

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Katedra Fyziky



Bakalářská práce

Přednosti a nedostatky využití fotovoltaiky k výrobě

elektrické energie v ČR i v zahraničí

Lukáš Vedlík

© 2022 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Lukáš Vedlík

Obchod a podnikání s technikou

Název práce

Přednosti a nedostatky využití fotovoltaiky k výrobě elektrické energie v ČR i v zahraničí

Název anglicky

Advantages and disadvantages of using photovoltaics to produce electricity in the Czech Republic and abroad

Cíle práce

- Rešerše a zhodnocení předností a nedostatků využití fotovoltaiky k výrobě elektrické energie v ČR i v zahraničí.
- Vlastní závěry ohledně využitelnosti fotovoltaických elektráren.

Metodika

Kritické zhodnocení předností a nedostatků fotovoltaiky v porovnání s ostatními zdroji elektrické energie. Porovnání možností fotovoltaiky v různých regionech z hlediska klimatických podmínek, infrastruktury, politické situace a pod.

Doporučený rozsah práce

30 stran

Klíčová slova

fotovoltaika, záření, přeměna energie

Doporučené zdroje informací

- HALLIDAY, D. – RESNICK, R. – WALKER, J. *Fyzika : vysokoškolská učebnice obecné fyziky. Část 4, Elektromagnetické vlny, optika, relativita*. V Brně: Prométheus, 2000. ISBN 80-214-1868-0.
- KRIEG, B. – HRDINA, M. *Elektřina ze Slunce : fotovoltaika v teorii a praxi*. Ostrava: HEL, 1993.
- LIBRA, M. – POULEK, V. *Fotovoltaika : teorie i praxe využití solární energie*. Praha: ILSA, 2009. ISBN 978-80-904311-0-2.
- Poulek, V., Matuška, T., Libra, M., Kachalouski, E., Sedláček, J., Influence of increased temperature on energy production of roof integrated PV panels. *Energy & Buildings*, 2018, 166, pp. 418–425.

Předběžný termín obhajoby

2021/2022 LS – TF

Vedoucí práce

prof. Ing. Martin Libra, CSc.

Garantující pracoviště

Katedra fyziky

Elektronicky schváleno dne 19. 1. 2021

prof. Ing. Martin Libra, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 10. 2. 2021

doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 31. 03. 2022

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Přednosti a nedostatky využití fotovoltaiky k výrobě elektrické energie v ČR i v zahraničí" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 31. 3. 2022

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval zejména mému vedoucímu této bakalářské práce panu prof. Ing. Martinu Librovi, CSc. za ochotu a velmi přínosné konzultace v průběhu zpracování. Dále bych chtěl poděkovat své rodině, která mě podporovala při mém bakalářském studiu.

Přednosti a nedostatky využití fotovoltaiky k výrobě elektrické energie v ČR i v zahraničí

Abstrakt

Tato bakalářská práce s názvem „Přednosti a nedostatky využití fotovoltaiky k výrobě elektrické energie v ČR i v zahraničí“ se nejprve zabývá využíváním slunečního záření, jednotlivými typy solárních elektráren, jejich základními komponenty a praktickou aplikací. Ve druhé části jsou rozebrány výhody a nevýhody obnovitelných zdrojů v porovnání s neobnovitelnými a následně jsou podrobněji analyzovány klady a zápory nejvyužívanějších obnovitelných zdrojů v České republice. Poslední část této práce je věnována porovnání vhodnosti přírodních podmínek k využívání solární energie v jednotlivých regionech a rozebrání současného stavu fotovoltaiky ve světě, Evropě a České republice.

Klíčová slova: fotovoltaika; záření; přeměna energie; solární energie; solární článek; obnovitelné zdroje energie; neobnovitelné zdroje energie

Advantages and disadvantages of using photovoltaics to produce electricity in the Czech Republic and abroad

Abstract

The following thesis “Advantages and disadvantages of using photovoltaics to produce electricity in the Czech republic and abroad” first and foremost focuses on the use of sunlight, the various types of solar power plants – their core components and practical application. The second part describes the advantages and disadvantages of renewable energy sources when compared to their non-renewable counterparts, then further analyses the pros and cons of the most widely used renewable energy sources in the Czech republic. The last part of this thesis compares the suitability of different natural environments for potential solar power plants site selection in each of the individual regions of the Czech republic, then subsequently looks into the current status of photovoltaic technology globally, in Europe and in the Czech republic.

Keywords: photovoltaics; radiation; conversion of energy; solar energy; solar cell; renewable energy sources; non-renewable energy sources

Obsah

1. Úvod	1
2. Cíl práce a metodika.....	2
2.1 Cíl práce.....	2
2.2 Metodika	2
3. Využívání solární energie.....	3
3.1 Slunce.....	3
3.1.1 Slunce jako zdroj energie	3
3.1.2 Sluneční záření	4
3.1.3 Faktory ovlivňující intenzitu záření.....	4
3.2 Druhy solárních elektráren.....	5
3.2.1 Elektrárny věžového typu.....	5
3.2.2 Fotovoltaické elektrárny	7
3.2.3 Fotovoltaické elektrárny na oběžné dráze	8
3.3 Základní komponenty fotovoltaického systému	9
3.3.1 Solární článek	10
3.3.2 Solární panel	12
3.3.3 Elektronické měniče	13
3.4 Praktické aplikace fotovoltaických systémů.....	14
3.4.1 Fotovoltaické solární systémy s pevným stojanem	14
3.4.2 Fotovoltaické solární systémy s pohyblivým stojanem.....	15
4. Porovnání jednotlivých zdrojů energie.....	17
4.1 Neobnovitelné zdroje energie	17
4.2 Obnovitelné zdroje energie.....	18
4.2.1 Vodní elektrárny	20
4.2.2 Větrná energie.....	23

4.2.3	Biomasa	24
4.2.4	Výhody a nevýhody fotovoltaiky	26
5.	Porovnání fotovoltaiky v různých regionech.....	28
5.1	Fotovoltaika ve světě	28
5.1.1	Přírodní podmínky	29
5.1.2	Aktuální stav fotovoltaiky ve světě	30
5.2	Fotovoltaika v Evropě.....	31
5.2.1	Přírodní podmínky	31
5.2.2	Aktuální stav fotovoltaiky v EU	32
5.3	Česká republika.....	35
5.3.1	Energetická politika České republiky	35
5.3.2	Státní energetická koncepce	36
5.3.3	Přírodní podmínky	38
5.3.4	Současný stav fotovoltaiky v ČR.....	39
6.	Závěr	41
7.	Seznam použitých zdrojů	43
8.	Seznam obrázků	47

1. Úvod

Jednou z nejpodstatnějších věcí na planetě Zemi, kterou využíváme k uskutečnění nějaké činnosti či pohybu, je energie. Energie není recyklovatelná. Pro funkčnost celého systému, a to jak živých organismů, tak i naší civilizace, je nezbytná stálá dodávka energie. Už několik miliard let celá biosféra spolehlivě funguje díky sluneční energii. Energie je zachycována rostlinami, které ji poté ukládají v organických sloučeninách. Ty pak jako zdroj energie v potravě využívají živočichové, včetně člověka. Na tomto principu může biosféra fungovat, dokud bude svítit Slunce.

