částí upevnění a kabelů vůči povětrnostním podmínkám, kvůli mezeře, která vzniká mezi moduly a střechou. Tato mezera má zároveň i svůj pozitivní vliv, kdy prouděním vzduchu mezi modulem a střechou dochází ke chlazení zadní strany modulu, které pozitivně ovlivňuje energetický výnos [1].

U nově vznikajících budov, je možné se zaměřit více na estetickou stránku instalace, jelikož je celá řada možností, jak fotovoltaiku do střechy zakomponovat. Typicky se jedná o způsob nahrazení klasické střešní krytiny, pomocí integrovaných solárních desek nebo solárních tašek. U těchto řešení je složitější zajistit odvětrávání modulu, ale konstrukce je plně chráněna před vlivem větru [1].



Obr 1.8 Ukázka sedlové střechy s integrovanými solárními panely [16].

### 1.6.2 Konstrukce na ploché střeše

O plochou střechu se obecně jedná v případě, že její sklon k vodorovné rovině je menší než  $12^\circ$ . Tyto střechy jsou vhodné pro instalace větších fotovoltaických zařízení, jelikož při jejich návrhu je možné dosáhnout maximálních výnosů vlivem konstrukce. Nejvhodnější volbou konstrukce je využití profilových lišt, jako u šikmých střech, které mají navíc nastavovací

zařízení, které zajistí ideální náklon vůči dopadajícím slunečním paprskům. Jediným rizikem nakloněných panelů je jejich vzájemné zastínění v případě velkého sklonu, i proto se např. na firemních halách často využívá větší množství modulů s menším sklonem. Nevýhodou instalace na plochou střechu je větší cenová náročnost způsobena složitější konstrukcí nosných stojanů. Dalším problémem může být nosnost střechy, která především u průmyslových budov je výrazně zatížena [1].



*Obr 1.9 Ukázka instalace fotovoltaiky na ploché střeše [17].*

### **1.6.3 Konstrukce na fasádě**

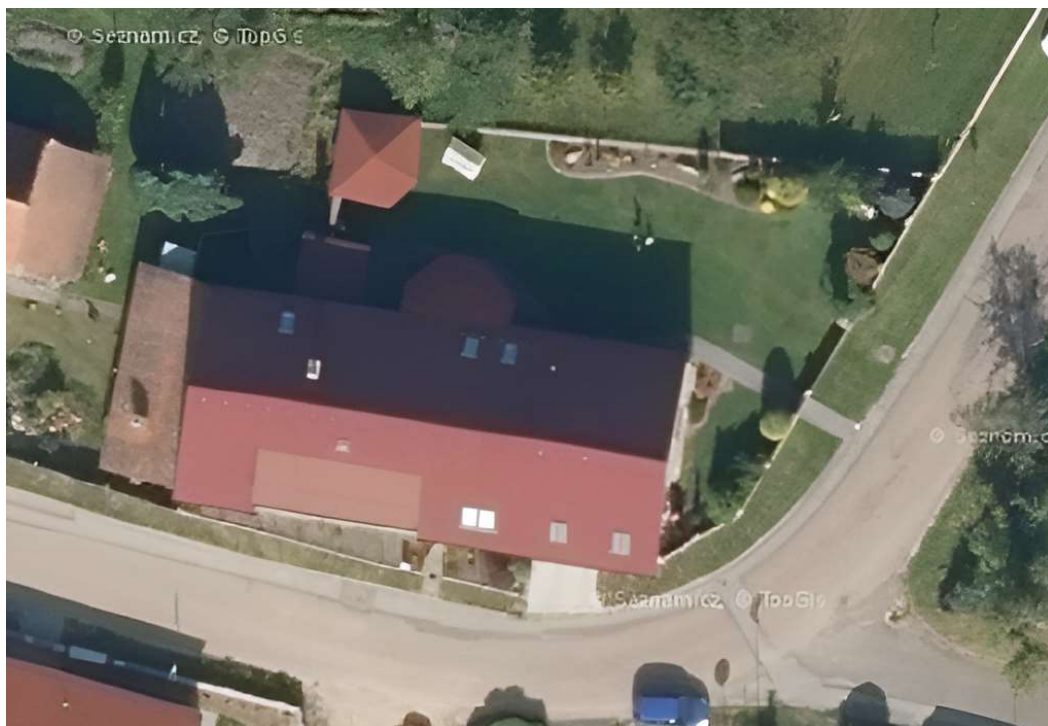
Jedná se o esteticky zajímavé zakomponování fotovoltaiky do budov, která je však dražší než klasická instalace na střeše. Zakomponování fotovoltaických prvků se využívá především u jižní stěny objektu, kde je vysoké množství dopadajícího světla, a tak tato konstrukce má ekonomický smysl [1].

## 2 Návrh konceptů fotovoltaického systému

V rámci této kapitoly budou vytvořeny návrhy možných řešení fotovoltaického systému pro konkrétní rodinný dům.

### 2.1 Charakteristika vybraného objektu

Návrh fotovoltaického systému bude tvořen pro dvoupodlažní rodinný dům se sedlovou a částečně plochou střechou, kde plocha jižní strany je  $139 \text{ m}^2$  (viz. Obr. 2.1 [18]). Střešní krytina je tvořena pálenými glazurovými taškami. Na střeše se dále nachází jeden vikýř, jeden komín a sedm střešních oken. Objekt se nachází ve východních Čechách v Pardubickém kraji v obci Týniště u Mýta poblíž města Vysoké Mýto. Souřadnice domu jsou  $50^{\circ}00'02.3''\text{N}$ ,  $16^{\circ}05'59.3''\text{E}$  a nadmořská výška je  $262 \text{ m n. m.}$  [18, 19]. Jižní část střechy obsahující i plochou část je orientována jihozápadně s azimutem  $15^{\circ}$  a sklonem šikmé části střechy  $35^{\circ}$ . Vytápění domu je zajištěno pomocí kotle na tuhá paliva a zároveň je dům vybaven plynovým kotlem na ohřev vody.



Obr 2.1 Satelitní snímek vybraného objektu z portálu Mapy.cz (upraveno) [18].

Dalším faktorem ovlivňujícím návrh fotovoltaického systému je průměrná roční spotřeba elektřiny rodinného domu. Tato spotřeba se během posledních čtyř let pohybovala mezi  $3,5 - 4 \text{ MWh}$  (viz. Tab 2.1). Na základě těchto údajů budeme následně dimenzovat výkon instalované fotovoltaické elektrárny. Výkon elektrárny budeme dimenzovat tak aby došlo k pokrytí co největšího množství roční spotřeby elektrické energie a jako referenční hodnotu budeme využívat spotřebu za loňský rok tzn.  $3,53 \text{ MWh}$ .

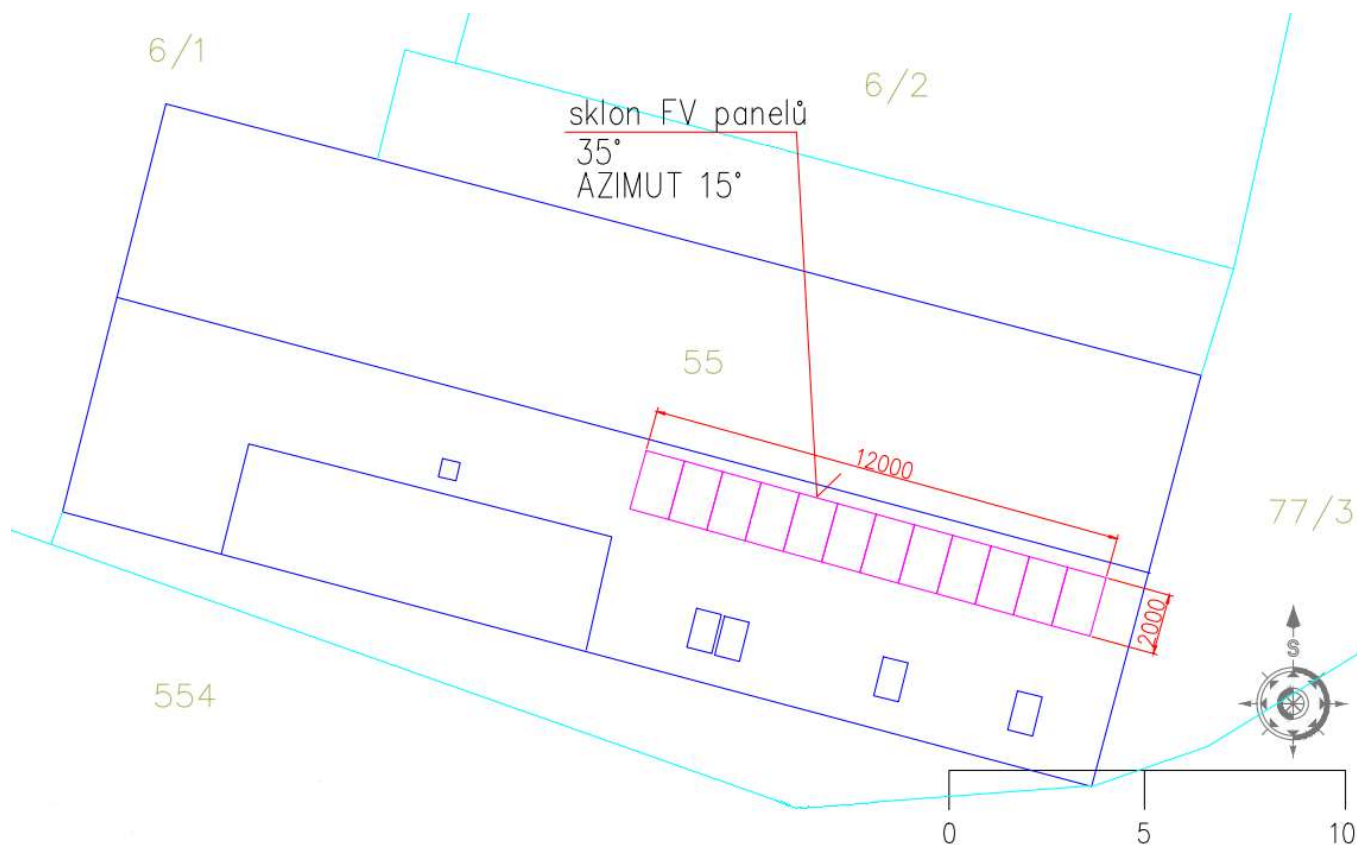


Tab. 2.1: Spotřeba elektřiny rodinného domu za poslední čtyři roky.

