ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE

FAKULTA
STROJNÍ

BAKALÁŘSKÁ
PRÁCE

2019

MARTIN
FEJFAR

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Fejfar** Jméno: **Martin** Osobní číslo: **466537**

Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**

Zadávající katedra/ústav: **Ústav energetiky**

Studijní program: **Teoretický základ strojního inženýrství**

Studijní obor: **bez oboru**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Možnosti a perspektivy domácích elektráren

Název bakalářské práce anglicky:

Possibilities and perspectives of power plants for households

Pokyny pro vypracování:

V rámci distribuované energetiky vzrůstají možnosti pro aktivní zapojení do elektrizační soustavy a energetického trhu (t.j. spotřeba i výroba elektřiny) pro malé systémy, aplikovatelné i na úrovni domácností. Obsahem této práce bude:
- Rešerše možností pro racionální výrobu (případně skladování) elektřiny na výkonové hladině vhodné pro jednotlivé domácnosti (řádově 100W až jednotky, maximálně desítky kW).
- Bližší návrh či výběr technologie pro specifický modelový případ.
- Rámcové ekonomické zhodnocení pro daný modelový případ.

Seznam doporučené literatury:

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

Ing. Václav Novotný, ústav energetiky FS

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

Datum zadání bakalářské práce: **12.04.2019** Termín odevzdání bakalářské práce: **05.06.2019**

Platnost zadání bakalářské práce: **31.12.2020**

Ing. Václav Novotný podpis vedoucí(ho) práce	podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry	prof. Ing. Michael Valášek, DrSc. podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

29.4.2019 Datum převzetí zadání	Martin Fejfar Podpis studenta

© ČVUT v Praze, Design: ČVUT v Praze, VIC

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci pod názvem „Možnosti a perspektivy domácích elektráren“ vypracoval samostatně pod vedením Ing. Václava Novotného a že jsem uvedl veškeré použité zdroje a literaturu tak, aby to bylo v souladu s Metodickým postupem o dodržování etických principů při tvorbě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne: Podpis:

Anotační list

Jméno autora	Martin Fejfar
Název BP	Možnosti a perspektivy domácích elektráren
Anglický název BP	Possibilities and perspectives of power plants for households
Akademický rok	2018/2019
Ústav/Katedra	Ústav energetiky
Vedoucí BP	Ing. Václav Novotný
Bibliografické údaje	Počet stran: 55
	Počet obrázků: 23
	Počet tabulek: 5
	Počet příloh: 3
Klíčová slova	energie, elektrárna, decentralizace, obnovitelný zdroj, záření, turbína, kogenerace
Keywords	energy, power plant, decentralization, renewable resource, irradiation, turbine, cogeneration
Abstrakt	Tato bakalářská práce se zabývá rešerší dostupných technologií pro výrobu elektrické energie v domácích podmínkách. V práci jsou popsány jak možnosti využití obnovitelných zdrojů, tak zdrojů neobnovitelných. Ve druhé části práce byl proveden návrh zařízení pro modelový případ a jeho následné ekonomické zhodnocení.
Abstract	The bachelor thesis deals with summary of available technologies for electricity generation in households. In the work, the possibilities of using renewable resources are described, as well as non-renewable resources. In the second part of the work, device for home usage was designed. Then it was economically evaluated.

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu této bakalářské práce, panu Ing. Václavu Novotnému, za odborné vedení, připomínky a vstřícnost při vypracovávání této práce. Také bych rád poděkoval své rodině a přátelům za podporu při tvorbě práce a studiu.

Obsah

1 Úvod 12
2 Vývoj energetiky 12
2.1 Decentralizace energetiky 13
2.1.1 Smart Grid 13
3 Domácí elektrárna 13
3.1 Vývoj domácích elektráren 14
3.2 Volba technologie pro výrobu elektrické energie 14
3.3 Právní náležitosti 14
4 Výroba elektrické energie 15
4.1.1 Rozdělení zdrojů 16
5 Skladování energie 16
5.1 Stacionární systémy 17
5.1.1 Elektrické systémy 17
5.1.2 Elektrochemické systémy 17
5.1.3 Mechanické systémy 18
5.2 Virtuální baterie 18
5.3 Mobilní systémy 19
5.3.1 Vehicle to Grid 19
5.3.2 Vehicle to Home 19
5.4 Powerwall 20
6 Intermitentní zdroje energie 21
6.1 Solární zdroj 21
6.1.1 Princip přeměny na elektrickou energii 22
6.1.2 Výhody a nevýhody 22
6.1.3 Umístění fotovoltaických panelů 23
6.1.4 Rozdělení systémů podle aplikace zapojení 23

6.2 Větrný zdroj 25
6.2.1 Princip přeměny na elektrickou energii 26
6.2.2 Výhody a nevýhody 26
6.2.3 Rozdělení systémů podle aplikace zapojení 27
6.2.4 Turbíny se svislou osou 27
6.2.5 Rotory s vodorovnou osou 29
6.3 Vodní zdroj 30
6.3.1 Princip přeměny na elektrickou energii 30
6.3.2 Výhody a nevýhody 31
6.3.3 Francisova turbína 32
6.3.4 Vodní kolo 33
6.3.5 Vírová turbína 33
6.4 Hybridní zdroje 34
7 Regulovatelné zdroje 34
7.1 Mikrokogenerace 34
7.1.1 Výhody a nevýhody 34
7.1.2 Mikrokogenerace z biomasy 34
7.1.3 Mikrokogenerace z fosilních paliv 36
8 Návrh elektrárny pro modelový dům 37
8.1 Charakteristika domu 38
8.1.1 Velikost domu a poloha 38
8.1.2 Vybavení domu 38
8.1.3 Dodavatel elektrické energie 38
8.1.4 Spotřeba energie 39
8.2 Výběr součástí elektrárny 42
8.2.1 Panely 42
8.2.2 Napěťový měnič 43

8.2.3 Akumulátor 43
8.2.4 Elektroměr 43
8.2.5 Vodicí kabely 43
8.3 Ekonomické zhodnocení 44
8.3.1 Nová zelená úsporám 44
8.3.2 Pořizovací náklady 44
8.3.3 Zhodnocení 45
9 Závěr 48
10 Citovaná literatura 49

Seznam symbolů a zkratek

EU	Evropská unie
ČR	Česká republika
FVE	Fotovoltaická elektrárna
ERÚ	Energetický regulační úřad
OZE	Obnovitelné zdroje energie
V2G	Vehicle to grid
V2H	Vehicle to home
LPG	Liquified Petroleum Gas, česky zkapalněný ropný plyn
ČHMÚ	Český hydrometeorologický úřad
NT	Nízký tarif
VT	Vysoký tarif
NOCT	Normal Operating Cell Temperature, česky teplota fotovoltaického článku

Seznam obrázků

Obrázek 1: Spotřeba energie dle měsíců [2] 12
Obrázek 2: Podíl paliv a technologií na výrobě elektřiny v ČR v roce 2017 [2] 16
Obrázek 3: Vehicle to Grid [15] 19
Obrázek 4: Vehicle to Home [16] 20
Obrázek 5: Tesla PowerWall [18] 21
Obrázek 6: Roční úhrn slunečního záření při optimálním natočení FV kolektorů [19] . 22
Obrázek 7: Využití slunečního záření v závislosti na umístění panelů [21] 23
Obrázek 8: Schéma autonomního systému [22] 24
Obrázek 9: Schéma Hybridního systému [23] 24
Obrázek 10: Systém Grid-on [24] 25
Obrázek 11: Větrný potenciál 10m nad povrchem [26] 26
Obrázek 12: Savoniův rotor [29] 27
Obrázek 13: Darrieova turbína [31] 28
Obrázek 14: Bornay Wind+ [32] 29
Obrázek 15: Turbína firmy AeroCraft [33] 30
Obrázek 16: Diagram vhodného zvolení turbíny podle průtoku a spádu [35] 31
Obrázek 17: Mikro - Kaplanova turbína [36] 32
Obrázek 18: Bánkiho turbína [37] 32
Obrázek 19: Diagram aplikovatelnosti vodního kola [39] 33
Obrázek 20: Spotřeba během dne 41
Obrázek 21: Zjednodušené schéma navrhované elektrárny [53] 42
Obrázek 22: Spotřeba a výroba energie v lednový den 47
Obrázek 23: Spotřeba a výroba energie v červencový den 47

Seznam tabulek

Tabulka 1:Porovnání zařízení WAVE a konvenčního kotle na štěpku [43] 36
Tabulka 2:Spotřeba nejnáročnějších spotřebičů 39
Tabulka 3: Spotřeba v průběhu dne 40
Tabulka 4: Pořizovací náklady 44
Tabulka 5: Celková úspora pořízením FVE 45

Seznam rovnic

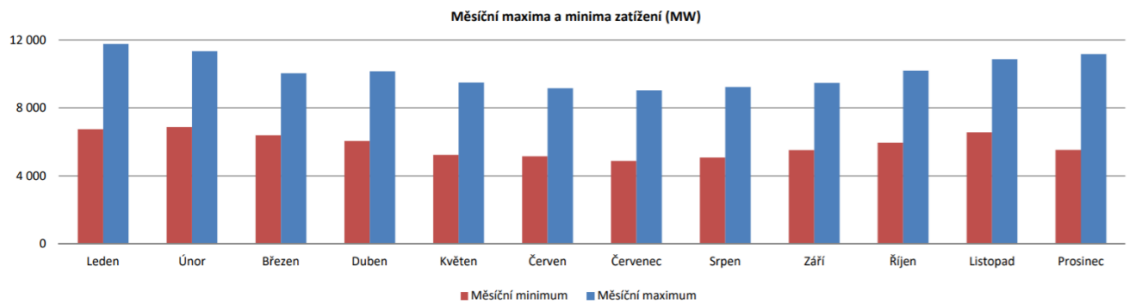
Rovnice 1: Výpočet účinnosti FV panelů 40
Rovnice 2: Spotřeba v rámci VT 43
Rovnice 3: Spotřeba v rámci NT 43

1 Úvod

Elektrická energie se v průběhu desítek let stala nepostradatelnou složkou života na Zemi. Současná situace, kdy roste poptávka a zároveň snaha chránit životní prostředí, nabízí aktivní zapojení domácností a malých podniků do výroby. Národní a nadnárodní organizace pak toto zapojení podporují, a to především z důvodu možnosti využití obnovitelných zdrojů energie. Cílem této práce bude shrnutí možností výroby elektřiny v domácích podmínkách, ať už pomocí obnovitelných zdrojů, či s využitím fosilních paliv. Následně se pokusím navrhnout zařízení pro modelový případ, který bude situován v rámci České republiky a zhodnotit ekonomické aspekty takové investice.

2 Vývoj energetiky

S postupem času dochází k vývoji nových technologií a zařízení, což zvyšuje energetické nároky lidstva. Člověk se stále více obklopuje novými výrobky, které sice usnadňují každodenní život, na druhou stranu zvyšují nároky na potřebu energie. Na tyto nároky je nutné reagovat, a tak vznikají nové projekty, jak nejlépe investovat do rozvoje výroby elektrické energie a jejího skladování. Požadavky na množství elektrické energie jsou dány nejen průmyslovou a ekonomickou vyspělostí dané země, ale také denní dobou a geografickou polohou, což lze vidět na následujících grafech spotřeby energie dle ročního období. Maximální spotřeba nastává v zimním období, kdy je největší nejen spotřeba elektrické energie, ale i tepla. U elektrické energie dosahují maxima až 11,5 GW, oproti tomu v letních měsících se pohybují maxima okolo 8,5 GW. Viz obrázek č. 1. [1]



Obrázek 1: Spotřeba energie dle měsíců [2]

2.1 Decentralizace energetiky

V důsledku zvyšujících se nároků dochází k podpoře decentralizace výroby elektrické energie. Spotřebitelé se tak stávají zároveň producenty. Zatímco hlavními výhodami centrální energetiky jsou spolehlivost a bezpečnost dodávek, u decentralizované energetiky, postavené především na využívání obnovitelných zdrojů, je hlavní výhodou ekologičnost a stálá cena dodávky z vlastní produkce. Další velkou výhodou je minimalizace ztrát v sítích a ztráta nutnosti platit příspěvky na podporované zdroje. Na druhou stranu decentrální zdroje vyžadují značné investice. Nejvhodnější způsoby, jak se zapojit do výroby, jsou fotovoltaické, vodní a větrné elektrárny, kogenerační jednotky a bioplynové stanice. [3] Vyrobenou energii mohou producenti prodat do sítě, anebo ji spotřebovat. To přispívá k rozvoji malých zdrojů, mezi které patří i velmi malé zdroje aplikovatelné dokonce na úrovni domácností – domácí elektrárny. Příznivým faktem je také to, že u zdrojů s výkonem do 10 kW není potřeba licence. Hlavní podmínkou je, že vyrobená energie se nesmí posílat do sítě, ale musí se na místě spotřebovat. [4]

2.1.1 Smart Grid

Smart grid je označení pro tzv. inteligentní síť. Základní myšlenkou inteligentní sítě je komunikace všech prvků v síti a regulace parametrů v závislosti na potřebě v reálném čase. Jedná se o plně automatizovanou síť, která by dokázala předcházet, popřípadě i řešit drobné poruchy sítě.