Komplikovanější je to však s civilizací. Většina energie je čerpána z fosilních paliv, tedy ze zásob, které zde vytvářely po mnoho milionů let rostliny a které jsou nyní naší civilizací čerpány mnohonásobně větší rychlostí, než bylo tempo jejich produkce. Nevyčerpatelnost ale není jejich jediným zásadním problémem. Těžbou a spalováním paliv je totiž negativně ovlivňováno naše životní prostředí, zejména atmosféra. Jejich spalováním vzniká oxid uhličitý, tím roste jeho obsah v atmosféře a dochází k narušování tepelné rovnováhy Země.

Jako vhodné řešení těchto problémů se určitě nabízí větší využití obnovitelných zdrojů energie. K nejznámějším obnovitelným zdrojům se řadí voda, vítr a Slunce. Obnovitelné jsou proto, protože nemůže dojít k jejich vyčerpání a také se na rozdíl od fosilních paliv získávají ekologickou cestou. Tématem mé práce je právě jeden z těchto zdrojů, který je často označován jako nejčistší zdroj energie, a tím je Slunce. Cílem mé práce je porovnání využití fotovoltaiky s ostatními zdroji elektrické energie. Dále posouzení vhodnosti jejího využití v různých regionech a v poslední řadě také rozebrání aktuálního stavu fotovoltaiky ve světě, Evropě i v České republice. Výstavba fotovoltaických elektráren v posledních letech výrazně vzrostla, a to nejen v České republice, nýbrž i v celém světě. Z tohoto důvodu si kladu za svůj hlavní cíl vysvětlit důvody tohoto nárůstu a také definovat výhody, ale i nevýhody využívání fotovoltaiky.

2. Cíl práce a metodika

2.1 Cíl práce

Cílem této bakalářské práce je vytvoření rešerše předností a nedostatků využití fotovoltaiky k výrobě elektrické energie v ČR i v zahraničí a následné zhodnocení. Vlastní závěry ohledně využitelnosti fotovoltaických elektráren.

2.2 Metodika

Kritické zhodnocení předností a nedostatků fotovoltaiky v porovnání s ostatními zdroji elektrické energie. Porovnání možností fotovoltaiky v různých regionech z hlediska klimatických podmínek a zhodnocení aktuální situace fotovoltaiky ve světě, Evropě a České republice.

3. Využívání solární energie

3.1 Slunce

Drtivá většina energie přicházející na naši Zemi je právě od Slunce. Využití energie slunečního záření pro obsazení energetických potřeb populace má pro nás oproti jiným zdrojům hned několik výhod. Zaprvé, Slunce je bezpečný jaderný reaktor, u kterého se nemusíme obávat žádné havárie či větší změny funkce, dále také není zneužitelný různými teroristickými organizacemi. Zadruhé, druh této energie je velmi kvalitní, tudíž se docela snadno přeměňuje na jiné formy energie (tepelná, elektrická, mechanická energie). Zatřetí, sluneční energie je zadarmo, z toho plyne, že za sluneční světlo není třeba nikomu platit. Začtvrté, sluneční světlo není třeba odnikud dovážet, jelikož je vždy místní, i když je samozřejmě pravdou, že některé lokality jsou výhodnější. A nakonec pátá, nesporná výhoda je, že se jedná o čistý zdroj energie, jelikož nezpůsobuje žádné odpady, zápach, zplodiny apod. (Červenka, 2004)

3.1.1 Slunce jako zdroj energie

Hlavním zdrojem energie ve Slunci je jaderná fúze, při níž se spojují jádra vodíku za vzniku hélia a dalších těžších prvků. Jen pro představu, ve Slunci dojde každou sekundu k přeměně šesti set milionů tun vodíku na hélium. Pokud vezmeme v potaz, že hmotnost vzniklého hélia je o trochu menší než hmotnost vodíku, můžeme pomocí známého Einsteinova vztahu $E=m \cdot c^2$ přepočítat hmotnostní rozdíl na energii. Ve Slunci tedy každou sekundu dojde k úbytku 4,26 milionu tun hmoty, což představuje uvolnění $3,8 \cdot 10^{26}$ J energie. Slunce se nachází ve stabilním stadiu svého vývoje a setrvá tak ještě zhruba 5 miliard let. Z lidského hlediska se tedy jedná o zdroj udržitelný, i když nikoli věčný.

Energie se ze Slunce na Zemi přenáší ve formě elektromagnetického záření. K zemské atmosféře se dostane solární energie o hustotě asi $1,4 \text{ kWm}^{-2}$, což je i hodnota tzv. solární konstanty. Na povrch, který je osvětlen Sluncem, celkem dopadá zářivý výkon 180 000 TW, přičemž pro potřeby civilizace je dostačující výkon kolem 10 000 TW. Z toho vyplývá, že sluneční energie má velký potenciál k nahrazení dosavadních zdrojů energie.

Určitá část dopadající energie je ovšem při průchodu atmosférou pohlcena či odražena a na zemský povrch dopadá méně než 1 kW při slunečním svitu a při zatažené obloze jen desítky wattů. Přesná velikost dopadající energie závisí především na momentálním stavu atmosféry. (Murtinger a kol., 2007)

3.1.2 Sluneční záření

Sluneční záření je ovlivněno zejména zemskou atmosférou. Na plynech, aerosolech a pevných částicích v atmosféře dochází k odrazu, rozptylu a pohlcení části záření. Zčásti dojde ke změně spektra záření a také ke snížení celkové intenzity. Veškeré sluneční záření dopadající na zemský povrch označujeme jako globální, protože pojímá záření všech vlnových délek přicházejících ze všech směrů. Toto záření můžeme při praktickém měření jeho intenzity rozdělit na přímé a difuzní, neboli rozptýlené. V případě zatažené oblohy je přítomna pouze složka difuzní.

Všechna sluneční energie, dopadající na atmosférický povrch a pronikající k povrchu zemskému, se vyzáří zpět do vesmíru jednak formou krátkovlnného záření (30%), a jednak formou dlouhovlnného záření, neboli tepla (47%). Podstatnou částí sluneční energie je energie, která se přemění na teplo a projevuje se vypařováním při koloběhu vody. Fotosynéza a toky energie v potravních řetězcích, které na fotosyntézu navazují, jsou řádově nižší než výše zmíněná přímá přeměna na teplo. (Murtinger a kol., 2007)

3.1.3 Faktory ovlivňující intenzitu záření

V případě prvního využití fotovoltaiky, kdy se využívala sluneční energie pro výrobu elektřiny na družicích, je situace naprosto přehledná. Na fotovoltaické panely totiž s výjimkou zastínění Slunce Zemí nebo jiným tělesem dopadá stálý tok energie. Pokud však chceme využívat fotovoltaické panely na Zemi, objeví se problémů hned několik. Sluneční záření je ovlivněné celou řadou faktorů, jako je například počasí, znečištění atmosféry, měnící se poloha Slunce na obloze nebo stínění od jiných staveb. Všechny faktory ovlivňující celkovou dopadající sluneční energii v dané lokalitě jsou jasně dané a žádným způsobem je neovlivníme. Z tohoto důvodu je vždy žádoucí zjistit si poměry v dané lokalitě, kde bych chtěl sluneční záření využívat.