Období	Spotřeba elektřiny [kWh]
03/2019-03/2020	3960
03/2020-03/2021	4010
03/2021-03/2022	3560
03/2022-03/2023	3530

## 2.2 Návrh rozmístění PV modulů na střeše

Střecha rodinného domu nabízí řadu možností, kam by mohly být panely umístěny, kvůli relativně velké ploše jižní strany střechy. Jelikož se jedná o dvoupodlažní dům, tak je relativně malé riziko, že by došlo k zastínění panelů vlivem okolních budov v ulici, a tak by jediné odstínění mohlo být způsobeno pouze částí domu s plochou střechou. Samotná plochá část střechy, jejíž plocha byla změřena na 19,4 m<sup>2</sup>, by mohla být potenciálně vhodná pro umístění panelů při použití konstrukčních profilů pro rovné střechy, ale toto řešení by zvyšovalo finanční požadavky na instalaci fotovoltaiky, bez značného zvýšení vyráběné elektřiny, jelikož sklon 35°, který má šikmá část, je vyhovující. Na šikmé části je nejideálnější část vyobrazena na nákresu (obr. 2.2). V jedné řadě by se odhadem mohlo umístit až 12 panelů. V případě požadavku na větší výkon elektrárny je možné umístit druhou řadu panelů, bez rizika většího zastínění od ploché části.



Obr. 2.2 Návrh rozložení fotovoltaických panelů na střeše domu.

## 2.3 Cenová nabídka a charakteristika konceptu

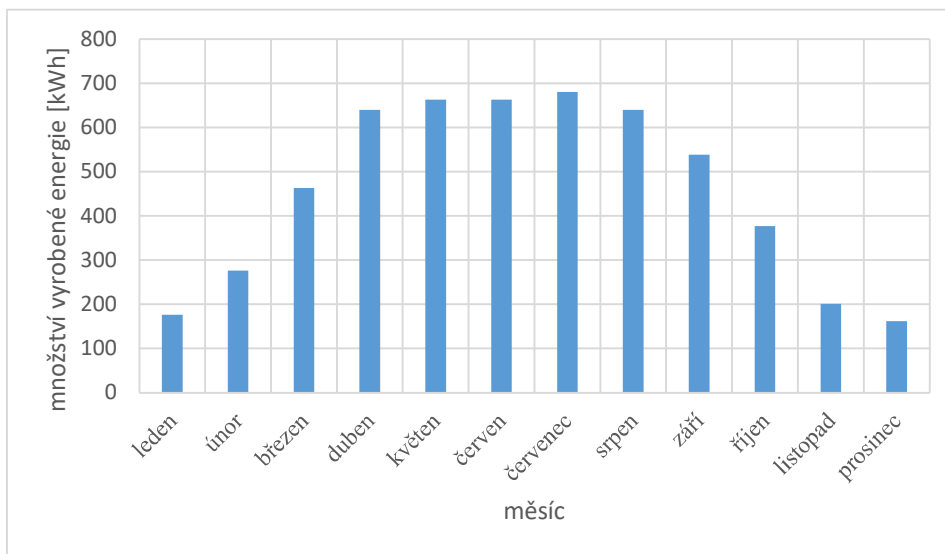
### 2.3.1 Systém s akumulací do baterií

Prvním navrhovaným konceptem je fotovoltaika s výkonem 5,16 kWp od firmy Innogy. Tento fotovoltaický systém je navrhnut tak, aby pokryl co největší spotřebu domácnosti a zároveň aby vznikaly přetoky, které by bylo možné prodávat zpět dodavateli. Systém obsahuje baterie pro akumulaci energie od firmy Pylontech s kapacitou 10,7 kWh a skládá se ze tří lithium-železo-fosfátových článků [příloha 1]. Systém obsahuje 12 fotovoltaických panelů od firmy Axitec s výkonem 430 Wp. Jedná se o panely s křemíkovými články, které jsou schopny vyrábět elektřinu na své přední i zadní straně. Panely jsou uloženy v černých hliníkových profilech [příloha 2]. Pro tento návrh byl zvolen hybridní třífázový střídač značky GoodWe. Tento střídač je bez transformátorový a dosahuje výkonu až 8 kW [příloha 3].

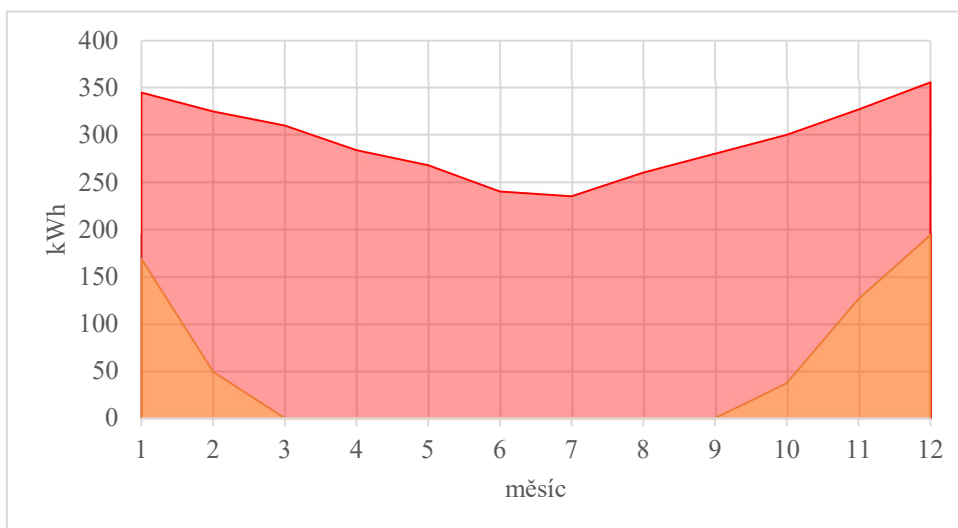
Tab. 2.2: Cenová nabídka na fotovoltaiku s akumulací do baterií od společnosti Innogy [příloha 4].

položka	cena [Kč]
Fotovoltaické panely Axitec AC-430TGB/108BB BLACK - 12 ks (špičkový výkon 430 Wp)	53 611
Střídač GoodWE 8K-ET (3f, 2 MPP, hybrid, 2,7 kW/f)	75 600
Baterie Pylontech Force H2 10,7 kWh (HV, 3 x 3,55 kWh)	155 828
Elektromateriál vč. přepětových ochran	82 645
Nosná konstrukce	23 789
Projektová dokumentace	6 384
Montážní práce	23 117
Doprava	10 192
Slevy: střídač, panely, zálohy	56 662
<b>Celková cena</b>	<b>374 504</b>
Dotace	168 840
<b>Cena po odečtení dotace</b>	<b>205 664</b>

V tabulce 2.2 je zobrazena cenová kalkulace navrhovaného fotovoltaického systému, kde celková cena po započítání dotace činí 205 664 Kč. Na obrázku 2.3 je zobrazen předpoklad množství energie, které by měla fotovoltaika vyrobit během kalendářního roku. Pro tento návrh je roční množství vyrobené energie odhadováno kolem 5,48 MWh [20]. Na obr. 2.4 je vyobrazení rozdílu spotřeby energie ze sítě s fotovoltaikou a bez ní. Celková spotřeba energie ze sítě by tak měla klesnout na hodnotu kolem 0,57 MWh, a tak by se pokrytí spotřeby z fotovoltaiky mělo teoreticky pohybovat až kolem 83 %. Zároveň by měli vznikat přetoky v hodnotách okolo 2,4 MWh.



Obr. 2.3 Odhad množství vyrobené energie z fotovoltaiky s výkonem 5,16 kWp.



Obr. 2.4 Porovnání spotřebované energie ze sítě s fotovoltaikou (oranžová) a bez fotovoltaiky (červená) o výkonu 5,16 kWp.

### 2.3.2 Systém bez akumulace do baterií

Další koncept je vytvořen na základě prvního návrhu, kdy je fotovoltaika navržena na stejný výkon 5,16 kWp. Jediným rozdílem je, že tento systém pracuje s možností virtuálního uložení, resp. neobsahuje fyzický akumulátor. To znamená že veškerá energie, která se nespotřebuje se bude posílat zpět do sítě. Návrh využívá stejné panely a stejný střídač jako návrh v kapitole 2.3.1, tudíž i cena jednotlivých položek je stejná. Velkou nevýhodou systému bez baterie je velikost dotace na fotovoltaiku. Zatímco dotace u prvního návrhu činila 168 840 Kč, tak pro bez bateriový systém byla vypočítána dotace v hodnotě 86 280 Kč. Celková cena za fotovoltaiku bez akumulace energie pak vychází na 173 798 Kč (viz. Tab. 2.3). Kvůli stejnému špičkovému výkonu fotovoltaiky se množství vyrobené energie shoduje s předchozím konceptem (viz. Obr. 2.3), ale podstatně se mění podíl spotřebované energie, kterou

fotovoltaika vyrobila, jelikož elektřina z virtuálního uložení nemusí být ta, která byla vyrobena [příloha 5].