3 Domácí elektrárna

Za domácí elektrárnu můžeme považovat jednotky umístěné v rámci rodinných domů. Tyto jednotky mají výkon řádově 10 kW, výjimečně vyšší. Hlavním důvodem výstavby domácích elektráren je bezpochyby snaha snížit spotřebu elektrické energie a tím pádem také ušetřit finanční prostředky. Ve většině případů se jedná o obnovitelné zdroje energie. Nicméně je nutné si uvědomit, že ne všechny decentrální zdroje energie jsou na bázi obnovitelných zdrojů a nejsou tak šetrné k životnímu prostředí. V těchto případech je nutné dobře vyhodnotit situaci a zvolit vhodnou technologii výroby. [5]

3.1 Vývoj domácích elektráren

Do roku 2002 byl v oblasti výroby a distribuce elektrické energie monopolem český stát. V následujících letech, mimo jiné i díky vstupu České republiky do EU, bylo do této oblasti zavedeno tržní prostředí. Od roku 2006 si tedy domácnosti, jakožto koncový zákazník, mohly vybrat svého dodavatele. Důsledkem je tak přirozená tvorba cen pomocí nabídky a poptávky za energie. Pokud je nedostatečná kapacita výroby, cena stoupá. Pokud je nízká spotřeba nebo velký výrobní kapacita, cena klesá. [5]

V letech 2009 až 2011 nastal v ČR boom fotovoltaických elektráren, který byl způsoben pozdní reakcí na nepřiměřeně velkou provozní podporu, spolu s prudkým poklesem pořizovací ceny FVE. O tomto období můžeme hovořit jako o období počátku decentralizace elektrizační soustavy ČR, neboť nastává mohutný rozvoj drobných zdrojů. [5]

Vývoj domácích elektráren je tak dán hlavně podporou ze strany státu a EU, která se snaží bojovat proti klimatickým změnám a chránit tak životní prostředí. Zástupci EU vidí tento boj zároveň jako příležitost pro členské státy, investory, podnikatele atd. zapojit se do výzkumu a podpořit tak obnovitelné zdroje energie. Z tohoto důvodu je tato podpora zahrnuta v legislativách státu a v dotačních programech. V rámci České republiky jsou hlavními dotačními programy Zelená úsporám, nebo například program EFEKT. [5]

3.2 Volba technologie pro výrobu elektrické energie

Při volbě vhodné technologie musí zájemce uvažovat několik faktorů. Nejvýznamnějším faktorem bývají pořizovací náklady a návratnost investice. Volbu pak výrazně ovlivňují klimatické podmínky. Z tohoto hlediska má v ČR největší perspektivu výroba pomocí fotovoltaických panelů. Vodní a větrný zdroj je velice omezený. Druhým nejvýznamnějším zdrojem je kogenerační výroba, která je dostupná prakticky na celém území ČR. [5]

3.3 Právní náležitosti

Od roku 2016, kdy vešla novela energetického zákona v účinnost, se výrazně rozšířily možnosti výroby elektřiny v domácích podmínkách. Základem je novela, podle které není potřeba vlastnit licenci od ERÚ pro elektrárny do výkonu 10 kW. Podmínkou je pouze to, že v místě takové elektrárny nesmí být jiná elektrárna provozovaná s licencí. [6]

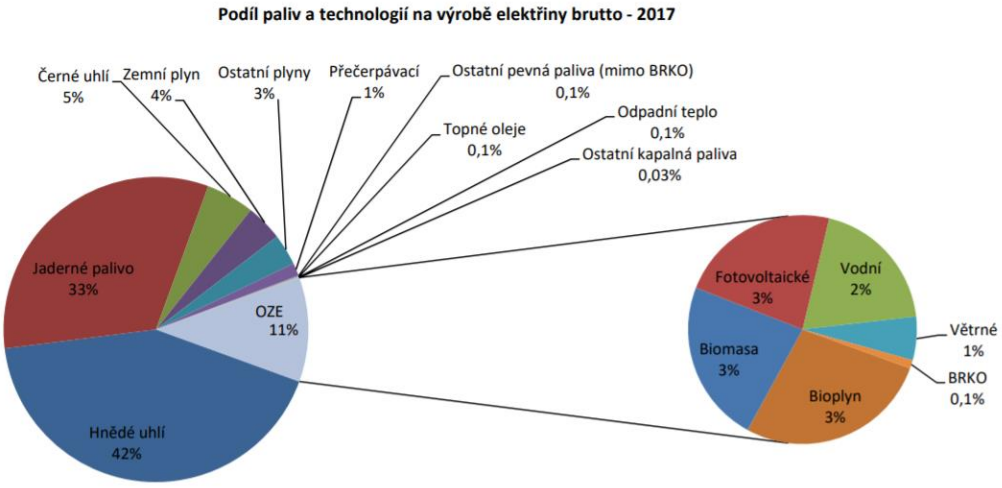
Od 1. února 2016 platí také vyhláška, která definuje pojem mikrozdroj. Podle ní je mikrozdrojem instalace s maximálním výkonem 10 kW a se jmenovitým střídavým fázovým proudem maximálně 16 A na fázi. Instalace je pak připojená k distribuční soustavě. Mikrozdroj musí být dále vybaven zařízením, které zamezí dodávce elektřiny do distribuční soustavy v místě připojení s výjimkou krátkodobých přetoků, které ale nezvýší hodnotu napětí v místě připojení. V případě přetoků je pak provozovatel mikrozdroje pokutován podle cenového rozhodnutí ERÚ. Pokud pak žadatel prokáže, že jeho připojení splňují potřebné parametry, provozovatel distribuční soustavy ho musí připojit na distribuční síť a uzavřít s ním novou smlouvu, či vypracovat dodatek ke smlouvě o připojení vlastníka mikrozdroje jako zákazníka neboli odběratele. [6]

Pokud by chtěl majitel mikrozdroje přetoky dodávat do distribuční sítě, musí uzavřít smlouvu o připojení s provozovatelem distribuční soustavy. Dále je nutná dohoda s dodavatelem elektřiny, který na sebe převezme odpovědnost za odchylky vytvářené neplánovaným přetokem do soustavy a zaváže se k placení ceny za dodanou elektřinu. [6]

4 Výroba elektrické energie

Hlavním zdrojem elektrické energie je v ČR tradičně hnědé uhlí a jaderné palivo, které tvoří zhruba 75% produkce elektřiny. Vzhledem k tradici a zásobám se nedají předpokládat výrazné změny v zastoupení těchto surovin. [2] Vzhledem k tomu, že množství uhlí ani jaderného paliva není neomezené, prosazuje se stále více zaměření na obnovitelné zdroje energie. Dá se tedy předpokládat rychlý vývoj technologií pro získávání energie z těchto zdrojů.

Významné zastoupení pak tvoří obnovitelné zdroje energie, které v součtu tvoří zhruba 11% výroby elektrické energie ČR, jak je vidět na obrázku č. 2. [2]



Obrázek 2: Podíl paliv a technologií na výrobě elektřiny v ČR v roce 2017 [2]

4.1.1 Rozdělení zdrojů

4.1.1.1 Neobnovitelné zdroje

Mezi neobnovitelné zdroje řadíme zdroje, u kterých se předpokládá, že jeho zásoby budou vyčerpány řádově do stovek let, přičemž obnova takového zdroje trvá mnohonásobně déle. Mezi takové zdroje patří fosilní paliva (např. uhlí, ropa, zemní plyn) a jaderná paliva, kde se využívá hlavně obohaceného uranu ve formě oxidu uraničitého. [7]

4.1.1.2 Obnovitelné zdroje energie

Jako obnovitelný zdroj energie označujeme zdroje, které se při spotřebě buď samy anebo s pomocí člověka obnovují v krátkém časovém horizontu. Z dlouhodobého hlediska by OZE měly pokrýt veškerou spotřebu lidstva, nicméně je zde omezení v podobě nerovnoměrného rozložení zdrojů, proměnlivé vydatnosti, nebo například investičních nákladů. Mezi OZE řadíme sluneční energii, větrnou energii, vodní energii, energii přílivu, geotermální energii, biomasu atd. [7]

5 Skladování energie

Každý koncový odběratel potřebuje jiný objem energie v různý čas, čímž se poptávka po elektrické energii neustále mění a je potřeba na tyto změny reagovat. Regulace výkonu elektráren je problematická, navíc se dá jen odhadem předpokládat, jak velký objem energie bude koncový odběratel potřebovat. Proto vznikají v průběhu dne jevy jako například přepětí nebo změny odchylky od síťové frekvence. To vede

k myšlence energii skladovat. Tato problematika přišla již s objevem elektrické energie a provází nás neustále. Snahou je najít řešení, jak uchovat přebytečnou energii v době přebytku, kterou by bylo možné využít v odběrových špičkách. Uchování čisté elektrické energie je problematické, a tak se většinou převede na jinou formu energie, ve které se lépe uchovává a později se transformuje zpět na elektrickou energii. Základními typy systémů, které se liší principem úschovy energie, jsou systémy elektrické, elektrochemické, mechanické a na závěr chemické a tepelné.

5.1 Stacionární systémy

V této kapitole se budu zabývat systémy, které mají potenciál být využity v rámci malých zdrojů elektrické energie. Nejsou tedy vypsány všechny možnosti akumulace energie.

5.1.1 Elektrické systémy

V elektrotechnice se běžně pro ukládání elektrické energie používají kondenzátory, nicméně ty jsou pro velký objem energie nepoužitelné. Proto se používají tzv. super-kondenzátory, které na rozdíl od běžných kondenzátorů mají místo dielektrika elektrolytický roztok. [8]

Superkondenzátory mají největší potenciál využití především v oblasti elektromobilů, protože dokáží podat okamžitě plný výkon. Dosahují vysoké účinnosti a také dlouhé životnosti, jsou odolné proti přebíjení i extrémnímu vybíjení. Také mají krátkou dobu nabíjení. Nicméně jejich využití se dá předpokládat i ve spotřební elektronice. Sice by klesla výdrž, nicméně by rapidně vzrostla rychlost nabití. [9]

5.1.2 Elektrochemické systémy

Elektrochemické systémy uschovávají energii v chemické formě. Dělí se dva základní typy, primární a sekundární. Primární články se označují jako baterie a jejich charakteristickou vlastností je, že nejdou opětovně nabít. Po jejich vybití jsou určeny k likvidaci. Sekundární články jsou určeny k opětovnému nabíjení a nazýváme je akumulátory. Z praktického hlediska jsou zajímavější akumulátory, kterých je několik typů, například Li-ion akumulátory, Nikl-kadmiové akumulátory, Olověné akumulátory, Sodíkovo-sírové akumulátory, nebo například Metal-vzduchové akumulátory. [8]

Akumulátory patří mezi způsoby přímého skladování elektrické energie. Klíčovou vlastností akumulátoru je jeho kapacita. Jsou nabíjeny pomocí tzv. polovodičových nabíječů, které zajistí nabíjení s ohledem na maximální životnost akumulátorů. K dispozici je již velké množství těchto zařízení a správný výběr hraje hlavní roli při optimalizaci životnosti a nákladů. Velmi často je výstupním napětím akumulátorů 12V nebo 24V. Pokud je tedy v domácnosti rozvod 12, eventuálně 24V, lze připojit spotřebiče přímo k akumulátoru. V opačném případě, tedy pokud je v domácnosti rozvod na 230V, popř. 400V, je nutné využít napěťového měniče. Hlavní nevýhodou je omezená životnost akumulátorů. [10]

5.1.3 Mechanické systémy

Fungují na principu přeměny elektrické energie do kinetické nebo potenciální a následně se zpětně přeměňuje pomocí generátorů. Nejrozšířenější a nejznámější technologií z této oblasti je přečerpávací vodní elektrárna. V ČR je nejznámější přečerpávací elektrárnou Dlouhé Stráně. Dalším mechanickým systémem je například setrvačník. [8]

Konkrétním zařízením využitelným na úrovni domácí elektrárny by pak mohl být vynález setrvačníkové baterie, jejímž autorem je Ing. Jan Plomer, Ph.D. Elektromotor roztáčí kotouč, v němž je díky tomu uchovaná kinetická energie. Následným brzděním pak lze vyrábět energii elektrickou. Baterie by podle autora mohla pokrývat především mikro výpadky elektřiny. [11] Jedná se o poměrně krátkodobý zdroj elektřiny, který lze využít v řádech maximálně několika minut. Proto je zařízení vhodné hlavně jako záložní zdroj energie. [12]

5.2 Virtuální baterie

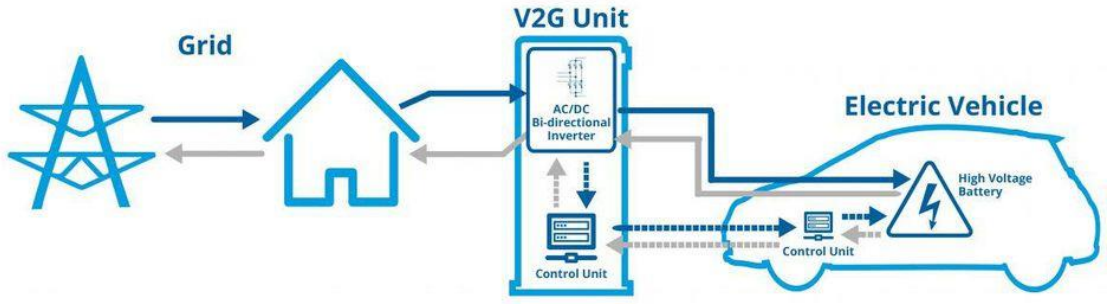
Koncept virtuálních baterií spočívá v tom, že producenti elektrické energie dodávají přebytky energie do distribuční sítě, ze které je později mohou využít. Hlavní podmínkou pro využití virtuální baterie je tedy připojení k distribuční síti. Jedná se tedy o službu, kterou v ČR provozují např. ČEZ a E.ON. Nicméně zpětný odběr energie není zdarma, jak by se mohlo na první pohled zdát. Zdarma je při zpětném odběru pouze silová energie, která ale tvoří pouze zlomek celkové ceny. Spotřebitel tak platí například i příspěvek na obnovitelné zdroje, či distribuční poplatky. Jednotliví poskytovatelé se také liší poplatkem za službu. Ať už poplatkem za uloženou MWh, nebo slevou z ceny čerpané

elektřiny. Hlavní výhodou virtuální baterie je úspora za investice do akumulátorů, jejichž cena není zanedbatelná. [13]

5.3 Mobilní systémy

5.3.1 Vehicle to Grid

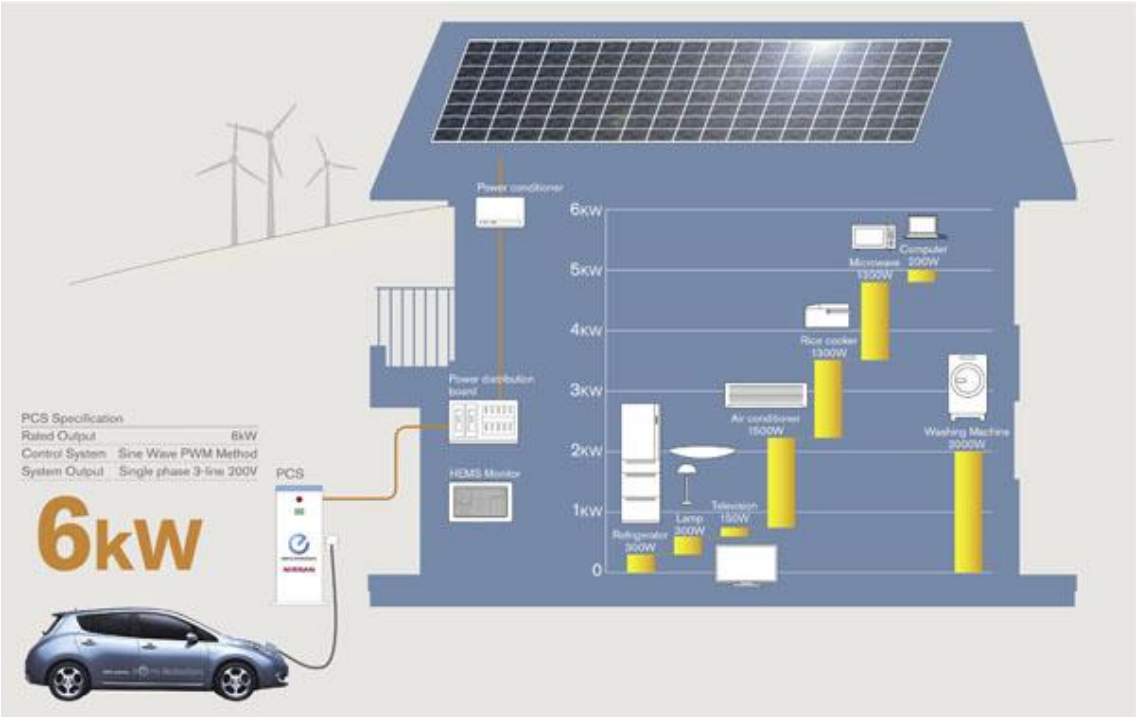
Myšlenka Vehicle to Grid, známá také pod zkratkou V2G, přichází s nápadem využití baterií v elektromobilech v době, kdy nejsou potřeba k provozu elektromobilu. Vozy připojené k rozvodné síti by v době své nečinnosti mohly dodávat energii do sítě a přispívat tak ke stabilitě sítě. Následně by byly zpátky nabity například v noci, kdy není tak velká poptávka po elektrické energii. Nápad vznikl hlavně díky stále větší kapacitě lithiových baterií v elektromobilech a také fakt, že tyto baterie bývají až 95 % času nevyužívány. Otázkou však zůstává, jak by měli být majitelé elektromobilů odměněni za poskytnutí svého auta a také kdo by hradil výměnu baterií, které by se daleko rychleji opotřebovávaly. Jedná se totiž o jednu z nejdražších součástí vozu. Zjednodušené schéma konceptu V2G lze vidět na obrázku č. 3. [14]