Mezi hlavní faktory ovlivňující intenzitu slunečního záření na Zemi patří:

- **Atmosféra**, která mírně mění spektrum a snižuje intenzitu záření.
- **Výška Slunce nad obzorem**, s čímž souvisí tloušťka vrstvy vzduchu, přes kterou musí projít sluneční paprsky. Čím je úhel dopadajícího světla větší, tím slabší je intenzita.
- **Nadmořská výška místa** a s ní opět související tloušťka vrstvy vzduchu.
- **Míra znečištění atmosféry**. Větší znečištění lze předpokládat nad městy a průmyslovými aglomeracemi.
- **Oblačná pokrývka**. Zde jsou největším problémem mraky, které většinu dopadajícího záření odrazí a zbytek rozptýlí na difuzní záření.
- **Zeměpisná poloha**. Je jasné, že v oblasti rovníku je více slunečních dní a tudíž i intenzita sluneční radiace bude větší.
- **Zvolený sklon a orientace plochy fotovoltaického systému**. Vždy se snažíme o co nejmenší zastínění, jelikož způsobuje ztráty výnosu.
- **Přírodní faktory**, mezi které patří střídání dne a noci nebo také ročních období, které mění sklon dopadajících paprsků a celkově podmínky atmosféry.
(Murtinger a kol., 2007)

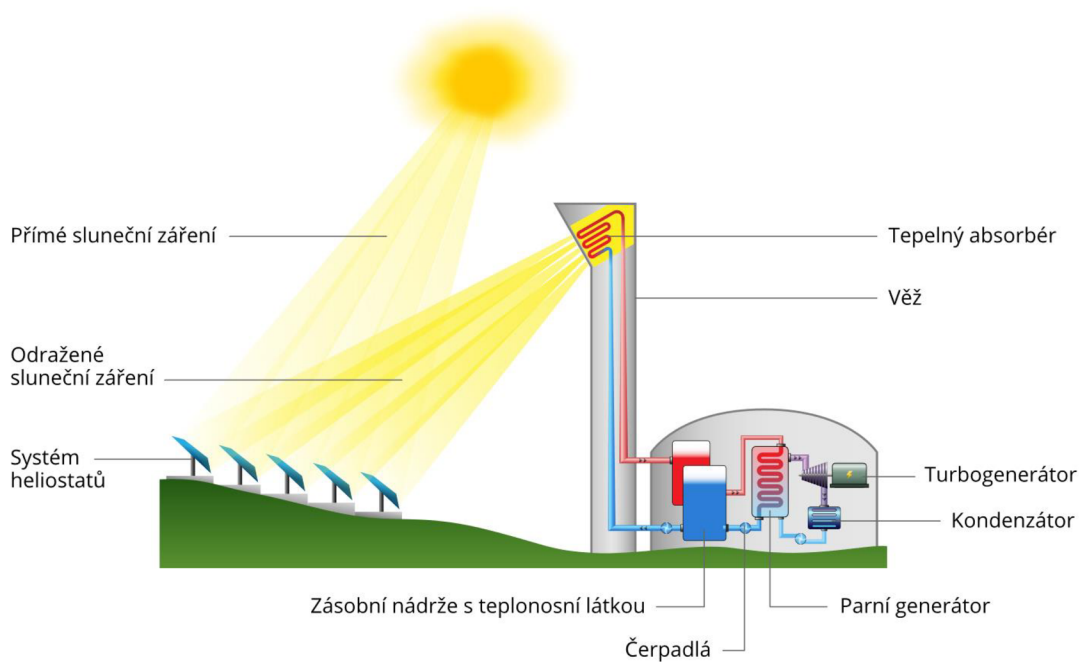
3.2 Druhy solárních elektráren

3.2.1 Elektrárny věžového typu

Přeměna solární energie na jinou formu má již dlouhodobou tradici. Nejčastěji se koncentrací slunečního záření do ohniska parabolického zrcadla ohřívaly různá média. V roce 1883 A. Mouchot a A. Piffr představili na světové výstavě v Paříži zařízení, kde docházelo k přeměně vody v páru, která poté poháněla parní stroj. Na totožném principu fungují i některé pokusné elektrárny, ve kterých je využito koncentrovaného záření k tvorbě páry. Pára pohání parní turbínu a poté s rotorem spřažený generátor.

Tento princip je téměř shodný s klasickými elektrárnami. Jediný rozdíl spočívá pouze v jejich specifickém primárním okruhu. Většina z těchto elektráren pracuje s maximálním výkonem 10-30 MW. Věžové elektrárny jsou nejvíce využívány v Novém Mexiku a Kalifornii, jelikož je tam vysoký počet slunečních dní v roce. Jejich příznačné schéma je znázorněno na obrázku 1. Pára je zde ohřívána na 560°C a při zdokonalení a optimalizaci technologie elektrárny je možné se dostat až na účinnost 17%. Aby mohl turbogenerátor pracovat i v noci, používá se u některých věžových elektráren olejový či štěrkový akumulátor tepelné energie. Přestože tento způsob elektráren vypadal dosti nadějně, zůstal dosud ve stádiu pokusných zařízení a většího využívání se nedočkal. Největším problémem je řízení nastavování všech zrcadel s přesností $\alpha=0,1^\circ$. Dále je třeba zrcadla neustále čistit a při ploše až 40 m² často neodolají větru. (Libra a kol., 2005)

obr. 1 Schéma věžové elektrárny



Zdroj: <https://www.svetenergie.cz/cz/energetika-zblizka/obnovitelne-zdroje-energie/sluncni-elektrarna-podrobne/vezova-sluncni-elektrarna/vyklad>

3.2.2 Fotovoltaické elektrárny

Přímá přeměna solární energie na energii elektrickou v polovodičových fotovoltaických panelech je v této době nejrozšířenější i nejperspektivnější princip přeměny. Solární elektrárny z PV panelů jsou instalovány od menších systémů s výkony v řádu jednotek kilowattů až po elektrárny s výkony pohybujícími se v řádech několika MW. Stejnoseměrný elektrický proud může být využit k dobíjení akumulátorů, napájení spotřebičů, výrobě vodíku elektrolýzou vody i k akumulaci energie v této formě. Stejnoseměrný proud lze elektronicky pomocí měničů měnit i na proud střídavý, který je používán ve veřejné rozvodné síti. Menší fotovoltaické systémy či větší elektrárny se konstruují buď jako **síťové** nebo jako **ostrovní**.