Tab. 2.3: Cenová nabídka na fotovoltaiku bez baterií od společnosti Innogy [příloha 5].

položka	cena [Kč]
Fotovoltaické panely Axitec AC-430TGB/108BB BLACK - 12 ks (špičkový výkon 430 Wp)	53 611
Střídač GoodWE 8K-ET (3f, 2 MPP, hybrid, 2,7 kW/f)	75 600
Elektromateriál vč. přepět'ových ochran	66 982
Nosná konstrukce	23 789
Projektová dokumentace	6 384
Montážní práce	23 520
Doprava	10 192
Celková cena	260 078
Dotace	86 280
<b>Cena po odečtení dotace</b>	<b>173 798</b>

### 2.3.3 Systém s akumulací do baterií a podporou elektromobility

V dalším návrhu se opět jedná o fotovoltaiku s akumulací do baterií vytvořenou firmou, která si přeje v rámci práce zůstat v anonymitě. Z tohoto důvodu bude dále označována jako firma 3, zároveň není uveden odkaz na parametry a vlastnosti některých komponent, které se nacházeli v příloze cenové nabídky.

Specifickou vlastností tohoto návrhu je, že přidává do instalace nabíjecí stanici na elektromobil. Špičkový výkon elektrárny je navrhnut na 5,5 kWp a skládá se z deseti panelů od firmy DAH Solar. Tyto panely dosahují účinnosti až 21,09 %. Další výhodou těchto panelů je absence rámu, který bývá koncentrátorem znečištění. Nevýhodou pak je cena panelu, která se pohybuje kolem pěti až šesti tisíc korun za kus [21]. Střídač Sofar solar HYD je bez transformátorový trojfázový střídač o výkonu 10 kW. Baterie od firmy Renac řady Turbo H je modulární baterie s kapacitou 11,23 kWh, kterou lze během provozu rozšířit až na 93,5 kWh. Tato možnost poskytuje velký potenciál využití u ostrovních systémů anebo u systémů, které plánují minimalizovat závislost na dodavateli. Poslední zvláštností tohoto návrhu je nabíječka na elektromobil neboli tzv. wallbox, který může nabíjet až 2 elektromobily zároveň. Výhodou zařízení wallboxu je relativně nízká pořizovací cena, jelikož dotace na nabíjecí stanici pokrývá většinu její pořizovací ceny. Střídač, baterie a nabíječka mají vlastnost, že je možné řídit a plánovat využití energie pomocí umělé inteligence například v závislosti na předpovědi počasí.

Seznam fakturovaných položek a celková cena za tento návrh je vyobrazena v tabulce 2.4 a 2.5. Celkové předpokládané množství vyrobené za rok je na obr. 2.5 a bylo odhadnuto



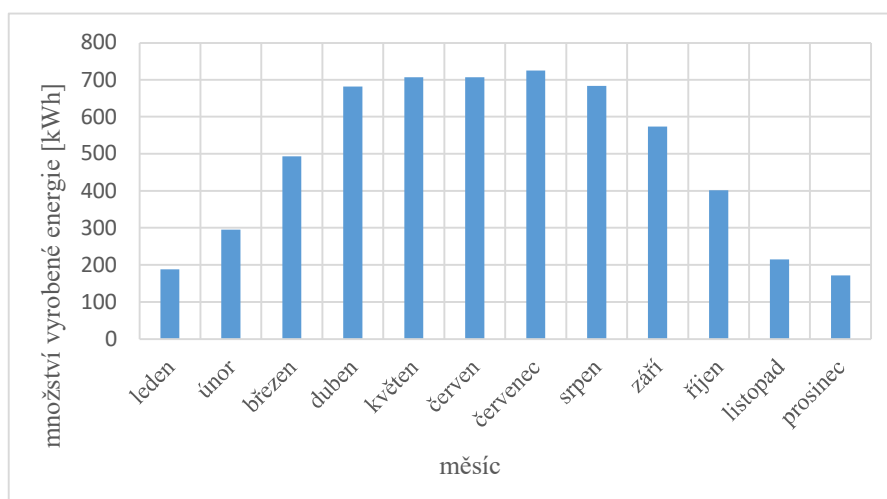
na 5,84 MWh [20]. Na obrázku 2.6 je znázorněno porovnání spotřebované energie ze sítě s fotovoltaikou a bez ní. Spotřeba energie ze sítě by se mohla snížit až na cca. 0,48 MWh. To by znamenalo že pokrytí z fotovoltaiky by se mohlo pohybovat až nad hodnotou 85 % celkové spotřeby a zároveň by vznikaly přetoky o velikosti 2,8 MWh.

Tab. 2.4: Položky cenové nabídky od firmy 3.

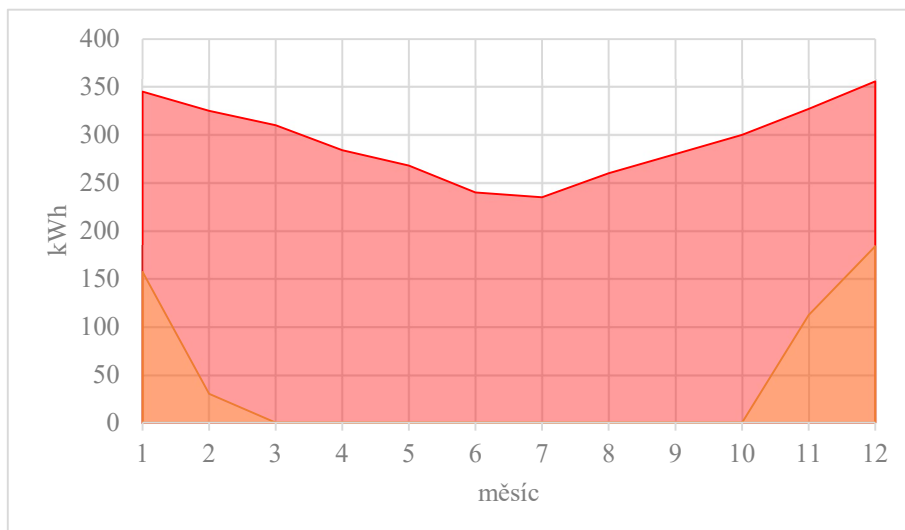
položka
Panel DAH Solar o výkonu 550 Wp (10 ks)
Hybridní asymetrický střídač Sofar Solar o výkonu 10 kW
Baterie Renac Turbo H s kapacitou 11,23 kWh
Obousměrný elektroměr SmartMeter
Rozvaděč jističní, přepětové ochrany, AC kabeláž
Nosná konstrukce
Montážní práce
Doprava
Projektová dokumentace
Nabíjecí stanice pro elektromobil

Tab. 2.5: Cenová nabídka na fotovoltaiku od firmy 3.

Cena celkem [Kč]	420 123
Sleva [Kč]	30 000
Dotace na fotovoltaiku [Kč]	181 000
Dotace na nabíjecí stanici [Kč]	25 000
<b>Konečná cena [Kč]</b>	<b>184 123</b>



Obr. 2.5 Odhad množství vyrobené energie z fotovoltaiky s výkonem 5,50 kWp.



Obr. 2.6 Porovnání spotřebované energie ze sítě s fotovoltaikou (oranžová) a bez fotovoltaiky (červená) o výkonu 5,50 kWp.

### 2.3.4 Malý fotovoltaický systém s bateriovým uložištěm

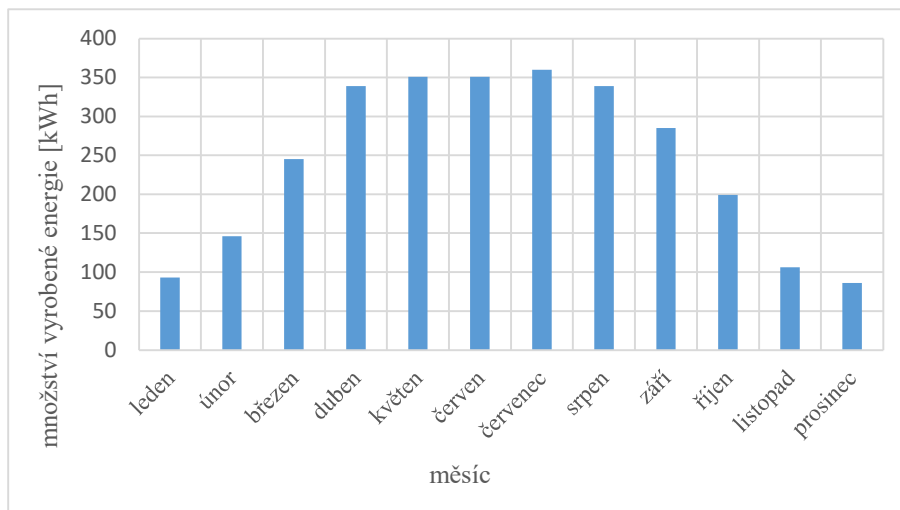
Poslední návrh je od firmy Woltair. Jedná se o menší fotovoltaiku se špičkovým výkonem 2,73 kWp, která se skládá ze šesti fotovoltaických panelů, což je největší rozdíl v porovnání s předchozími návrhy. Jednotlivé panely mají špičkový výkon 455 Wp a jedná se o panely s monokrystalickými články značky Ulica [22]. Hybridní asymetrický střídač od firmy GoodWe je trojfázový střídač o výkonu 10 kW s pasivním chlazením, díky kterému si dokáže udržet maximální výkon až do provozní teploty 45 °C [23]. Baterie Dyness tower pro má kapacitu 10,65 kWh a je možné ji zvýšit až na 17,75 kWh. Základní cena za tento systém se pohybuje na podobných hodnotách jako v předchozích případech, jelikož částka ušetřená na panelech činí pár desítek tisíc. Na rozdíl od ostatních návrhů s akumulací energie se liší velikost možné dotace, kde rozdíl činí 68 a 81 tisíc Kč. Celková cena po odečtení dotace je pak 239 803 Kč, což je nejvyšší cena ze všech návrhů. Seznam položek a cena za fotovoltaiku jsou zobrazeny v tabulkách 2.6 a 2.7 [příloha 6].