Obrázek 3: Vehicle to Grid [15]

5.3.2 Vehicle to Home

Vehicle to Home, neboli V2H, pracuje se stejnou myšlenkou jako Vehicle to Grid. Hlavní rozdíl je v tom, že elektromobil nepředává energii přímo do sítě, ale do rozvodu v domácnosti. Jak technologií V2G, tak V2H se zabývá především automobilka Nissan. Na obrázku č. 4 lze vidět zjednodušení myšlenky V2H. [16]



Obrázek 4: Vehicle to Home [16]

5.4 Powerwall

Jedním z konkrétních produktů pro akumulaci elektrické energie je domácí baterie od společnosti Tesla, viz obrázek č. 5. Dokáže dodávat výkon 2 kW, ve špičce až 3 kW a to při napětí 350 – 450 V a produ 5 A, ve špičce až 8,5 A. Zařízení je vyráběno s kapacitou 7 kWh, 10 kWh a 13,5 kWh, díky čemuž dokáží vytvořit grid-off systém. Baterie dosahují účinnosti až 92 % a dokáží fungovat při teplotách -20 °C až 43°C. Díky hmotnosti okolo 100 kg je možné jejich instalace na zeď. Dobíjení probíhá primárně z obnovitelných zdrojů, nicméně lze je také dobíjet z rozvodné sítě při nízkých tarifech. Stejně jako jiné baterie, lze i baterie Tesla Powerwall řadit za sebou. [17] Výrobek dokáže rozpoznat výpadek od distribuční sítě a automaticky dodávat energii ze svých zásob, aniž by to spotřebitel poznal. Při odhadované denní spotřebě 30 kWh doporučuje Tesla použití dvou zařízení PowerWall s kapacitou 13,5 kWh. Cena za takové zařízení je 14 500 $, což odpovídá zhruba 330 000 Kč. [18]

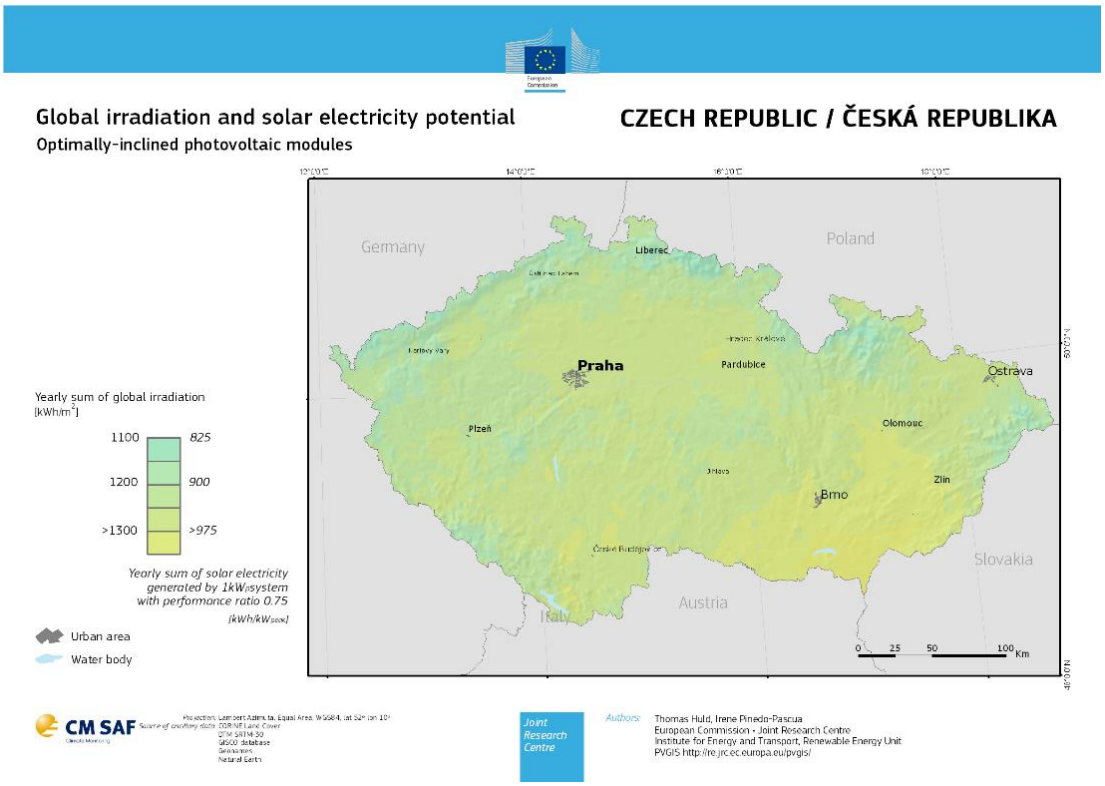
Obrázek 5: Tesla PowerWall [18]

6 Intermitentní zdroje energie

Intermitentní zdroje nelze ovlivnit z pohledu kvality ani kvantity. Jedná se především o obnovitelné přírodní zdroje, které jsou závislé hlavně na poloze a ročním období. Jsou velmi příznivé z hlediska ekologie, a proto se dá předpokládat jejich velký význam v budoucnosti. Lze mezi ně zařadit například solární zdroj, vodní zdroj a větrný zdroj. Právě díky nestálosti dodávek elektřiny je často nutné energii akumulovat, přičemž možností je na trhu hned několik.

6.1 Solární zdroj

Jedním z nejvýznamnějších obnovitelných zdrojů energie je Slunce. Jedná se o zdroj, který by teoreticky dokázal pokrýt veškerou potřebu energie. Roční úhrn solárního záření při optimálním natočení fotovoltaických panelů lze vidět na obrázku č. 6. Bez nadsázky se dá říct, že energie se Slunce ovlivňuje také další obnovitelné zdroje, např. biomasu.



Obrázek 6: Roční úhrn slunečního záření při optimálním natočení FV kolektorů [19]

6.1.1 Princip přeměny na elektrickou energii

Sluneční energie se mění na elektrickou pomocí fotovoltaických panelů, které jsou seskupením polovodičových diod. Fotovoltaický článek se skládá z polovodičového přechodu P-N. Při osvětlení článku vzniká fotoelektrický jev a z krystalové mřížky polovodiče se začnou uvolňovat záporné elektrony. Na P-N přechodu se tak vytvoří elektrické napětí, které u křemíkových článků odpovídá velikosti zhruba 0,5V. Články se pak podle potřeby zapojují sériově, nebo paralelně a tvoří tak fotovoltaické panely. [20]

6.1.2 Výhody a nevýhody

Hlavními nevýhodami tohoto zdroje jsou poměrně nízká průměrná intenzita slunečního záření, krátká průměrná roční doba slunečního svitu, kolísání intenzity záření během ročních období, malá účinnost přeměny na elektrickou energii, poměrně malá životnost s ohledem na pořizovací náklady a nebo například potřeba záložního zdroje elektrické energie.

Mezi výhody patří hlavně to, že se jedná prakticky o nevyčerpatelný a ekologický zdroj energie. Solární kolektory se vyznačují snadnou instalací a bezhlučným provozem, který nepotřebuje téměř žádnou obsluhu a údržbu. [20]

6.1.3 Umístění fotovoltaických panelů

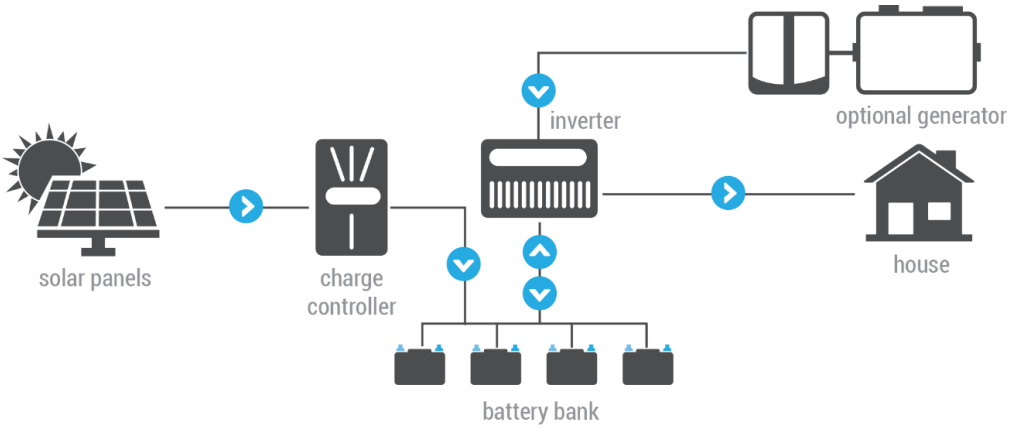
Panely se umisťují především na střechy rodinných domů z důvodu snadné instalace a ideálního přístupu slunečního záření. V ČR je ideální umístění pod sklonem 35° směrem na jih, jak je vidět na obrázku č. 7. Při vodorovném umístění dochází ke snížení produkce elektřiny okolo 10 %. [21]

Obrázek 7: Využití slunečního záření v závislosti na umístění panelů [21]

6.1.4 Rozdělení systémů podle aplikace zapojení

6.1.4.1 Autonomní systémy

Autonomní systémy, známé také pod označením Grid-off, nebo jako ostrovní solární systémy, mají využití především tam, kde se nelze napojit na veřejnou rozvodnou síť. Zjednodušené schéma systému můžeme vidět na obrázku č. 8. Systémy jsou navrženy tak, aby pokryly potřebu příslušného zařízení. Součástí systémů jsou fotovoltaické moduly, akumulátorové baterie, které jsou navrženy pro pomalé nabíjení i vybíjení a ochranný obvod, který slouží jako ochrana baterie. V těchto systémech lze připojit spotřebiče napájené stejnosměrným proudem, kde napětí bývá obvykle 12 nebo 24V, ale i spotřebiče 230V/50Hz, které jsou napájené přes napěťový měnič. [7]

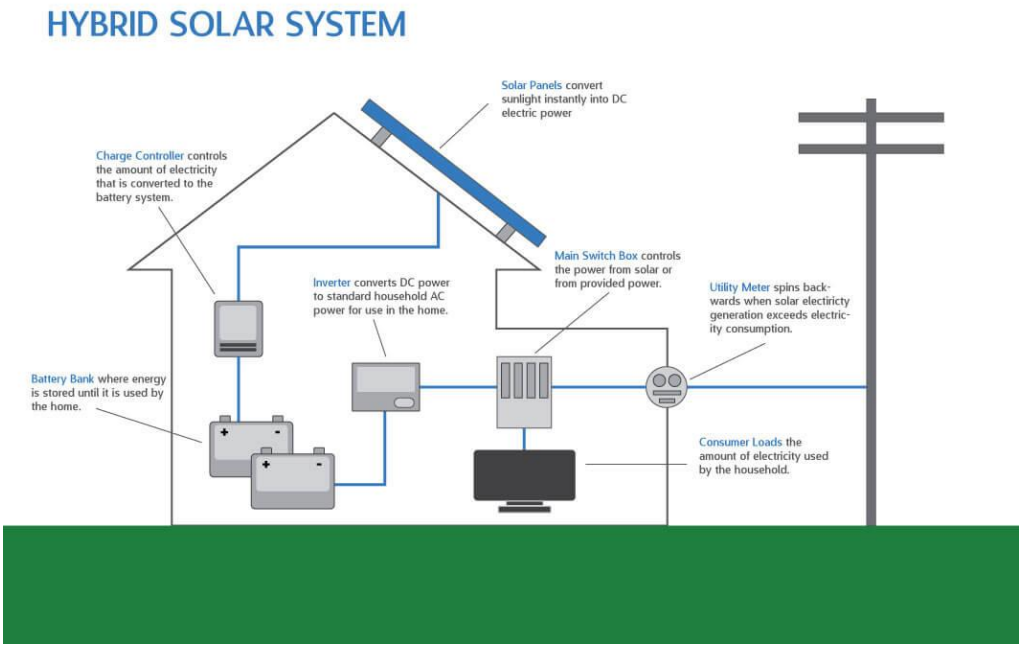


Obrázek 8: Schéma autonomního systému [22]

Využití lze najít hlavně u lesních chat, dopravních signalizačních objektů, světelných reklam, přístrojů v terénu, nebo například u zahradního osvětlení. [7]

6.1.4.2 Hybridní systémy

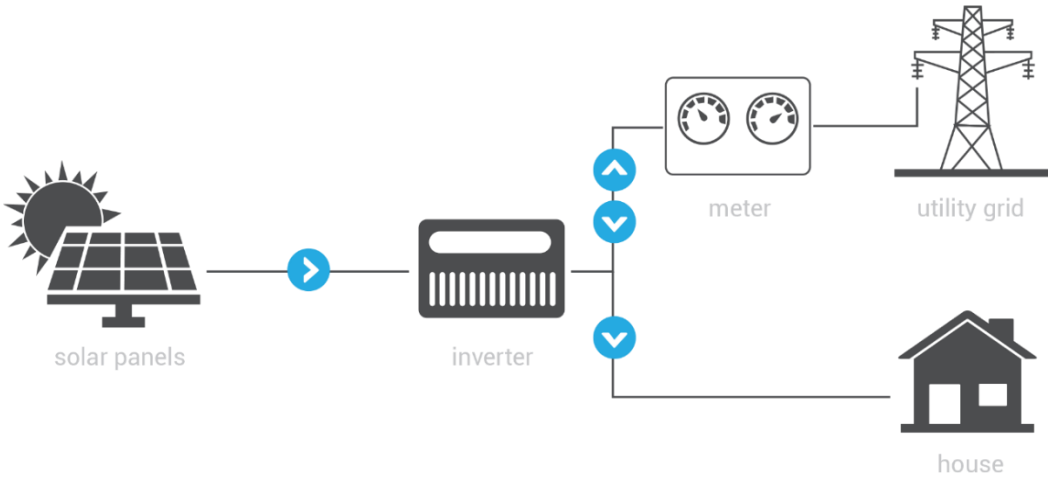
Hybridní systémy propojují autonomní systém (Grid-off) a síťovou elektrárnu (Grid-on), přičemž hlavním rozdílem oproti systému Grid-off spočívá v tom, že hybridní systémy mohou maximálně využít energii v místě výroby. Dalším rozdílem je, že hybridní systém dokáže přesměrovat přebytečnou energii ve výkonových špičkách do určených náročných spotřebičů, a to v reálném čase, jak je vidět na obrázku č. 9. [7]