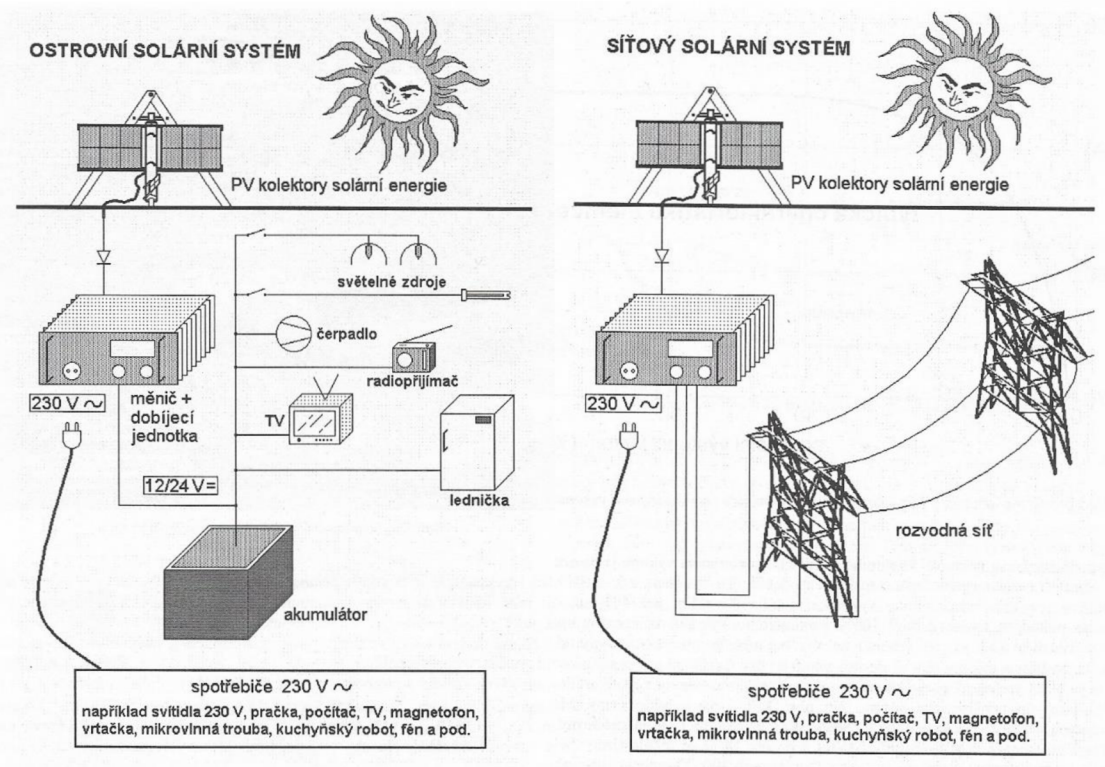
Ostrovní systémy zásobují pouze malou oblast, v některých případech to může být dokonce jen jeden spotřebič. Na obrázku 2a) můžeme vidět schéma ostrovního systému, který slouží pro zásobování 4 spotřebičů. Mohou být využívány jen pro takto malé oblasti, jelikož nejsou napojeny na rozvodnou síť. V tomto případě se spotřeba energie odvíjí od toho, kolik ji stihne fotovoltaický systém vyrobit. V případě instalace tohoto systému musíme počítat nejen s celkovou spotřebou všech používaných zařízení a průměrnými hodnotami slunečního svitu, ale také s účinností celého PV systému.

Oproti tomu **síťové systémy** jsou napojeny na veřejnou rozvodnou síť a mohou tak v době přebytku vlastního výkonu dodávat energii do sítě a v době nedostatku si ji mohou zase odebírat. Modernější měniče se dokáží samy sfázovat se sítí. Při poklesu napětí v síti se naopak z bezpečnostních důvodů automaticky odpojí, aby nebylo v odstavené síti žádné elektrické napětí. Díky datovému výstupu jsme schopni sledovat jak okamžitý dodávaný výkon, tak i celkové množství vyrobené energie. Názorné schéma ostrovního PV systému napojeného na rozvodnou síť můžeme vidět na obrázku 2b). (Libra a kol., 2009)

obr. 2 Schéma solárních systémů

a) ostrovní systém

b) síťový systém



Zdroj: (Libra, a kol., 2009)

3.2.3 Fotovoltaické elektrárny na oběžné dráze

Na oběžné dráze jsou fotovoltaické elektrárny zcela běžnou záležitostí. Fotovoltaické panely totiž v dnešní době napájejí většinu kosmických družic na oběžných drahách Země. Existuje už dokonce i několik projektů výstavby fotovoltaických elektráren ve vesmíru, které by byly umístěny na geostacionární oběžnou dráhu. Tyto elektrárny by dopadající energii zachycovaly a měnily ji na mikrovlnné záření, které by následně bylo vysíláno pomocí vysílací antény na zemský povrch. Mezi výhody patří téměř nepřetržité vystavení fotovoltaických panelů slunečnímu záření a také větší intenzita záření nad zemskou atmosférou. K zastínění panelů by docházelo pouze v období rovnodennosti a to jen na několik málo hodin po několik málo dní. Taková elektrárna by zaujímala plochu složenou z fotovoltaických panelů o rozloze cca 50 km² a celkové hmotnosti v řádech tisíců tun. Nevýhody jsou ale zcela zjevné a bohužel výrazně převažují nad výhodami. Spočívají především v přenosu vyrobené energie.

Přenos by byl uskutečnitelný pomocí vysokoenergetických laserů. Tento způsob přenosu byl však zavržen kvůli nízké účinnosti a vysokému riziku zneužití. Nejčastěji se uvažuje o přenosu pomocí mikrovlnného záření. Plocha pro přijímací anténu by musela být přibližně 100 km². Navíc by okolo ní muselo být pásmo s průměrem 100 km. Kvůli velké potřebné rozloze přichází v úvahu jen prostředí pouští, což by bylo uskutečnitelné. Dálkovým vedením a dvojitou přeměnou energie by také vznikaly velké ztráty. Nad přijímací anténou by docházelo k ohřevu vzduchu z důvodu pohlcování mikrovln a vzniklo by tak něco, co by se dalo přirovnat ke gigantické mikrovlnné troubě. Tento jev by vedl k dalším ztrátám a hlavně by došlo ke změně atmosférického proudění.

Negativem by byla i enormní cena takové elektrárny. K postupnému vynesení na geostacionární dráhu by bylo potřeba až 100 startů nejvýkonnějších raket. Lidé mohou na geostacionární dráze pracovat jen několik dní, jelikož by se vyskytovali mimo pásmo, které chrání magnetické pole Země. Jako řešení se jeví buď vyvinutí robotů, kteří by byli schopni smontovat elektrárnu a následně ji obsluhovat nebo by muselo docházet ke střídání posádek, což je méně reálné. Dalším problémem je riziko, že by se elektrárna vymkla kontrole a záření by směřovalo do jiné oblasti, než se nachází přijímací anténa. Proto si myslím, že je nepravděpodobné, aby taková elektrárna byla vybudována. (Libra a kol., 2009)

3.3 Základní komponenty fotovoltaického systému

Jak jsem již zmínil v kapitole výše, fotovoltaické systémy můžeme rozdělit na dva typy:

- Prvním a méně obvyklým je tzv. ostrovní systém, který není připojen k distribuční síti elektrické energie. Využívá se většinou v oblastech bez rozvodné sítě, jako jsou například chaty, lodě a ostatní různá odlehlá místa.
- Více než 95% instalací využívá typ, který je připojen na síť, tzn. síťový systém.

(Libra a kol., 2009)

V následujících podkapitolách budou popsány nejdůležitější komponenty každého fotovoltaického systému.

3.3.1 Solární článek

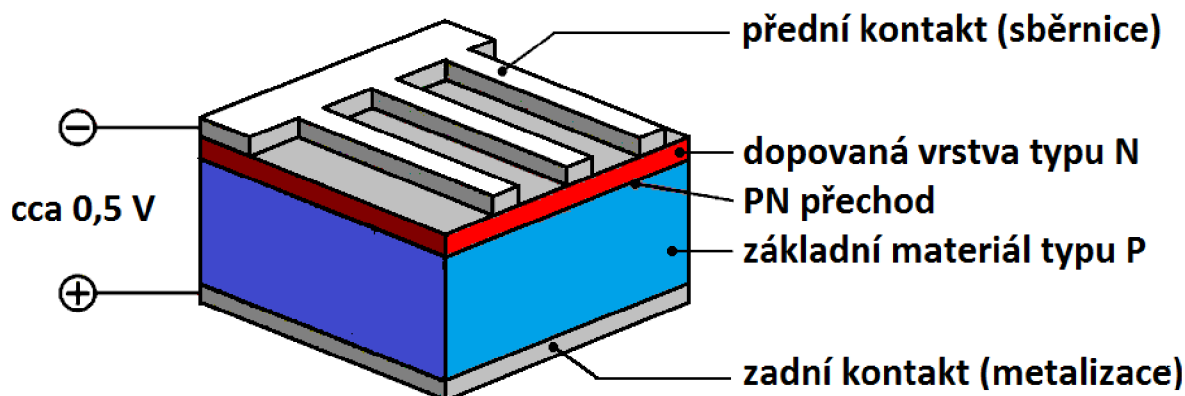
Solární článek je polovodičový konstrukční prvek, který dokáže přeměňovat světlo přímo na elektrický proud. Sluneční světlo se přeměňuje na elektrický proud staticky, z čehož vyplývá, že zde nejsou žádné pohyblivé mechanické díly. (Krieg, 1993)

Jedná se vlastně o polovodičovou diodu, jejíž základ tvoří tenká křemíková destička s vodivostí typu P, na které se při výrobě vytvoří ještě tenká vrstva polovodiče typu N. Obě vrstvy jsou navzájem odděleny přechodem P-N. (Halliday a kol., 2019)

Princip fungování fotovoltaického článku je založen na fotoelektrickém jevu, který využívá skutečnost, že při absorpci elektromagnetického záření látkou dochází k uvolnění elektronů z obalu atomu. U fotovoltaických článků jde o absorpci slunečního záření, dopadajícího na jejich povrch.