Tab. 2.6: Položky cenové nabídky od firmy Woltair [příloha 6].

položka
Panel - Ulica Solar 455 Wp (6 ks)
Hybridní asymetrický střídač GoodWe 10 ET Plus
Baterie Dyness Tower Pro s kapacitou 10,65 kWh
Rozvaděč jistění, přepětové ochrany, AC kabeláž
Nosná konstrukce
Montážní práce
Doprava
Projektová dokumentace

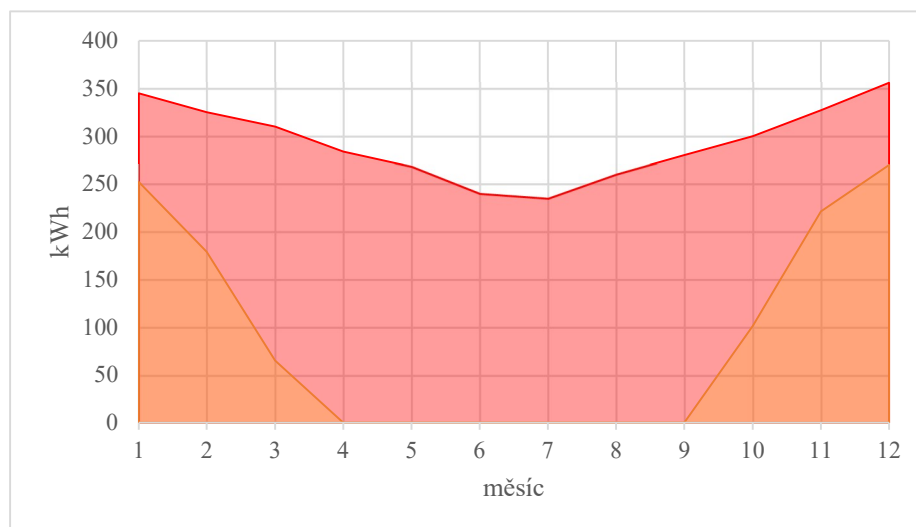
Tab. 2.7: Cenová nabídka na fotovoltaiku od firmy Woltair.

Cena celkem [Kč]	340 323
Dotace na fotovoltaiku [Kč]	100 520
<b>Konečná cena [Kč]</b>	<b>239 803</b>



Obr. 2.7 Předpokládané množství vyrobené energie z fotovoltaiky s výkonem 2,73 kWp.

Na obr. 2.7 je vidět předpokládané množství vyrobené energie za rok, které se pohybuje kolem 2,9 MWh [20]. Na obr. 2.6 se nachází porovnání předpokládané spotřeby bez fotovoltaiky a s fotovoltaikou od firmy Woltair. Data s fotovoltaikou ukazují, že díky fotovoltaiice se v každém měsíci sníží spotřeba energie ze sítě a speciálně v období od dubna do září je možné využívat pouze vyrobenou energii. Odhadovaná roční spotřeba energie ze sítě s fotovoltaiikou se pak pohybuje kolem 1,09 MWh, což by znamenalo, že fotovoltaiika by měla pokrýt spotřebu kolem 70 %. Dále je možné kombinací dat z obr. 2.7 a 2.8 odhadnout množství přebytků energie, jejichž hodnota se pohybuje kolem 0,46 MWh.



Obr.2.8 Porovnání spotřebované energie ze sítě s fotovoltaiikou (oranžová) a bez fotovoltaiiky (červená) o výkonu 2,73 kWp.

### 3 Ekonomické zhodnocení jednotlivých návrhů

Následující kapitola se zabývá ekonomickým zhodnocením a kalkulací návratnosti pro jednotlivé návrhy z kapitoly 2.3.

#### 3.1 Určení vstupních hodnot pro výpočet návratnosti

##### 3.1.1 Určení ceny elektřiny

Základním vstupním faktorem při výpočtu návratnosti investice do fotovoltaiky je určení ceny za kWh elektrické energie pro konkrétní odběrné místo. V tomto případě se jedná o odběrné místo s dvoutarifovou distribuční sazbou D25d, která během dne odebírá elektřinu v nízkém tarifu po dobu osmi hodin a zbytek dne odebírá elektřinu ve vysokém tarifu. Na začátku roku 2024 byla cena elektřiny ve vysokém tarifu 6,89 Kč za kWh, v nízkém tarifu byla cena 5,17 Kč. Pro distribuční sazbu D25d platí, že poměr vysokého a nízkého tarifu se během minulých let pohyboval v hodnotách kolem 2,2:1. Po zprůměrování podílů a cen za kWh vychází průměrná cena za kWh na 6,35 Kč.

##### 3.1.2 Volba řešení přetoků

Druhým faktorem, který je schopen výrazně ovlivnit dobu návratnosti, je způsob využití přetoků vznikajících především v letním období. Existuje celá řada možností, jak naložit s přebytečnou vyrobenou elektřinou. Častým řešením je ohřev vody například v bazénu nebo ohřev teplé užitkové vody v bojleru. Obě tato řešení by v aktuální situaci vyžadovala další investice, a tak se pro kalkulaci návratnosti využije řešení skrze prodej přetoků. Výkupní cena není vždy stejná, jelikož elektřina se dá prodávat několika společnostem a každá z nich má jinou výkupní cenu. V roce 2023 se u velké řady společností pohybovala výkupní cena za MWh kolem 2000 Kč. Pro kalkulaci zvolíme výkupní cenu společnosti Entri, která činila 2150 Kč/MWh resp. 2,15 Kč/kWh [24].

#### 3.2 Kalkulace návratnosti jednotlivých návrhů

Existuje řada možností, jak se dopočítat k předpokládané návratnosti investice do fotovoltaického systému. V tomto případě byl zvolen postup výpočtu pomocí předpokládané úspory za jeden rok, bez předpokladu změn ceny elektrické energie v průběhu let. Konečný výpočet bude dán podílem celkové ceny za fotovoltaiku a roční úspory, která se skládá z ušetřené částky za elektřinu a částky, která byla získána prodejem přetoků viz. rovnice (3.1). Pro fotovoltaiku bez akumulátoru energie je třeba zvolit aproximaci výpočtu, jelikož odhadovaná úspora je stejná jako pro konfiguraci o stejném výkonu s baterií. Tato chyba se může částečně kompenzovat nulovou úsporou z virtuální baterie.

$$\text{návratnost} = \frac{\text{cena za fotovoltaiku}}{(\text{roční úspora} + \text{zisk z přetoků})} \quad [\text{rok}] \quad (3.1)$$

Tabulka 3.1 nabízí přehled částek, které je možné ušetřit za jeden rok pomocí snížení spotřeby elektrické energie ze sítě, případně pomocí prodeje přebytků v průběhu roku. Fotovoltaiky od Innogy jsou schopny ušetřit částku okolo 18 a půl tisíce korun, u řešení s baterií je zároveň možné ušetřit skrze prodej přetoků dalších 5 181,5 Kč, a tak je celková úspora za rok odhadována na necelých 24 000 Kč. U návrhu od firmy Woltair je úspora ze snížení spotřeby 15 506 Kč, ale vzhledem k nižšímu množství přetoků je roční úspora odhadnuta na 16 490 Kč. Největší možná úspora je s řešením od firmy 3, kde se kombinovaná roční úspora může vyšplhat až na hodnotu přes 25 000 Kč.

V tabulce 3.1 je dále přehled vypočtených návratností pro jednotlivé návrhy z kapitoly 2.3. Nejnižší návratnost vychází u fotovoltaiky od firmy 3, která užívá menší počet panelů než návrhy od Innogy, ale jejich špičkový výkon je až o 120 Wp větší. Návratnost této investice vychází na 7,3 let. Fotovoltaiky od společnosti Innogy mají svou návratnost větší, ale stále se jedná o návrhy s návratností do deseti let. U bateriové verze se návratnost odhaduje na 8,6 let, zatímco bez bateriové verze má svou návratnost odhadovanou na 9,3 let. Tato hodnota by ve skutečnosti měla být pravděpodobně vyšší z důvodu chyby, která se vnesla do výpočtu. Nejvyšší odhad návratnosti vyšel u fotovoltaiky od firmy Woltair, která má téměř poloviční výkon oproti zbylým návrhům. Návratnost této investice by se měla pohybovat zhruba kolem 14,5 roku.

Tab. 3.1: Kalkulace návratnosti pro jednotlivé návrhy (s dotací).