Obrázek 9: Schéma Hybridního systému [23]

6.1.4.3 Systémy připojené k elektrické síti

Systémy připojené k rozvodné elektrické síti se označují také názvem Grid-on a jejich hlavní výhodou je zpracování veškeré vyrobené energie, na rozdíl od systémů Grid-off. Součástí Grid-on systémů bývá více fotovoltaických panelů, napěťové měniče, přístroje pro měření a regulaci a síťové ochrany. Rozlišujeme dva hlavní způsoby zapojení, konkrétně zapojení v tzv. Zeleném bonusu. Druhým způsobem je zapojení v tzv. Výkupním tarifu. Rozdíl spočívá hlavně v tom, že u prvního zapojení se většina vyrobené energie využívá pro vlastní spotřebu, kdežto druhý systém dodává veškerou vyrobenou energii do elektrizační soustavy. Schéma takového zapojení na obrázku č. 10. [7]

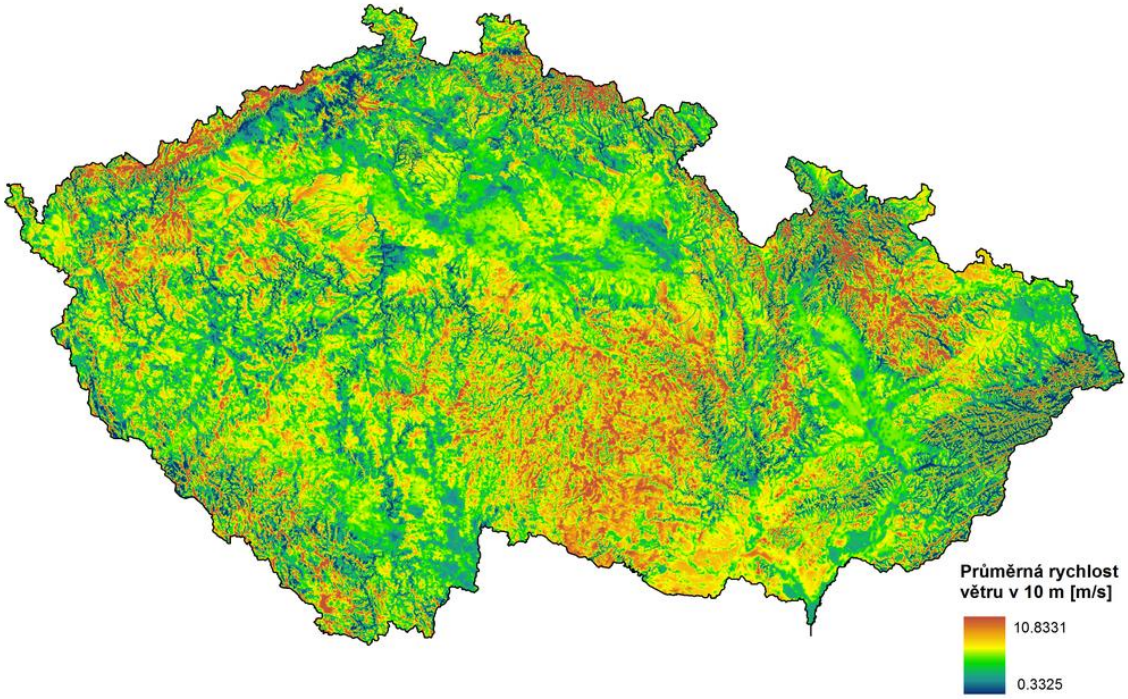


Obrázek 10: Systém Grid-on [24]

6.2 Větrný zdroj

Stejně jako u solárního zdroje je i větrný zdroj omezen především geografickou polohou a také členitostí terénu a lokálními překážkami. Hlavním ukazatelem, zda je výhodné využití energie větru, je potenciál větrné energie v daném místě, ten lze na mapě ČR vidět na obrázku č. 11. Ústav fyziky atmosféry Akademie věd ČR vypracoval detailní mapu tohoto potenciálu, nicméně údaje do mapy jsou obvykle zpracovány pro větší výšky od země. Ve výškách střech rodinných domů je tak situace často úplně rozdílná, proto se pro přesné určení větrného potenciálu umisťují na domy měřicí zařízení. Přibližně po dvou až třech měsících se data vyhodnotí a přijde rozhodnutí, zda je daný objekt vhodný na instalaci větrné elektrárny. Z hlediska právních předpisů je možné bez licence

instalovat elektrárny s turbínami umístěnými v maximální výšce 10 m a s minimální hlučností. [25]



Obrázek 11: Větrný potenciál 10m nad povrchem [26]

6.2.1 Princip přeměny na elektrickou energii

Základem výroby elektrické energie pomocí větru je roztáčení listů rotoru, který následně pomocí převodovky roztáčí hřídel na potřebné otáčky pro výrobu elektrické energie v generátoru. K dispozici jsou již i větrné turbíny s bezpřevodovkovou technologií. U turbín s převodovkou se používá asynchronní generátor s vinutým rotorem. U bezpřevodovkové technologie se používá synchronní generátor. Za generátorem je ještě připojený transformátor, který upravuje napětí pro přenosovou soustavu. [27]

Při vysoké rychlosti větru fungují listy rotoru zároveň jako brzda, kdy se natočí do „praporu“. Listy mají tvar podobný křídlům letadel, což je dáno vznikem aerodynamických sil v jejich okolí. [27]

6.2.2 Výhody a nevýhody

Hlavními nevýhodami je malý instalovaný výkon vzhledem k rozměrům elektrárny, který je ještě dále omezen intenzitou proudění větru. Instalace turbín je poměrně problematická, a to jak v přírodě, tak i v případě mikropoužití. Turbíny také

narušují přirozený vzhled krajiny, či objektů. Oproti jiným zdrojům energie má větrná elektrárna poměrně malou životnost, která dosahuje zhruba 20 let. [28]

Výhodami jsou pak především ekologičnost a to, že se jedná o obnovitelný zdroj energie. [28]

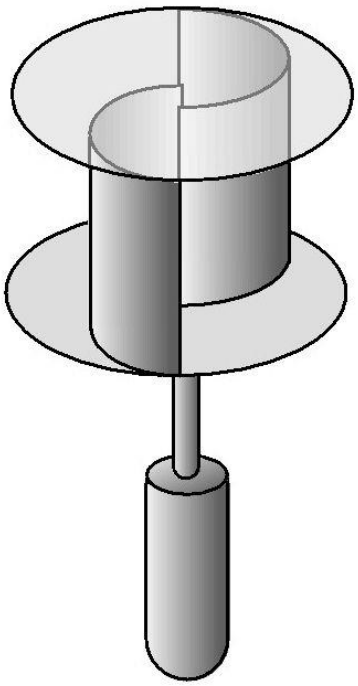
6.2.3 Rozdělení systémů podle aplikace zapojení

Stejně jako u solárních elektráren lze využít napojení domácností jak na distribuční síť a na domácí větrnou elektrárnu, tak na tzv. ostrovní systém neboli off-grid, kdy je větrná elektrárna jediným zdrojem elektrické energie. U ostrovního systému je pak samozřejmě nutné vyřešit problém akumulace energie.

6.2.4 Turbíny se svislou osou

6.2.4.1 Savoniův rotor

Savoniův rotor vynálezem finského lodního důstojníka Sigurd J. Savoniuse, který si nechal vynález patentovat. Funguje na principu Robinsonova jevu, kdy je odpor vyduté polokoule skoro čtyřnásobně vyšší než odpor vypuklé polokoule. Viz obrázek č. 12.



Savonius-Rotor

Obrázek 12: Savoniův rotor [29]

Jak je patrné z obrázku, jedná se o rotor se svislou osou a dvěma přesazenými válcovými plochami. Hlavními nevýhodami tohoto rotoru je malá účinnost a také nebezpečí destrukce silnými větry nebo vichřicí. Výhodou je snadná konstrukce a stavba takového zařízení. [30]

6.2.4.2 Darrieova turbína

Darrieova turbína má štíhlé lišty, které jsou aerodynamicky tvarované a uspořádané kolem svislé osy rotoru pomocí konzolí, nebo například obručí, jak je vidět na obrázku č. 13. [30]

Obrázek 13: Darrieova turbína [31]

6.2.4.3 Zhodnocení obou rotorů

Největší výhoda obou zařízení spočívá v tom, že není nutné jejich natáčení vůči větru. Pracují ve své stálé poloze při jakémkoli větru. Bohužel jejich největší nevýhodou je menší účinnost oproti rotorům s vodorovnou osou a třemi listy. Oba rotory se často kombinují a sestavuje se z nich jedno zařízení. Nicméně obvykle to vede ke snížení účinnosti. Zatímco Savoniův rotor se snadněji uvádí do pohybu, při následných vyšších otáčkách působí spíše jako brzda účinnějšího Darrieova rotoru. Účinnost Darrieova rotoru se pohybuje okolo 38 % a účinnost Savoniova rotoru okolo 21 %. [30]

6.2.5 Rotory s vodorovnou osou

6.2.5.1 Bornay Wind+

Bornay Wind+ je výrobkem španělské značky Bornay. K dostání jsou rotory s výkony od 800 do 5000 W o nominální hodnotě napětí 220 V. Průměry rotorů se pohybují od 2,86 m po 4 m a pracují při ideální rychlosti větru okolo 12 m/s. Minimální rychlost větru pro roztočení turbíny jsou 3 m/s. Vzhled takové turbíny lze vidět na obrázku č. 14. [32]

Obrázek 14: Bornay Wind+ [32]

6.2.5.2 Turbíny AeroCraft

Turbíny německé značky AeroCraft se vyzačují dobrou účinností a malými rozměry, viz obrázek č. 15. Průměr rotoru se pohybuje od 1,2 m do 2,4 m, přičemž výkon se u jednotlivých modifikací pohybuje od 120 do 1000 W. Pracují při minimálním větru 3 m/s, nominální rychlost větru je pak 9 m/s.

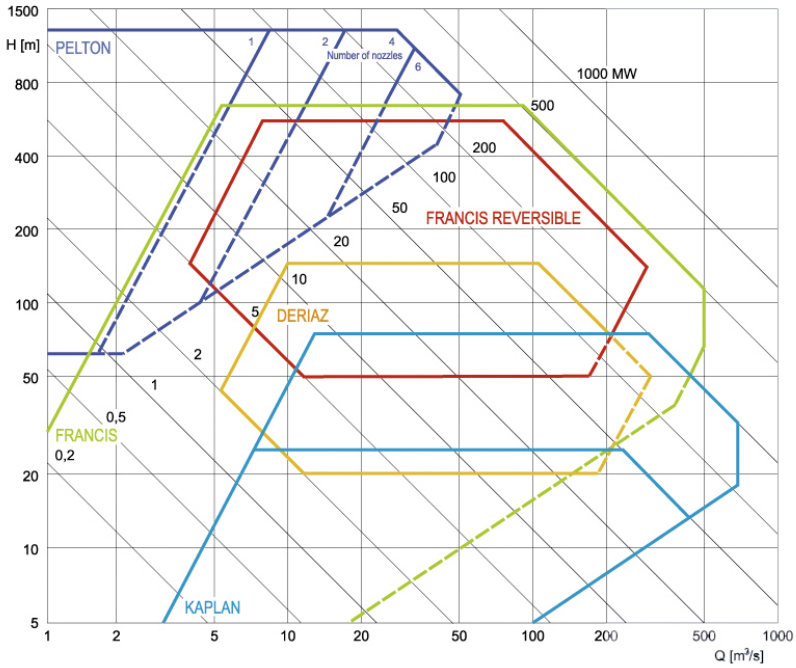
Obrázek 15: Turbína firmy AeroCraft [33]

6.3 Vodní zdroj

Stejně jako u větrného zdroje je nutné znát hydroenergetický potenciál v daném místě. Jedná se o nejomezenější zdroj, jelikož je nutné, aby daná mikroelektrárna byla přímo v místě toku. Nejefektivnější je totiž spotřebování přímo v místě výroby elektrické energie. Výkon elektrárny je dán především spádem a průtokem, dále také účinností zařízení. [34]

6.3.1 Princip přeměny na elektrickou energii

Základem je přeměna kinetické energie na elektrickou energii pomocí turbín, obdobně jako u větrných turbín. Turbíny se vybírají především podle spádu a průtoku, pro různé kombinace těchto parametrů jsou vhodné různé typy turbín, viz obrázek č. 16. [34]



Obrázek 16: Diagram vhodného zvolení turbíny podle průtoku a spádu [35]

Z diagramu je patrné, že pro využití v domácích elektrárnách, kde se spády pohybují v řádech jednotek metrů, je vhodná výhradně Kaplanova turbína. Dá se také využít Bánkiho turbíny. [34]

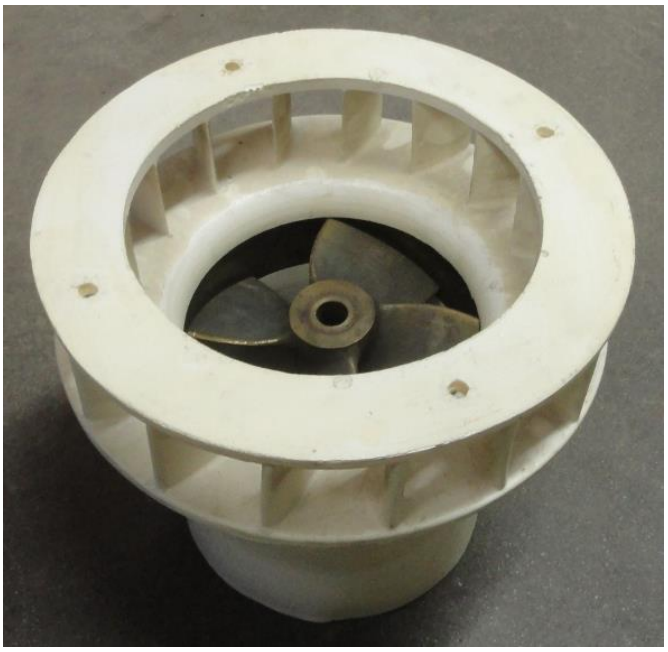
6.3.2 Výhody a nevýhody

Hlavními nevýhodami využití jsou v ČR kolísání vodní hladiny, kdy je problematické zachování minimálního průtoku vody a složitá výstavba.

