

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická
Katedra elektroenergetiky

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Hybridní (fotovoltaika a větrná energie) systém pro zásobování
odlehlého objektu elektřinou

Autor práce: **Bc. Lukáš Mičo**
Vedoucí práce: **Prof. Ing. Jan Škorpil CSc.**

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta elektrotechnická
Akademický rok: 2021/2022

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Lukáš MIČO**
Osobní číslo: **E20N0007K**
Studijní program: **N0714A060017 Aplikovaná elektrotechnika**
Téma práce: **Hybridní (fotovoltaika a větrná energie) systém pro zásobování odlehlého objektu elektřinou**
Zadávající katedra: **Katedra elektroenergetiky**

Zásady pro vypracování

1. Popište odlehlý objekt a jeho lokalitu.
2. Uveďte příkony a provozní režimy instalovaných spotřebičů.
3. Navrhněte hybridní systém s akumulací pro zásobování objektu.
4. Zhodnoťte navržený systém po stránce energetické, ekologické a ekonomické.

Rozsah diplomové práce: **40 – 60 stran**
Rozsah grafických prací: **podle doporučení vedoucího**
Forma zpracování diplomové práce: **elektronická**

Seznam doporučené literatury:

Rychetník, V., Janoušek, J., Pavelka, J., Větrné motory a elektrárny, ČVUT Praha
Poulek, V., *Solární energie, fotovoltaika: perspektivní trend současnosti i blízké budoucnosti*. Praha:
ČZU Praha
Internetové zdroje

Vedoucí diplomové práce: **Prof. Ing. Jan Škorpil, CSc.**
Katedra elektroenergetiky

Datum zadání diplomové práce: **8. října 2021**
Termín odevzdání diplomové práce: **26. května 2022**



Prof. Ing. Zdeněk Peroutka, Ph.D.
děkan

Doc. Ing. Karel Noháč, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 8. října 2021

Abstrakt

Předložená diplomová práce je zaměřena na návrh hybridního systému pro zásobování odlehlého objektu elektřinou. Součástí diplomové práce je i základní úvod do problematiky výroby elektrické energie z energie slunce a větru.

Dále jsou zde navrženy jednotlivé komponenty, ze kterých by byla navrhovaná elektrárna sestavena. V posledních kapitolách je uveden přibližný rozpočet potřebný na tento konkrétní případ a celkové zhodnocení navrženého systému.

Klíčová slova

Ostrovní systém, hybridní systém, solární články, solární energie, větrná turbína, větrná energie, střídač, akumulátor.

Abstract

The presented master thesis is focused on the design of a hybrid system for supplying a remote building with electricity. Part of the master thesis is a basic introduction to the production of electricity from solar and wind energy.

Furthermore, the individual components from which the proposed power plant would be assembled are proposed here. The last chapters give an approximate budget needed for this particular case and an overall assessment of the proposed system.

Key Words

Off-grid, hybrid system, solar cells, solar energy, wind turbine, wind energy, inverter, accumulator.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této diplomové práce je legální.

.....

Podpis

Poděkování

Tímto způsobem bych rád poděkoval svému vedoucímu diplomové práce Prof. Ing. Janu Škorpilovi CSc. za cenné rady, poznatky a konzultace pro vypracování této diplomové práce.

Dále bych chtěl poděkovat mé rodině a všem, kteří mě při mé studijní cestě podporovali.

Obsah

Abstrakt	4
Klíčová slova.....	4
Abstract	5
Key Words.....	5
Poděkování	7
1. Solární energie	2
1.1 Fotoelektrický jev	2
1.2 Princip PN přechodu.....	3
1.3 Zapojení fotovoltaických článků.....	3
1.4 Druhy fotovoltaických článků.....	4
1.4.1 Monokrystalické fotovoltaické články	4
1.4.2 Polykrystalické fotovoltaické články.....	4
1.4.3 Amorfní křemíkové fotovoltaické články.....	4
1.4.4 CIS fotovoltaické články	4
2. Fotovoltaické systémy	5
2.1 Ostrovní systémy (Off-Grid).....	5
2.1.1 Systém s přímým napájením	5
2.1.2 Systém s akumulací elektrické energie	5
2.1.3 Hybridní ostrovní systém	6
2.2 Síťové systémy (On-Grid)	7
2.3 Komponenty fotovoltaického systému.....	9
2.3.1 Střídač.....	9
2.3.2 Regulátor MPPT	9
2.3.3 Přívodní kabely.....	9
2.3.4 Akumulátory	10
2.3.5 Akumulace TUV.....	11
2.3.6 Svodiče přepětí	11
3. Větrná energie.....	13
3.1 Historie využití energie větru.....	13
3.2 Energie a vznik větru	14
3.3 Měření rychlosti a směru větru	15
3.4 Vliv krajiny na vítr.....	16
3.5 Princip větrné turbíny.....	17
3.6 Vlastnosti větrné turbíny.....	18
3.7 Rozdělení větrných turbín.....	18
3.8 Nevýhody větrných turbín	20
3.8.1 Hlučnost.....	20
3.8.2 Ohrožení ptactva.....	21
3.8.3 Námraza.....	21
3.8.4 Stroboskopický efekt	22

4	Elektrocentrála.....	23
4.1	Popis elektrocentrály	23
4.2	Kritéria pro volbu vhodné elektrocentrály	24
5	Legislativa v České republice, dotace.....	25
5.1	Připojení různých systémů do distribuční sítě.....	25
5.2	Zelené bonusy a výkupní ceny.....	26
5.2.1	Zelené bonusy	26
5.2.2	Výkupní ceny.....	26
5.3	Dotace na fotovoltaiku.....	26
6	Vhodná volba lokality	28
6.1	Odlehlý objekt a jeho lokalita	29
6.1.1	Popis lokality	29
6.1.2	Popis uvažovaného objektu.....	31
7	Příkony a provozní režimy instalovaných spotřebičů v odlehlem objektu	32
8	Návrh hybridního systému s akumulací	33
8.1	Návrh solární elektrárny	33
8.2	Návrh větrné elektrárny	34
8.3	Výběr baterie pro akumulaci elektrické energie.....	36
8.4	Výběr nabíječky pro akumulátor.....	37
8.5	Výběr záložního generátoru.....	37
8.6	Výběr regulátoru dobíjení.....	38
8.7	Výběr střídače pro hybridní ostrovní systém	38
8.8	Celkový návrh hybridního ostrovního systému.....	39
9	Hotové systémy nacházející se na trhu	40
10	Zhodnocení navrženého systému	41
10.1	Zhodnocení po stránce energetické	41
10.2	Zhodnocení po stránce ekologické.....	41
10.3	Zhodnocení po stránce ekonomické.....	41
11	Závěr.....	42
12	Použitá literatura a zdroje informací	43

Seznam symbolů a zkratek

Značka	Popisek	Jednotka
P	Elektrický výkon	W
U	Elektrické napětí	V
I	Elektrický proud	A
η	Účinnost	-
	Kapacita baterie	Ah

Úvod

V současné době rostoucích cen elektřiny je pořízení vlastní elektrárny, ať se jedná o fotovoltaickou, větrnou nebo hybridní, čím dál aktuálnější. Toto téma diplomové práce jsem si vybral z důvodu aktuálnosti.

Ve své diplomové práci se nejprve zaměřuji na popis teorie přeměny energie slunce a větru na energii elektrickou. Poté popíši odlehlý objekt, který bude teoreticky touto energií zásobován, jeho příkony a provozní režimy instalovaných spotřebičů v objektu.

V další kapitole popíši návrh hybridního systému s akumulací energie pro zásobování tohoto objektu.

Na konci této diplomové práce provedu zhodnocení navrženého systému. Hodnocení provedu jak ze strany energetické, ekologické i ekonomické.

1. Solární energie

1.1 Fotoelektrický jev

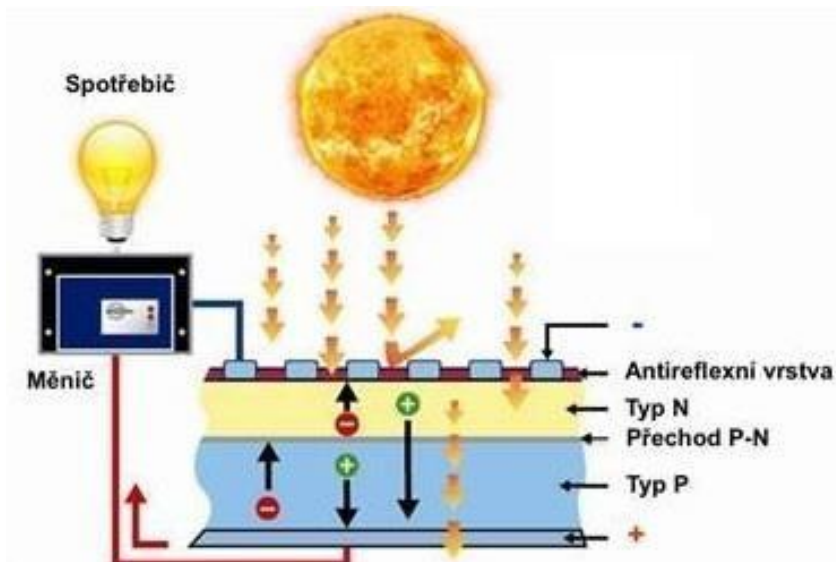
Aby mohl fotoelektrický jev vzniknout, je potřeba existence fotovoltaického článku. Tento článek si lze představit jako polovodičovou diodu, která je tvořena několika polovodiči typu P a N. Tím vznikne takzvaný PN přechod.

Základem fotovoltaického článku je plátek krystalického křemíku, který představuje polovodič typu P na jehož spodní straně je vytištěna stříbrná vodivá mřížka.

Na horní straně krystalického křemíku je umístěn polovodič typu N, na kterém jsou za pomoci sítotisku vytvořeny úzké vodivé kontakty. V polovodiči typu N se nachází přebytek elektronů, naopak ve vrstvě typu P jich je nedostatek, zde tedy vznikají díry, které představují kladný náboj.

Pokud fotovoltaický článek vystavíme slunečnímu záření, dojde k předání energie z tohoto záření pomocí fotonů. Fotony předají energii atomům krystalové mřížky a dojde k uvolnění elektronů. Tyto elektrony se hromadí v horním polovodiči typu N a tím vzniká mezi horní a spodní vrstvou elektrické napětí, jehož hodnota je cca. 0,6V.

Dojde-li k uzavření elektrického obvodu tak obvodem začne procházet elektrický proud.[10]



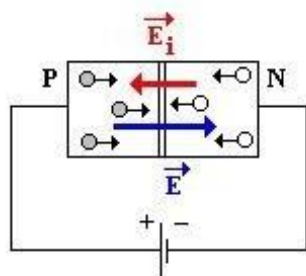
Obr.1 Princip fotovoltaického článku [11]

1.2 Princip PN přechodu

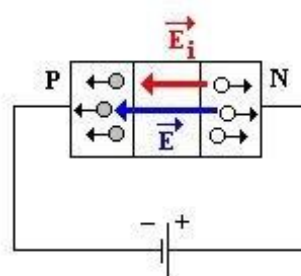
Přechod PN se vytvoří přiložením polovodiče typu P a typu N k sobě. Je důležité, aby se oba typy polovodičů spojily na mikroskopické úrovni. Nosiče náboje se v obou polovodičích pohybují chaoticky, u polovodiče typu N jsou nosičem náboje elektrony, u polovodiče typu P jsou to díry.

Na rozhraní obou polovodičů se nachází tzv. nevykompenzovaná oblast (hradlo), která vznikne difúzí elektronů z polovodiče N do P. Elektrony v polovodiči P rekombinují s dírami.

Takto vzniklá hradlová vrstva brání dalšímu pronikání elektronů a děr do oblasti PN přechodu. Jelikož se v této oblasti při rovnovážném stavu nenacházejí žádné částice s nábojem, má tato vrstva velký odpor. Pokud připojíme PN přechod v propustném směru ke zdroji napětí, tato vrstva se ztlačí a obvodem začne protékat elektrický proud. V opačném případě dojde ke zvětšení hradlové vrstvy.



Obr.2a Zapojení PN přechodu v propustném směru



Obr.2b Zapojení PN přechodu v nepropustném směru

Obr.2 Zapojení PN přechodu [12]

1.3 Zapojení fotovoltaických článků

Fotovoltaický panel je tvořen z několika fotovoltaických článků, které se spojují sérioparalelně pro získání vyššího napětí. Napětí jednoho solárního článku je přibližně 0,6V, sérioparalelním spojením 36-ti fotovoltaických článků získáme napětí o hodnotě 18V.

Takto vytvořené panely můžeme dále spojovat sériově pro zvýšení výsledného napětí, nebo paralelně pro zvýšení výsledného proudu. [7]

Účinnost přeměny sluneční energie v energii elektrickou je přibližně až 37%. U běžných monokrystalických článků se účinnost přeměny sluneční energie na elektrickou pohybuje okolo 17%. [13]

1.4 Druhy fotovoltaických článků

1.4.1 Monokrystalické fotovoltaické články

Monokrystalické články jsou tvořeny z jednoho krystalu křemíku. Tvar tohoto článku je čtvercový se zaoblenými rohy. Tyto panely se vyrábí Czochralského metodou, která spočívá v roztavení křemíku a v jeho následném tažení z taveniny. Takto tažení křemík se nařeže speciální pilou na tenké plátky. Tento typ fotovoltaických panelů se řadí do první generace fotovoltaických článků. [8,9]

1.4.2 Polykrystalické fotovoltaické články

Tento typ fotovoltaických článků spadá spolu s amorfními, mikrokrystalickými a CIS fotovoltaickými články do druhé generace fotovoltaických článků.

Polykrystalické články se skládají, jak název napovídá z více krystalů křemíku. Oproti monokrystalickým je jejich výroba jednodušší a jsou levnější. Vyrábějí se ve čtvercovém provedení, křemík se ve vakuu roztaví a poté se nalije do grafitového kelímku, kde se následně ochlazuje. Takto vzniklé bloky se poté řezou na jednotlivé destičky. Tyto články mají menší účinnost a proud oproti monokrystalickým článkům. [9]

1.4.3 Amorfní křemíkové fotovoltaické články

Jelikož jsou tyto články vyráběny tenkovrstvou technologií, tak je spotřeba materiálu mnohem menší, než je tomu u předchozích dvou typů. Princip výroby amorfních článků spočívá v rozkladu sloučenin křemíku ve vodíkové atmosféře při teplotě 200°C. Amorfní křemík má nepravidelnou krystalickou strukturu.

Takto lze vyrábět velmi tenké a ohebné články, jejich největší nevýhodou je rychlý proces stárnutí vlivem světelného záření a s tím spojený pokles účinnosti. [8,9]

1.4.4 CIS fotovoltaické články

Jedná se o tenkovrstvé články, které v současné době dosahují nejvyšších účinností. Články se vyrábějí ve vakuové komoře, ve které se potáhne nosné sklo tenkou kontaktní vrstvou. Na kontaktní vrstvu je následně nanesena tenká absorpční vrstva CIS.

CIS články na rozdíl od amorfních článků nepodléhají stárnutí vlivem světelného záření, avšak jejich velkou nevýhodou je nestabilita ve vlhkém a horkém prostředí. [8,9]

V této kapitole bylo zmíněno jen několik druhů fotovoltaických panelů, v současné době existuje ještě třetí a čtvrtá generace těchto panelů, které zde nejsou popsány.