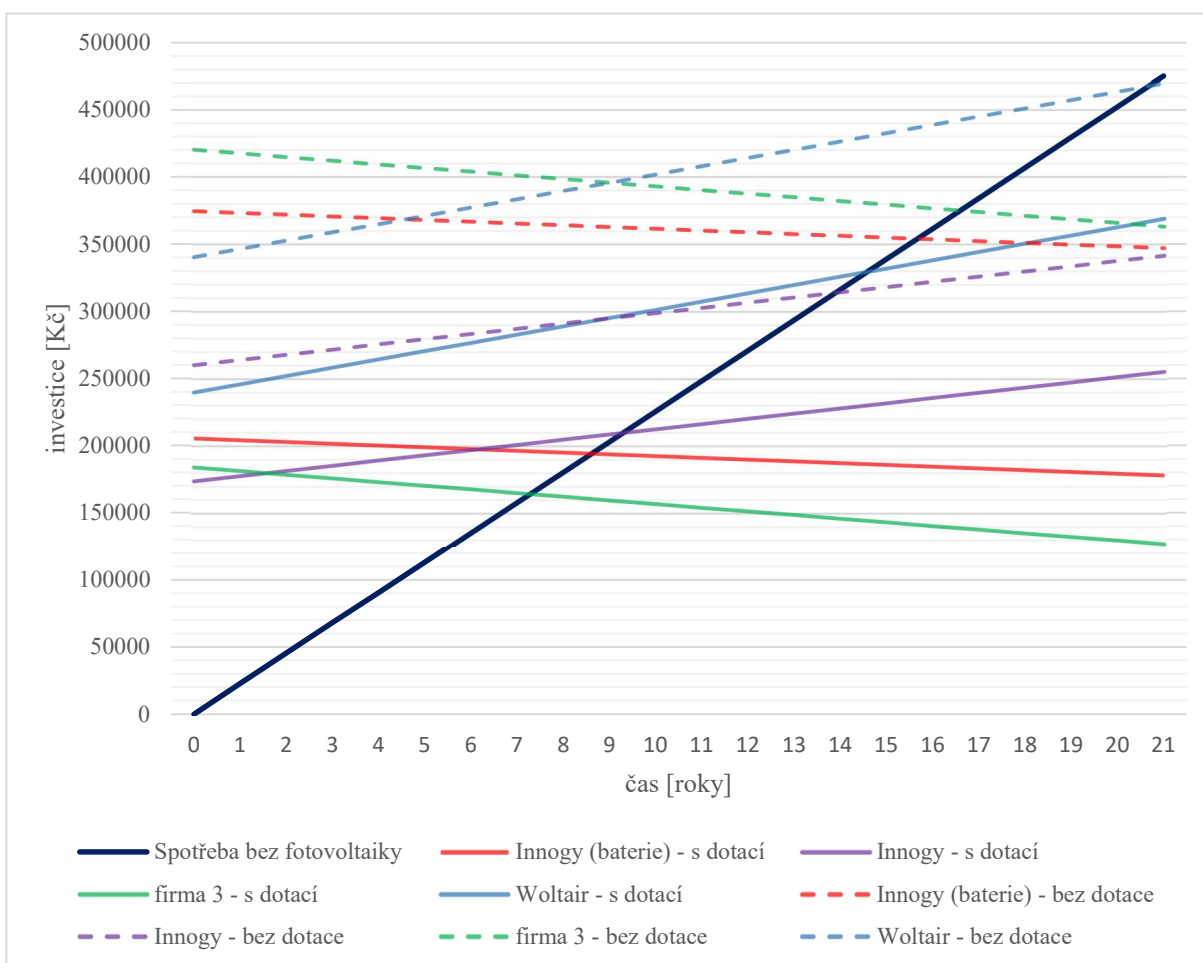
	cena [Kč]	roční úspora [kWh]	roční úspora [Kč]	roční prodané přetoky [kWh]	roční prodané přetoky [Kč]	návratnost [roky]
Innogy (baterie)	205 664	2 955	18 764,25	2 410	5 181,5	<b>8,59</b>
Innogy	173 798	2 955	18 764,25	0	0	<b>9,26</b>
firma 3	184 123	3 047	19 348,45	2 796	6 011,4	<b>7,26</b>
Woltair	239 803	2 442	15 506,7	458	984,7	<b>14,54</b>

V tabulce 3.2 je výpočet návratnosti za předpokladu absence dotací na fotovoltaiku, což výrazně ovlivňuje jak pořizovací cenu fotovoltaiky, tak i dobu návratnosti, jelikož dotace jsou v některých případech schopny pokrýt i podíl převyšující 40 % z celkové ceny. Největší změna návratnosti by nastala u nabídky od firmy 3, která s výší dotace až 181 000 Kč dokáže snížit návratnost o 9,3 roku. U bateriové verze od Innogy se návratnost bez dotace zvýší na 15,6 roku. U menší fotovoltaiky od firmy Woltair se absence dotací projeví podstatně méně, jelikož velikost dotace činí 100 520 Kč. Tato skutečnost se projeví nejmenším navýšením pro fotovoltaiku s akumulací energie, a to lehce přes 6 let. Úplně nejmenší vliv dotací na návratnost investice má návrh bez akumulace energie, kde by došlo k navýšení návratnosti o 4,4 roku. I proto by se pravděpodobně mělo jednat o systém s nejrychlejší návratností bez dotace, která je 13,68 roku.

Na obr. 3.1 je vyobrazena závislost návratností jednotlivých návrhů s dotací i bez dotace a jsou porovnány s investicí do elektřiny bez fotovoltaiky za předpokladu stálé ceny za elektřinu.

Tab. 3.2: Kalkulace návratnosti pro jednotlivé návrhy (bez dotace).

	cena [Kč]	roční úspora [kWh]	roční úspora [Kč]	roční prodané přetoky [kWh]	roční prodané přetoky [Kč]	návratnost [roky]
Innogy (baterie)	374 504	2 955	18 764,25	2 410	5 181,5	15,64
Innogy	260 078	2 955	18 764,25	0	0	13,68
firma 3	420 123	3 047	19 348,45	2 796	6 011,4	16,57
Woltair	340 323	2 442	15 506,7	458	984,7	20,64



Obr. 3.1 Závislost investičních nákladů na čase.

### 3.3 Zhodnocení návrhů

Existuje celá řada faktorů, kterými je možné se řídit při konečné volbě řešení pro konkrétní objekt. Velkou roli v konečné volbě hraje pravděpodobně doba návratnosti, ale může být ovlivněna také například použitelnou plochou pro umístění fotovoltaických panelů, konečným

vzhledem systému na střeše objektu nebo třeba prostorovým omezením pro jednotlivé komponenty, které se nenachází na střeše.

Z kapitoly 3.2 lze zaznamenat výrazný vliv dotací jak na návratnost, tak i na pořizovací cenu za fotovoltaiku. Nejmenší dotovaná částka vychází pro koncept bez akumulace energie, která činí 86 280 Kč. V porovnání s fotovoltaikami s akumulací energie, které mají podobný špičkový výkon, vzniká na dotacích rozdíl několika desítek tisíc korun. Z tohoto srovnání lze předpokládat, že baterie jsou výrazně dotovanou položkou ve fotovoltaických systémech. Druhou zásadně dotovanou položkou jsou samotné fotovoltaické panely, kde výše dotace závisí především na jejich počtu, resp. na jejich celkovém špičkovém výkonu. Z tohoto důvodu je dotace na fotovoltaiku od firmy Woltair podstatně menší v porovnání se zbylými návrhy s akumulací. Poslední zajímavou položkou z hlediska dotací je wallbox na dobíjení elektromobilu, kdy po odečtení této dotace je cena za wallbox v řádu pár tisíc.

Řešení bez akumulace energie je kvalitním návrhem pro domácnosti bez volného fyzického prostoru nebo finančních prostředků pro pořízení baterie a zároveň se jedná o řešení s relativně krátkou návratností. Návrh se špičkovým výkonem 2,73 kWp nabízí elegantní řešení s menším zásahem do střešní krytiny domu a zároveň je schopen pokrýt zhruba 70 % celkové roční spotřeby. Jedná se tak o možnost relativně dobré roční úspory, jejíž nevýhodou může být podstatně delší návratnost v porovnání s ostatními koncepty.

Fotovoltaika od Innogy s akumulací energie využívá velkou část střešní plochy a umožňuje předpokládat brzkou návratnost investice do fotovoltaiky. Tento koncept pokrývá velkou část spotřeby elektřiny v průběhu roku a zároveň nabízí kvalitní úsporu skrze přetoky. V porovnání s fotovoltaikou od firmy 3 zaostává ve výkonu elektrárny, která je způsobena především nižším výkonem panelů. Tento rozdíl by bylo možné částečně snížit například investicí do optimizérů, které by zvedly celkovou účinnost panelů a zároveň jejich výkon během zastínění.

Fotovoltaika od firmy 3 je koncept, který má bez dotace nejvyšší pořizovací cenu ze všech návrhů, ale zároveň má nejvyšší dotovanou částku. Také předpokládaná návratnost tohoto návrhu vychází velmi dobře. Největší zajímavostí je u tohoto konceptu využití umělé inteligence k řízení výkonu fotovoltaiky, způsobu zpracování vyrobené elektřiny apod. Zakomponování wallboxu do cenové nabídky zároveň nabízí možnost snadnějšího přechodu na používání elektromobilu.

V konkrétním řešení se nabízí využití návrhu, který nabízí největší pokrytí roční spotřeby tzn. návrhy s vyšším špičkovým výkonem, které vytváří potenciál pro investice, které by mohli efektivně využívat přetoky v letním období, jako je například vyhřívání bazénu. Zároveň objekt má ideální prostory pro umístění jednotlivých komponent, včetně baterie a není ohrožen velkým podílem zastínění fotovoltaických panelů vlivem objektů v okolí. Volba instalace wallboxu by měla být kvalitní investicí do budoucna, která nestojí velké množství peněz. A tak se cenová nabídka od firmy 3 jeví jako ideální.

## **ZÁVĚR**

Bakalářská práce se zabývá návrhem fotovoltaického systému pro konkrétní rodinný dům. Návrh se skládá z volby komponent pro fotovoltaický systém, analýzy vybraného objektu a volby ideálního místa pro instalaci fotovoltaiky. Součástí analýzy objektu je i zjištění spotřeby elektrické energie. V rešeršní části jsou postupně rozebrány hlavní komponenty, ze kterých se fotovoltaika skládá. Na základě rešeršní části práce je možné lépe porozumět principu fotovoltaického systému.

V rámci návrhové části práce byly vytvořeny čtyři specifické návrhy fotovoltaického systému, které se liší v řadě aspektů, jako jsou celkový špičkový výkon systému, počet využitých fotovoltaických panelů nebo použití fyzické nebo virtuální baterie. Každý z těchto systémů je navržen především za účelem snížení závislosti na elektřině ze sítě a finanční úspory. Právě finanční úspora je hlavním faktorem při hodnocení navrhovaných systémů, a to v podobě návratnosti investice do fotovoltaiky.

Nejrychlejší návratnost investice byla zaznamenána u návrhu od firmy 3. Tento návrh je specifický možností inteligentního řízení pomocí umělé inteligence a zároveň se jedná o návrh s největším špičkovým výkonem. Návrh také uvažuje s použitím elektromobilu v domácnosti a zahrnuje také instalaci systému na dobíjení vozidla. Důvodem nejrychlejší návratnosti pro tento fotovoltaický systém je především největší velikost dotace na fotovoltaiku, jelikož pořizovací cena bez dotace je ze všech návrhů nejvyšší. Dotace jsou prvkem, který nejvíce ovlivňuje návratnost investice a podstatně může ovlivnit rozhodnutí zákazníka.