Výhodou je samozřejmě ekologičnost a obnovitelnost zdroje. Vodní elektrárny dosahují také velké účinnosti, která dosahuje až 90 %. [34]

6.3.2.1 Kaplanova turbína

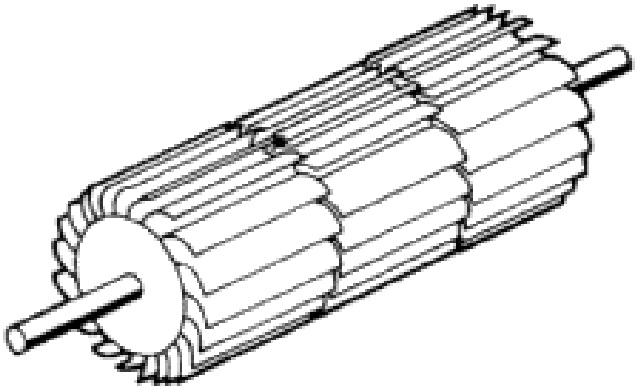
Jedná se o přetlakovou axiální turbínu s dobrou možností regulace, kterou vynalezl český profesor Viktor Kaplan. Rotor je obvykle sestaven ze čtyř vrtulových lopatek nebo jsou lopatky pevné, takové turbíně se pak říká tzv. semikaplan. Stator bývá často axiální, turbína je pak přímoproudá. [34]



Obrázek 17: Mikro - Kaplanova turbína [36]

6.3.2.2 Bánkiho turbína

Konstrukčně jednoduché zařízení, které pracuje na rozmezí přetlakové a rovnotlaké turbíny. Voda protéká lopatkami dvakrát, jednou dovnitř a pak ven. Svou konstrukcí připomíná mlýnské kolo, viz obrázek č. 18. [34]



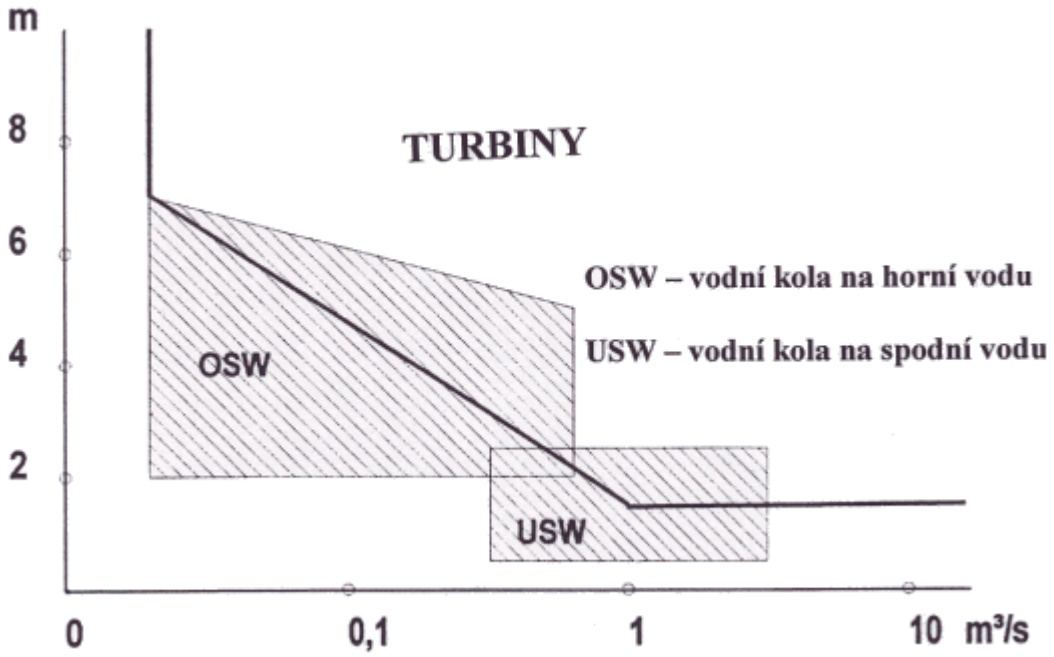
Obrázek 18: Bánkiho turbína [37]

6.3.3 Francisova turbína

Své využití nalezne v rámci mikrozdroje také mikro – Francisova turbína. Lze ji použít jak v horizontálním, tak vertikálním provedení. Hlavními výhodami jsou snadná instalace, jednoduché ovládání a vysoká účinnost, která se může vyšplhat až na 93 % a lze ji použít i v místech s malým průtokem. [38]

6.3.4 Vodní kolo

Jedním z nejstarších způsobů využití energie vody je použití vodního kola. Tato technologie má spíše historický význam, nicméně za zmínku stojí především díky své aplikovatelnosti na malé zdroje. Jsou vhodné tam, kde vodní tok dosahuje malého spádu, tedy do 6 m, a malých průtoků, které jsou v řádech do pár m^3/s. Jsou obvykle vyráběny v rámci kusové výroby. Své využití našla kola především v Německu, Rakousku nebo Švýcarsku, kde se často ze starých mlýnů staly penziony a právě zde se nabízí využití vodního kola. Na následujícím diagramu můžeme vidět aplikovatelnost vodního kola v závislosti na spádu a průtoku. [39]



Obrázek 19: Diagram aplikovatelnosti vodního kola [39]

6.3.5 Vírová turbína

Vírová turbína se od klasických turbín liší tím, že voda vstupuje do oběhu bez rotace a vystupuje s rotací. Díky tomu ji lze použít pro malé spády a velké průtoky. Jedná se o poměrně mladý vynález, který se stále vyvíjí, ale lze předpokládat jeho využití pro malé provozovny. Vyznačuje se snadnou konstrukcí, což je předpokladem pro využití u malých vodních elektráren se spádem do pěti metrů. [40] Účinnost takové turbíny dosahuje až 85 %. Turbína nepotřebuje ke své funkci rozváděcí kolo a dokáže pracovat s vysokými otáčkami, což umožňuje provoz v určitých případech bez převodovky. [41]

6.4 Hybridní zdroje

Hlavně v případě ostrovních systémů, tedy v situacích, kdy není možnost připojení na distribuční síť, se často instalují kombinované elektrárny. Nejčastěji se jedná o kombinaci větrné a solární elektrárny, kdy se stožár rotoru využívá zároveň pro uchycení solárních panelů. [30]

7 Regulovatelné zdroje

Regulovatelné zdroje nejsou na rozdíl od intermitentních zdrojů proměnlivé z hlediska výkonu. Jsou řízeny tak, aby dodávaly potřebný výkon, přičemž palivem takového zařízení může být klidně obnovitelný zdroj. Oproti intermitentním zdrojům se tak lze na regulovatelné zdroje více spolehnout z hlediska dodávaného výkonu.

7.1 Mikrokogenerace

Jedním z moderních způsobů takové výroby elektrické energie je použití kogenerace, resp. mikrokogenerace. Jedná se o kombinovanou výrobu elektřiny a tepla, aby bylo dosaženo co největší efektivity. Kogenerační jednotka využívá vyrobené teplo, které je primárně určeno pro výrobu elektřiny, k vytápění. Aby byla efektivita takového zařízení co největší, musí být mikrokogenerační jednotka postavená na míru pro daný objekt. [42]

7.1.1 Výhody a nevýhody

Mezi nevýhody kogenerace můžeme zařadit technicky složitou a investičně náročnou realizaci takové elektrárny. Také je nutné zajistit odhlučnění výrobního zařízení. [43]

Hlavní výhodou kogenerace je využití primárního zdroje pro výrobu rovnou dvou druhů energie. Zatímco celková účinnost oddělené výroby je okolo 60%, při kombinované výrobě to je kolem 80%. Mezi výhody patří také minimalizace ztrát kvůli přenosu. [43]

7.1.2 Mikrokogenerace z biomasy

Jedním z možných paliv pro mikrokogeneraci je biomasa, která je zároveň obnovitelným zdrojem energie. Biomasu lze vnímat jako organickou složku naší planety, lze mezi ní zařadit tedy rostliny, živočichy, bakterie atd. Jako biomasu, ze které je vhodné získávat energii, jsou považovány rostliny, které jsou schopny fotosyntézy. Dá se rozdělit

na dva základní typy. Prvním je biomasa, která je cíleně pěstována pro energetické využití. Taková biomasa je charakteristická tím, že rychle roste, snadno se vysévá a má krátké vegetační období. Druhým typem je odpadní biomasa, která vzniká především jako odpad zemědělské výroby. V našich podmínkách se vyplatí výroba pomocí spalování biomasy hlavně v místech, kde jsou dostupné dřevní suroviny. Z tohoto hlediska se tato technologie hodí spíše v zahraničí, hlavně pak na Sibiři, Aljašče, či v Kanadě. [44]

7.1.2.1 Princip přeměny na elektrickou energii

Nejstarší a nejčastější metodou, jak získat energii z biomasy, je její spalování. Při spalování dochází k rozkladu organických složek a vznikají hořlavé plyny a další látky. Uvolňuje se teplo, voda a oxid uhličitý, nicméně množství emitovaného oxidu uhličitého se zhruba shoduje s množstvím, které rostlina během svého vegetačního období zpracovala. Spalování musí probíhat za vysokých teplot a dobrého mísení se vzduchem. Při použití biomasy pro výrobu tepla lze dosáhnout účinnosti okolo 90%. Při výrobě elektrické energie je to obvykle pod 50 %. Při kogeneraci je účinnost 50-90 %. [44]

7.1.2.2 WAVE

Konkrétním strojem na kombinovanou výrobu elektřiny a tepla je zařízení WAVE, jenž je vyvíjeno na ČVUT. S vývojem započal konkrétně Ústav energetiky Fakulty strojní v roce 2008. Principem výroby je tzv. organický Rankinův cyklus. Prototyp této elektrárny dosahuje celkové účinnosti přes 80 %, přičemž podává výkon zhruba 1 kW čisté elektrické energie a zhruba 50 kW energie tepelné. Aktuální technologie je schopná dosáhnout maximálního čistého elektrického výkonu až 4 kW. [44] WAVE je stále ve svém vývoji, nicméně lze očekávat jeho brzké zapojení v reálných podmínkách. Denní provoz při dodržení nominálního výkonu vyžaduje palivo o objemu 2 m^3. Toto množství je však značně ovlivněno kvalitou paliva. Aktuálně je zařízení již plně automatcké, od uvedení do provozu až po jeho odstavení. Vývoj se ubírá takovým směrem, že by další verze tohoto zařízení měla dosahovat tepelného výkonu 120 kW a elektrického 6 kW. Srovnání parametrů zařízení WAVE a konvenčního kotle na biomasu lze vidět v tabulce č. 1. [45]

Tabulka 1:Porovnání zařízení WAVE a konvenčního kotle na štěpku [44]

		WAVE	**Konvenční kotel na štěpku**
Příkon v palivu	kW	65,2	58,8
Tepelný výkon	kW	50	50
Elektrický výkon svorkový	kW	3,5	0
Vlastní spotřeba	kW	1,5	0,1
Elektrický výkon čistý	kW	2	-0,1
Celková účinnost	%	80	85
Využití jmenovitého výkonu	hod/rok	7 697	7 697
Výroba tepla	GJ/rok	1 386	1 386
Výroba elektřiny	MWh	15,4	-0,770
Spotřeba paliva	GJ	1 808	1 630

Poznámka: Záporná hodnota u výroby elektřiny v konvenčním kotli na štěpku znamená, že kotel elektřinu nejen nevyrábí, ale zároveň ji spotřebovává pro svůj provoz. Vlastní spotřeba elektrické energie zařízení WAVE je již zahrnuta. [44]

7.1.3 Mikrokogenerace z fosilních paliv

Mikrokogenerační jednotky na fosilní paliva se od těch na biomasu liší v základu pouze v druhu paliva. Nejedná se o obnovitelný zdroj energie, nicméně v některých oblastech je lépe dostupným. Nejčastěji je jako palivo použit zemní plyn.

7.1.3.1 Parní kogenerace

Tento typ kogenerace pracuje díky použití Rankinova cyklu, který je poháněn párou vyrobenou v kotli z pevného, kapalného, či plynného paliva. Účinnost této kogenerace není příliš velká, a tak se vyplatí spíše jen při využití levného paliva. [46]

7.1.3.2 Plynová kogenerace

Plynová kogenerace využívá přímé spalování plynu buď pomocí otevřeného Ottova cyklu (spalovací motor), Stirlingova cyklu (spalovací motor) nebo otevřeného Braytonova cyklu (spalovací turbína). Vysokou účinnost pak sráží vyšší cena zemního

plynu, který je palivem. Palivem může být i například bioplyn, nebo například sládkový plyn, ty se nicméně vyznačují nižší výhřevností. [46]

7.1.3.2.1 Vitotwin 300-W

Vitotwin je produktem firmy Viessman. Je kombinací Stirlingova motoru s volným pístem a plynového kondenzačního kotle. Zařízení má elektrický výkon 1 kW a tepelný výkon 6 kW při účinnosti vyšší než 96 %. Díky malým rozměrům (v x š x h: 900 x 480 x 480 mm) a hmotnosti okolo 120 kg se jednotka snadno instaluje. Velikostí odpovídá zhruba nástěnnému kotli. Díky tomu, že pohyblivé části Stirlingova motoru pracují v heliu v hermeticky uzavřeném prostoru, není potřeba filtrů a ani mazacích prostředků. To dělá tento motor prakticky bezúdržbovým. [47]

7.1.3.2.2 Cleanenergy 9kWe

Stejnojmenné zařízení, jako název firmy sídlící ve Švédsku, pracuje s využitím technologie Stirlingova motoru. Palivem může být bioplyn, LPG nebo zemní plyn. Dosahuje elektrického výkonu 2-9 kW a tepelného 8-26 kW. [48]

7.1.3.3 Palivové články

Elektrická energie a teplo vznikají díky přímé přeměně v palivových článcích, kde probíhá oxidačně – redukční reakce. To je důvod, proč je provoz bez hluku a velmi spolehlivý. Vyznačují se poměrně vysokou elektrickou účinností a nízkými emisemi. [46]

7.1.3.3.1 Vitovalor P

Zařízení německé firmy Viessman pro kombinovanou výrobu elektřiny a tepla využívá technologie palivových článků pro přeměnu vodíku na energii. Vitovalor také nabízí výrazné snížení emisí CO^2 a účinnost až 92%. Elektrický výkon dosahuje 0,75 kW, tepelný pak 1,1 kW. Zařízení vyžaduje plochu pro instalaci pouze 0,72 m^2. [49] Pořizovací cena takového zařízení se pohybuje okolo 30–35 tis. €, což je více než dvojnásobek ceny za zařízení pracující na principu Strilingova cyklu od stejné firmy. [50]

8 Návrh elektrárny pro modelový dům

Nyní se zaměřím na návrh konkrétní technologie pro výrobu elektrické energie v domácích podmínkách, včetně ekonomického zhodnocení. Budu vycházet z důležitých údajů o rodinném domě, mezi kterými bude například geografická poloha, velikost domu, počet členů domácnosti atd.