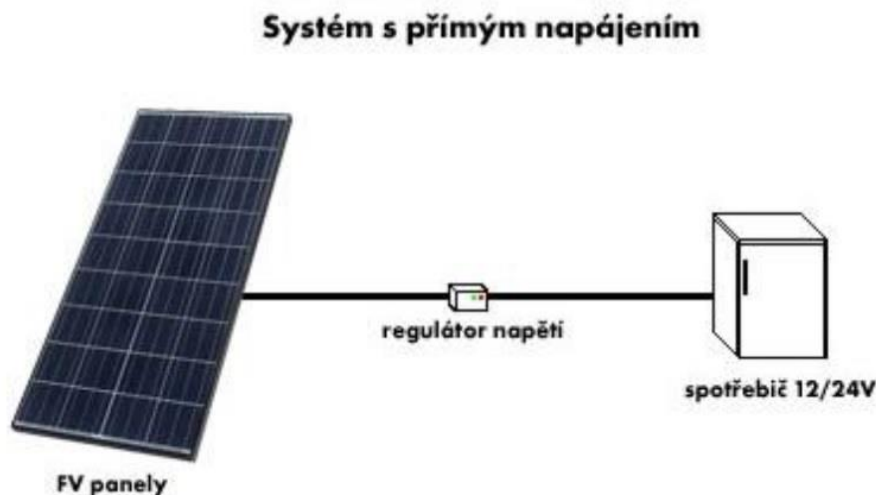
2. Fotovoltaické systémy

2.1 Ostrovní systémy (Off-Grid)

Ostrovní systém (Off-Grid) je charakteristický tím, že není připojen do elektrické sítě. Tento systém využívá pouze svou vyrobenou energii. Tento systém lze využít tam, kde připojení k elektrické síti je velmi obtížné, nebo dokonce nemožné. Ostrovní systém lze využít i pro různé zařízení, kde nechceme často měnit baterie. [10]

2.1.1 Systém s přímým napájením

Tento způsob provozování fotovoltaického systému je nejjednodušší. Princip tohoto systému spočívá v okamžitém využití vyrobené elektrické energie spotřebičem. Jedná se o systém Off-Grid, takže tento systém není připojen k elektrické síti, proto je schopen dodávat elektrickou energii jen při dostatečné intenzitě slunečního záření. Systém s přímým napájením se hodí k ohřevu TUV nebo k nabíjení baterií malých přístrojů.



Obr.3 Systém s přímým napájením [9]

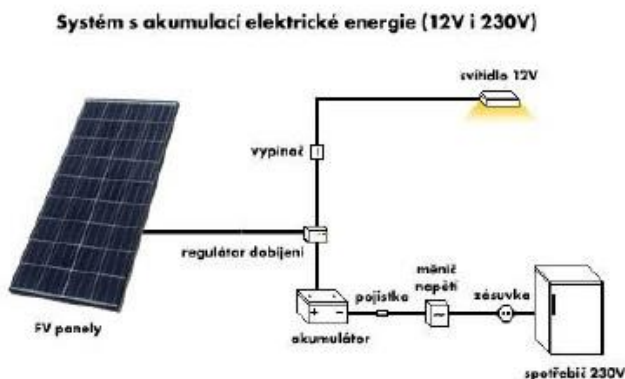
2.1.2 Systém s akumulací elektrické energie

Systému s možností akumulace elektrické energie se využívá proto, že se nekryje denní diagram zatížení s výrobou elektřiny tímto systémem. Nejvíce elektrické energie v domácnosti je potřeba ráno, kdy lidé vstávají do práce a poté odpoledne a večer, kdy se lidé z práce vrací. Na večer již není intenzita světelného záření dostačující, proto je potřeba akumulovat elektrickou energii vyrobenou během dne. Z tohoto důvodu se využívají akumulátory energie, které tuto energii zadrží na pozdější využití. Akumulovat elektrickou energii neznámá jen nabít baterii, lze také využít akumulaci gravitační potenciálové energie, na jehož principu pracují přečerpávací vodní elektrárny nebo také akumulaci kinetické energie (setrvačnick). [2]

Velikost kapacity baterie se odvíjí od požadovaného výkonu, spotřebě objektu a od požadavku

počtu autonomních dní, což znamená, jak dlouhou dobu může objekt využívat elektrickou energii z baterií bez jejich dobíjení, například při dlouhotrvajícím špatném počasí. [2]

Tento systém se využívá k napájení odlehlých objektů, u kterých se v blízkosti nenachází žádná elektrická přípojka, nebo například pro napájení dopravní signalizace. [9]

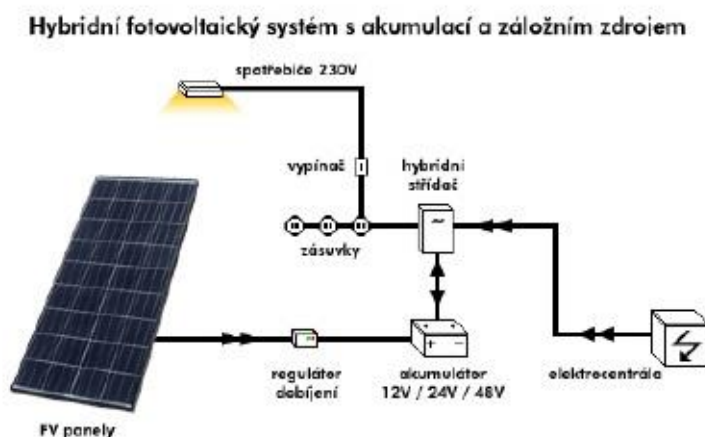


Obr.4 Systém s akumulací elektrické energie [9]

2.1.3 Hybridní ostrovní systém

Hybridním ostrovním systémem lze nazývat takový systém, který využívá více než jeden zdroj elektrické energie. V České republice se kvůli našemu podnebí nevyplatí využívat jen jeden zdroj k výrobě elektrické energie. Nejvíce energie je potřeba na podzim a v zimě, kdy nejsou fotovoltaické panely kvůli nízké intenzitě slunečního záření dost účinné, což má za následek produkci méně energie, než je tomu na jaře a v létě. Z tohoto důvodu je potřeba dalšího zdroje k výrobě energie, což může být elektrocentrála, ale i větrná elektrárna. Větrná elektrárna se využije zejména v podzimních měsících, kdy je často větrno, ale je nutné brát v úvahu využití v dané lokalitě. [2]

Tento systém je vhodný k instalaci u objektů s celoročním provozem. Tento systém bude dále vysvětlen v dalších kapitolách této práce.



Obr.5 Hybridní fotovoltaický systém [9]

2.2 Síťové systémy (On-Grid)

Tento druh systému je propojen s místní napájecí sítí, k čemuž je nutné získat patřičná povolení od provozovatele napájecí sítě.

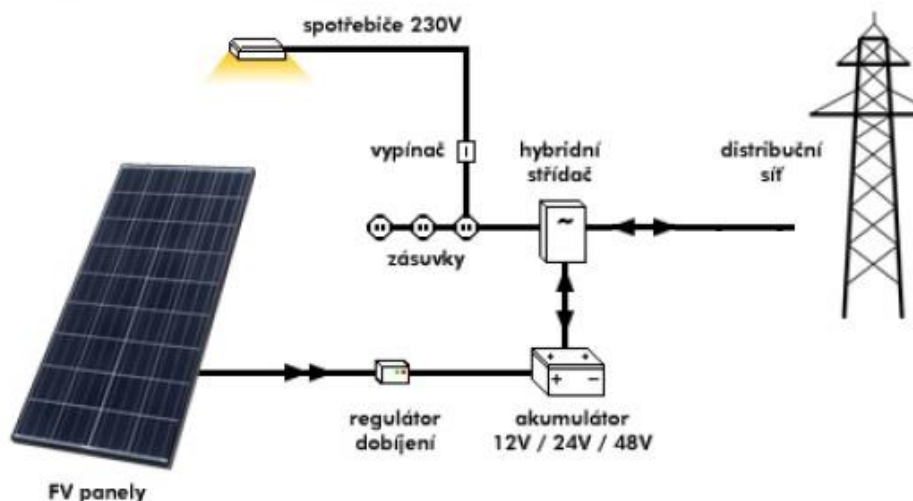
Tyto systémy jsou nejčastěji využívány na rodinných domech a průmyslových objektech. Vyrobená elektrická energie se může ihned spotřebovat v místě výroby nebo se může dodávat do elektrické sítě.

Objekt využívající tento systém může být tedy napájen ze solárních panelů i z distribuční sítě. Stejně tak, jako tomu bylo u systému Grid-Off i tady existují různé modifikace systému. Systém může být bez akumulace vyrobené elektrické energie nebo s akumulací elektrické energie do akumulátorů, popř. do TUV.

Součástí tohoto systému je střídač, který odebírá vyrobené stejnosměrné napětí z fotovoltaických panelů a vytváří napětí střídavé. Dále je součástí elektroměr, který zaznamenává smysl proudění elektrické energie, jističová skříň, bezpečnostní spínače a kabeláž. Podle toho, o jaký systém se jedná je součástí i akumulátor a regulátor nabíjení. [8]

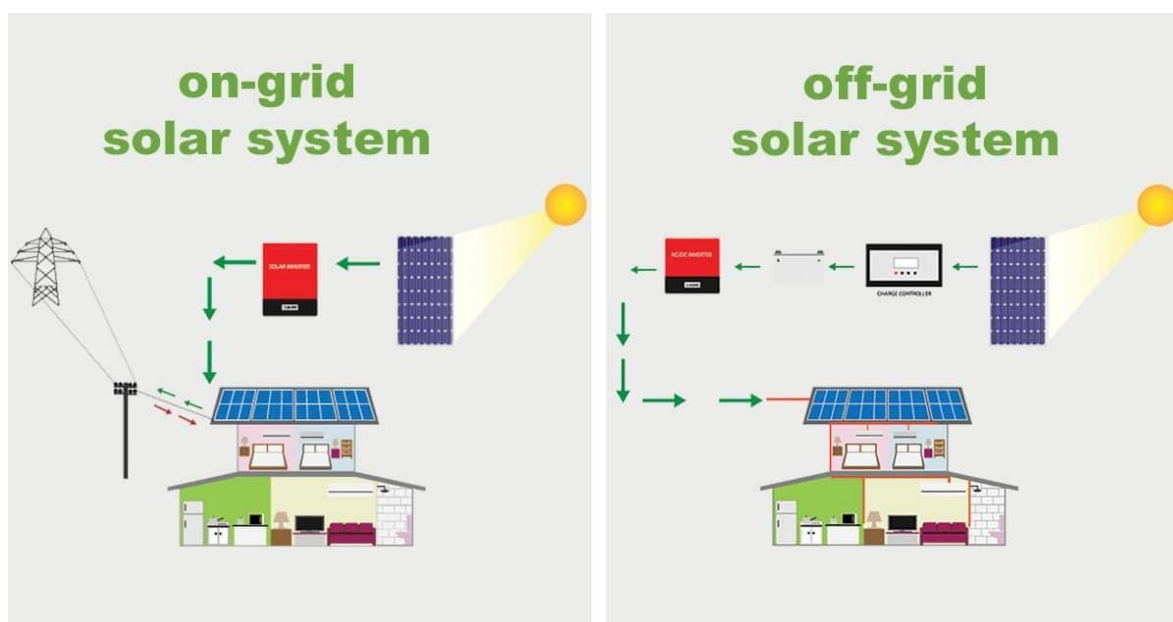
Systém On-Grid nemusí využívat k akumulaci energie jen baterii, která se nachází fyzicky v objektu, ale i takzvanou virtuální baterii. Přebytky získané elektrické energie se v tomto případě neukládají do baterie nebo do ohřevu vody, ale přeposílají se distributorovi elektrické sítě v daném místě. Množství odeslané elektrické energie si distributor zaznamenává a v případě naší potřeby nám ji znovu dodá. Tato služba není bohužel zdarma. Platí se měsíční poplatek za množství uschované elektrické energie a následně při vyzvednutí této uschované energie je potřeba uhradit distribuční náklady a všechny poplatky a daně spojené s distribucí.

Virtuální baterii mohou využívat jen majitelé malých fotovoltaických elektráren do výkonu 10kWp. Systém virtuální baterie nabízí třeba E.On s paušálním poplatkem 588 Kč za každou započatou MWh do kapacity 4 MWh. ČEZ nabízí virtuální baterii s paušálním poplatkem 199 Kč.



Obr.6 Síťový systém On-Grid [9]

Součástí tohoto systému je střídač, který odebírá vyrobené stejnosměrné napětí z fotovoltaických panelů a vytváří napětí střídavé. Dále je součástí elektroměr, který zaznamenává smysl proudění elektrické energie, jističová skříň, bezpečnostní spínače a kabeláž. Podle toho, o jaký systém se jedná je součástí i akumulátor a regulátor nabíjení. [8]



Obr.7 Solární systémy [14]

2.3 Komponenty fotovoltaického systému

Fotovoltaický systém se skládá z mnoha komponentů. Mezi nejdůležitější komponenty patří fotovoltaické panely, přívodní kabely, střídač, akumulátory a další instalační materiál potřebný k instalaci panelů na střechu objektu.

V následujících podkapitolách popíšu jednotlivé komponenty, kromě fotovoltaických panelů, které byly dostatečně popsány v první kapitole.

2.3.1 Střídač

Střídač je potřeba, jelikož fotovoltaické panely vyrábějí stejnosměrné napětí, ale spotřebiče běžně používané v domácnosti ke své činnosti potřebují napětí střídavé. Z tohoto důvodu se použije střídač, který změní stejnosměrné 12V (resp. 24V/48V) napětí na napětí o fázové hodnotě 230V s frekvencí 50Hz.

Při výběru střídače je důležité vzít v potaz, jaký střídač bude zapotřebí. Volba střídače se odvíjí od druhu instalovaného systému. Může se jednat o střídač síťový, hybridní nebo ostrovní. Dále se dělí střídače pro použití pro 12V, 24V nebo 48V, následně se při výběru zohledňuje požadovaný výkon a to, jestli požadujeme čistě sinusové napětí nebo ne. Střídač je cenově náročná položka, která se pohybuje v řádu tisíců až několika desítek tisíc korun.

2.3.2 Regulátor MPPT

Regulátor nabíjení se stará o správné nabíjení akumulátoru. Regulátor upravuje napětí na vhodnou úroveň pro nabíjení akumulátoru, dále je schopen sledovat teplotu baterie a kontroluje, aby nedošlo k přebíjení akumulátoru a dále hlídá hloubku vybití akumulátoru. Regulátor nabíjení tímto dokáže prodloužit životnost baterie.[2]

Běžné regulátory jsou založeny na principu PWM (pulsně šířkové modulace). Regulátory pracující na principu PWM jsou levnější, ale nedosahují takové účinnosti jako regulátory MPPT.

Regulátory MPPT sledují u fotovoltaického panelu bod maximálního výkonu i v případě nepříznivých podmínek. Díky použití MPPT regulátorů zvýšíme účinnost celého systému. [2]

2.3.3 Přívodní kabely

Připojovací vedení se provádí jako oddělené tzn., že kladné a záporné vedení vedeme odděleně. Používají se kabely s dvojitou izolací, tím omezíme riziko vzniku zkratu. K těmto účelům se používají kabely, které byly vyrobeny přímo pro solární systémy. Musí odolávat jak UV záření, tak i teplotám v širokém rozsahu. Propojení kabelů s fotovoltaickými panely je realizováno pomocí konektorů.

Kabely propojují fotovoltaické panely se střídačem. Z důvodu omezení ztrát, by měla být

délka vedení co nejkratší a průřez kabelu by měl být dimenzován tak, že úbytek napětí nebude větší jak 1% stejnosměrného napětí.