Dopadem slunečního záření na polovodičovou vrstvu N dojde k uvolnění valenčního elektronu, který se přesune do vrstvy P a zaplní tam díru. Tím vznikne elektrické pole, jelikož vrstva P se stane záporně nabitou a vrstva N kladně nabitou. Vzniklé elektrické pole nám zaručí uspořádaný přechod, který poskytuje elektrický proud. Pro získání větších napětí a proudů se jednotlivé články sériově či paralelně zapojují a skládají se z nich fotovoltaické panely. Jednotlivé vrstvy a přechod mezi nimi je znázorněn na obrázku 3.

obr. 3 Struktura fotovoltaického článku



Zdroj: <https://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika/11772-nejpouzivanejsi-pojmy-ve-fotovoltaike>

Pro fotovoltaické články je využíván křemík zejména kvůli jeho dobré dostupnosti, jelikož je druhým nejrozšířenějším prvkem v zemské kůře. Další výhodou je, že není toxický a jeho vlastnosti jako polovodiče jsou velmi dobře prozkoumány. K výrobě článku se používá křemík o čistotě až 99,9999% ve formě polykrystalu, monokrystalu nebo amorfni vrstvy.

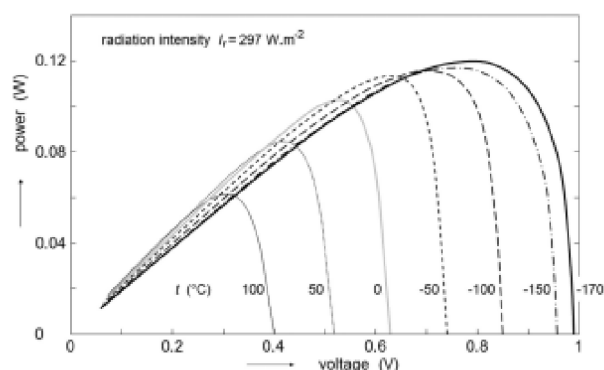
Ve zvláštních případech se začíná používat i jiný materiál, než křemík. Jedná se o tenkovrstvé fotovoltaické články skládající se z více různých vrstev. Tyto články mohou být složeny například z arsenidu galia, diselenidu mědi a india nebo teluridu kadmia. Výhodou je jejich vyšší účinnost, nežli u článků křemíkových, ale zase jejich výroba je mnohokrát nákladnější. Podstata vícevrstevných článků spočívá v umístění tenkých vrstev z různých materiálů o různé velikosti pásma, jenž musí elektron přeskocit. Každá z vrstev poté využívá různou část slunečního záření, které se skládá z fotonů o různých vlnových délkách a tedy energií.

(Libra a kol., 2009)

Závěrem bych ještě rozebral účinnost fotovoltaických článků na bázi křemíku.

Byla provedena studie, kde bylo sledováno chování I-V charakteristiky fotovoltaického článku na bázi monokrystalického křemíku v teplotním rozsahu od -170°C do $+100^{\circ}\text{C}$ na povrchu Země. Výsledky máme znázorněné na obrázku 4. Jak můžeme vidět, s rostoucí teplotou dochází k poklesu

obr. 4 Přepočtené P-W vlastnosti v teplotním rozsahu -170°C až $+100^{\circ}\text{C}$



Zdroj: (Libra a spol., 2009)

napětí naprázdno a k růstu zkratového proudu. S rostoucí teplotou se také snižuje maximální elektrický výkon dodávaný při konstantní intenzitě záření, čímž dochází ke snižování účinnosti přeměny energie. Obecně tedy můžeme říci, že **účinnost přeměny** fotovoltaické energie **závisí především na teplotě**. (Libra a kol., 2021)

3.3.2 Solární panel

Fotovoltaický panel je složený z jednotlivých článků v serioparalelní kombinaci tak, aby při definovaném osvětlení poskytoval stejnosměrné napětí i výkon. Maximální výkon závisí zejména na velikosti celkové plochy PV článků, neboli panelů.

Výrobní postup PV panelu nejběžnější konstrukce je následující:

- I. Na přední straně PV panelu je temperované sklo, které zabraňuje mechanickému poškození článků uvnitř.
- II. Na sklo se následně pokládá plastová EVA (etylvinylacetát) fólie a vzájemně propojené články.
- III. Na propojené články se znovu pokládá plastová EVA fólie a na zadní stranu se zpravidla umístí laminátová kompozice PVF-PET-PVF (polyvinylidenfluorid-polyetyltereftalát-polyvinylidenfluorid).
- IV. Následně se vyčerpá všechen vzduch mezi těmito vrstvami a celý panel se zahřeje až na teplotu tání EVA fólie.
- V. Etylvinylacetát se po tomto teplotním zpracování rozteče a poslouží jako zalévací hmota, která zalije PV články v prostoru mezi předním temperovaným sklem a zadní laminátovou stěnou.
- VI. V poslední řadě jsou panely zarámovány a zatmeleny silikonovým tmelem do hliníkových profilů a opatřeny krabicí s výstupními kontakty. (Libra a kol., 2005)

Takto vyrobené PV panely jsou zabezpečeny proti vniknutí vody a jiných nečistot. PV články jsou díky měkké hmotě zapouzdřeny a při mechanickém namáhání jim nehrozí popraskání. Životnost kvalitních PV panelů, které jsou na bázi krystalických polovodičů, se pohybuje mezi 20 až 25 lety.