8.1 Charakteristika domu

8.1.1 Velikost domu a poloha

Modelový dům budu uvažovat jako jednopodlažní, který se nachází ve Vyškově nedaleko Brna v Jihomoravském kraji v nadmořské výšce 450 m.n.m. V okolí domu se nenachází žádný vodní zdroj ani les. Průměrná rychlost větru v oblasti střechy se pohybuje mezi 3-4 m/s. Vzhledem k poloze a ročnímu úhrnu solárního záření v této oblasti bude nejvhodnější zvolit jako zdroj elektrické energie fotovoltaické panely. Střecha je sedlová se štítem orientovaným na západ. V okolí domu se nenachází žádné lokální překážky, které by vrhaly na střechu domu stín. Z mapy ročního úhrnu slunečního záření (viz. Obrázek 6: Roční úhrn slunečního záření při optimálním natočení FV kolektorů) vidíme, že v dané oblasti ročně dopadá zhruba 1300 kWh/m^2. Dlouhodobá průměrná roční doba slunečního svitu je podle údajů ČHMÚ zhruba 1815 h. [51] Střecha je pod sklonem 32° a její plocha orientovaná na jih čítá 60 m^2. Využitelná plocha pro instalaci fotovoltaických panelů je 48 m^2.

8.1.2 Vybavení domu

Dům je obýván čtyřčlenou rodinou. V domě se nachází dvě ložnice, pracovna, obývací pokoj, kuchyně, koupelna a toaleta. Součástí domu je garáž pro jeden automobil a zahrada s bazénem. Dům je s přívodem zemního plynu. Teplá užitková voda je vyráběna pomocí elektrického boileru o objemu 80 l. Je nastaven pomocí spínacích hodin na NT ve všedních dnech. Jelikož o víkendech se NT spíná v jiné časy než ve všedních dnech, bojler hřeje i mimo časy NT. Vytápění je zajištěno pomocí kotle na tuhá paliva, kdy se kombinuje použití dřeva a uhlí. V domě se využívá mnoha spotřebičů, jako jsou myčka na nádobí, pračka, dvě televize, elektrický sporák s troubou, lednice, mrazák, stolní PC a další. V letním období (červen-říjen) je nepřetržitě puštěná filtrace venkovního bazénu.

8.1.3 Dodavatel elektrické energie

Dodavatelem elektrické energie je společnost E.ON Energie, a.s. Domácnost využívá produktu Aku se sazbou D 25d pro zákazníky kategorie D. Celková cena včetně všech poplatků je 1361,21 KČ/MWh v nízkém tarifu a 3 813,71 KČ/MWh ve vysokém tarifu. [52] Spínání vysokého a nízkého tarifu budeme uvažovat následovně. Ve všední dny platí sazba NT od 1h do 6h, od 17h do 19h a od 22h do 0h. O víkendech od 2h do 8h a od 13h do 15h.

8.1.4 Spotřeba energie

Abychom mohli určit celkovou cenu za dodávky elektrické energie, je nutné znát jaké spotřebiče se používají v jaký den a čas. Zároveň je nutné znát hodnoty jejich odběru ze sítě kvůli návrhu parametrů elektrárny.

V následující tabulce č. 2 je uveden přehled spotřebičů a jejich spotřeba elektrické energie včetně času jejich provozu. Hodnoty nebyly změřeny, jedná se o odhad pro modelový případ. V tabulce č. 3 lze vidět odhadovanou spotřebu energie v jednotlivých hodinových úsecích v rámci dne.

Tabulka 2:Spotřeba nejnáročnějších spotřebičů

Spotřebič	Sptřeba za hodinu provozu [kWh]	Doba použití ve všední dny [hod]	Doba v provozu ve všední dny [hod]	Doba použití o víkendu [hod]	Doba v provozu o víkendu [h]
Bojler	2,2	1-6, 17-19, 22-0	9	1-6, 17-19, 22-0	9
Lednice	0,4	0-24	24	0-24	24
Mrazák 450 l	0,7	0-24	24	0-24	24
Kávovar (1 nápoj)	0,024	7h - 2x 18h – 3x	5x	7h - 2x 18h – 3x	5x
Mikrovlnná trouba	1	18:00 – 18:10	0,17	11:00-11:10	0,17
Elektrický sporák	4,5	17:00 – 17:45	0,75	11:00 – 12:30 17:00 – 18:00	2,5
Myčka nádobí (1 cyklus - 2h)	0,320	18h – 1x	1x	18h – 1x	1x
Pračka (1cyklus – 2h)	0,355	17h – 1x	1x	17h – 1x	1x
TV obývací pokoj	0,119	19:00 – 23:00	4	13:00 – 15:00 19:00 – 24:00	7
TV ložnice 1	0,089	21:00 – 22:00	1	20:00 – 23:00	3
Osvětlení ložnice 1	0,12	6:30 – 7:00 16:30 – 17:00	1	6:30 – 7:00 16:30 – 17:00	1
Osvětlení ložnice 2	0,12	7:30 – 8:00 18h – 20h	2,5	7:30 – 8:00 18h – 20h	2,5
Osvětlení pracovna	0,18	18h – 19h	1	----------	----------
Osvětlení obývací pokoj	0,16	18h – 20h	2	18h – 20h	2
Osvětlení kuchyně	0,18	17h – 19h	2	17h – 19h	2
Osvětlení koupelna	0,08	18:00 – 19:30	1,5	18:00 – 19:30	1,5

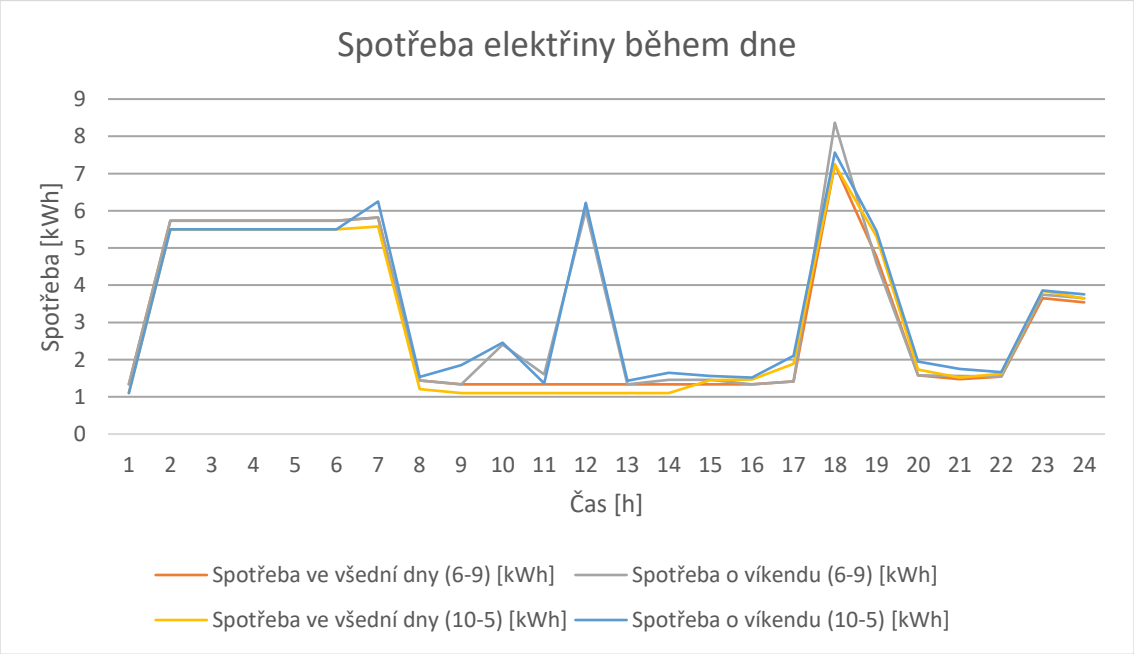
Osvětlení toaleta	0,04	6:30 – 7:00 16:00-16:30 20:00-20:30	1,5	6:30 – 7:00 16:00-16:30 20:00-20:30	1,5
Vysavač	0,8	----------	----------	9:00 – 9:30	0,5
Žehlička	0,53	----------	----------	9:30 – 10:30	1
Bazénový filtr	0,235	0h – 24h	24	0h – 24h	24

Tabulka 3: Spotřeba v průběhu dne

	1.6. – 30.9.		**1.10 – 31.5.**	
Čas	**Spotřeba ve všední dny [kWh]**	**Spotřeba o víkendu [kWh]**	**Spotřeba ve všední dny [kWh]**	**Spotřeba o víkendu [kWh]**
1	1,335	1,335	1,1	1,1
2	5,735	5,735	5,5	5,5
3	5,735	5,735	5,5	5,5
4	5,735	5,735	5,5	5,5
5	5,735	5,735	5,5	5,5
6	5,735	5,735	5,5	5,5
7	5,815	5,815	5,58	6,25
8	1,443	1,443	1,208	1,53
9	1,335	1,335	1,1	1,85
10	1,335	2,4	1,1	2,452
11	1,335	1,6	1,1	1,358
12	1,335	6,005	1,1	6,213
13	1,335	1,335	1,1	1,432
14	1,335	1,454	1,1	1,645
15	1,335	1,454	1,45	1,562

16	1,335	1,335	1,465	1,521
17	1,415	1,415	1,89	2,1
18	7,2425	8,3675	7,235	7,564
19	4,7695	4,5995	5,31	5,46
20	1,574	1,574	1,73	1,95
21	1,474	1,563	1,52	1,75
22	1,543	1,543	1,62	1,66
23	3,654	3,743	3,845	3,856
24	3,535	3,654	3,645	3,754
∑	73,155	80,645	71,698	82,507

Poznámka: Hodnoty byly určeny podle předchozí tabulky č. 3. Byly sečteny hodnoty odběru v jednotlivých hodinách. Oranžově jsou zvýrazněny doby nízkého tarifu. Červeným písmem jsou označeny denní špičky odběru. Spotřebu zle přehledněji vidět v následujícím obrázku č. 20.



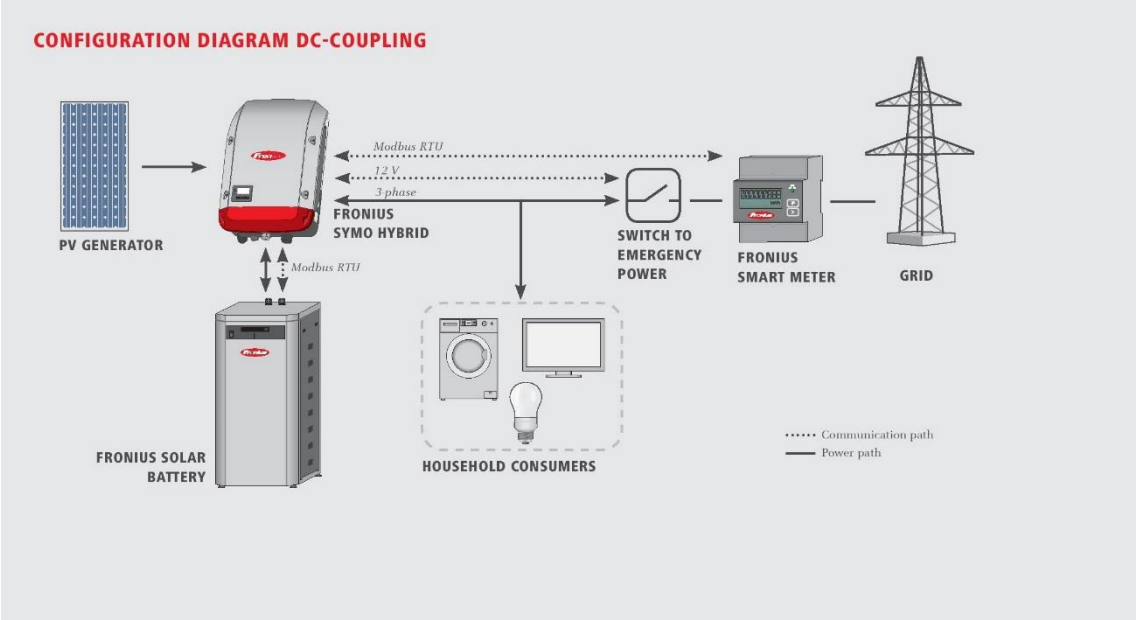
Obrázek 20: Spotřeba během dne

Průměrná roční spotřeba elektrické energie v NT je 16 092,89 kWh a ve VT je 11 625,27 kWh. Celková roční tedy činí 27 718,16 kWh.

Poznámka: Vzhledem k tomu, že každý roky se liší počtem všedních dní a počtem dní o víkendu, při výpočtu se uvažovalo v období od června do října 68 pracovních dní a 37 víkendových dní. Ve zbylém období pak 180 pracovních dní a 85 víkendových dní.

8.2 Výběr součástí elektrárny

Většina součástí je navržena od stejného výrobce, a to hlavně kvůli dobré kompatibilitě. Na následujícím obrázku č. 21 můžeme vidět zjednodušené schéma instalace elektrárny.



Obrázek 21: Zjednodušené schéma navrhované elektrárny [53]

8.2.1 Panely

Jedná se o nejdůležitější část elektrárny. Byly vybrány fotovoltaické panely Amerisolar 285 Wp. Panely jsou polykrystalické a dosahují účinnosti 17,52 %. Nicméně dle [54] a udávané zjednodušené rovnice (1) by měly panely v našem případě dosahovat účinnosti 16,08 %. Při rozměrech 1640x992x35 mm se jich na střechu domu vejde celkem 24, čímž nám zajistí instalovaný výkon 6,840 kWp. To vede k tomu, že zařízení bude schopné vyprodukovat první rok v průměru 6780 kW, dle fotovoltaického geografického informačního systému, provozovaného Evropskou komisí. Při výpočtu se uvažovalo se ztrátami 15 %, ty mohou být ve výsledku menší, nicméně z předběžného ekonomického hlediska je vhodné je uvažovat vyšší. [55] V příloze č.1 přiložen katalogový list. [56]

$$\eta_{FV,t} = \eta_{ref} \cdot \left(1 + \frac{\gamma}{100} \cdot \left(t_{FV} - t_{ref}\right)\right) \quad (1)$$

kde η_{ref}= referenční účinnost udávaná výrobcem při zkušebních podmínkách

t_{FV}= NOCT = teplota fotovoltaického článku udávaná výrobcem

t_{ref}= referenční teplota článku 25°C

γ = teplotní součinitel výkonu udávaný výrobcem [%/°C]

Panely je nutné ukotvit ke střeše, k tomuto účelu je vhodné zvolit nosnou konstrukci pro šikmou taškovou střechu, která se hodí na tento konkrétní typ panelů. [57]

8.2.2 Napěťový měnič

Jelikož fotovoltaické panely vyrábí stejnosměrný proud, musíme ho pomocí napěťového měniče změnit na 230 V, 50 Hz. Jako řešení jsem vybral beztransformátorový, třífázový střídač Fronius Symo Hybrid 4.0-3-S WLAN o výkonu až 4000 W. Protože dosahovaný výkon nestačí, bude potřeba pořídit dva tyto měniče. Předpokládám, že měniče umí pracovat paralelně se sítí a paralelně dva vedle sebe, jelikož tato vlastnost není uvedena v katalogovém listu. V příloze č.2 přiložen katalogový list. [58]

8.2.3 Akumulátor

Navrhovaná elektrárna nebude fungovat jako ostrovní systém, bude připojena k distribuční síti, a proto je vhodné použití akumulátorů. Pro naši aplikaci volím akumulátor Fronius Solar Battery 12.0. Jedná se o zařízení s nominální kapacitou 12 kWh, využitelnou kapacitou pak 9,6 kWh. Katalogový list součástí přílohy č.2. [58]

8.2.4 Elektroměr

Další součástí elektrárny bude elektroměr. Opět vybírám produkt značky Fronius a to Fronius Smart Meter. Katalogový list v příloze č.2. [58]

8.2.5 Vodicí kabely

8.2.5.1 Propojení panelů s napěťovým měničem

Po instalaci je potřeba propojit panely mezi sebou a následně i do napěťového měniče. K tomuto účelu poslouží Solární kabel H1Z2Z2-K CEI EN 50168 IMQ o průřezu jádra 6 mm^2. Pro náš případ by mělo stačit 150 metrů vodiče. Katalogový list v příloze číslo 3. [59]

8.2.5.2 Propojení napěťového měniče a baterie

Pro propojení napěťového měniče a baterie musí být použit vodič, skrze který bude moct protékat značné množství energie. Volím tedy jednožilový instalační vodič CY 4 CE H07V-U o průřezu 4 mm^2. Mělo by stačit 25 metrů, vzhledem k tomu, že se baterie bude nacházet ve sklepě, kdežto napěťový měnič v podkroví.