Na základě provedené analýzy a vyhodnocení dosažených výsledků lze cíle této práce považovat za úspěšně dosažené. Návrhy fotovoltaických systémů zkoumaných v rámci této práce ukázaly potenciál efektivně využívat solární energii zajištění nižší závislosti na elektřině od dodavatele. Díky detailnímu ekonomickému posouzení jednotlivých návrhů bylo možné identifikovat nejvhodnější řešení pro konkrétní objekt.

V rámci dalšího vývoje pro tento fotovoltaický systém by mohlo být dalším cílem zvýšení využitelnosti vyrobené elektřiny, a to především skrze ohřev teplé užitkové vody. Tento krok by efektivně mohl poskytnout další úsporu během letních měsíců. Z hlediska technologického by bylo možné zvyšovat výkon fotovoltaického systému nebo zvyšovat kapacitu baterií, ale tyto investice by již neměly velkou efektivitu, jelikož tyto návrhy již pokrývají velkou část spotřebované elektřiny.



## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] HASELHUHN, Ralf. Fotovoltaika: budovy jako zdroj proudu. Ostrava: HEL, 2011, 176 s. : il. (převážně barev.), mapy ; 21 cm. ISBN 978-80-86167-33-6.
- [2] ČEZ. Solární (fotovoltaické) články. Skupina ČEZ [online]. [cit. 2024-03-10]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/edee/content/microsites/solarni/k32.htm>
- [3] ČEZ. Výroba fotovoltaických článků a panelů. Skupina ČEZ [online]. [cit. 2024-03-10]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/edee/content/microsites/solarni/k41.htm>
- [4] Konstrukce a výroba fotovoltaických článků a panelů. POULEK, Vladislav a Martin LIBRA. ELEKTRO [online]. [cit. 2024-03-10]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/elektro/casopis/tema/konstrukce-a-vyroba-fotovoltaickyh-clanku-a-panelu--10310>
- [5] NOMÁDEM. Solární panely, regulátory a baterie – jak se v tom vyznat? [online]. [cit. 2024-03-10]. Dostupné z: <https://www.nomadem.cz/clanek/66/solarni-panely-a-regulatory/>
- [6] AKUSOLAR. Fotovoltaický panel Sunergy 450-144 M HF, černý rám 35 mm (SVT 26 304) [online]. [cit. 2024-03-10]. Dostupné z: [https://www.eshop.akusolar.cz/fotovoltaicky-panel-sunergy-450-144-m-hf-cerny-ram-35-mm-svt-26-304?gclid=Cj0KCQiA2eKtBhDcARIsAEGTG41-4we7e1I3DvwDUASi3kBitD3n7IulDw7\\_sdKn10YrCmlEwcKHe\\_UaAq1HEALw\\_wcB](https://www.eshop.akusolar.cz/fotovoltaicky-panel-sunergy-450-144-m-hf-cerny-ram-35-mm-svt-26-304?gclid=Cj0KCQiA2eKtBhDcARIsAEGTG41-4we7e1I3DvwDUASi3kBitD3n7IulDw7_sdKn10YrCmlEwcKHe_UaAq1HEALw_wcB)
- [7] EnergoSolar [online]. 2023 [cit. 2024-04-13]. Dostupné z: <https://www.energ solar.cz/jaky-ma-solarni-panel-vykon-a-kolik-elektřiny-dokáže-vyrobít-2/>
- [8] WATTCONTROL. Solární taška [online]. [cit. 2024-03-10]. Dostupné z: <https://www.wattcontrol.cz/solarni-taska/>
- [9] ELFETEX. GOODWE Měnič 8K ET Plus+ 3f 8kW [online]. [cit. 2024-03-10]. Dostupné z: [https://www.elfetex.cz/goodwe-menic-8k-et-plus-3f-8kw-2979887?gad\\_source=1&gclid=CjwKCAiA\\_OetBhAtEiwAPTeQZ3M\\_bKUaVHhLMPFZYw2lMrkoEdNKXTgWLG3-GZMkp8aRjGe3-18rQxoCbFgQAvD\\_BwE](https://www.elfetex.cz/goodwe-menic-8k-et-plus-3f-8kw-2979887?gad_source=1&gclid=CjwKCAiA_OetBhAtEiwAPTeQZ3M_bKUaVHhLMPFZYw2lMrkoEdNKXTgWLG3-GZMkp8aRjGe3-18rQxoCbFgQAvD_BwE)
- [10] HLADÍK, Richard. Optimizéry pro fotovoltaické elektrárny. Evolty [online]. 2022, 2023-12-20 [cit. 2024-03-10]. Dostupné z: <https://evolty.cz/fve/optimizery/>
- [11] Jak fungují optimizéry u fotovoltaiky a kdy se vyplatí je použít? ŠENKOVÁ, Petra. Labona [online]. 2023 [cit. 2024-03-10]. Dostupné z: <https://www.labona.cz/blog/jak-funguji-optimizery-u-fotovoltaiky-a-kdy-se-vyplati-je-pouzit>
- [12] Optimizér SolarEdge S440-1R M4M RM. Solar-Eshop [online]. [cit. 2024-03-10]. Dostupné z: <https://www.solar-eshop.cz/p/optimizer-solaredge-s440-1r-m4m-rm/>

- [13] Baterie pro fotovoltaiku uschovají přebytky energie a zrychlují návratnost. Domy sobě [online]. 2022 [cit. 2024-03-10]. Dostupné z: <https://www.domysobe.cz/post/baterie-pro-fotovoltaiku-uschovaji-prebytky-energie-a-zrychluji-navratnost>
- [14] Fotovoltaika podpořená baterií s dlouhou životností. SOLLARIS [online]. [cit. 2024-03-10]. Dostupné z: [https://www.sollaris.cz/fotovoltaika-a-jeji-princip/baterie-pro-fotovoltaiku?gclid=CjwKCAiAiP2tBhBXEiwACslfnuHrIenCtc24jzdgrXwH1JfrDUWoVAyJdjtqi\\_67LINcR1xobTf8QRoCM4UQAvD\\_BwE](https://www.sollaris.cz/fotovoltaika-a-jeji-princip/baterie-pro-fotovoltaiku?gclid=CjwKCAiAiP2tBhBXEiwACslfnuHrIenCtc24jzdgrXwH1JfrDUWoVAyJdjtqi_67LINcR1xobTf8QRoCM4UQAvD_BwE)
- [15] Baterie Solax Triple Power T58 5,8kW. MOBLER [online]. [cit. 2024-03-10]. Dostupné z: <https://www.mobler.cz/baterie-solax-h58-master-pack-t-5-8-kwh/>
- [16] Solární střešní panel PREFA. PREFA [online]. [cit. 2024-03-10]. Dostupné z: <https://cz.prefa.com/solar/>
- [17] Fotovoltaika na rovné střeše v Hlučíně. ARPEG [online]. [cit. 2024-03-10]. Dostupné z: <https://www.arpeg.cz/reference/reference-realizaci-na-rodinnych-domech/fotovoltaika-na-rovne-strese-v-hlucine-69>
- [18] Týnišťko. MAPY [online]. 2022 [cit. 2024-03-10]. Dostupné z: <https://mapy.cz/letecka?source=ward&id=11612&x=16.0992119&y=50.0006454&z=20>
- [19] Obec Týnišťko. Týnišťko [online]. 2019 [cit. 2024-03-10]. Dostupné z: <https://www.tynistko.cz/o-obci>
- [20] PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM. EUROPEAN COMMISSION [online]. 2022-03-1 [cit. 2024-03-10]. Dostupné z: [https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/en/#api\\_5.2](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/#api_5.2)
- [21] FK-SHOP [online]. [cit. 2024-04-13]. Dostupné z: [https://www.fk-shop.cz/solarni-panely-ramove/fotovoltaicky-solarni-panel-dah-solar-550wp-full-screen--bezramovy-panel/?gad\\_source=1&gclid=CjwKCAjwOwBhBnEiwAgwzrUrL6-C7FruSjXXw-wRHkguaXSXXVrvJ48GF4NezLcov0Ml5ntxGOyRoCNZIQAvD\\_BwE](https://www.fk-shop.cz/solarni-panely-ramove/fotovoltaicky-solarni-panel-dah-solar-550wp-full-screen--bezramovy-panel/?gad_source=1&gclid=CjwKCAjwOwBhBnEiwAgwzrUrL6-C7FruSjXXw-wRHkguaXSXXVrvJ48GF4NezLcov0Ml5ntxGOyRoCNZIQAvD_BwE)
- [22] Kvelektro [online]. [cit. 2024-04-13]. Dostupné z: <https://www.kvelektro.cz/fotovoltaicky-solarni-panel-ulica-solar-ul-455wp-cerny-ram-p1964190>
- [23] Hybridní měnič GoodWe GW10K-ET Plus 10000VA. Ecoproduct [online]. [cit. 2024-05-18]. Dostupné z: [https://ecoproduct.cz/p/86826-hybridni-menic-goodwe-gw10k-et-plus-10000va-32719?gad\\_source=1&gclid=CjwKCAjwo6GyBhBwEiwAzQTmcyqgaG\\_GSgh9FHIsxHcz7OObdxL7BKpN4Zk60djrwhMl\\_kLYP\\_KjJhoCgMcQAvD\\_BwE#productDescriptionLong](https://ecoproduct.cz/p/86826-hybridni-menic-goodwe-gw10k-et-plus-10000va-32719?gad_source=1&gclid=CjwKCAjwo6GyBhBwEiwAzQTmcyqgaG_GSgh9FHIsxHcz7OObdxL7BKpN4Zk60djrwhMl_kLYP_KjJhoCgMcQAvD_BwE#productDescriptionLong)
- [24] HANUŠ, Daniel. Energetiko [online]. 2023-07-19 [cit. 2024-04-13]. Dostupné z: <https://energetiko.cz/vykup-prebytku-fve/>

## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

AC	Střídavý proud
°C	Stupeň Celsia
cm	Centimetr
DC	Stejnoseměrný proud
D25d	Distribuční sazba D25d
“E”	Zeměpisná délka
EVA	Etylen – vinyl – acetát
Kč	Koruna česká
kg	Kilogram
kW	Kilowatt
kWh	Kilowatthodina
kWp	Kilowattpeak
MWh	Megawatthodina
m <sup>2</sup>	Metr čtvereční
mm	Milimetr
m. n. m.	Metry nad mořem
“N”	Zeměpisná šířka
N	Negativní vodivost
nf	Nízkofrekvenční
P	Pozitivní vodivost
PV	Fotovoltaický
P-N	Rozhraní polovodičů typu (p) a typu (n)
UV	Ultrafialový
V	Volt
vf	Vysokofrekvenční
W	Watt
Wp	Wattpeak
μm	Mikrometr
°	Stupeň

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1.1	Schéma PV článku [2] .....	12
Obr. 1.2	Porovnání Monokrystalického (vlevo) a polykrystalického (vpravo) článku (upraveno) [5] .....	13
Obr. 1.3	Fotovoltaický modul od firmy Sunergy [6] .....	14
Obr. 1.4	Obrázek 1.4 Solární taška od firmy WATTControl [8] .....	14
Obr. 1.5	Trojfázový střídač od firmy GOODWE [9] .....	15
Obr. 1.6	Optimizér od firmy SolarEdge [12] .....	16
Obr. 1.7	Baterie od firmy Solax [15] .....	17
Obr. 1.8	Ukázka sedlové střechy s integrovanými solárními panely [16] .....	18
Obr. 1.9	Ukázka instalace fotovoltaiky na ploché střeše [17] .....	19
Obr. 2.1	Satelitní snímek vybraného objektu z portálu Mapy.cz (upraveno) [18] .....	20
Obr. 2.2	Návrh rozložení fotovoltaických panelů na střeše domu .....	21
Obr. 2.3	Odhad množství vyrobené energie z fotovoltaiky s výkonem 5,16 kWp .....	23
Obr. 2.4	Porovnání spotřebované energie ze sítě s fotovoltaikou (oranžová) a bez fotovoltaiky (červená) o výkonu 5,16 kWp .....	23
Obr. 2.5	Odhad množství vyrobené energie z fotovoltaiky s výkonem 5,50 kWp .....	25
Obr. 2.6	Porovnání spotřebované energie ze sítě s fotovoltaikou (oranžová) a bez fotovoltaiky (červená) o výkonu 5,50 kWp .....	26
Obr. 2.7	Předpokládané množství vyrobené energie z fotovoltaiky s výkonem 2,73 kWp .....	27
Obr. 2.8	Porovnání spotřebované energie ze sítě s fotovoltaikou (oranžová) a bez fotovoltaiky (červená) o výkonu 2,73 kWp .....	27
Obr. 3.1	Závislost investičních nákladů na čase .....	30

## SEZNAM TABULEK

Tab. 2.1:	Spotřeba elektřiny rodinného domu za poslední čtyři roky .....	21
Tab. 2.2:	Cenová nabídka na fotovoltaiku s akumulací do baterií od společnosti Innogy [příloha 4] .....	22
Tab. 2.3:	Cenová nabídka na fotovoltaiku bez baterií od společnosti Innogy [příloha 5] .....	24
Tab. 2.4:	Položky cenové nabídky od firmy 3 .....	25
Tab. 2.5:	Cenová nabídka na fotovoltaiku od firmy 3 .....	25
Tab. 2.6:	Položky cenové nabídky od firmy Woltair [příloha 6] .....	26
Tab. 2.7:	Cenová nabídka na fotovoltaiku od firmy Woltair .....	27
Tab. 3.1:	Kalkulace návratnosti pro jednotlivé návrhy (s dotací) .....	29
Tab. 3.2:	Kalkulace návratnosti pro jednotlivé návrhy (bez dotace) .....	30

## **SEZNAM PŘÍLOH**

Příloha 1:	Parametry akumulátoru od firmy pylontech .....	39
Příloha 2:	Parametry fotovoltaického panelu od firmy Axitec .....	40
Příloha 3:	Parametry střídače GOODWE 8K-ET.....	41
Příloha 4:	Položkový rozpočet nabídky s baterií od společnosti Innogy .....	42
Příloha 5:	Položkový rozpočet nabídky bez baterie od společnosti Innogy .....	42
Příloha 6:	Položky a parametry návrhu a baterie od firmy Woltair .....	43

Příloha 1: Parametry akumulátoru od firmy pylontech

2.2.1 Systémové parametry

Typ produktu	Force-H2		
Článeková technologie	LiHron (LFP)		
Kapacita baterie (kWh)	7,10	10,65	14,20
Napětí bateriového systému (Vdc)	192	288	384
Kapacita bateriového systému (Ah)	37Ah		
Řídicí modul baterie	FC0500M-40S		
Modul baterie	FH9637M		
Počet bateriových modulů (ks)	2	3	4
Kapacita bateriového modulu (kWh)	3,552		
Napětí bateriového modulu (Vdc)	96		
Kapacita bateriového modulu (Ah)	37		
Nabíjecí napětí bateriového systému (Vdc)	216	324	432
Standardní nabíjecí proud (A)	7,4		
Jmenovitý nabíjecí proud (A)	18,5		
Maximální nabíjecí proud (A)	40 @15s		
Nejnižší vybíjecí napětí (Vdc)	174	261	348
Standardní vybíjecí proud (A)	7,4		
Jmenovitý vybíjecí proud (A)	18,5		
Maximální vybíjecí proud (A)	40 @15s		
Zkratový proud (A)	<4000		
Účinnost	96 %		
Hloubka vybití	90 %		
Rozměry (š × h × v, mm)	450 × 296 × 822	450 × 296 × 1118	450 × 296 × 1414
Komunikace	CANBUS/Modbus RTU		
Ochrana	IP55		
Hmotnost (kg)	82	117	152
Konstrukční životnost	15 let a více		
Rozsah pracovních teplot	0 ~ 50 °C		
Rozsah teplot při skladování	-20 ~ 60 °C		
Vlhkost	5 ~ 95 %		
Certifikace výrobku	VDE2510-50, IEC62619, IEC62477-1, IEC62040-1, CEC, CE		
Certifikace pro transport	UN38.3		
1) Rozměry řídicího modulu baterie 2) Rozměry modulu baterie 3) Rozměry spodní strany baterie	450 × 296 × 190 mm 450 × 296 × 296 mm 450 × 296 × 40 mm		

Příloha 2: Parametry fotovoltaického panelu od firmy Axitec



**AXIblackbiperfect GL 425 - 440 Wp**

**Electrical data** (at standard conditions (STC) irradiance 1000 watt/m<sup>2</sup>, spectrum AM 1.5 at a cell temperature of 25°C)

Type	AC-425TGB/108BB	AC-430TGB/108BB	AC-435TGB/108BB	AC-440TGB/108BB
Nominal output	<b>425 Wp</b>	<b>430 Wp</b>	<b>435 Wp</b>	<b>440 Wp</b>
Nominal voltage Umpp	32.55 V	32.85 V	33.14 V	33.44 V
Nominal current Impp	13.06 A	13.09 A	13.13 A	13.16 A
Short circuit current Isc	13.56 A	13.57 A	13.58 A	13.59 A
Open circuit voltag Uoc	39.04 V	39.53 V	40.02 V	40.31 V
Module conversion efficiency	21.27 %	21.52 %	21.77 %	22.02 %

**Bifacial output - Backside Power gain**

<b>10% Power output</b>	468 Wp	473 Wp	479 Wp	484 Wp
Module Efficiency	23.40 %	23.67 %	23.95 %	24.22 %
<b>20% Power output</b>	510 Wp	516 Wp	522 Wp	528 Wp
Module Efficiency	25.52 %	25.82 %	26.12 %	26.42 %
<b>30% Power output</b>	553 Wp	559 Wp	566 Wp	572 Wp
Module Efficiency	27.65 %	27.98 %	28.30 %	28.63 %

**Design**

Frontside	1.6 mm hardened, low-reflection white glass
Backside	1.6 mm hardened glass, cell spaces black
Cells	108 N-Type TOPCon bifacial high efficiency cells
Frame	30 mm black aluminium frame

**Mechanical data**

L x W x H	1762 x 1134 x 30 mm
Weight	22.0 kg with frame

**Mechanical load**

Design load (pressure/suction)	3600 Pa / 1600 Pa
Test load (pressure/suction)	5400 Pa / 2400 Pa

**Power connection**

Socket	Protection Class IP68, 3 bypass diodes
Wire	approx. 1.2 m, 4 mm <sup>2</sup>
Plug-in system	IP68, MC4-EVO 2, MC4-EVO 2A, JM608

**Limit values**

System voltage	1500 VDC
NOCT (nominal operating cell temperature)*	45°C +/-2K
Reverse current feed IR	25.0 A

Permissible operating temperature	-40°C to 85°C / -40F to 185F
Bifaciality	80 % ± 5 %
Fire class / Protection class	C (UL790) / II

(No external voltages greater than Uoc may be applied to the module)

\* NOCT, irradiance 800 W/m<sup>2</sup>; AM 1.5; wind speed 1 m/s; Temperature 20°C

**Temperature coefficients**

Voltage Uoc	-0.26 %/K
Current Isc	0.046 %/K
Output Pmpp	-0.31 %/K

**Low-light performance** without Bifacial-effect  
(Example for 440TGB/108BB)

I-U characteristic curve	Current Impp	Voltage Umpp
200 W/m <sup>2</sup>	2.69 A	32.18 V
400 W/m <sup>2</sup>	5.43 A	32.55 V
600 W/m <sup>2</sup>	8.11 A	32.81 V
800 W/m <sup>2</sup>	10.72 A	33.09 V
1000 W/m <sup>2</sup>	13.16 A	33.44 V

**Packaging**

Module pieces per pallet	36
Module pieces per HC-container	864

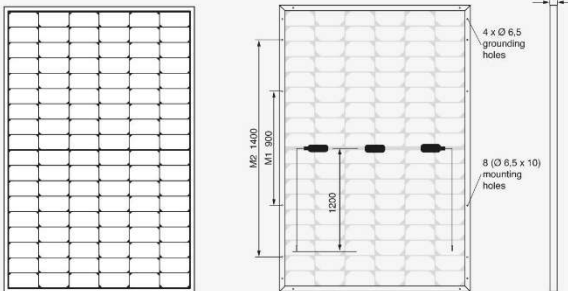


Fig. principle sketch

All dimensions in mm



Technical data are subject to change without prior notice, errors excepted. The measurement tolerances are +/-3%. Please be aware: All technical data provided in our data sheets are property of Axitec Energy GmbH & Co. KG and intended for information purposes for our customers only. We cannot accept any guarantee of completeness or accuracy. These data are prohibited for any kind of commercial use.