Mezi nevýhody patří fakt, že etylvinylacetát při teplotách okolo -20°C tvrdne, čímž stoupá riziko popraskání PV článků. Naopak při teplotách nad 80°C se rychle degraduje, rozkládá a hnědne. Tímto klesá jak účinnost přeměny energie, tak i životnost PV panelů. Tento nedostatek by měli odstranit PV panely nové generace, na jejichž vývoji se intenzivně pracuje. PV panely jsou zde zapouzdřeny do polysiloxanového gelu, který tvrdne až při teplotách

blíživých se -60°C , je stabilní při teplotách do 110°C , a tím pádem degraduje mnohem pomaleji. Životnost takových PV panelů by měla dosahovat až 50 let. (Libra a kol., 2016)

Další nevýhodou je v mírných klimatických podmínkách velmi častá porucha delaminace, která se projevuje separací jednotlivých částí panelu (EVA fólie od FV článků a tvrzeného skla). Důsledkem této separace vznikají různé trhliny a bubliny mezi jednotlivými vrstvami panelu. Jedná se o poruchu velmi závažnou, jelikož dochází působením korozivních účinků vody s chloridy k vyplnění vzniklých dutin. Delaminace je velmi často spojena s výrobními vadami, nebo spíše s technologickou neukázněností. Pokud nastane na nízké úrovni, nepředstavuje vážné ohrožení budoucí spolehlivosti systému. Ovšem pokud by se vyskytovala mezi fotovoltaickými články a okrajem modulu, mohlo by dojít k podstatným problémům s izolačním stavem modulu. Následkem je snižování životnosti panelů, která by mohla být prodloužena použitím výše zmíněného polysiloxanu místo EVA fólie. V extrémních klimatických podmínkách je delaminace ještě kritičtější a měla by tedy být určitě brána v úvahu. (Poulek a kol., 2021)

Závěrem této podkapitoly bych ještě chtěl zmínit nově vyvíjený fotovoltaický panel s integrovanými lithiovými akumulátory. Provozní teplota těchto lithiových akumulátorů je omezena až na hranici 65°C , tudíž by měly dobře fungovat v oblastech s okolní teplotou až do 50°C . Tato vlastnost je velmi důležitá, jelikož otevírá možnost jejich instalace i v tropických zemích. (Poulek a kol., 2019)

3.3.3 Elektronické měniče

Každý fotovoltaický generátor pracuje se stejnosměrným proudem. Kvůli možnosti dalšího zpracování vyrobené energie, musí být stejnosměrný proud přeměněn na střídavý. Dále musí být upraveno i napětí, které musí odpovídat systémovému napětí ostrovní nebo rozvodné sítě. Měníče napětí pro fotovoltaiku slouží právě k přeměně stejnosměrného napětí a proudu z FV panelů na střídavé napětí a proud, jenž jsou běžné v rozvodné síti. Střídavé napětí je možné dále transformovat pomocí transformátorů.

Ke konkrétnímu použití jsou vyráběny měniče buď **ostrovní** nebo **sít'ové**.

Ostrovní měniče mění dle vlastního kmitočtu, který je shodný s běžným kmitočtem v rozvodných sítích, obvykle 50/60 Hz. Kmitočet je takto zvolen proto, aby se daly v ostrovní síti používat běžné elektrické spotřebiče. Naopak síťové měniče synchronizují své napětí i kmitočet dle rozvodné sítě s kterou jsou propojeny. Takovéto měniče musí obsahovat automatický bezpečnostní odpojovač ze sítě, aby v případě výpadku nebyla do sítě dodávána elektrická energie. V opačném případě by mohla být ohrožena bezpečnost pracovníků na této síti.

Technicky je možné síťové měniče rozdělit na transformátorové a beztransformátorové. V počátku se používali výhradně střídače transformátorové. Ty obsahovaly transformátor, který ve střídači měnil napětí na požadovanou hladinu a galvanicky odděloval panely od sítě. S postupem času se od transformátorových střídačů ustupuje, protože jsou těžší a výrobně nákladnější než měniče beztransformátorové. (Libra a kol., 2009)

3.4 Praktické aplikace fotovoltaických systémů

3.4.1 Fotovoltaické solární systémy s pevným stojanem

Při tvorbě každého nového solárního systému musí být cílem maximální efektivita. Je-li to možné, volí se zpravidla azimutální orientace PV panelů přední stranou k jihu a sklon dle zeměpisné šířky. Sklon musí být takový, aby sluneční záření dopadalo v poledne kolmo k přední straně panelů, což znamená nulový úhel dopadu. Množství vyrobené energie můžeme navýšit použitím oboustranných panelů. Tyto panely využívají i odraženého záření od terénu, případně budovy. Hodně závisí na odrazivosti materiálů, dobře odráží např. křemenný písek a beton, hůře tráva či hlína a skoro vůbec neodráží například černá čedičová skála.

Z důvodu maximalizace využití solárního systému je vhodné využívat PV panely ve dvou různých sklonech, v tzv. zimním a letním provozu. Pokud nelze sklon během roku změnit, je fotovoltaický systém nastaven na provoz v zimních měsících, kdy je nejméně sluneční energie. V podmínkách střední Evropy dodávají elektrárny v zimních měsících o polovinu méně energie než v měsících letních. (Libra a kol., 2009)

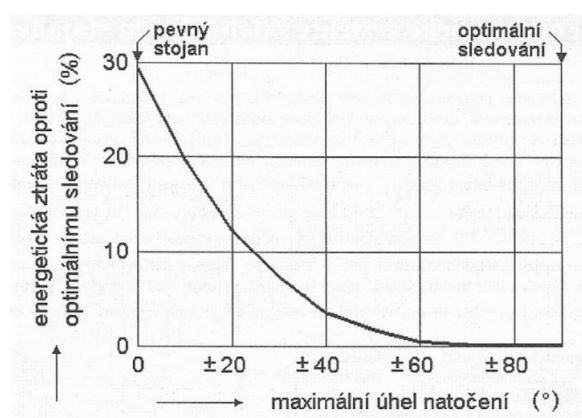
3.4.2 Fotovoltaické solární systémy s pohyblivým stojanem

Pohyblivé stojany jsou velmi perspektivní, jelikož vyrábí větší množství energie, čímž se značně navýší efektivita solárního systému a celkově tak tento druh energie zlevní. Na povrch Země dopadá na rovinu kolmou ke směru přímého slunečního záření maximální intenzita $I=1100 \text{ W/m}^2$. U kvalitních kolektorů na bázi krystalického křemíku, lze dosáhnout účinnosti 18-20%. Tím pádem můžeme z plochy kolektoru 1m^2 získat výkon až 200Wp. Při šikmém dopadu slunečního záření na kolektor účinnost samozřejmě klesá. Pokud máme kolektor, který dokáže sledovat pohyb Slunce po obloze a podle toho se kolmo ke směru záření natačet, může vyrobít více energie, než kolektor pevný.

V případě, že porovnáme pevné a pohyblivé konstrukce pro solární panely za podmínek, kdy slunce bude svítit 12 hodin denně a bude mít stálou intenzitu záření, vyjde nám, že pohyblivé kolektory vykazují o 57% více vyrobené energie. Tohoto navýšení bychom dosáhli například na povrchu Měsíce, kde směřují panely kolmo ke Slunci, ale nikoli v podmínkách pozemských. V našich podmínkách musíme počítat s vlivem atmosféry, která hlavně před západem a po východu Slunce tlumí intenzitu záření. Na druhou stranu, Slunce může svítit ve vyšších zeměpisných šířkách i déle než 12 hodin denně. Po zvážení těchto faktů dospějeme k závěru, že na povrchu Země může dojít k navýšení množství vyrobené energie maximálně o 40%, v prostředí České republiky zhruba o 30%.

Důležitou otázkou je, jak velký by měl být maximální úhel otočení systému. Jak již jsem zmínil výše, po východu a před západem svítí Slunce přes silnou vrstvu atmosféry. Z toho vyplývá, že na Zemi není potřebné Slunce sledovat v rozmezí $\pm 90^\circ$. Jak můžeme vidět na obrázku 5, sledování Slunce ve větším rozmezí úhlů než $\pm 60^\circ$ je nepotřebné, jelikož se to neprojeví na množství vyrobené energie.