8.2.5.3 Propojení napěťového měniče, elektroměru a elektrického rozvaděče

Pro účel spojení napěťového měniče, elektroměru a elektrického rozvaděče se nejlépe hodí silový kabel pro pevné uložení CYKYLo 3x2,5 mm^2.

8.3 Ekonomické zhodnocení

Nyní zhodnotím ekonomickou stránku investice, to znamená celkové náklady na stavbu domácí elektrárny, její návratnost a případné úspory.

8.3.1 Nová zelená úsporám

Díky využití produktů od společnosti Fronius lze s takovou elektrárnou dosáhnout na dotaci z programu Nová zelená úsporám, což je dotační program, který podporuje zlepšení stavu životního prostředí. Tento program podporuje například renovaci rodinných a bytových domů, solární termické a fotovoltaické systémy, využití tepla z odpadní vody nebo například kotle na biomasu. Žádosti lze zasílat až do 31.12.2021. [60]

Dle [61] by měla navrhovaná domácí elektrárna splňovat parametry C.3.7, podle kterých by měla být možnost dosáhnout na podporu ve výši 150.00 Kč.

8.3.2 Pořizovací náklady

V následující tabulce č. 4 můžeme vidět shrnutí všech pořizovacích nákladů na domácí elektrárnu. Cena je odhadovaná, nicméně v řádech tisíců Kč by měla souhlasit.

Tabulka 4: Pořizovací náklady

Součást	Cena za kus [Kč]	Počet kusů	Celková cena [Kč]
FV panely Amerisolar 285 Wp	3 360	24	80 640
Ukotvení panelů	9 540	3	28 620
Napěťový měnič Fronisu Hybrid 4.0-3-S WLAN	65 715	2	131 430

Akumulátor Fronius Solar Battery 12.0	274 781	1	274 781
Elektroměr Fronius SmartMeter	6 396	1	6 396
Vodiče	----------	----------	5 500
Montáž, revizní kontroly, ostatní náklady	----------	----------	40 000
Suma	----------	----------	567 367

Celkové pořizovací náklady se vyšplhaly zhruba na 570 000 Kč. Po odečtení dotace Nová zelená úsporám vycházejí náklady na 420 000 Kč.

8.3.3 Zhodnocení

Budeme uvažovat, že se veškerá vyrobená energie spotřebuje a přebytky tak nebudou dodávány do distribuční sítě. Dále budeme uvažovat náklady spojené se stárnutím zařízení, povinné revize každé čtyři roky a další náklady na údržbu, a to tak, že každý rok budeme uvažovat spoření 2000 Kč na tyto výdaje. Životnost zařízení budeme uvažovat 25 let. V následující tabulce č. 5 pak můžeme vidět celkovou úsporu v rámci jednotlivých let po pořízení takové elektrárny.

Tabulka 5: Celková úspora pořízením FVE

Rok	Výroba /Spotřeba [kWh]	Spotřeba VT [kWh]	Spotřeba NT [kWh]	Úspora [Kč]	Náklady na údržbu /revize [Kč]	Celková úspora [Kč]
1	6780	3729	3051	18374	2000	16374
2	6729	3701	3028	18237	2000	16237
3	6679	3673	3005	18100	2000	16100
4	6629	3646	2983	17964	2000	15964
5	6579	3618	2960	17829	2000	15829
6	6530	3591	2938	17696	2000	15696
7	6481	3564	2916	17563	2000	15563
8	6432	3538	2894	17431	2000	15431
9	6384	3511	2873	17300	2000	15300

10	6336	3485	2851	17171	2000	15171
11	6288	3459	2830	17042	2000	15042
12	6241	3433	2809	16914	2000	14914
13	6194	3407	2787	16787	2000	14787
14	6148	3381	2767	16661	2000	14661
15	6102	3356	2746	16536	2000	14536
16	6056	3331	2725	16412	2000	14412
17	6011	3306	2705	16289	2000	14289
18	5966	3281	2684	16167	2000	14167
19	5921	3256	2664	16046	2000	14046
20	5876	3232	2644	15925	2000	13925
21	5832	3208	2625	15806	2000	13806
22	5789	3184	2605	15687	2000	13687
23	5745	3160	2585	15570	2000	13570
24	5702	3136	2566	15453	2000	13453
25	5659	3113	2547	15337	2000	13337
∑	**155087**	**85298**	**69789**	**420299**	**50000**	**370299**

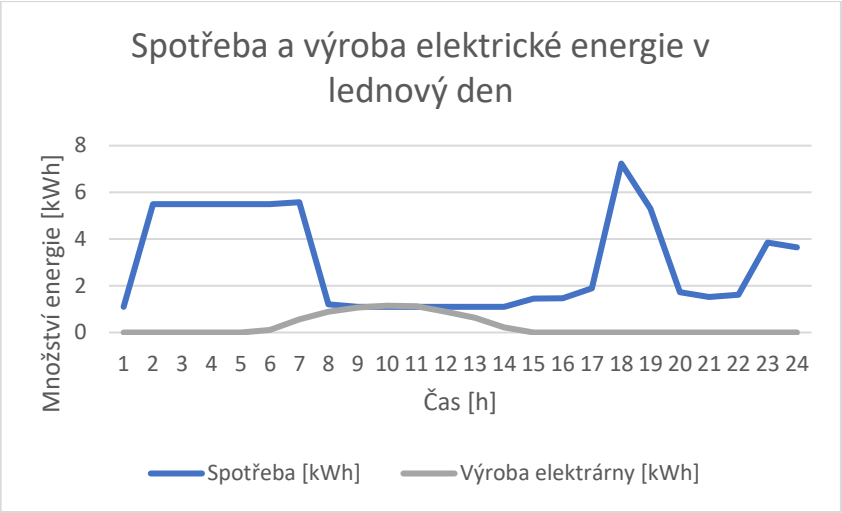
Poznámka: Z celkové spotřeby bylo nutné určit kolik energie bylo spotřebováno v době NT a kolik v době VT. Přesné určení není možné a tak množství energie spotřebované v jednotlivých tarifem bylo určeno následovně:

$$spotřeba\ VT = 0{,}55 \cdot spotřeba\ v\ daném\ roce \qquad (2)$$

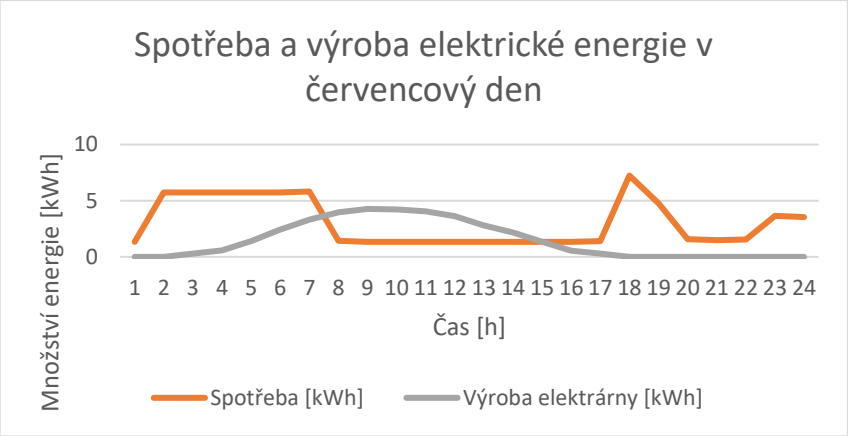
$$spotřeba\ NT = 0{,}45 \cdot spotřeba\ v\ daném\ roce \qquad (3)$$

Na základě ceny od distributora za jednotlivé tarify byla vypočítána úspora.

V následujících ilustracích č. 22 a 23 můžeme vidět porovnání výroby a spotřeby elektrické energie v lednový a červencový den. Hodnoty byly vypočítány na základě množství dopadaného záření na zemský povrch v místě modelového domu. Toto množství bylo určeno pomocí internetového softwaru Evropské komise. [55]



Obrázek 22: Spotřeba a výroba energie v lednový den



Obrázek 23: Spotřeba a výroba energie v červencový den

Přebytky výroby oproti spotřebě dokáže elektrárna dodávat pouze v letních měsících a to mezi 8 h a 15 h. V této době zvládá elektrárna naakumulovat až 15,68 kWh, nicméně kapacita navrhovaného akumulátoru je pouze 9,6 kWh. Pokud budeme předpokládat jeho plné nabití, bude schopný pokrýt spotřebu přibližně až do 18 h.

Po sečtení všech investičních nákladů a následném odečtení úspor v průběhu 25 let nám vychází, že ani za tuto dobu by se investice do elektrárny nezaplatily. Prostá doba návratnosti by se vyšplhala na 32 let v případě dosažení na podporu Nová Zelená úsporám. Bez dotační podpory by byla prostá doba návratnosti 42 let. I přes uvažované roční náklady na údržbu atd. by se ale doba návratnosti znatelně protáhla, neboť všechny součásti navrhované elektrárny mají určitou životnost, která může, ale také nemusí být podle předpokladů.

9 Závěr

Cílem práce byla rešerše možností výroby elektrické energie v domácích podmínkách a následný návrh takového zařízení pro modelový dům. Díky podpoře decentralizace, zejména dotační, se stále rozšiřuje portfolio dostupných technologií pro domácí provozovny. Téměř každý objekt tak vhodný pro nějakou z výše uvedených forem výroby elektrické energie, ať už z hlediska velikosti objektu, či geografické polohy. Situaci také podporuje legislativa, která neklade prakticky těmto zařízením žádná výrazná omezení. Ve druhé části práce byla navržena elektrárna pro modelový případ. Z výsledků vyplývá, že z ekonomického hlediska se pro daný případ takové zařízení instalovat nevyplatí, a to ani při dosažení na dotační podporu. Za zvážení by především stál nákup úspornějších spotřebičů v domácnosti, a to například úsporného osvětlení.

10 Citovaná literatura

1. Dana Drábová, Václav Pačes a kol. *Perspektivy české energetiky, Současnost a budoucnost* . Praha : Novela bohemica, 2014. ISBN 978-80-87683-2.

2. ERÚ, Oddělení statistiky a sledování kvality. Roční zpráva o provozu ES ČR. *Energetický regulační úřad.* [Online] 2018. [Citace: 29. Březen 2019.] http://www.eru.cz/documents/10540/462820/Rocni_zprava_provoz_ES_2017.pdf/521bff99-fdcf-4c86-8922-3a346af0bb88.

3. Holein, Daniel. Decentralizace elektroenergetiky. *KPMG Česká republika.* [Online] Produkce KPMG Česká republika, 25. Září 2017. [Citace: 9. Květen 2019.] https://home.kpmg/cz/cs/home/clanky-a-analyzy/2017/09/decentralizace-elektroenergetiky.html.

4. Vitásková, Alena. Alena Vitásková: Decentralizace energetiky. *E15.CZ.* [Online] Produkce E15.CZ, 16. Březen 2017. [Citace: 9. Květen 2019.] https://www.e15.cz/byznys/prumysl-a-energetika/alena-vitaskova-decentralizace-energetiky-1330033.

5. Milan Krátký, Zuzana Kulichová, Pavel Liedermann, Michal Macenauer, Oldřich Muselík, Jiří Malý, Tereza Stašáková, Tomáš Špaček, Karolína Vítková, Jiří Weber a kolektiv EGÚ Brno. Centrální a decentrální výroba elektřiny a tepla. *EFEKT, energie efektivně.* [Online] Prosinec 2017. [Citace: 10. Květen 2019.] https://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/efekt-centralni-a-decentralni-vyroba-16-.pdf.

6. Doucha, Mgr. Pavel. Možnosti připojení domácí elektrárny v roce 2016. *TZB-info.* [Online] 16. Březen 2016. [Citace: 13. Červen 2019.] https://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika/13918-moznosti-pripojeni-domaci-elektrarny-v-roce-2016. ISSN 1801-4399.

7. Mastný, Petr. *Obnovitelné zdroje energie.* Praha : České vysoké učení technické v praze, 2011. ISBN 978-80-01-04937-2.

8. Behnam Zakeri, Sanna Syri. Electrical energy storage systems: A comparative life cycle cost analysis. *Renewable and Sustainable Reviews.* 02/2015, ročník 42.

9. Vojáček, Antonín. Superkondenzátor - princip, vlastnosti, použití. *automatizace.hw.cz.* [Online] 26. Prosinec 2006. [Citace: 23. Červen 2019.] https://automatizace.hw.cz/clanek/2006122601.

10. VIESSMANN, Redakce. Možnosti skladování energie ve fotovoltaice. *VIESSMANN.* [Online] rok neznámý. [Citace: 10. Červen 2019.] https://www.viessmann.cz/cs/rady-a-tipy/skladovani-energie-fotovoltaika.html.

11. Dostál, Dalibor. Do skladování energie by mohl promluvit setrvačník. Díky českému vynálezu. *Věda a výzkum.* [Online] 29. Květen 2018. [Citace: 17. Červen 2019.] https://vedavyzkum.cz/z-domova/z-domova/do-skladovani-energie-by-mohl-promluvit-setrvacnik-diky-ceskemu-vynalezu. ISSN 2533-4522.

12. Horčík, Jan. Český start-up vyvíjí cenově dostupnou setrvačníkovou baterii. *Hybrid.cz.* [Online] 9. Březen 2017. [Citace: 17. Červen 2019.] http://www.hybrid.cz/cesky-start-vyviji-cenove-dostupnou-setrvacnikovou-baterii. ISSN 1802-5323.