Obr.8 Kabel využívající se k propojení FV panelů [27]

2.3.4 Akumulátory

Nejdeálnějším případem by bylo, kdyby se vyrobená elektrická energie rovnou spotřebovala. Tento případ není pro rodinný dům příliš reálný. Pro správnou akumulaci elektrické energie je potřeba správně zvolit typ a kapacitu navrhované baterie. Koupě baterie tvoří velkou část pořizovacích nákladů na výstavbu celého systému, proto je nutné vybrat akumulátor kvalitní s dlouhou dobou životnosti. [9]

Životnost se u baterie udává počtem nabíjecích cyklů. Dalším sledovaným parametrem při volbě akumulátoru je údaj o hloubce vybití. Hloubka vybití nám udává, jak moc můžeme akumulátor vybit, aniž bychom ho poškodily.

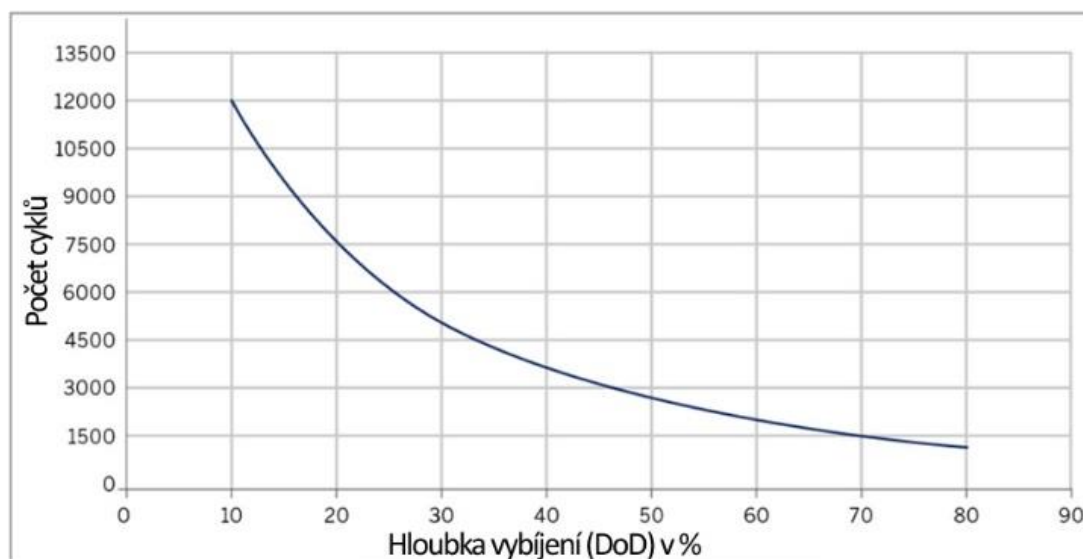
Na českém trhu je mnoho druhů akumulátorů. Na výběr je z olověných, gelových, AGM, Ni-MH a Li-Ion akumulátorů. Volba vhodného akumulátoru závisí zejména na velikosti instalovaného výkonu. [2]

Dále je potřeba, aby za špatného počasí byla baterie schopna dodávat elektrickou energii i několik dní. Pro solární systémy existují přímo navržené akumulátory s povolenou hloubkou vybití až 90% a počtem nabíjecích cyklů přesahující 6 000 cyklů.

Pokud se bude energie z baterií používat denně, je lepší investovat do dražších a kvalitnějších akumulátorů. Pokud se energie z akumulátorů bude využívat méně, lze na akumulátoru trochu ušetřit, protože nebude potřeba tolik nabíjecích cyklů.

V následujícím obr. lze vidět, jak může hloubka vybíjení akumulátoru negativně ovlivnit počet nabíjecích cyklů. Zde je zobrazena životnost trakčního olověného akumulátoru.

Životnost baterie (počet cyklů) v závislosti na hloubce jejího vybíjení

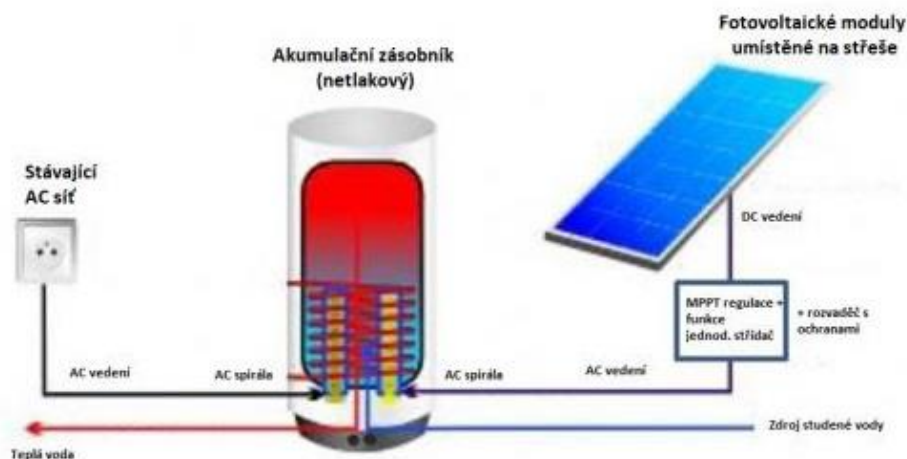


Obr.9 Znárodnění životnosti baterie [28]

2.3.5 Akumulace TUV

Akumulace do užitkové vody se využívá v případě, kdy nestačíme vyrobenou elektrickou energii spotřebovat. Vyrobená energie je spotřebována v bojleru, kde se nachází odporová elektrická spirála, která ohřeje vodu na pozdější využití.

Výhodou tohoto využití elektrické energie je, že ušetříme náklady spojené s nákupem baterie a že vyrobenou energii nemusíme posílat do distribuční sítě. [9]



Obr.10 Akumulace TUV [29]

2.3.6 Svodiče přepětí

Svodič přepětí chrání celý systém při přímém nebo nepřímém úderu blesku. Před přímým úderem blesku chrání hromosvod, přesto je ale lepší, aby byl celý systém vybaven přepět'ovou

ochranou. Jejich pořizovací náklady nejsou malé, ale v porovnání s cenou celého systému a vybavením objektu jsou zanedbatelné.



Obr.11 Přepět'ová ochrana CITELE [30]

3 Větrná energie

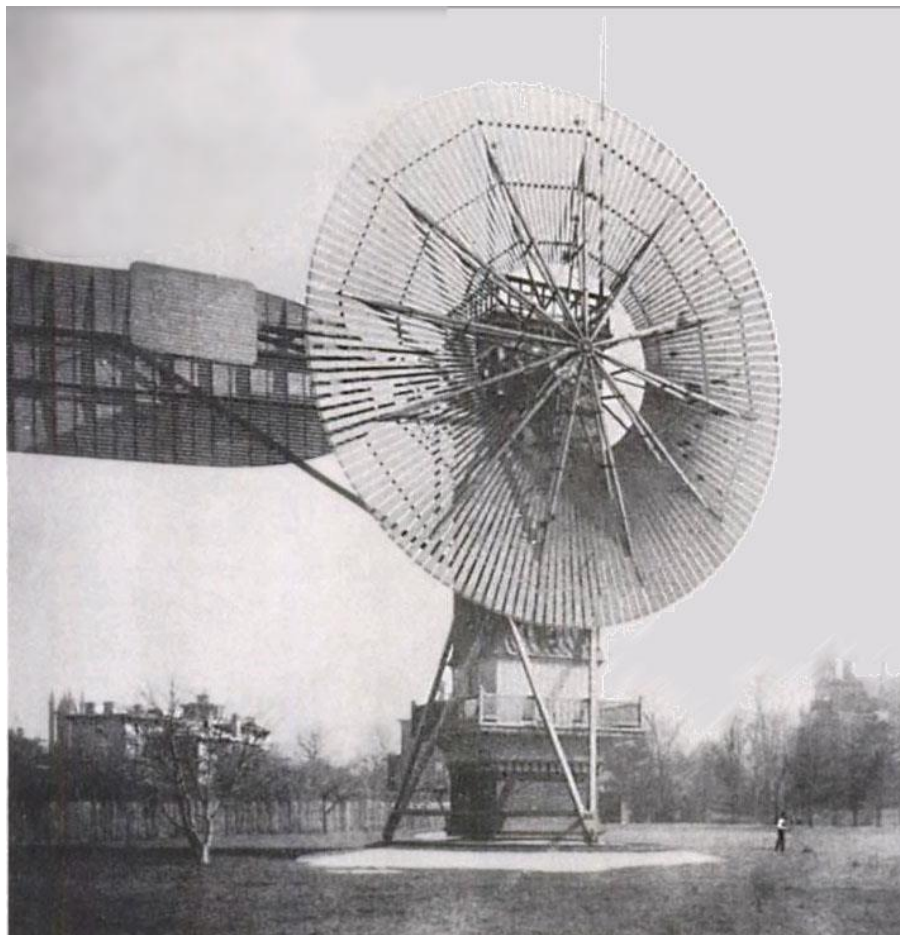
3.1 Historie využití energie větru

První zmínky o využití energie větru jsou datované před více než 5 000 lety, kresby zobrazují lodě plující po řece Nil. Další zmínky pocházejí z blízkého východu, kde energii větru využívali zemědělci k zavlažování polí pomocí větrných zařízení. Postupem času se vynalezly větrné mlýny, které sloužili k drcení obilovin, ale i k pohonu různých nástrojů, jako jsou například pily. [34]

V Evropě se mlýny rozšířily až ve 13.století. Například v Holandsku tyto větrné mlýny využívali zejména k vysušování a odvodňování zaplavených ploch.

První větrnou elektrárnu sestrojil v roce 1888 v USA Američan Charles Francis Brush. Výkon této první větrné elektrárny byl 12 kW. První evropskou větrnou elektrárnu sestrojil Poul la Cour v Dánsku v roce 1891. [35]

Největším nastartováním konstruování větrných elektráren byla ropná krize v polovině 70.let. [34]



Obr.12 První automaticky ovládaná turbína na světě [35]

3.2 Energie a vznik větru

Energie větru je jednou z forem sluneční energie. Vzniká při nerovnoměrném zahřívání zemského povrchu. Povrch, který je suchý se zahřívá mnohem rychleji než povrch mokry.

Zahřívání povrchu má za následek zahřátí vzduchu v jeho okolí, teplý vzduch poté vstoupá vzhůru. Vítr vzniká vyrovnáváním tlakové výše a níže, což jsou tlakové rozdíly v zemské atmosféře.

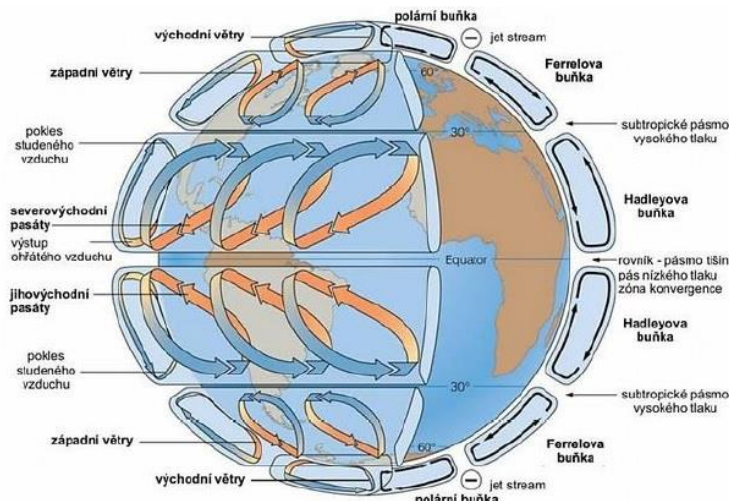
Pro využití energie větru je jeho nejdůležitějším parametrem jeho rychlost, jelikož má vliv na celkový výkon. Dalším parametrem, který se sleduje je jeho směr. Měření směru může být součástí Anemometru, který měří jeho rychlost nebo se dá určit pomocí větrného pytle. [4]



Obr.13 Vrtulkový anemometr [36]

Proudění vzduchu na zemském povrchu můžeme rozdělit na:

- Cirkulace vzduchu tropických šířek
- Cirkulace vzduchu mírných šířek
- Cirkulace vzduchu polárních oblastí



Obr.14 Proudění vzduchu na Zemi [35]

3.3 Měření rychlosti a směru větru

Při návrhu větrné elektrárny jsou naměřené hodnoty velmi důležité. Měření těchto veličin je běžně prováděno meteorologickými stanicemi po celé České republice. Jak již bylo zmíněno v předchozí kapitole, nejsnadnějším způsobem měření větru je větrný pytel, který se často nachází na letištích, ale i podél dálnic. Nejčastěji se však měří anemometrem, který může být doplněn o směrovku větru. [34]

Anemometrů existuje několik druhů. První variantou je anemometr s několika miskami na rotoru, rychlost větru je převáděna na určitou hodnotu napětí, z čehož se vypočte rychlost větru, která se zobrazí na displeji. Druhou variantou anemometru je anemometr se žhaveným drátem. Drát je ohříván a následně je ochlazován proudícím větrem. Ochlazením drátu se mění jeho odpor a následně se z této hodnoty odporu dopočte rychlost větru. Další variantou může být anemometr zobrazený na obr.13, kde jsou misky nahrazeny vrtulkou, princip však zůstává stejný.

Další variantou je anemometr, který využívá dynamického tlaku vzduchu. Princip spočívá v úplném zastavení proudění vzduchu měřicím přístrojem a je snímán tlak způsobený zadržovaným větrem. Využití tohoto přístroje je spíše pro větší rychlosti větru, protože dynamický tlak je roven kvadrátu rychlosti větru. [34]

Měření by se mělo provádět kontinuálně, to by ale vedlo k potřebě velké paměti záznamového zařízení. Z tohoto důvodu se měření provádí v předem definovaných intervalech, které jsou stejné pro celý svět, a to v intervalu po třech hodinách. [34]

Síla větru je definována jeho stupnicí. Tato stupnice byla vytvořena britským admirálem Francisem Beaufortem a následně poupravena mezinárodní konferencí do dnešní podoby.