Příloha 3: Parametry střídače GOODWE 8K-ET

Série ET PLUS+

GOODWE

Technická data	GW5K-ET	GW6.5K-ET	GW8K-ET	GW10K-ET
<b>Parametry bateriového vstupu</b>				
Typ baterie			Li-Ion	
Jmenovité napětí baterie (V)			500	
Rozsah napětí baterie (V)			180 ~ 600	
Startovací napětí (V)			180	
Počet bateriových vstupů			1	
Maximální trvalý nabíjecí proud (A)			25	
Maximální trvalý vybíjecí proud (A)			25	
Max. nabíjecí výkon (W)	7500	8450	9600	10000
Max. vybíjecí výkon (W)	7500	8450	9600	10000
<b>Parametry FV vstupu</b>				
Max. vstupní napětí (V) <sup>1</sup>			1000	
Pracovní rozsah napětí MPPT (V) <sup>2</sup>			200 ~ 850	
Startovací napětí (V)			180	
Jmenovité vstupní napětí (V)			620	
Max. vstupní proud na jeden MPPT (A)			12.5	
Max. zkratový proud na jeden MPPT (A)			15.2	
Počet MPPT			2	
Počet stringů na jeden MPPT			1	
<b>Parametry AC výstupu (On-Grid)</b>				
Jmenovitý výstupní výkon (W)	5000	6500	8000	10000
Jmenovitý zdánlivý výkon směrem do sítě (VA)	5000	6500	8000	10000
Max. zdánlivý výkon směrem do sítě (VA) <sup>3</sup>	5000	7150	8800	11000
Max. zdánlivý výkon směrem ze sítě (VA)	10000	13000	15000	15000
Jmenovité výstupní napětí (V)		400 / 380, 3L / N / PE		
Rozsah výstupního napětí (V)		0 ~ 300		
Jmenovitá AC síťová frekvence (Hz)		50 / 60		
Rozsah AC síťové frekvence (Hz)		45 ~ 65		
Max. AC výstupní proud směrem do sítě (A)	8.5	10.8	13.5	16.5
Max. AC proud směrem ze sítě (A)	15.2	19.7	22.7	22.7
Účinnost		~1 (Nastavitelné od 0.8 indukční do 0.8 kapacitní)		
Max. celkové harmonické zkruslení		<3%		
<b>Parametry AC výstupu (Back-Up)</b>				
Jmenovitý zdánlivý výkon na záložním výstupu (VA)	5000	6500	8000	10000
Max. Zdánlivý výstupní výkon bez sítě (VA) <sup>3</sup>	5000 (10000@60sec)	6500 (13000@60sec)	8000 (16000@60sec)	10000 (16500@60sec)
Max. Zdánlivý výstupní výkon s mřížkou (VA) <sup>3</sup>	5000	6500	8000	10000
Max. výstupní proud (A)	8.5	10.8	13.5	16.5
Jmenovité výstupní napětí (V)		400 / 380, 3L / N / PE		
Jmenovitá výstupní frekvence (Hz)		50 / 60		
Výstupní THDv (lineární zatížení)		<3%		
<b>Účinnost</b>				
Max. účinnost	98.0%	98.0%	98.2%	98.2%
EU účinnost	97.2%	97.2%	97.5%	97.5%
Max. účinnost baterie na AC stranu		97.5%		
<b>Ochrany</b>				
Hlídaní izolačního stavu FV		Integrovaný		
Hlídaní unikajícího proudu		Integrovaný		
Ochrana proti přepólování FV vstupu		Integrovaný		
Ochrana před ostrovním provozem		Integrovaný		
AC nadproudová ochrana		Integrovaný		
AC zkratová ochrana		Integrovaný		
AC přepětová ochrana		Integrovaný		
DC vypínač		Integrovaný		
DC přepětová ochrana		Typ II		
AC přepětová ochrana		Typ III		
Dálkové vypnutí		Integrovaný		
<b>Všeobecné parametry</b>				
Provozní teplotní rozsah (°C)		-35 ~ +60		
Relativní vlhkost		0 ~ 95%		
Max. provozní nadmořská výška (m)		4000		
Druh chlazení		Pasivní		
Uživatelské rozhraní		LED, APP		
Komunikace s BMS <sup>4</sup>		RS485, CAN		
Komunikace s měřičem		RS485		
Komunikace s portálem		WiFi		
Váha (kg)		24		
Rozměry (Š x V x H mm)		415 x 515 x 180		
Topologie		Beztransformátorová		
Vlastní spotřeba v noci (W) <sup>5</sup>		<15		
Krytí IP		IP66		
Metoda montáže		Držák na stěnu		

GoodWe Single page 20230404-CZ-EMEA-V1.1. Informace se mohou lišit od informací uvedených v produktu bez upozornění změnit.

\*1: Pro systém 1000V je maximální provozní napětí 950V.

\*2: Podle místních předpisů o síti.

\*3: Spíkovýho výstupního zdánlivého výkonu lze dosáhnout pouze v případě, že je dostatečný výkon FV a baterie.

\*4: Komunikace CAN je ve výchozím nastavení připravena. Pokud je použita komunikace 485, vyměňte odpovídající komunikační kabel.

\*5: Žádný záložní výstup.

\*: Navštivte prosím webové stránky GoodWe pro nejnovější certifikáty.

Příloha 4: Položkový rozpočet nabídky s baterií od společnosti Innogy



## Položkový rozpočet



Položka	
Fotovoltaické panely Axitec AC-430TGB/108BB BLACK - 12 ks (špičkový výkon 430 Wp)	53 611 Kč
Střídač GoodWE 8K-ET (3f, 2 MPP, hybrid, 2,7 kW/f)	75 600 Kč
Baterie Pylontech Force H2 10,7 kWh (HV, 3 x 3,55 kWh)	155 828 Kč
Elektromateriál vč. přepětových ochran	82 645 Kč
Nosná konstrukce	23 789 Kč
Projektová dokumentace	6 384 Kč
Montážní práce	23 117 Kč
Doprava	10 192 Kč
Slevy: sleva střídač (9 156 Kč), sleva panely (7 506 Kč), sleva zálohy (40 000 Kč)	56 662 Kč
<b>Celková cena včetně 12 % DPH</b>	<b>374 504 Kč</b>
Dotace Nová zelená úsporám*	168 840 Kč
<b>Cena po odečtení dotace</b>	<b>205 664 Kč</b>

Příloha 5: Položkový rozpočet nabídky bez baterie od společnosti Innogy



## Položkový rozpočet



Položka	
Fotovoltaické panely Axitec AC-430TGB/108BB BLACK - 12 ks (špičkový výkon 430 Wp)	53 611 Kč
Střídač GoodWE 8K-ET (3f, 2 MPP, hybrid, 2,7 kW/f)	75 600 Kč
Elektromateriál vč. přepětových ochran	66 982 Kč
Nosná konstrukce	23 789 Kč
Projektová dokumentace	6 384 Kč
Montážní práce	23 520 Kč
Doprava	10 192 Kč
<b>Celková cena včetně 12 % DPH</b>	<b>260 078 Kč</b>
Dotace Nová zelená úsporám*	86 280 Kč
<b>Cena po odečtení dotace</b>	<b>173 798 Kč</b>

## Příloha 6: Položky a parametry návrhu a baterie od firmy Woltair

### Sestava

Typ	Název	Množství
Panel	Panely - Ulica Solar 455 Wp	6 ks
Střídač	Střídač GoodWe 10 ET Plus	1 ks
Baterie	Baterie Dyness Tower Pro	3 ks
Elektorozvaděč	AC a DC rozvaděč s jistíciemi a přepětovými ochranami	1 ks
Konstrukce AL, nerez	Konstrukce AL, nerez	1 ks
Elektromateriál AC/DC	Elektromateriál AC/DC	1 ks
Práce	Elektroinstalace, montáž panelů, doprava	1 ks

### Parametry

Instalovaný výkon	2,73 kWp
Typ elektrárny	Hybridní
Počet fází	3F
Kapacita baterií	10,65 kWh
Předpokládaná roční výroba elektřiny	2 730 kWh

### Baterie Dyness Tower Pro

Dyness HV9637 je nejnovější verze vysokonapěťových úložných systémů. Systém propojování baterií nevyžaduje externí rack ani kabeláž. Dyness HV9637 má stupeň ochrany IP65 a ke startu měniče GoodWe ET series stačí připojit pouze BMS a minimálně tři baterie HV9637. Systém je možno rozšířit maximálně na 5 ks těchto baterií, tedy na instalovanou kapacitu 17,75 kWh. Předností technologie LiFePO je odolnost vůči tepelným únikům a maximální bezpečnost.