13. Doležel, Michal. Virtuální baterie pomáhá s efektivitou solární elektrárny. Není však zadarmo. *Nazeleno.cz.* [Online] 5. Duben 2019. [Citace: 10. Červen 2019.] https://www.nazeleno.cz/virtualni-baterie-pomaha-s-efektivitou-solarni-elektrarny.neni-vsak-zadarmo/. ISSN 1803-4160.

14. Deign, Jason. Why Is Vehicle-to-Grid Taking So Long to Happen? *Greentech Media.* [Online] 19. Březen 2018. [Citace: 10. Červen 2019.] https://www.greentechmedia.com/articles/read/why-is-vehicle-to-grid-taking-so-long-to-happen#gs.i4gagr.

15. Douris, Constance. Electric Vehicle.To.Grid Services Can Feed, Stabilize Power Supply. *Forbes.* [Online] 18. Prosinec 2017. [Citace: 10. Červen 2019.] https://www.forbes.com/sites/constancedouris/2017/12/18/electric-vehicle-to-grid-services-can-feed-stabilize-power-supply/#1f84dd0363df.

16. Corporation, Redakce Nissan Motor. Vehicle to home. *NISSAN MOTOR CORPORATION.* [Online] rok neznámý. [Citace: 10. Červen 2019.] https://www.nissan-global.com/EN/TECHNOLOGY/OVERVIEW/vehicle_to_home.html.

17. Horčík, Jan. Tesla představila levné domácí baterie PowerWall. *Hybrid.cz.* [Online] 1. Květen 2015. [Citace: 10. Červen 2019.] http://www.hybrid.cz/tesla-predstavila-domaci-baterie-powerwall. ISSN 1802-5323.

18. Tesla, Produkce. Meet Powerwall, your home battery. *Tesla, Inc.* [Online] 2019. [Citace: 10. Červen 2019.] https://www.tesla.com/powerwall.

19. Thomas Huld, Irene Pinedo-Pascua. Photovoltaic Geographical Information System. *European Comission.* [Online] 11. Květen 2017. [Citace: 29. Březen 2019.] http://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_download/map_pdfs/G_opt_CZ.png.

20. Kusala, RNDr. Jaroslav. Solární energie. *ČEZ.* [Online] ČEZ, 2006. [Citace: 28. Březen 2019.] https://www.cez.cz/edee/content/microsites/solarni/k32.htm.

21. Ing. Bronislav Bechník, Ph.D. Optimální orientace a sklon fotovoltaických panelů. *TZB-info.* [Online] 23. Červen 2014. [Citace: 10. Červen 2019.] https://oze.tzb-info.cz/114865-optimalni-orientace-a-sklon-fotovoltaickych-panelu.

22. Acemco. Solar Off-Grid System. *Acemco.* [Online] 2014. [Citace: 29. Březen 2019.] http://www.acemco.com.lb/solar-off-grid-system.html.

23. Inc, Daiz Solar. Hybrid System. *DAIZ SOLAR.* [Online] 2017. [Citace: 29. Březen 2019.] https://www.daizsolar.com/product.php?pr=3.

24. Acemco. Solar On-Grid System. *Acemco.* [Online] 2014. [Citace: 29. Březen 2019.] http://www.acemco.com.lb/solar-on-grid-system.html.

25. Nazeleno.cz, Redakce. Domácí větrná elektrárna: Instalace + přehled modelů. *Nazeleno.cz.* [Online] 8. Srpen 2011. [Citace: 11. Červen 2019.] https://www.nazeleno.cz/energie/vetrna-energie/domaci-vetrna-elektrarna-instalace-prehled-modelu.aspx. ISSN 1803-4160.

26. Mgr. David Hanslian, Mgr. Jiří Hošek, PhD., RNDr. Zuzana Chládová, PhD., Mgr. Lukáš Pop. Větrné podmínky v České republice ve výšce 10 m nad povrchem. *TZB-info.* [Online] 15. Duben 2013. [Citace: 11. Červen 2019.] https://oze.tzb-info.cz/vetrna-energie/9770-vetrne-podminky-v-ceske-republice-ve-vysce-10-m-nad-povrchem-i. ISSN 1801-4399.

27. ČEZ, Skupina. Fungování větrných elektráren. *ČEZ.* [Online] rok neznámý. [Citace: 11. Červen 2019.] https://www.cez.cz/cs/vyroba-elektriny/obnovitelne-zdroje/vitr/flash-model-jak-funguje-vetrna-elektrarna.html.

28. Kostka, Ing. Tomáš. Větrné elektrárny. *Střední škola, Havířov-Šumbark.* [Online] rok neznámý. [Citace: 11. Červen 2019.] https://www.outech-havirov.cz/skola/files/knihovna_eltech/ee/elektrarny_vetrna.pdf.

29. Excluss, Produkce Solar. EXCLUSS MAGLEV How it works. *Solar Excluss.* [Online] rok neznámý. [Citace: 11. Červen 2019.] http://www.solar.excluss.com/wind-power/how-maglevs-work.html.

30. Koč, Břetislav. Větrné elektrárny V. - Malé větrné elektrárny v ČR. *TZB-info.* [Online] 9. Květen 2016. [Citace: 11. Červen 2019.] https://oze.tzb-info.cz/vetrna-energie/14174-vetrne-elektrarny-v-male-vetrne-elektrarny-v-cr. ISSN 1801-4399.

31. Generator, Redakce About. Vertical Axis Wind Turbine. *About Generator.* [Online] rok neznámý. [Citace: 11. Červen 2019.] http://www.aboutgenerator.com/products/vertical-axis-wind-turbine-fdc-1kw-h_l3FoamNllWVm.html.

32. BORNAY, Produkce. WIND +. *Bornay.* [Online] [Citace: 11. Červen 2019.] https://www.bornay.com/en/products/small-wind-turbines/wind-plus-swt.

33. AeroCraft. AeroCraft - The Dynamic Power. *AeroCraft.* [Online] [Citace: 11. Červen 2019.] http://www.aerocraft.de/haendler.html.

34. Říha, Ing. Milan. Vodní energie. *BIOM.CZ.* [Online] [Citace: 11. Červen 2019.] https://biom.cz/upload/6e01d6d4c4835ec93cda508772f3bf6e/vodni_energie.pdf.

35. Blansko, ČKD. Typy vodních turbín a H / Q Diagram. *ČKD Blansko.* [Online] [Citace: 11. Červen 2019.] http://ckd.webmaster3.cz/vyrobni-program/vodni-turbiny/vodni-turbiny-2/.

36. 1000W Low-Head Kaplan Hydro Turbine. *AURORA.* [Online] [Citace: 17. Červen 2019.] http://www.aurorapower.net/products/categoryid/4/list/1/level/a/productid/234.aspx.

37. EnergyWeb. Bánkiho turbína. *EnergyWeb.* [Online] [Citace: 11. Červen 2019.] http://www.energyweb.cz/web/index.php?display_page=2&subitem=2&sl_mode=abc&slovnik_page=banki_turb.html.

38. 5kw Micro Francis turbine generator. *HS Dynamic.* [Online] [Citace: 17. Červen 2019.] https://www.hs-dynamics.com/product/francis-turbine/.

39. Koč, Břetislav. Vodní kola se nemusí točit naprázdno. *TZB-info.* [Online] 7. Leden 2018. [Citace: 17. Červen 2019.] https://www.tzb-info.cz/4575-vodni-kola-se-nemusi-tocit-naprazdno. ISSN 1801-4399.

40. prof. Ing. František Pochylý, CSc. a doc. Ing. Pavel, Rudolf, Ph.D. Vírová turbína: řešení pro malé elektrárny. *MM Spektrum.* [Online] 7. Březen 2018. [Citace: 17. Červen 2019.] https://www.mmspektrum.com/clanek/virova-turbina-reseni-pro-male-elektrarny.html.

41. Reichl, Jiří. Vírová turbína – český vynález – začala fungovat nedaleko Kadaně. *Ekonomický deník.* [Online] 7. Červenec 2016. [Citace: 17. Červen 2019.] https://ekonomicky-denik.cz/virova-turbina-cesky-vynalez-zacala-fungovat-nedaleko-kadane/.

42. Stupavský, Ing. Vladimír. Mikrokogenerace a trigenerace. *BIOM.CZ.* [Online] [Citace: 13. Červen 2019.] https://biom.cz/cz/odborne-clanky/mikrokogenerace-a-trigenerace.

43. Dvorský, Emil a Hejtmánková, Pavla. *Kombinovaná výroba elektrické a tepelné energie.* Praha : BEN - technická literatura, 2005. 80-730-0118-7.

44. Ing. Jakub Maščuch, Ph.D. a Mydlil, Ing. Petr. Mikrokogenerace z biomasy jako prostředek k úsporám primárních energií a CO2. *TZB-info.* [Online] 20. Únor 2017. [Citace: 13. Červen 2019.] https://energetika.tzb-info.cz/kogenerace/15390-mikrokogenerace-z-biomasy-jako-prostredek-k-usporam-primarnich-energii-a-co2. ISSN 1801-4399.

45. Vodička, Ing. Václav, Zelený, Ing. Zbyněk a Ing. Jakub Maščuch, Ph.D. Wave – vývoj a experimentální provoz malého kogeneračního zařízení na biomasu. *TZB-info.* [Online] 22. Leden 2018. [Citace: 14. Červen 2019.] https://energetika.tzb-info.cz/kogenerace/16842-wave-vyvoj-a-experimentalni-provoz-maleho-kogeneracniho-zarizeni-na-biomasu. ISSN 1801-4399.

46. Příručka pro regionální využití kogeneračních zdrojů. *EFEKT.* [Online] [Citace: 17. Červen 2019.] https://www.mpo-efekt.cz/dokument/99_8070.pdf.

47. VIESSMAN, spol. s.r.o. Vitotwin 300-W: kogenerace pro rodinné a bytové domy. *TZB-info.* [Online] 15. Květen 2012. [Citace: 14. Červen 2019.]

https://energetika.tzb-info.cz/kogenerace/8597-vitotwin-300-w-kogenerace-pro-rodinne-a-bytove-domy. ISSN 1801-4399.

48. Mikrokogenerační jednotky Cleanergy – rychlá návratnost vaší investice. *Mikrokogenerace.cz.* [Online] 24. Srpen 2012. [Citace: 14. Červen 2019.] http://www.mikrokogenerace.cz/mikrokogeneracni-jednotky-cleanergy-%E2%80%93-rychla-navratnost-vasi-investice/.

49. GAS CONDENSING TECHNOLOGY VITOVALOR PT2. *Viessman.* [Online] Březen 2019. [Citace: 24. Červen 2019.] https://cdn0.scrvt.com/2828ebc457efab95be01dd36047e3b52/04e475446378c37b/5ca40a38c357/Vitovalor-PT2.pdf.

50. Redakce. Vitovalor 300-P: palivočlánková mikrokogenerační jednotka pro obytné domy na evropském trhu. *Pro elektrotechniky.* [Online] 15. Květen 2014. [Citace: 24. Červen 2019.] http://www.proelektrotechniky.cz/inteligentni-budovy/28.php.

51. Historická data: Počasí: Měsíční data. *Český hydrometeorologický ústav.* [Online] 2018. [Citace: 14. Červen 2019.] http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/mesicni-data#.

52. Ceník Komplet elektřina 36 Říjen 2018 E.ON Energie, a.s. pro zákazníky kategorie D - Dománosti. *E.ON.* [Online] 2018. [Citace: 14. Červen 2019.] https://www.eon.cz/-a162281---qYdo7YiO/cenik-komplet-elektrina-36-rijen-2018-distribucni-uzemi-e-on-distribuce-2018-pdf.

53. Fronius Symo Hybrid. *Solartec.* [Online] 2016. [Citace: 14. Červen 2019.] http://www.solartec.cz/rodinne-domy-a-strechy/akumulace/fronius-symo-hybrid.

54. doc. Ing. Tomáš Matuška, Ph.D. Zjednodušený bilanční výpočet ročních přínosů fotovoltaických instalací. *TZB-info.* [Online] 7. Březen 2016. [Citace: 17. Červen 2019.] https://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika/13878-zjednoduseny-bilancni-vypocet-rocnich-prinosu-fotovoltaickych-instalaci. ISSN 1801-4399.

55. Photovoltaic Geographical Information System - Interactive Maps. *European Commission.* [Online] 2019. [Citace: 14. Červen 2019.] http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php?lang=en&map=europe.

56. FV panel Amerisolar 285Wp. *SVP Solar.* [Online] SVP Solar s.r.o., 2019. [Citace: 14. Červen 2019.] https://www.solar-eshop.cz/p/fv-panel-amerisolar-285wp/.

57. Nosná konstrukce na šikmou taškovou střechu. *SVP Solar.* [Online] 2019. [Citace: 14. Červen 2019.] https://www.solar-eshop.cz/p/nosna-konstrukce-na-sikmou-taskovou-strechu/#6360.

58. Fronius Symo Hybrid. *Solartec eShop.* [Online] 2019. [Citace: 14. Červen 2019.] http://eshop.solartec.cz/import/622.pdf.

59. Solární kabel, síla 6 mm², černý. *SVP Solar.* [Online] 2019. [Citace: 14. Červen 2019.] https://www.solar-eshop.cz/p/solarni-kabel-sila-6-mm-cerny/.

60. Nová zelená úsporám. *Státní fond životního prostředí.* [Online] 2019. [Citace: 14. Červen 2019.] https://www.sfzp.cz/dotace-a-pujcky/nova-zelena-usporam/.

61. Závazné pokyny pro žadatele a příjemce podpory z programu Nová zelená úsporám. *Nová zelená úsporám.* [Online] 2018. [Citace: 14. Červen 2019.] https://www.novazelenausporam.cz/dokumenty/detail/?id=591.

62. Současnost: U nás i ve světě. *OKD.* [Online] 2012. [Citace: 29. Březen 2019.] https://www.okd.cz/cs/tezime-uhli/soucasnost-u-nas-i-ve-svete.

63. Vojáček, Antonín. Větrné elektrárny - mikro, malé i velké - princip, provedení, regulace. *Automatizace.hw.cz.* [Online] 29. Říjen 2006. [Citace: 11. Červen 2019.] https://automatizace.hw.cz/clanek/2006102901.

64. Jordan Hanania, Kayilyn Stenhouse, Jason Donev. Kaplan turbine. *Energy Education.* [Online] 2015. [Citace: 11. Červen 2019.] https://energyeducation.ca/encyclopedia/Kaplan_turbine.

65. Vobořil, David. Biomasa - využítí, zpracování, výhody a nevýhody, energetické využití v ČR. *O energetice.* [Online] 6. Únor 2017. [Citace: 13. Červen 2019.] https://oenergetice.cz/elektrina/biomasa-vyuziti-zpracovani-vyhody-a-nevyhody.

66. Fronius Symo Hybrid 4.0-3-S WLAN. *SVP Solar.* [Online] SVP Solar s.r.o., 2019. [Citace: 14. Červen 2019.] https://www.solar-eshop.cz/p/fronius-symo-hybrid-3-0-3-s-wlan-1/.