Stupeň	Rychlost větru		Tlak větru v kg/m ²	Slovní označení	Znaky na souši	Znaky na moři
	m/s	km/h				
0	0 - 0,2	0 - 1	0	bezvětří	kouř stoupá svisle vzhůru	moře je zrcadlově hladké
1	0,3 - 1,5	1 - 5	0 - 0,1	vánek	kouř už nestoupá úplně svisle, korouhev nereaguje	malá šupinovitě zčeřeně vlny bez pěno vých vrcholků
2	1,6 - 3,3	6 - 11	0,2 - 0,6	slabý vítr	vítr je cítit ve tváři, listí šelestí, korouhev se pohybuje	malé vlny ještě krátké ale výraznější, se sklovitými hřebeny, které se nelámou
3	3,4 - 5,4	12 - 19	0,7 - 1,8	mírný vítr	listy a větvičky v pohybu, vítr napíná prapory	hřebeny vln se začínají lámat, pěna převážně skelná. Ojedinelý výskyt malých pěnových vrcholků
4	5,5 - 7,9	20 - 28	1,9 - 3,9	dosti čerstvý vítr	vítr zvedá prach a papíry, pohybuje větvičkami a slabšími větvemi	vlny ještě malé ale prodlužují se. Hojný výskyt pěnových vrcholků.
5	8 - 10,7	29 - 38	4,0 - 7,2	čerstvý vítr	hýbe listnatými keři, malé stromky se ohýbají	dosti velké a výrazně prodloužené vlny. Všude bílé pěnové vrcholy, ojedinelý výskyt vodní tříště.
6	10,8 - 13,8	39 - 49	7,3 - 11,9	silný vítr	pohybuje silnějšími větvemi, telegrafní dráty sviští, je nesnadné používat deštník	velké vlny. Hřebeny se lámou a zanechávají větší plochy bílé pěny. Trochu vodní tříště.
7	10,9 - 17,1	50 - 61	12,0 - 18,3	prudký vítr	pohybuje celými stromy, chůze proti větru obtížná	moře se bouří. Bílá pěna vzniká lámáním hřebenů vytváří pruhy po větru.
8	17,2 - 20,7	62 - 74	18,4 - 26,8	bouřlivý vítr	láme větve, vzpřímená chůze proti větru je již nemožná	dosti vysoké vlnové hory s hřebeny výrazné délky, od jejich okrajů se začíná odtrhává vodní tříšť.
9	20,8 - 24,4	75 - 88	26,9 - 37,3	vichřice	menší škody na stavbách	vysoké vlnové hory, husté pásy pěny po větru, moře se začíná valit, vodní tříšť snižuje viditelnost
10	24,5 - 28,4	89 - 102	37,4 - 50,5	silná vichřice	na pevnině se vyskytuje zřídka, vyvrací stromy a ničí domy	velmi vysoké vlnové hory s překlápějící mi a lámajícími se hřebeny, moře bílé od pěny. Těžně narázovitě valení moře.
11	28,5 - 32,6	103 - 117	50,6 - 66,5	mohutná vichřice	rozsáhlé zrušení plochy	mimořádné vysoké pěnové hory. Viditelnost znehodnocena vodní tříšť.
12	32,7 - ??	118 - ??	66,6 - ??	orkán	ničivé účinky odnáší domy, pohybuje těžkými hmotami	vzduch plný pěny a vodní tříště. Moře zcela bílé. Viditelnost velmi snížena. Není výhled.

Obr.15 Beaufortova stupnice síly větru [34]

3.4 Vliv krajiny na vítr

Členitost krajiny má významný vliv na proudění vzduchu a je jednou z hlavních věcí kterou musíme brát v úvahu při návrhu větrné elektrárny. Čím blíže jsme k zemskému povrchu, tím více se snižuje rychlost proudícího větru. Hrubost zemského povrchu navíc určuje, jak moc se rychlost větru bude snižovat se zmenšující se vzdáleností od povrchu. [34]

Toto ovlivnění lze určit z následujícího vztahu:

$$\frac{v_h}{v_{h_0}} = \left(\frac{h}{h_0}\right)^n \quad [-] \quad (1)$$

Kde v_h představuje průměrnou rychlost větru ve výšce h nad povrchem (m/s), v_0 představuje průměrnou rychlost větru v referenční výšce h_0 (m/s), n je korekční exponent související s drsností povrchu, h je uvažovaná výška (m) a h_0 je referenční výška (m). [34]

Typ povrchu		n (-)
A	Vodní hladina, písek	0,14
B	Louka s nízkým porostem, zorané pole	0,16
C	Vysoká tráva	0,18
D	Nízké lesy	0,21
E	Lesy	0,28
F	Vesnice, města	0,48

Tab.1 Závislost korekčního exponentu na povrchu [34]

Pro zjednodušení výpočtu lze použít korekční součinitel, který přepočítává jednotlivé poměrné hodnoty pro danou výšku, ve které počítáme průměrnou rychlost proudění vzduchu. Tento přepočet získáme z následujícího vzorce [34]:

$$v_h = k_h \cdot v_{h0} \text{ [m/s]} \quad (2)$$

Kde v_h je přepočtená hodnota průměrné rychlosti větru pro zvolenou výšku (m/s), v_{h0} je průměrná rychlost pro nulovou výšku (m/s) a k_h (-) je výškový korekční koeficient.

Druh povrchu	Výška h (m)									
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
A	0,91	1,00	1,06	1,10	1,14	1,17	1,19	1,21	1,23	1,25
B	0,90	1,00	1,07	1,012	1,16	1,19	1,22	1,25	1,27	1,29
C	0,88	1,00	1,08	1,13	1,18	1,22	1,25	1,28	1,31	1,34
D	0,86	1,00	1,09	1,16	1,21	1,26	1,30	1,34	1,37	1,40
E	0,82	1,00	1,12	1,21	1,29	1,36	1,42	1,47	1,52	1,57
F	0,72	1,00	1,21	1,39	1,55	1,69	1,82	1,95	20,6	2,17

Tab.2 Hodnoty korekčního koeficientu k_h [34]

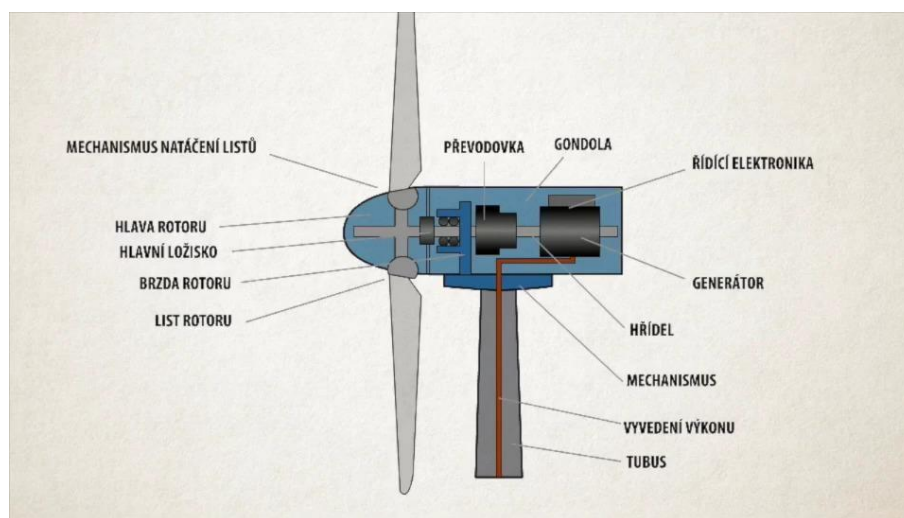
3.5 Princip větrné turbíny

Přibližně 2 % slunečního záření se přemění na vítr. Princip větrné turbíny spočívá ve využití aerodynamických sil větru, které působí na listy rotoru. Listy rotoru kladou větru odpor a díky tomu se roztočí. Síla působící na listy rotoru se přemění na rotační práci, která se za pomoci generátoru přemění na elektrickou energii. [2]

3.6 Vlastnosti větrné turbíny

K rozběhu větrné turbíny je potřeba, aby měl vítr správnou rychlost, což je 4-6 m/s. Většina větrných turbín dosáhne maximálního výkonu při rychlosti větru do 20 m/s. Aby nedošlo k poškození turbíny, nesmí být rychlost větru příliš vysoká, což je nad 25 m/s. Nežádoucím poškozením vlivem příliš vysoké rychlosti větru zabráňují mechanické brzdy. Pokyn k brzdění může vydávat snímač rychlosti otáčení turbíny nebo snímač rychlosti větru. [6]

Výkon větrné turbíny je přímo závislý na větru. Problém větrných turbín je nestálost výkonu vlivem proměnlivosti proudění vzduchu. [6]



Obr.12 Obecné schéma větrné elektrárny [15]

3.7 Rozdělení větrných turbín

Větrné turbíny lze dělit dle principu nebo podle smyslu otáčení rotoru. Při dělení turbín dle principu se jedná o vztakové a odporové motory. Při rozdělování dle smyslu osy otáčení se hovoří o vertikálních a horizontálních turbínách.

V dnešní době jsou hojně používány motory vztakové. Základním principem tohoto motoru je otáčení rotoru ve vodorovné ose. Lopatky turbíny jsou umístěny po obvodu rotoru a mají speciální tvar, podobně jako jsou tvarované křídla letadel. Provedení lopatek je buď dvoulisté nebo třílisté. Na tomto principu pracuje i větrný motor Darrieus, který byl vymyšlen již roku 1931. [3,4]



Obr.13 Vztlaková turbína [16]

Odporové motory jsou historicky starší než motory vztlkové. Mají však nižší účinnost, a tak jsou v dnešní době používány málo. U těchto motorů se využívá rozdílu sil, které vlivem proudícího vzduchu působí na každou lopatku s různým odporem. Odporového principu lze využít na větrném mlýnu viz obr.6. [3]



Obr.14 Větrný mlýn pracující na odporovém principu [3]

Horizontální turbíny se v našich lokalitách používají nejvíce. Mají relativně vysokou účinnost, až 48 %. Základním principem těchto turbín je, že musí být vždy nasměřovány proti větru. Proto se u tohoto typu turbín využívají směrové lopatky, které se natáčejí tak, aby turbína měla co nejlepší účinnost. Tato turbína je znázorněna na obr.6.

Vertikální turbíny mají oproti těm horizontálním přibližně o 10% menší účinnost, jsou složitější na navrhnutí, ale jejich největší výhodou je to, že je zapotřebí mnohem méně místa k jejich výstavbě. [3]



Obr.15 Nakloněné listy Darrieovy turbíny [17]

3.8 Nevýhody větrných turbín

S provozem větrných elektráren souvisí i negativní vlivy na prostředí, ve kterém je umístěno. Vždy se najde někdo, komu bude dané zařízení vadit ať už kvůli hluku nebo kvůli vzhledu.

Proto se provozovatelé větrných elektráren, a nejen jich, snaží tyto nežádoucí vlivy eliminovat.

3.8.1 Hlučnost

Většina obydlených oblastí je často proti výstavbě větrných elektráren v jejich blízkosti. Může za to hluk, které způsobují otáčející se lopatky a mechanické prvky ve strojovně. Tyto problémy byly většinou spojeny se staršími modely větrných elektráren. U moderních typů větrných elektráren se konstruktéři těchto zařízení snaží hluk co nejvíce eliminovat upravováním třeba listů rotoru. [4]

První typy větrných elektráren sestrojených kolem roku 1990 na území České republiky byly z méně kvalitních turbín, než je tomu dnes. Proto není od věci, pokud mám obavu z hlučnosti větrné elektrárny, nějakou větrnou elektrárnu navštívit a přesvědčit se na vlastní oči.

3.8.2 Ohrožení ptactva

Na našem území nebyla prozatím vypracovaná žádná dostatečně obsáhlá studie na toto téma. Domnívám se, že je to z důvodu, že u nás není tak velká koncentrace těchto zařízení, jako je tomu například v Německu, Velké Británii nebo Španělsku. Tyto státy jsou evropskými leadery v instalaci větrných elektráren, jelikož je u pobřeží velice větrno.

Ve Velké Británii proběhlo několik studií na toto téma, kterou vypracovalo například Královská společnost na ochranu ptactva.

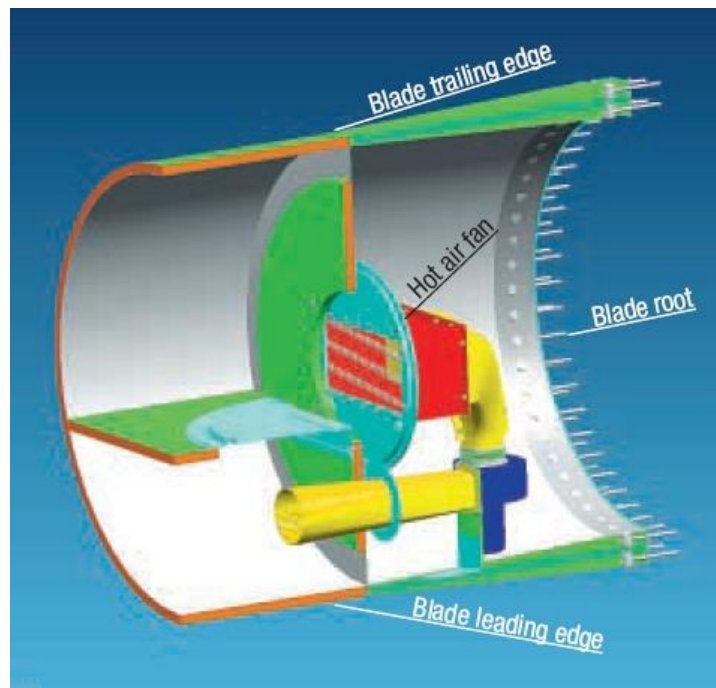
Tato studie byla provedena na větrných farmách ve Walesu a došla k závěru, že připadá jeden mrtvý pták na deset tisíc kusů. Takto malé číslo je zapříčiněno nejspíše tím, že jsou větrné elektrárny dostatečně viditelné, než aby došlo ke kolizi ptáka s elektrárnou. Dále je to způsobeno i tím, že otáčení rotoru vytváří takzvaný vzduchový polštář, který ptákům brání v průletu rotorem. [3]

3.8.3 Námraza

Jak je nejspíše zřejmé, námraza se u větrných elektráren tvoří na listech rotoru při teplotách klesajících pod 0°C. K tomu, aby vznikla námraza na listech je potřeba i dostatečně velká vzdušná vlhkost.

Vznik malé námrazy není až tak velký problém z hlediska bezpečnosti, dojde jen ke snížení výkonu dané větrné elektrárny. Větší nebezpečí vzniká při větší námraze, kdy se na lopatkách vyskytne tlustší souvislá vrstva ledu. Pokud k tomu dojde, je potřeba větrnou elektrárnu odstavit z důvodu bezpečnosti lidí, ale i zařízení. [3]

Kvůli odstavení zařízení vznikají majiteli nemalé ztráty, a tak se některé společnosti, jako je například společnost Enercon, snaží do rotorových listů instalovat zařízení, které by vznik námrazy potlačilo. Princip spočívá ve foukání teplého vzduchu do vrcholu listu. Tento teplý vzduch putuje dále po odtokové hraně lopatky z pět k ventilátoru a tím by se mělo námraze zabránit. [37]



Obr.16 Vyhřívání rotorového listu firmy Enercon [37]

3.8.4 Stroboskopický efekt

Při projektování výstavby větrných elektráren by měl projektant dávat na tento jev veliký pozor. Tento jev vzniká mezi člověkem, větrnou elektrárnou a nízko situovaným Sluncem. Stroboskopický efekt si lze představit jako nepříjemné kmitání světla a stínu vlivem otáčení rotoru. Tomuto nepříjemnému efektu se zabraňuje tím, že se větrné elektrárny stavějí nejblíže 0,6 km daleko od obydlí lidí. Vhodným výpočtem lze zjistit, že je tento efekt produkován elektrárnou jen asi šest hodin ročně a z toho vyplývá, že dalším zabráněním tohoto efektu je pozastavení větrné elektrárny v čase, kdy by tento jev mohl nastat. Vhodným nátěrem lopatek pak zajistíme, aby nevznikaly nepříjemné odlesky od lopatek. [4]

4 Elektrocentrála

Elektrocentrála se volí jako další zdroj elektrické energie pro ostrovní režim. Využije se zejména ve dnech, kdy není dostatek slunečního záření a není větrno.

4.1 Popis elektrocentrály

Elektrocentrála je zařízení sloužící k výrobě elektrické energie. Toto zařízení sestává ze spalovacího motoru, který pohání nejčastěji alternátor, který poté vyrábí elektrickou energii. Spalovací motor může být na benzín, naftu, LPG nebo jejich kombinace.