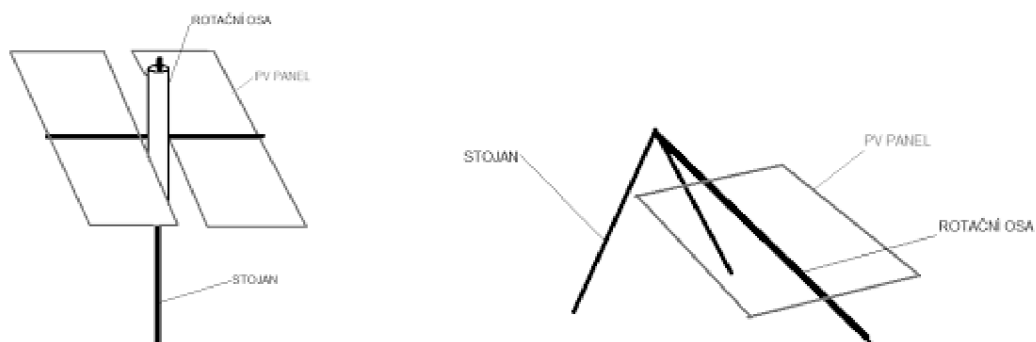
obr. 5 Ztráta vyrobené energie oproti optimálnímu sledování $\pm 90^\circ$



Zdroj: (Libra a spol., 2009)

Sledovače pracují na celé řadě principů, většina z nich je a nebo v minulosti byla chráněna patenty. Některé principy se v praxi osvědčily a jsou využívány, další fungovaly jen v laboratoři bez zátěže, protože například nedokázaly odolat povětrnostním podmínkám. Existují i různá provedení pohyblivých stojanů (viz. obrázek 6), nejběžnější je provedení stojanu s polární rotační osou, méně běžné je provedení se svislou rotační osou. Toto provedení je vhodné spíše do míst, kde je větší zeměpisná šířka, jelikož tam jsou menší změny úhlu slunce nad obzorem. (Libra a kol., 2009)

obr. 6 Provedení pohyblivých stojanů a) s polární osou, b) se svislou osou



Zdroj: <https://core.ac.uk/download/pdf/30298122.pdf>

4. Porovnání jednotlivých zdrojů energie

V této kapitole krátce definuji a porovnáám obnovitelné a neobnovitelné zdroje energie. Poté se zaměřím na nejpoužívanější obnovitelné zdroje v ČR, kde rozeberu klady a zápory jejich využívání.

4.1 Neobnovitelné zdroje energie

Náleží sem takové zdroje energie, jejichž obnova probíhá velmi pomalu a v budoucnu dojde k jejich úplnému vyčerpání. Mnohdy se také označují jako zdroje klasické. Jedná se zejména o fosilní paliva, tedy o ropu, zemní plyn, rašelinu a uhlí. K této skupině zdrojů se řadí i energie jaderná. (Elektrina, 2014) Mezi výhody jejich využívání patří nezávislost na počasí, tudíž zde není potřeba záložního zdroje a také větší výtěžnost energie. Dále také fakt, že se jedná o zdroje bohaté a cenově dostupnější.

Další klady a zápory se spíše vztahují k jednotlivým zdrojům energie. U zemního plynu a ropy je nebezpečí havárie, požárů a výbuchů, naopak kladem zemního plynu je jeho vysoká účinnost přeměny na elektřinu. V případě uhlí je určitým limitem nebezpečná a náročná těžba, se kterou je spojeno ničení krajiny. Při jeho spalování navíc vzniká velké množství škodlivých látek. (mojeenergie, 2009)

U **jaderné energie** vznikají při jejím využívání velká rizika, a to zejména bezpečnostní, jelikož při výrobě vzniká radioaktivní odpad. Poté je zde obava z šíření jaderných zbraní, ovšem jejich vývoj šel dopředu nezávisle na rozvoji jaderné energetiky. (Libra a kol., 2007) Další nevýhodou je náročné získávání uranu, který navíc nelze použít přírodní, ale pouze obohacený. (mojeenergie, 2009) Negativem jsou i vysoké náklady na výstavbu elektrárny. Naopak jejich provoz je levný, což je oproti ostatním zdrojům energie značné plus. (Libra a kol., 2007) Výhodou je určitě zdaleka nejvyšší kapacitní faktor ze všech zdrojů. Maximální výkon dokáže produkovat více než 93% času v průběhu roku. Další pozitivní vlastností, která je velmi výrazně **odlišuje od fosilních paliv**, je nulový vznik emisí, protože do ovzduší vypouští pouze vodní páru. Ke kladům bych ještě zařadil dostatečnou velikost zásob a malý prostorový zábor.

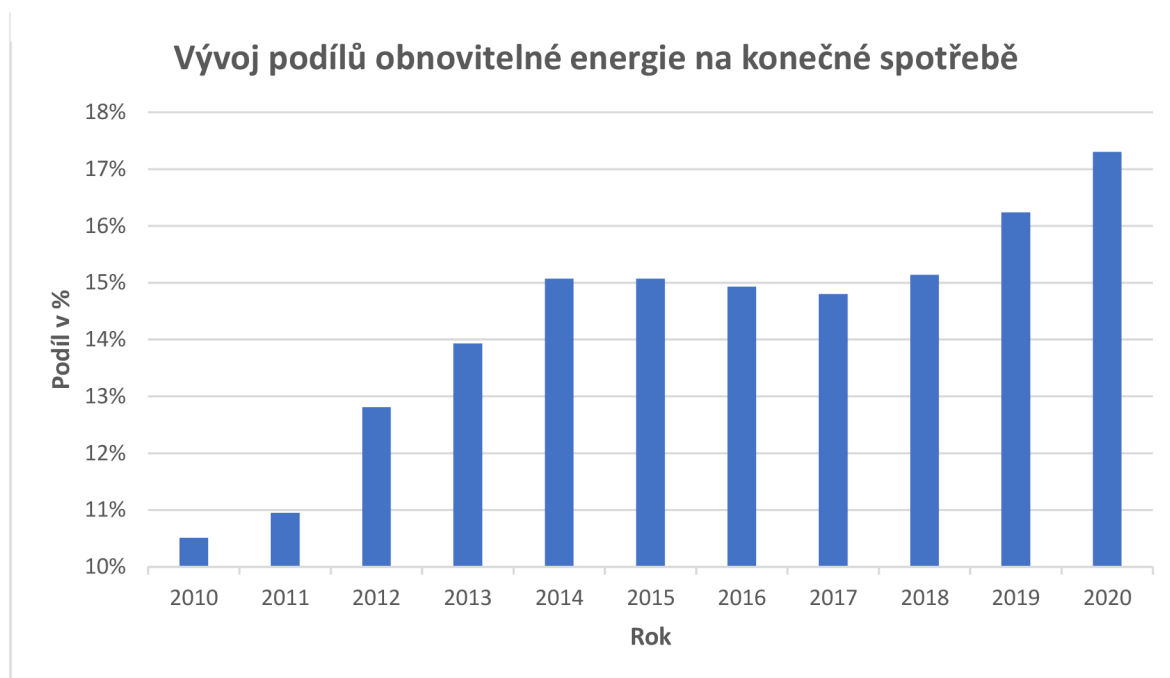
Obnovitelné zdroje však postupem času ty neobnovitelné začínají nahrazovat. Využívání obnovitelných zdrojů znamená, že jak je využíváme, tak je Země doplňuje. Pozitivním faktem je, že se jedná o výrobu energie, která neprodukuje žádné emise skleníkových plynů vznikajících při spalování fosilních paliv a snižuje tím některé typy znečištění ovzduší. Dále bych určitě vyzdvihnul pestrost používaných zdrojů a snížení závislosti na dovážení paliva. (mojeenergie, 2009)