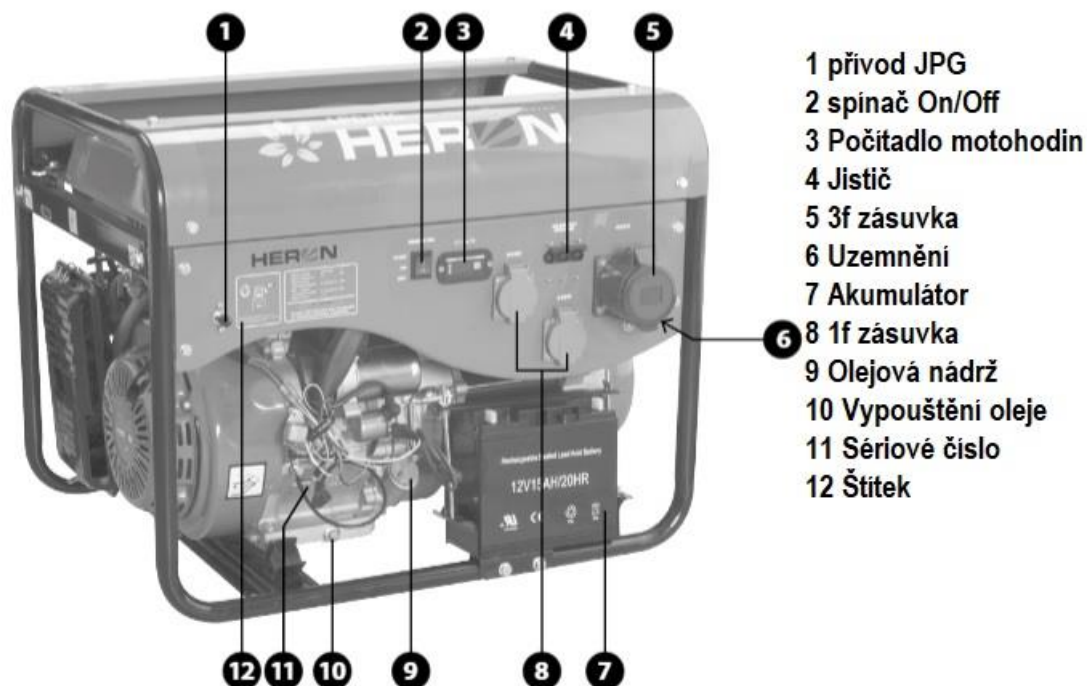
Hlavní důvodem zařazení elektrocentrály jako záložní zdroje je její relativně nízká cena, velká variabilita výkonů, jednoduchá manipulace a velmi snadná instalace.

Stěžejním parametrem, který sledujeme při výběru zařízení je způsob regulace vyrobené elektrické energie. Regulace může být kapacitní, AVR nebo PWM. [1]

Kapacitní regulace je nejjednodušší způsob regulace, která stačí pro pohon jednoduchých zařízení, jako je ruční náradí a čerpadla. Pro napájení televizorů a počítačů je ale nevhodná. Největší výhodou této regulace je nízká cena. [1]

Automatic Voltage Regulator neboli AVR je regulace, která je již vhodná k napájení citlivějších zařízení, jako jsou televizory a počítače. Elektrocentrály s touto regulací mívají již monitor pro zobrazení různých provozních dat a motohodin. Mohou mít i elektrické startování. Tyto elektrocentrály se při výpadku elektrické energie spouští sami, nepotřebují naši asistenci.

Regulaci PWM mívají elektrocentrály invertorové a cykloinvertorové, jsou to ty nejmodernější elektrocentrály. Díky regulaci PWM je elektrocentrála schopna vyrábět tolik elektrické energie, kolik potřebují připojené spotřebiče, až do nějaké maximální hodnoty uvedené na štítku elektrocentrály.[1]



Obr.16 Elektrocentrála na LPG [31]

4.2 Kritéria pro volbu vhodné elektrocentrály

Nejdůležitější je si uvědomit, jestli bude elektrocentrála využívána jako hlavní zdroj elektrické energie nebo jako zdroj záložní. V tomto případě bude zařízení sloužit jen k dobíjení akumulátorů prostřednictvím nabíječky. To znamená, že nás bude zajímat, hlavně výkon zařízení a za jak dlouhou dobu je schopno baterii nabít, protože čím kratší dobu bude k nabití potřebovat, tím méně paliva spotřebuje.

Pro správnou volbu zařízení je třeba znát, kolik elektrické energie bude potřeba vyrobit v měsících, kdy není fotovoltaika dostatečným zdrojem elektrické energie.

Volba elektrocentrály je, jako většinou, kompromis mezi výkonem elektrocentrály a nabíječky a pořizovacích nákladů. [1]

5 Legislativa v České republice, dotace

Pro fotovoltaické elektrárny instalované pro vlastní spotřebu elektrické energie, s instalovaným výkonem do 10 kW není třeba licence od ERÚ, podle zákona č. 458/2000 Sb., § 3 odstavec 3. Za těchto podmínek není třeba licence ani když je systém připojen k distribuční soustavě. Ve stejném místě instalace systému nesmí být ale výrobná, která licenci potřebuje. [8]

Začátkem roku 2016 vyšla v platnost vyhláška o připojování č. 16/2016 Sb. Tato vyhláška definuje kategorii mikrozdrojů. Mikrozdrojem se rozumí systém, který je připojen k distribuční soustavě, který do ní ale energii nedodává a má maximální instalovaný výkon 10 kW a jmenovitý proud na fázi 16 A.

Součástí této vyhlášky je i zjednodušený proces připojení k distribuční soustavě. Pokud provozovatel mikrozdroje prokáže, že je v místě připojení systému do distribuční soustavy impedance proudové smyčky $0,75 \Omega$ na fázi 10 A, nebo $0,47 \Omega$ na fázi do 16 A, poté mu vzniká nárok na připojení k distribuční soustavě.

Provozovatel distribuční sítě připojí mikrozdroj do sítě a vystaví dodatek ke smlouvě o připojení vlastníka, popř. vytvoří smlouvu novou. Dodání elektrické energie do sítě je ze strany ERÚ pokutováno. [8]

5.1 Připojení různých systémů do distribuční sítě

Ostrovní systém

Pokud je veškerá elektrická energie vyrobená tímto systémem spotřebována v místě výroby a není dodávána do distribuční sítě, poté vlastník nepotřebuje k provozu žádnou licenci od ERÚ.

Dodání energie do distribuční sítě

Tento typ systému, dodávající veškerou vyrobenou elektrickou energii do sítě potřebuje od ERÚ licenci, jelikož se jedná o druh podnikání. Majitel tohoto systému musí splnit veškeré požadované podmínky a musí projít celým procesem žádosti o připojení k distribuční soustavě.

Mikrozdroj

Jak již bylo zmíněno, provozovatel mikrozdroje nepotřebuje k provozu systému licenci, ale jen dodatek ke smlouvě k připojení do distribuční soustavy. Pokud dojde k přetokům vyrobené elektrické energie do sítě, musí provozovatel počítat s pokutou od ERÚ.

5.2 Zelené bonusy a výkupní ceny

Zeleným bonusem se rozumí bonus, kterým Česká republika podporuje výrobu elektřiny z obnovitelných zdrojů energie. Tento bonus mohou získat nejen majitelé fotovoltaických elektráren, ale i majitelé elektráren vodních, elektráren vyrábějící elektrickou energii z biomasy a majitelé větrných elektráren. Tento bonus každoročně upravuje Energetický regulační úřad.

5.2.1 Zelené bonusy

Tento bonus na vyrobenou elektřinu prostřednictvím OZE vyplácí OTE (operátor trhu). Při podpoře zelenými bonusy si vlastník OZE musí najít sám svého odběratele elektrické energie a s ním se dohodnout na ceně. Je možné část vyrobené elektřiny spotřebovat a prodat jen přebytečnou energii, která se nespotřebuje. Zelené bonusy mívají většinou větší výnosy oproti výkupní ceně. [32]

5.2.2 Výkupní ceny

V případě výkupní ceny má vykupující povinnost vykoupit od výrobce elektrické energie všechnu energii naměřenou v předávacím místě mezi výrobnou elektrickou energií a distribuční, resp. přenosovou soustavou. Cena za takto dodanou elektrickou energii je stanovena aktuálním cenovým rozhodnutím.

Vyúčtování vykoupené elektrické energie je provedeno na základě naměřených hodnot měřidlem daného provozovatele v předávacím místě mezi výrobnou a distribuční, resp. přenosovou soustavou.

Výkupní ceny elektrické energie jsou po zadání do systému operátora trhu fakturovány přímo vykupujícímu.

Rozdíl mezi zeleným bonusem a výkupní cenou je v tom, že je výkupní cena účtována včetně DPH a u zelených bonusů si musíme zajistit svého odběratele elektrické energie. [32]

5.3 Dotace na fotovoltaiku

I v roce 2022 je možné získat dotaci na pořízení fotovoltaické elektrárny. Od konce minulého roku se získání dotací zjednodušilo a je výhodnější než v minulých letech. Novinkou je podpora ostrovních elektráren. Nové podmínky byly schváleny v říjnu 2021 a měly by platit do roku 2025.[33]

O dotaci z programu Nová zelená úsporám mohou žádat majitelé rodinných domů a budoucí

majitelé nových domů.

Podmínky pro získání dotace Národní plán obnovy [33]:

- Dotaci lze získat na výstavbu fotovoltaické elektrárny o výkonu do 100 kWp – 1 MWp
- Žádat mohou i firmy
- Dotaci lze použít jen na fotovoltaickou elektrárnu umístěnou na střeše objektu
- Nově není nutné dokládat energetický posudek budovy ani projektovou dokumentaci

Druhy instalací podporovaných v roce 2022 [33]:

- Instalace realizované a zaplacené od 1.1.2021
- Fotovoltaika umístěná nejen na střeše domu, jeho fasádě, ale i na přiléhajících objektech jako je například garáž, dále na pozemní konstrukci, pod kterou ale musí růst zeleň
- Další podmínkou je, že takto vyrobená elektřina slouží zejména k pokrytí vlastní spotřeby objektu, neslouží tedy primárně k prodeji

Podporované varianty fotovoltaických elektráren [33]:

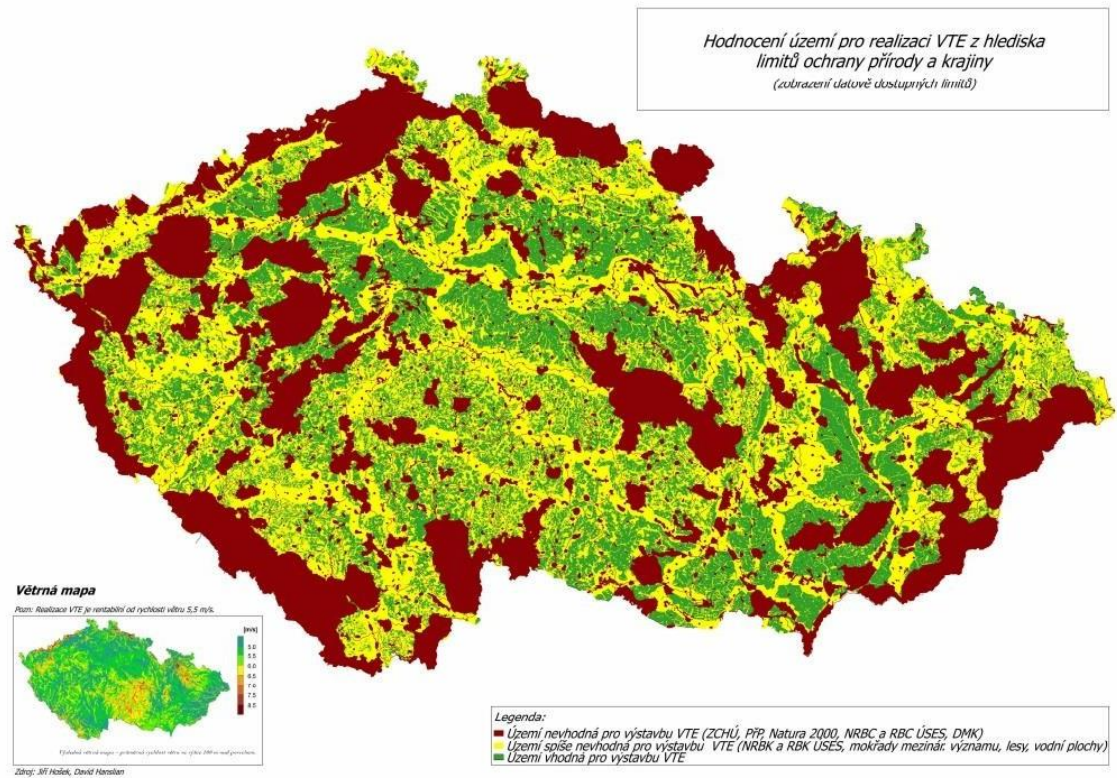
- Fotovoltaika pro akumulaci teplé vody do bojleru
- Fotovoltaika bez akumulace-toto je novinka oproti minulým rokům
- Fotovoltaika s akumulací elektrické energie do akumulátoru
- Fotovoltaika v kombinaci s tepelným čerpadlem
- Ostrovní elektrárna

Při sjednávání dotace platí, že čím větší instalovaný výkon máme, tím větší dotaci získáme. S každým instalovaným 1kWp fotovoltaické elektrárny a s každou kWh baterie máme nárok na větší dotaci, minimum pro získání dotace je instalace fotovoltaické elektrárny o minimálním výkonu 2 kWp a minimální kapacita akumulátoru musí činit nejméně jednonásobek instalovaného výkonu, maximálně však jeho dvojnásobku. [33]

Dotace z programu Nová zelená úsporám může činit maximálně 50 % nákladů na pořízení fotovoltaické elektrárny, maximálně však 200 000 Kč na jeden objekt. Tuto dotaci lze ale navýšit vhodnou kombinací například se zateplením objektu, změna zdroje tepelné energie nebo například při pořízení nabíjecí stanice pro elektromobil. [33]

6 Vhodná volba lokality

V České republice je vhodných míst pro výstavbu větrných elektráren velmi málo. Jsou místa, kde by se větrná elektrárna postavit dala, ale výstavbu neumožní ochranná pásma přírody. Na mapě jsou zeleně vyznačeny vhodné lokality pro výstavbu a červeně nevhodné lokality. [2]



Obr.16 Hodnocení území pro realizaci VTE [18]

Při návrhu větrné elektrárny je potřeba brát v úvahu následující okolnosti:

- Hlučnost větrné elektrárny
- Ohrožení ptactva
- Námraza na lopatkách

Hlučnost větrné elektrárny vzniká v otáčivých mechanických prvcích a proudění vzduchu kolem lopatek. Tyto problémy se týkaly většinou starších modelů elektráren, v dnešní době se výrobci snaží tyto projevy eliminovat.

Pokud se má elektrárna nacházet v blízkosti obydlí, musí být vypracovány odborné posudky a musí být dodrženy všechny hygienické limity. [4]

Pokud se vybere vhodná lokalita pro umístění větrné elektrárny, tak je ohrožení ptactva minimální. Elektrárna by se proto neměla stavět v blízkosti parků, rezervací a místech, kde je vyšší koncentrace ptactva.

Námraza na lopatkách větrných elektráren se začíná tvořit při vyšší vlhkosti vzduchu a při teplotách blížících se bodu mrazu. Při větších námrazách se musí elektrárna odstavit

z důvodu nebezpečí odlétávajícího ledu z lopatek. Po odstavení obsluha provede odmrazení lopatek, které může být provedeno i za pomoci dronu. Aby se námraze předešlo, začali někteří výrobci vyrábět rotory s vyhřívanými lopatkami.

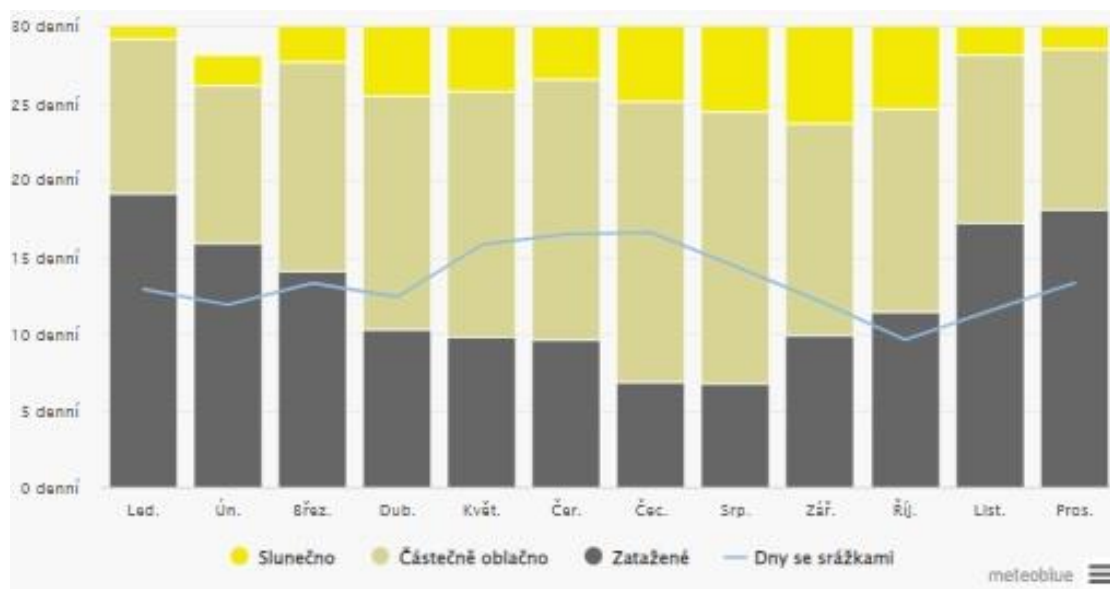


Obr.17 Rozmrazování námrazy na lopatkách turbíny [19]

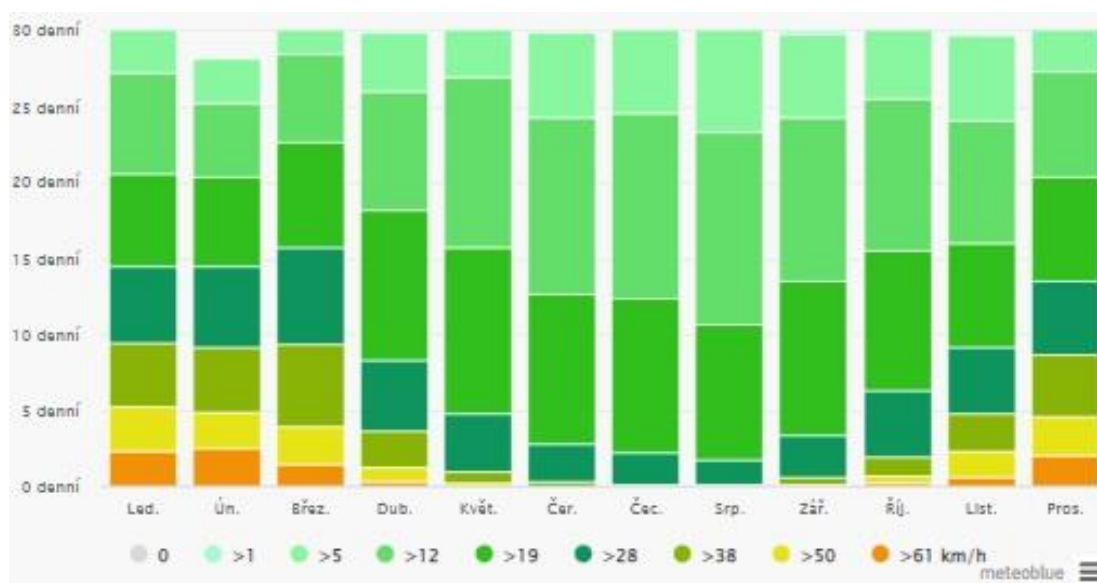
6.1 Odlehlý objekt a jeho lokalita

6.1.1 Popis lokality

Pro správné navržení hybridního systému je nutné zohlednit umístění objektu, kde bude systém realizován. Dále je nutné brát v úvahu další zástavbu kolem objektu a informace týkající se počtu slunečních dní a rychlosti větru v dané lokalitě. Podíl slunečních dní a rychlosti větru jsou znázorněny v následujících Obr.18 a 19.



Obr.18 Podíl slunečných dní v okolí Loun [25]

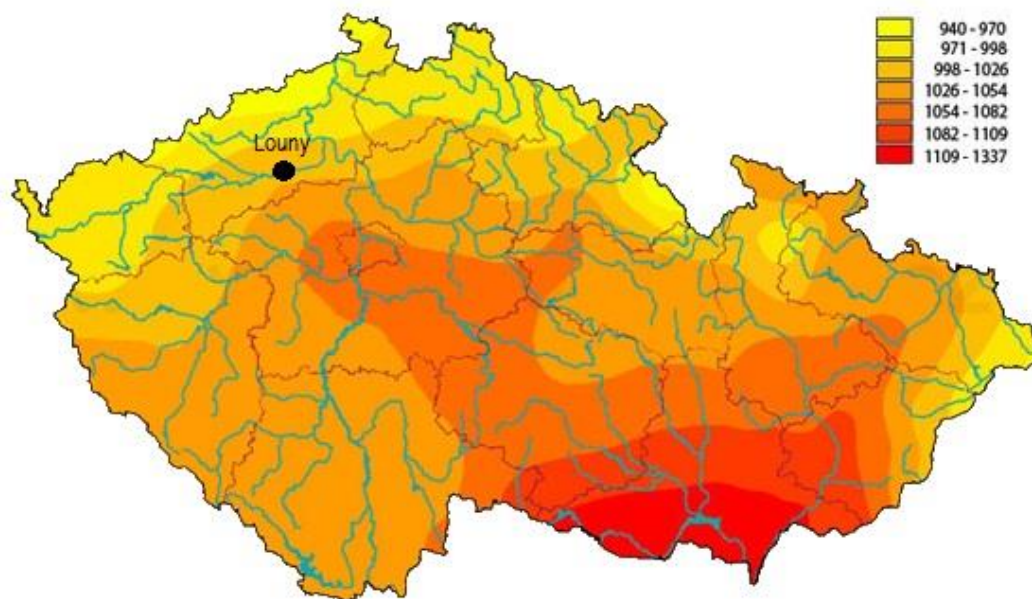


Obr.19 Rychlosti větru v okolí Loun [25]

Z grafů je vidět, že je v dané lokalitě od března do října spíše oblačno až slunečno a rychlosti větru se pohybují nejčastěji v rozmezí od 5 m/s do 9 m/s což je pro tento typ instalovaného systému vhodné. Dále je z následujícího obr.12 vidět množství dopadajícího slunečního záření na tomto území. Tato data byla získána dlouhodobým meteorologickým měřením.

V České republice dopadne na 1 m² okolo 950-1340 kWh sluneční energie. Největší část této energie dopadne na povrch v letních měsících. Z obr.12 lze vypočítat, že v uvažované

lokalitě dopadá sluneční záření o intenzitě 998-1026 W/m².



Obr.20 Množství dopadajícího slunečního záření v ČR ve W/m² [26]

6.1.2 Popis uvažovaného objektu

Vzdálenost objektu od přípojného místa je klíčová pro úvahu o zřízení přípojky, protože vybudování elektrické přípojky NN nad 50 metrů mimo zastavěné území hradí žadatel o vybudování. Na rozdíl od elektrické přípojky NN do 50 metrů mimo zastavěné území, kterou hradí provozovatel distribuční soustavy. Toto dělení vyplývá ze stavebního i energetického zákona.

V tomto případě by vybudování elektrické přípojky žadatel měl hradit, jelikož je uvažovaný objekt vzdálen od přípojného místa více než 50 metrů.



Obr.21 Umístění uvažovaného objektu

7 Příkony a provozní režimy instalovaných spotřebičů v odlehlém objektu

Při výběru a dimenzování hybridního systému je potřeba brát v úvahu vlastnosti a potřeby přímo dané budovy. Různé budovy mají různé tepelné ztráty a různé elektronické vybavení. Tepelné ztráty se dají ovlivnit vhodným způsobem použití různých tepelných izolací. Velikost instalovaného výkonu lze rovněž ovlivnit, a to vhodným výběrem úsporných elektro zařízení a volbou způsobu vytápění objektu.

Nejčastější způsob zjišťování spotřeby elektrické energie je vytvoření soupisu všech instalovaných elektrických spotřebičů v objektu. Dále je nutné počítat s dobou, po kterou bude spotřebič využíván. V tomto případě je soupis spotřebičů uveden v následující tabulce.

Spotřebič	Počet	Příkon[W]	Provoz denně[h]	Denní spotřeba[Wh]
Světla interiér	8	20	4	640
Světla exteriér	2	20	2	80
Pračka	1	1300	2	2600
Myčka	1	1200	0,5	600
Sušička	1	1300	1	1300
Lednice s mrazákem	1	350	8	2800
Trouba	1	750	1	750
Indukční deska	1	750	1	750
Televizor	2	250	2	1000
Notebook	2	60	2	240
Ostatní	3	20	2	120
Celková denní spotřeba				10900

Tab.1 Soupis instalovaných spotřebičů a odhadovaná denní spotřeba

8 Návrh hybridního systému s akumulací

Jelikož navrhuji hybridní ostrovní systém pro plánovanou výstavbu domu, mohu si zvolit požadovanou orientaci střechy dle požadavků fotovoltaických panelů, nejsem tedy limitován již realizovanou stavbou.

Novostavbu budu orientovat tak, aby fotovoltaické panely směřovaly na jih a sklon střechy zvolím 45° , což je ideální sklon pro využití fotovoltaické elektrárny během celého roku. Je to takový kompromis, který se volí s ohledem na výrobu elektrické energie v létě a v zimě.

Při použití fotovoltaické elektrárny v létě bych volil sklon panelů nižší, třeba kolem 30° , jelikož se slunce během léta vyskytuje výše než v zimě.

Naopak pro použití fotovoltaické elektrárny v zimě bych volil sklon panelů kolem 50° . Tento sklon je o dost vyšší, než je tomu při použití fotovoltaických panelů v zimě. Je to způsobeno tím, že je slunce v zimních měsících níže, než je tomu v létě.

Další možností, jak fotovoltaickou elektrárnu navrhnu je to, že ji nebudeme navrhovat na přímé sluneční záření, které se v zimě vyskytuje málo, ale navrhne ji na difuzní záření, jehož hodnota je téměř konstantní po celý rok. Takto navrhnutá solární elektrárna by měla mít orientaci na sever. Je nutné počítat s tím, že takto navrhnuté systémy musí obsahovat mnohem více solárních panelů, než je tomu při návrhu systému využívající přímé sluneční záření.

8.1 Návrh solární elektrárny

U návrhu solární elektrárny pro uvažovaný objekt budu vycházet z typu panelu a jeho parametrů, z jejich instalace na střechu a z počtu panelů. Při návrhu je jednou z nejdůležitějších věcí zvolit správnou orientaci a jejich sklon. Jak již bylo dříve zmíněno, sklon navrhovaného systému bude 45° a bude orientován na jih.

Pro mnou navrhovaný solární systém jsem zvolil fotovoltaický monokrystalický panel Amerisolar 370 Wp. Monokrystalický panel jsem zvolil z důvodu nejvyšší účinnosti, která se u tohoto panelu pohybuje okolo 20,28 %. V následující tabulce jsou uvedeny parametry fotovoltaického panelu.

Model panelu	AS-6M120-HC
Výkon	370 W
Výrobní tolerance výkonu	±3%
Jmenovité napětí	34,6 V
Maximální proud při zátěži	10,7 A
Napětí naprázdno	41,6 V
Zkratový proud	11,3 A
Účinnost	20,28%
Uvedené parametry platí pro intenzitu záření 1000 W/m ² a teplotu panelu 25°C	

Tab.2 Parametry uvažovaného panelu [38]

Zásadním parametrem pro výrobu požadovaného množství elektrické energie je instalovaný výkon solární elektrárny. Rozhodujícím faktorem při mém návrhu je pokrytí denní spotřeby elektrické energie.

Při návrhu vycházím z již zjištěných informací, že v podnebných podmínkách v České republice vyrobí solární panely o špičkovém výkonu 1 kWp okolo 980 kWh elektrické energie za rok. [39]

Z tohoto zjištění a z celkové roční spotřeby elektrické energie lze vypočítat potřebný počet fotovoltaických panelů nutných pro výrobu dostatečného množství elektrické energie.

Z tabulky 1 je vidět, že denní spotřeba elektrické energie se pohybuje okolo 10 960 Wh. Z této denní spotřeby dopočteme roční spotřebu elektrické energie, která činí 4 054 kWh/rok.

Ze zjištění, že fotovoltaický panel o špičkovém výkonu 1 kWp vyrobí 980 kWh elektrické energie za rok a ze zjištěné roční spotřeby elektrické energie 4 054 kWh dopočteme potřebovaný počet fotovoltaických panelů pro mnou uvažovaný objekt.

Pokud bychom uvažovali o fotovoltaické elektrárně o špičkovém výkonu 5 kWp, tak ročně získáme 4 900 kWh elektrické energie, tedy vyrobená energie obsahuje i malou rezervu elektrické energie pro případ vyšší spotřeby.

Jelikož celý tento navrhovaný systém bude obsahovat navíc větrnou elektrárnu a záložní agregát, uvažoval bych výkon fotovoltaické elektrárny 5 kWp jako dostačující.

Fotovoltaická elektrárna o tomto výkonu bude tedy složena ze 14 fotovoltaických panelů.

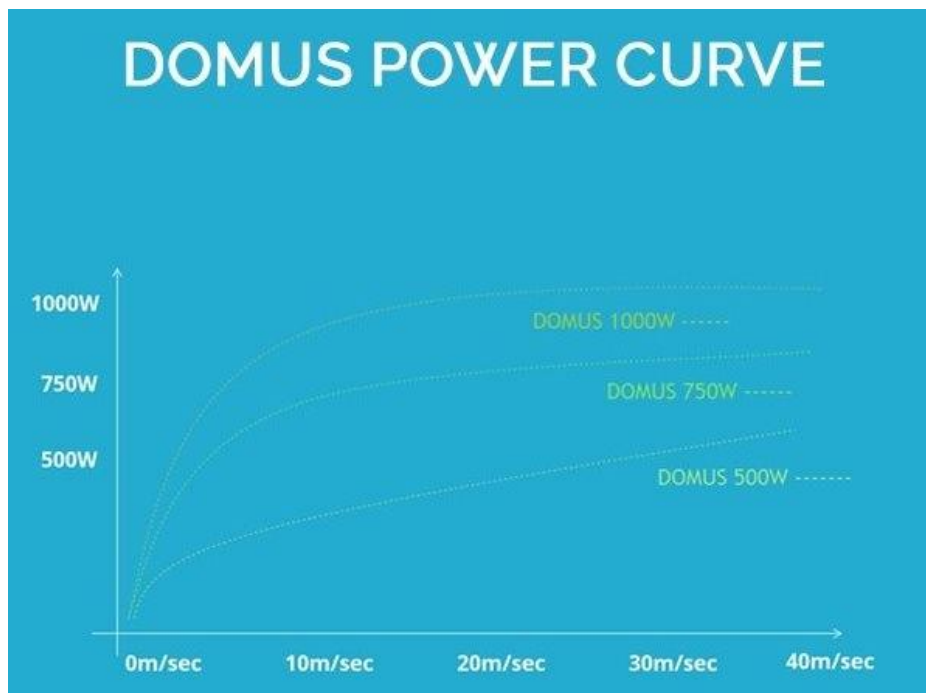
8.2 Návrh větrné elektrárny

Základem pro výstavbu větrné elektrárny je nalezení vhodného prostoru, kam větrnou elektrárnu umístíme. Jelikož se uvažovaný objekt bude nacházet na vrcholu kopce, kde se v jeho bezprostředním okolí nebudou nacházet žádné objekty, které by mohli bránit větru v proudění, dá se hovořit o vhodném prostředí k výstavbě větrné elektrárny.

Větrná elektrárna bude sloužit zejména k pokrytí ztrát ve dnech, kdy je intenzita slunečního

osvětlení snížena. Jedná se o období od podzimu do konce zimy, v tomto období bývá většinou více větrno, než je tomu například v létě.

Pro můj návrh větrné elektrárny budu uvažovat použití vertikální větrné turbíny Domus 1 kW v provedení se šesti listy rotoru od italského výrobce MAKEMU. Díky použití dvojnásobného počtu listů rotoru zachytí dvojnásobné množství větrné energie. Tento typ větrné turbíny má rozběhovou rychlost rotoru již při 1,6 m/s. [39]



Obr.22 Výkonová křivka větrné turbíny Domus [39]

Z obr.19 je vidět, že je v uvažované lokalitě dostatečně větrno k tomu, aby se větrná turbína rozběhla. Z obr.19 lze dále vidět, že nejčastější rychlost větru v období od podzimu do konce zimy je 12-19 m/s, pomocí tohoto údaje lze z obr.22 orientačně určit, že větrná elektrárna bude většinu času pracovat na plný výkon.

Proto při mém návrhu budu uvažovat o použití jen jednoho kusu tohoto zařízení. Jedná se hlavně o pokrytí ztrát fotovoltaické elektrárny, k čemuž bude tento výkon dostačující.

Většina rodinných domů potřebuje elektrickou energii zejména v ranních a odpoledních hodinách, takže baterie bude mít dostatek času se v průběhu dne dobít na dostatečnou kapacitu. Pokud by nastala varianta, kdy bude hladina intenzity osvětlení nedostatečná a bude zároveň úplné bezvětří, bude celý systém doplněn ještě o záložní generátor elektrické energie, který bude sloužit zejména k těmto výjimečným situacím. O výběru záložního generátoru se budu zajímat v kapitole 8.5. Naopak, pokud bude baterie dostatečně nabitá, větrná turbína se odstaví a nebude elektrickou energii do baterie dodávat.

8.3 Výběr baterie pro akumulaci elektrické energie

Jelikož se tato diplomová práce zabývá návrhem hybridního ostrovního systému pro odlehlý objekt je volba baterie jednou z nejdůležitějších částí. Při volbě baterie bychom si měli uvědomit, že vhodné podmínky pro výrobu elektrické energie ze slunečního záření anebo z větru nebudou vždy v průběhu roku dostačující. Proto se při volbě baterie musíme zabývat i otázkou, na jak dlouhou dobu autonomního provozu (odebírání elektrické energie ze z baterie) budeme baterii volit. Tato volba záleží na každém z nás. Někomu nebude vadit, že se bude muset při zhoršených podmínkách trochu uskromnit a třeba si například pár dní nepustí televizor. Pro někoho je zase nějaké uskromňování zcela nepřijatelné a nechce se nijak omezovat.

Podle toho se volí vhodná kapacita baterie, které se může volit tak, aby i při výpadku dobíjení pokryla autonomní provoz třeba na celý týden. Toto si je nutné uvědomit, před celým návrhem a výběrem baterie, jelikož ceny kvalitních baterií nejsou zcela zanedbatelnou položkou v našem návrhu. Dále si je nutné uvědomit, že se jedná o ostrovní hybridní systém, takže elektrickou energii budeme z baterií využívat každý den. Proto musíme najít nejideálnější poměr mezi životností baterie, jejím výkonem a také cenou.

Při pořizování baterie nesmíme zapomenout na jednu důležitou věc, musíme vzít v potaz, že nemůžeme využít sto procent kapacity baterie, tím bychom ji zničily, v lepším případě bychom jen zkrátili její životnost. U nových trakčních akumulátorů se udává, že smíme využít jen 90 procent naakumulované elektrické energie. Vlivem stárnutí samozřejmě klesá kapacita baterie a tím i množství naakumulované energie. V závislosti s tím, jak se k baterii chováme může vydržet třeba i přes deset let.

Při výpočtu kapacity je nutné znát celkovou denní spotřebu elektrické energie všech instalovaných spotřebičů. Dále je nutné vzít v úvahu ztráty vzniklé při přenosu elektrické energie do baterie a při její transformaci na střídavou elektrickou energii.

Pokud budeme uvažovat denní spotřebu elektrické energie uvedenou v tab.1 (10 900 kWh) a dobu autonomního provozu jen z baterií 7 dní, vyjde nám, že baterie by měla stačit na pokrytí 76 300 kWh elektrické energie.

Teď víme, kolik potřebujeme do baterie uložit elektrické energie, ale je potřeba ještě spočítat její kapacitu. Kapacitu baterie udávanou v ampérhodinách dostaneme tak, že vydělíme vypočtené množství elektrické energie a napětí systému, který je dvanácti voltový.

Tímto zjistíme, že potřebná kapacita baterie činí 6 358 Ah, což je strašně moc velká kapacita baterie.

Jelikož navrhovaný ostrovní systém obsahuje i elektrocentrálu, uvažoval bych buď o autonomním provozu jen z baterií na 2 dny, potom bude kapacita baterie vycházet na 1 816 Ah.

Takto vypočtenou kapacitu bychom měli ještě zvětšit o deset procent, jelikož lze využít jen 90% kapacity baterie. Tedy celková kapacita baterie by měla být nejméně 1 998 Ah. Toto je až moc vysoká hodnota kapacity baterie, z tohoto důvodu bych uvažoval o přechodu z 12V systému na systém 24V. Po přechodu na vyšší napětí by kapacita baterie vycházela na 455 Ah, což je reálnější. Díky tomuto opatření můžeme zvýšit počet autonomních dní ze 2 dnů na 3 dny. Výsledná potřebná kapacita baterie bude tedy 749,4 Ah.

Tímto výpočtem jsem dospěl k tomu, že budou potřeba čtyři baterie Victron Energy LiFePo 25,6V/200Ah-Smart. Tyto baterie umožňují paralelní a sériové řazení podle toho, jaké má zákazník požadavky. Tyto baterie budou napojeny na BMS, které bude tyto baterie hlídat. BMS bude dále připojeno k měniči napětí.

8.4 Výběr nabíječky pro akumulátor

Nabíječka pro napájení baterie bude využita v případě, kdy je snížena intenzita slunečního záření, zároveň je bezvětrí a kapacita baterie klesne pod kritickou hodnotu, kdy hrozí její bezprostřední ohrožení.

Nabíječka bude napájena ze záložní elektrocentrály a spustí se, když se baterie vybije pod 90 % své kapacity.

V tomto případě volím nabíječku BlueSmart 24V/12 A od společnosti Victron Energy.

Tato nabíječka má 94% účinnost nabíjení a je vybavena adaptivním battery managementem pro optimalizaci nabíjecího procesu.

8.5 Výběr záložního generátoru

Jako záložní zdroj v podobě generátoru pro ostrovní systém lze použít jakýkoliv generátor na benzín, naftu či LPG. Musíme vhodně zvolit jeho výkon potřebný k zajištění bezproblémového provozu domácnosti.

Na trhu existují elektrocentrály určené přímo pro ostrovní systémy. Mohou být jednofázové i třífázové a jejich výhodou je automatické spuštění při výpadku napětí. Jsou připojené přímo ke střídači nebo do rozvaděče a automaticky se spouští a vypínají na základě impulsu.

Jako záložní generátor volím jednofázovou benzínovou verzi ARCTOS 9000 B CCL o výkonu 8 kVA. Pokud budeme uvažovat účinník $\cos\varphi=0,95$, vyjde nám, že elektrocentrála dokáže napájet zařízení o výkonu až 7,6 kW což sice nepokryje spotřebu veškerých spotřebičů, kdyby byly spuštěny najednou, ale jako záložní zdroj je dle mého názoru dostačující.

8.6 Výběr regulátoru dobíjení

Jak již bylo zmíněno v předchozích kapitolách, regulátor dobíjení má za úkol dobíjet akumulátor. Optimální dobíjení zajistí upravením výstupního napětí z fotovoltaických panelů, větrné elektrárny nebo i z elektrocentrály na úroveň napětí, které je vhodné pro dobíjení baterie.

Pro svůj návrh využiji regulátor napětí MPPT, je sice několikanásobně dražší než klasický regulátor, ale jeho účinnost je oproti klasickému regulátoru skoro o 20% vyšší.

Volím tedy MPPT SMART solární regulátor Victron Energy 100 A od výrobce Victron Energy.

8.7 Výběr střídače pro hybridní ostrovní systém

Při výběru střídače pro ostrovní hybridní systém se musíme zamyslet nad tím, kolika fázovou elektroinstalaci v uvažovaném objektu požadujeme. Jelikož se v mém případě jedná o napájení trvale obydleného domu je odpověď více než zřejmá. V tomto případě bude potřeba třífázový napěťový střídač.

Při volbě napěťového střídače bychom měli mít na paměti, že bude v provozu 24 hodin denně, a proto od něj požadujeme, aby měl co nejmenší spotřebu. Dále je na výběr ze dvou variant měničů napětí pro ostrovní systémy, a to měniče s čistě sinusovým průběhem a měniče s modifikovaným sinusovým průběhem elektrického napětí. Jelikož bude domácnost obsahovat nejrůznější spotřebiče a každý může požadovat napájecí napětí o různém průběhu, volil bych tedy měnič napětí s čistě sinusovým průběhem.

Dále je na výběr z různých variant vstupního napětí. Vstupní napětí může být 12 V, 24 V, 48 V. V tomto konkrétním případě potřebujeme měnič napětí se vstupním napětím 24 V, jelikož jsem navrhl 24 V baterie.

Nutné je se zamyslet nad tím, zda použijeme jeden velký napěťový měnič, nebo více měničů napětí o menších výkonech. Je to z toho důvodu, že každé zařízení se může porouchat a pokud budeme mít nainstalován jen jeden měnič napětí, který se rozbije, jsem okamžitě bez dodávky elektrické energie.

Pro tento konkrétní případ volím jeden ostrovní měnič napětí Phoenix 24 V_{dc} 5000VA 230 V_{ac} s čistě sinusovým průběhem. Tento měnič s tak vysokým výkonem volím z důvodu většího množství spotřebičů a proto, že se jedná o rodinný dům ve vesnici, kde se občas může venku na pozemku nebo v dílně vyžadovat spuštění třeba pily na dřevo, která má větší odběr.

8.8 Celkový návrh hybridního ostrovního systému

V této kapitole chci provést celkový soupis všech použitých součástí ostrovní hybridní elektrárny. Soupis bude obsahovat i materiál, který jsem v předchozích podkapitolách nezmiňoval, jako jsou kabely, konektory a třeba konstrukce pro uchycení fotovoltaických panelů na střešní krytinu.

Jelikož jsem navrhl 24 V baterii, je nutné využít sériově-paralelního zapojení fotovoltaických panelů. Sériovým spojením panelů získáme vyšší elektrické napětí, paralelním spojením získáme vyšší elektrický proud. Dále bude nutné rozdělit celkový počet panelů na polovinu, jelikož na navrhovaný solární MPPT regulátor lze připojit panely o celkovém výkonu 2 900 Wp, výkon navrhovaných panelů je celkově 5 180 Wp. Výše v textu nebylo zmíněno, že pro větrnou turbínu, je potřeba jiný typ regulátoru dobíjení. Tento regulátor volím M26 Universal pro větrnou elektrárnu 30A–24V.

Typ produktu	Počet kusů	Cena za kus [Kč]	Cena celkem [Kč]
Solární panel Amerisolar	14	4 900	68 600
Větrný generátor Domus	1	19 980	19 980
Akumulátor Victron Energy	4	105 318	421 272
Nabíječka akumulátoru BlueSmart	1	4 610	4 610
Záložní generátor Arctos	1	47 800	47 800
Regulátor dobíjení MPPT Smart	2	26 067	52 134
Regulátor dobíjení M26 Universal	1	3 988	3 988
Napěťový střídač Phoenix	1	52 813	52 813
Červený kabel (s cca 2m rezervou)	24m	37	888
Černý kabel (s cca 2m rezervou)	24m	37	888
Zemnicí vodič	24m	79	1 896
Konektory (pár)	18	179	3 222
Nosná konstrukce FV panelů	14	1 610	22 540
Stožár pro větrný generátor	1	12 411	12 411
Cena celkem			713 042

Tab.3 Celkový soupis potřebného materiálu pro výstavbu ostrovní hybridní elektrárny

Ve výše uvedené tabulce není započítán spojovací materiál nutný k přichycení výše uvedených komponentů k uvažovanému objektu, potřebné jištění a systém BMS který bude hlídat baterie.

9 Hotové systémy nacházející se na trhu

V dnešní době se na internetu dají pořídit již hotové hybridní systémy a v této kapitole jich chci několik představit. Mnoho firem nabízí i vyřízení veškeré administrativy, pokud by se jednalo o hybridní systém připojený k distribuční síti. Dále také nabízejí vyřízení Zelené dotace, což kupujícímu velmi ulehčí práci.

První společnost, kterou zde chci představit je společnost Solární Experti. Tato společnost nabízí hybridní fotovoltaickou elektrárnu s výkonem 3,6 kWp s baterií LiFePo₄ s celkovou kapacitou 4,8 kWh. Tato varianta se hodí pro všechny celoročně obývané rodinné domy s minimální spotřebou elektrické energie 4 MWh za rok. Při zvolení této varianty za vás vyřídí dotaci, která bude činit 129 000 Kč a dále uvádějí, že zákazníci z Ústeckého kraje mají nárok na bonus 12 500 Kč. Po odečtení dotace by měla tato hybridní elektrárna vyjít na 156 000 Kč včetně DPH. Baterii lze dále rozšířit dokoupením dalších bateriových modulů o kapacitě 2,4 kWh za cenu 27 500 Kč. Doba dodání je uvedena v rozmezí 12-16 týdnů od podepsání smlouvy. Součástí nabídky jsou solární panely, baterie a střídač. Jedná se o hybridní elektrárnu, ale ne v ostrovním provedení, což je evidentní i z nízké kapacity baterií. [40]

Druhou variantu, kterou jsem na internetu našel nabízí společnost Freesun. Tato společnost nabízí k zakoupení inteligentní ostrovní systém v hybridním spojení. Společnost nabízí různé varianty, kde je na výběr z různých větrných elektráren od výkonu 1-100 kW, fotovoltaických panelů od výkonu 0,5-200 kWp, baterie Hoppecke Premium s kapacitou od 2-200 kWh, dieselařegátu o výkonu 1-300 kW, hybridního měniče o výkonu 9 kW a řídicího rozvaděče. Konfigurace je nejspíše jen o Vašem rozpočtu. Jako příklad uvádějí systém o výkonu 3,12 kWp v jednofázovém provedení pro rodinný dům s maximální roční produkcí 3300 kWh elektrické energie. Tato varianta obsahuje 12 kusů fotovoltaických panelů, olověnou baterii s 3150 cykly nabíjení, kabeláž 2×25 metrů, měnič od společnosti Victron Energy. Poskytují 12 let záruku na fotovoltaické panely, 5 let na měnič a 5 let na odbornou montáž. Cena této realizace je uvedena od 235 953 Kč. [41]

Třetí variantou je nabídka, kterou jsem našel na webových stránkách permasynergy.cz, kde nabízejí již hotové komplety bez montáže. V nabídce je ostrovní fotovoltaická elektrárna o výkonu 7,315 kWp. Tato varianta obsahuje 18 kusů fotovoltaických panelů Longi 375 Wp, jeden měnič napětí o výkonu 7,2 kW (až 14 kW špičkově) MPPT 2×4 kW charger 60 A, jeden kus baterie LiFePo₄ 48 V o kapacitě 300 Ah a s počtem nabíjecích cyklů 6 000. Dále sada obsahuje konstrukční materiál pro uchycení panelů a další elektromateriál jako balancéry napětí, kabely, jističe atd. Cena této sady je 350 000 Kč. Dále na této webové stránce nabízejí ostrovní elektrárnu, která obsahuje oboustranné fotovoltaické panely. [42]

10 Zhodnocení navrženého systému

Obsahem této kapitoly je zhodnocení navržené ostrovní hybridní elektrárny z hlediska energetického, ekologického a ekonomického.

10.1 Zhodnocení po stránce energetické

Navržená hybridní elektrárna složená ze 14 fotovoltaických panelů, jednoho větrného generátoru a jednoho záložního generátoru je dle výpočtů dostačující pro zásobování odlehlého objektu elektrickou energií. Zároveň je celý systém navržen tak, aby i v případě nevhodných klimatických podmínek byl schopen pokrýt dvoudenní celkovou spotřebu elektrické energie. Většinou se celý systém dimenzuje na delší dobu autonomního provozu, ale z důvodu existence možnosti napájení baterie ze záložního generátoru jsem celý systém navrhl jen na dva dny provozu čistě jen z baterie.

10.2 Zhodnocení po stránce ekologické

Zhodnocení po stránce ekologické není snadné. Existuje zde několik pohledů na tuto problematiku. Část lidí hodnotí využití obnovitelných zdrojů jako jednu z nejčistších energií, kterou lze získat. Další část lidí tuto energii nebere jako úplně čistou, jelikož při výrobě veškerého potřebného materiálu a všech komponent vzniká velká uhlíková stopa. Například jen při těžbě lithia se musí vytěžit několik set tun zeminy.

Dalším problémem bude následná recyklace všech použitých materiálů po skončení jejich životnosti.

10.3 Zhodnocení po stránce ekonomické

Při hodnocení po stránce ekonomické si musíme uvědomit, že navrhovaný systém je určen pro velmi odlehlý objekt, kde výstavba nové elektrické přípojky nepřipadala v úvahu.

Majitel tohoto objektu tedy neměl moc na výběr, pokud chtěl mít objekt připojen ke spolehlivému zdroji elektrické energie.

Cena 542 030 Kč bez odečtení dotace není zanedbatelná, ale cena vybudování nové přípojky by byla několikanásobně vyšší.

Při dnešních rostoucích cenách energií ale věřím, že se návratnost tohoto systému bude klesat.

11 Závěr

V této diplomové práci jsem se snažil rozebrat problematiku zásobování odlehlého objektu elektrickou energií. Nejdříve jsem popsal princip získávání energie ze slunce, udělal jsem rozbor fotovoltaických a větrných systémů.

Dále jsem provedl průzkum Zelených bonusů, které lze čerpat na výstavbu tohoto navrhovaného systému. Poté jsem popsal, jak by měla vypadat vhodná lokalita pro výstavbu hybridního systému a provedl jsem rozbor všech potřebných komponentů pro realizaci navrhované elektrárny.

V několika posledních kapitolách jsem navrhl, jak by taková ostrovní hybridní elektrárna mohla vypadat a kolik by stála peněz.

V desáté kapitole jsem provedl zhodnocení navrhovaného systému z hlediska energetického, ekologického a ekonomického.

Při psaní této diplomové práce jsem došel k závěru, že pokud si někdo pořídí ostrovní elektrárnu, musí hodně přemýšlet nad tím, jaké spotřebiče v objektu využívat a musí být schopen se za nepříznivých klimatických podmínek trochu omezit v komfortu a energii šetřit.

12 Použitá literatura a zdroje informací

- [1] SVOBODA, Jan. Rekreační objekt v ostrovním režimu. Brno. 2014. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta strojního inženýrství.
- [2] VANÍŠ, Marek. Ostrovní provoz kombinace fotovoltaické a větrné elektrárny. Praha. 2016. Diplomová práce. České vysoké učení technické v Praze. Fakulta elektrotechnická.
- [3] FOLK, Václav. Využití potenciálu větrné energie. Plzeň. 2017. Bakalářská práce. Západočeská univerzita v Plzni. Fakulta elektrotechnická.
- [4] MAŘÍKOVÁ, Ludmila. Návrh větrné elektrárny. Plzeň. 2016. Bakalářská práce. Západočeská univerzita v Plzni. Fakulta elektrotechnická.
- [5] VOVHOT, Bohumír. Návrh větrné elektrárny. Plzeň. 2014. Bakalářská práce. Západočeská univerzita v Plzni. Fakulta elektrotechnická.
- [6] MATOUŠEK, Martin. Návrh větrné elektrárny. Plzeň. 2013. Bakalářská práce. Západočeská univerzita v Plzni. Fakulta elektrotechnická.
- [7] DAREBNÝ, Tomáš. Návrh fotovoltaického systému rodinného domu. Brno. 2017. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií.
- [8] FRÉLICH, Václav. Návrh energetiky rodinného domu s fotovoltaickým systémem pro maximální pokrytí spotřeby elektřiny. Plzeň. 2018. Diplomová práce. Západočeská univerzita v Plzni. Fakulta elektrotechnická.
- [9] ŠVEHLA, Petr. Návrh integrovaného ostrovního napájení spotřeby rodinného domu. Plzeň. 2019. Diplomová práce. Západočeská univerzita v Plzni. Fakulta elektrotechnická.
- [10] SCHMELLER, Jan. Projekt fotovoltaické elektrárny o výkonu 200 kW pro energetickou komunitu. Plzeň. 2021. Diplomová práce. Západočeská univerzita v Plzni. Fakulta elektrotechnická.
- [11] Solární energie pro rodinný dům: Princip funkce fotovoltaických elektráren - ESTAV.cz. ESTAV.cz - Architektura. Stavba. Bydlení. [online]. Copyright © Copyright [cit. 30.01.2022]. Dostupné z: <https://www.estav.cz/cz/6444.solarni-energie-pro-rodinny-dum-princip-funkce-fotovoltaicky-ch-elentraren>
- [12] Fyzikální podstata přechodu PN :: MEF. Fyzika :: MEF [online]. Copyright © 2006 [cit. 30.01.2022]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/265-fyzikalni-podstata-prechodu-pn>
- [13] Proelektrotechniky.cz. 2022. Víte, jak funguje fotovoltaický článek? (<http://www.proelektrotechniky.cz/vzdelavani/5.php>)


[14] On Grid vs Off Grid Solar: Pros & Cons of Each System - Green Coast. Home - Green Coast [online]. Copyright © 2022 GreenCoast [cit. 30.01.2022]. Dostupné z: <https://greencoast.org/on-grid-vs-off-grid-solar-systems/>

[15] Technická problematika větrných elektráren. [online]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/90/08.html>

[16] Větrné elektrárny-princip, rozdělení, elektrárny v ČR. oEnergetice.cz - denní zpravodajství z energetiky [online]. Copyright © 2021 oEnergetice.cz All Rights Reserved. [cit. 30.01.2022]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/typy-elektraren/vetrne-elektrarny-princip-cinnosti-zakladni-rozdeleni>

[17] Výklad - Energetika zblízka - Svět energie.cz. Svět Energie - Svět energie.cz [online]. Copyright © Charles Jacques [cit. 30.01.2022]. Dostupné z: <https://www.svetenergie.cz/cz/energetika-zblizka/obnovitelne-zdroje-energie/vetrne-elektrarny-podrobne/vertikalni-darrieova-turbina/vyklad>

[18] Ministerstvo životního prostředí [online]. Copyright © [cit. 30.01.2022]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/vestnik_mzp_2018/\\$FILE/SOTPR_Vestnik_k_priloha2_zari_181002.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/vestnik_mzp_2018/$FILE/SOTPR_Vestnik_k_priloha2_zari_181002.pdf)

[19] Podívejte se, jak gigantický průmyslový dron odstraňuje námrazu z větrné elektrárny | Český Mac.  Český Mac | Novinky, Apple, recenze, návody, iOS, macOS, watchOS, [online]. Copyright © Copyright 2022, Všechna práva vyhrazena [cit. 30.01.2022]. Dostupné z: https://www.cesky_mac.cz/podivejte-se-giganticky-prumyslovy-dron-odstranuje-namrazu-vetrne-elektrarny/

[20] KAMINSKÝ, Jaroslav a Mojmír VRTEK. Obnovitelné zdroje energie. Ostrava: VŠB-Technická univerzita. ISBN 80-7078-445-8.

[21] RYCHETNÍK, Václav, Jiří PAVELKA a Josef JANOUŠEK. Větrné motory a elektrárny. Praha: České vysoké učení technické. ISBN 80-01-01563-7.

[22] BERANOVSKÝ, Jiří a Jan TRUXA. Alternativní energie pro váš dům. Brno: ERA. ISBN 80-86517-59-4.

[23] CETKOVSKÝ, Stanislav, Bohumil FRANTÁL a Josef ŠTEKL. Větrná energie v České republice: hodnocení prostorových vztahů, environmentálních aspektů a socioekonomických souvislostí. Brno: Ústav geoniky Akademie věd ČR. Studia geographica. ISBN 978-80-86407-84-5.

[24] RYCHETNÍK, Václav. Větrné motory. Ostrava: VŠB-Technická univerzita. ISBN 80-7078-281-1.

- [25] Simulované historické údaje o klimatu a počasí pro Louny-meteoblue. [online]. Copyright©2006[cit.03.03.2022]. Dostupné z: https://www.meteoblue.com/cs/po%C4%8Das%C3%AD/historyclimate/climatemodelled/louny_%c4%8cesko_3071507
- [26] Fotovoltaika - sluneční záření v České republice. Isofen Energy - titulní stránka [online]. Copyright © 2009 Isofen Energy s.r.o. [cit. 03.03.2022]. Dostupné z: <http://www.isofenenergy.cz/slunecni-zareni-v-cr.aspx>
- [27] Solar-Eshop - Solární kabel, síla 4 mm, červený [online]. Copyright © 2019 SVP Solar s.r.o. [cit. 29.05.2019]. Dostupné z: <https://www.solar-eshop.cz/p/solarni-kabel/>
- [28] Olověné trakční baterie pro solární systémy | Solární Experti. Solární Experti | Vše o solárních panelech [online]. Copyright © Solární Experti s.r.o. [cit. 15.04.2022]. Dostupné z: <https://www.solarniexperti.cz/olovene-akumulatory-pro-ostrovni-a-hybridni-fotovoltaicke-systemy/>
- [29] Ohřev vody fotovoltaikou - CNE Czech Nature Energy, a. s.. Hlavní strana - CNE Czech Nature Energy, a. s. [online]. Copyright © 2022 [cit. 15.04.2022]. Dostupné z: <https://www.cne.cz/fotovoltaicke-systemy/ohrev-vody-fotovoltaikou/>
- [30] Kombinovaný svodič přepětí CITEL DUT250VG-300 TT | Svodiče přepětí CITEL. Svodiče přepětí a bleskových proudů CITEL [online]. Copyright © 2015 www.svodice [cit. 15.04.2022]. Dostupné z: <https://www.svodice-prepeti.cz/Kombinovany-svodice-prepeti-CITEL-DUT250VG-300-TT-d10.htm#detail-anchor-description>
- [31] *HERON: EG 11 IMR: generátor elektrického proudu: návod k použití*. 11.1.2008. Dostupné z: <http://www.probo-nb.cz/files/pdf/60906.pdf>
- [32] Jaký je rozdíl mezi zeleným bonusem a výkupní cenou? | eru.cz. Energetický regulační úřad | eru.cz [online]. Copyright © Energetický regulační úřad [cit. 28.04.2022]. Dostupné z: <https://www.eru.cz/jaky-je-rozdil-mezi-zelenym-bonusem-vykupni-cenou>
- [33] [online]. Dostupné z: <https://dotace-jednoduse.cz/dotace-solarni-panely-2021>
- [34] MILICHOVSKÝ, Jan. Větrné elektrárny a jejich návrh. Praha. 2018. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze. Fakulta elektrotechnická
- [35] Charles F. Brush - Wikipedia. [online]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Charles_F._Brush
- [36] Vrtulkový anemometr testo 417, 0,3 - 20 m/s - Epřistroje.cz. ...: MĚŘICÍ PŘÍSTROJE ::: [online]. Copyright © Pobo Page Builder [cit. 09.05.2022]. Dostupné z: <https://www.epristroje.cz/vrtulkovy-anemometr-testo-417--0-3-20-m-s/>
- [37] Vyhřívání rotorových listů větrné elektrárny - ČSVE - Wind power-plants | Wind

energy. ČSVE - Větrné elektrárny | Větrná energie [online]. Copyright © 2021 Česká společnost pro větrnou energii [cit. 09.05.2022]. Dostupné z:

<https://csve.cz/en/clanky/vyhrivani-rotorovych-listu-vetrne-elektrarny/314>

[38] FV panel Amerisolar 370Wp celočerný | Solar-Eshop. E-shop pro úspory energií. Fotovoltaika. [online]. Copyright © 2022 SVP Solar s.r.o. [cit. 21.05.2022]. Dostupné z:

<https://www.solar-eshop.cz/p/fv-panel-amerisolar-370wp-celocerny/>

[39] Vertikální větrná turbína Sada MAKEMU DOMUS 1 kW. Online nákup - solární ohřev vody, větrné turbíny, solární energie. [online]. Copyright © 2019 Ekoúspora.cz. Všechna práva vyhrazena. [cit. 21.05.2022]. Dostupné z:

<http://www.ekouspora.cz/vertikalni-vetrna-turbina-makemu-domus-1-kw.html>

[40] Hybridní fotovoltaická elektrárna 3,6 kWp na klíč | Solární Experti. Solární Experti | Vše o solárních panelech [online]. Copyright © Solární Experti s.r.o. [cit. 22.05.2022]. Dostupné z: <https://www.solarniexperti.cz/solarni-systemy/fotovoltaika/hybridni-solarni-elektrarna-s-bateriemi-li-ion-354-kwp-na-klic/>

[41] Ostrovní a hybridní fotovoltaické elektrárny, kombinované systémy – Svět energetické nezávislosti – Freesun. Freesun - Fotovoltaické elektrárny, solární systémy, malé větrné elektrárny, [online]. Dostupné z: <https://freesun.cz/services/ostrovni-a-hybridni-fotovoltaicke-elektrarny-kombinovane-systemy-svet-energeticke-nezavislosti/>

[42] Ostrovní fotovoltaická elektrárna 7,315kWp LiFePo4 - Permasynergy. E-shop ostrovní fotovoltaické elektrárny. - Permasynergy [online]. Dostupné z: <http://www.permasynergy.cz/produkt/ostrovni-fotovoltaicka-elektrarna-2/>