4.2 Obnovitelné zdroje energie

K obnovitelným zdrojům můžeme zařadit pestrou škálu nejrůznorodějších zdrojů energie, ovšem všechny mají společnou vlastnost – jsou z pohledu člověka nevyčerpatelné. Je potřeba zdůraznit toto lidské měřítko, protože jsou z velké části přímo či nepřímo závislé na zářivé energii Slunce. Mezi obnovitelné zdroje řadíme i takové, které lidstvo využívalo už na samém počátku své historie, jako je vlastní síla a síla domestikovaných zvířat. Jiné zdroje, např. geotermální energii, lidstvo objevilo až v okamžiku, kdy technika dosáhla vyššího stupně rozvoje. Mezi obnovitelné zdroje patří také tradiční zdroje, ke kterým se řadí nejen energie větrná, solární a vodní, ale také energie mořských proudů. Dále sem ještě náleží energie akumulovaná v biomase či vodíku. (Augusta a kol., 2001)

Tyto zdroje energie zatím z hlediska výroby elektrické energie nehrají zásadní roli, ale jejich význam zejména v posledních letech prudce roste. Vzrůstajícího trendu využívání obnovitelných zdrojů si můžeme všimnout na obrázku 7, který znázorňuje vývoj podílů obnovitelné energie na konečné spotřebě v ČR. Vidíme, že rozdíl mezi rokem 2010, kdy byl podíl pouhých 10,5% a rokem 2020, kdy byl podíl přes 17%, je zcela zřejmý a potvrzuje tak tento fakt.

obr. 7 Podíl obnovitelné energie



Zdroj: <https://www.mpo.cz/cz/energetika/statistika/obnovitelne-zdroje-energie/vyvoj-podilu-obnovitelne-energie--264684>

Primární důvody tohoto nárůstu jsou dva, prvním jsou nesporné **výhody** využívání těchto zdrojů a druhým **dohoda**, která vznikla v Evropské unii:

- Mezi hlavní přednosti obnovitelných zdrojů patří zejména fakt, že jsou v dlouhodobém časovém horizontu nevyčerpatelné a zároveň šetrné k životnímu prostředí. (Libra a kol., 2007)
- V rámci Evropské unie vznikla dohoda o zvýšení ambice u cílů pro obnovitelné zdroje a energetickou účinnost. Jednotlivé členské země EU musí upřesnit svůj příspěvek, který povede ke splnění výše zmíněných cílů v integrovaných energeticko-klimatických plánech. Záměrem je, aby podíl obnovitelných zdrojů na spotřebovávané energii se z původních 27% zvýšil na 32%, což by pro elektřinu znamenalo, že by v roce 2030 byl nadpoloviční podíl výroby z obnovitelných zdrojů. (ČEZ, 2022)

V následujících kapitolách se zaměřím pouze na ty zdroje, které mají v ČR největší podíl na výrobě elektřiny. Jak můžete vidět v tabulce 1, největší podíl, a to kolem 3%, má biomasa, vodní elektrárny, bioplyn a fotovoltaické elektrárny. Dále s necelým 1% následují elektrárny větrné.

tab. 1 Podíly jednotlivých zdrojů na celkové výrobě elektřiny

	Hrubá výroba elektřiny (MWh)	Podíl na elektřině z OZE (%)	Podíl na hrubé výrobě elektřiny (%)
Vodní elektrárny	2 143 884	20,72%	2,63%
Biomasa	2 498 965	24,16%	3,07%
Bioplyn	2 596 450	25,10%	3,19%
Biologicky rozložitelná část TKO	119 378	1,15%	0,15%
Větrné elektrárny	699 083	6,76%	0,86%
Fotovoltaické elektrárny	2 287 014	22,11%	2,81%
Celkem	10 344 774	100%	12,70%

Zdroj: <https://www.mpo.cz/assets/cz/energetika/statistika/obnovitelne-zdroje-energie/2021/9/Obnovitelne-zdroje-energie-2020.pdf>

4.2.1 Vodní elektrárny

Vodní elektrárny se řadí k obnovitelným zdrojům energie, jelikož využívají hydrologický cyklus, neboli stálý koloběh vody na Zemi. Původem této energie je dopadající sluneční záření.

Využití hydroenergetického potenciálu se dělí na dvě základní skupiny:

- Primární – v každém vodním toku se nachází určité množství vodní energie, která je dána koloběhem vody v přírodě.

- Sekundární – zde se využívá nejen energie vodních toků založených na koloběhu vody v přírodě, ale i vodní energie dříve naakumulované umělým přečerpáváním vody z níže ležící do výše ležící nádrže. Takovéto elektrárny se označují jako přečerpávající vodní elektrárny (PVE).

Samotné vodní elektrárny je možno rozlišit dle různých hledisek. Nejčastěji se využívá hledisko:

- instalovaného výkonu
 - malé vodní elektrárny s instalovaným výkonem do 10 MW
 - střední vodní elektrárny s instalovaným výkonem od 10 do 200 MW
 - velké vodní elektrárny s instalovaným výkonem nad 200 MW
- velikosti využívaného spádu
 - nízkotlaké využívající spád do 20 m
 - střednětlaké využívající spád od 20 do 100 m
 - vysokotlaké využívající spád nad 100 m
- možnosti hospodaření s vodou
 - průtočné
 - regulační (s přirozenou, umělou nebo smíšenou akumulací).

Využívání hydroenergetického potenciálu vodních toků ve vodních elektrárnách má oproti jiným zdrojům energie mnoho výhod:

- Jedná se o pohotový zdroj, který má schopnost rychle reagovat na změny zatížení v elektrizační soustavě.
- Má nízké náklady na provoz (při dlouhé životnosti a vysokém počtu provozních hodin).
- Na provoz potřebuje nízký počet zaměstnanců (mnohé vodní elektrárny jsou plně automatizovány a pracují bez obsluhy).
- Při zvolení citlivého a technicky správného řešení nezpůsobuje devastaci přírody.

U vodních elektráren navíc není významná pouze samotná výroba elektrické energie. Velmi cenná je i schopnost reagovat na změny zatížení v elektrizační soustavě. Zejména regulační vodní elektrárny, ať už s primární nebo sekundární hydraulickou akumulací vody, poskytují

pro elektrizační soustavu dynamické služby. Tzn. služby, které souvisí s náhlou změnou zatížení. Patří sem například pokrytí strmých nárůstů a úbytků výkonu (tj. flexibilní krytí měnící se spotřeby elektrické energie v reálném čase), poruchová rezerva systému (pokrytí výpadků ostatních zdrojů) nebo regulace předávaného výkonu a frekvence.

Regulační vodní elektrárny se sekundární hydraulickou akumulací navíc dokážou energii i akumulovat. A to formou hydraulické energie vody, která byla načerpána v horní nádrži. Tato energie se poté dá přeměnit zpět na energii elektrickou. Nejčastěji se tak děje v energetických špičkách. Naopak průtočné vodní elektrárny průtok regulovat nedokáží, tím pádem ani výkon a výrobu elektřiny v čase. Jejich provoz je tedy závislý na okamžitých průtokových podmínkách daného toku. I přesto dokáží na rozdíl od solárních elektráren dodávat nepřerušovanou kontinuální dodávku určitého množství elektrické energie.

Mezi hlavní nevýhody patří nutnost zatopení rozsáhlých oblastí kolem nádrže, což může velmi nepříjemně ovlivnit ekosystém nebo závislost na stabilním průtoku vody.

Z hlediska ekologie mají negativní vliv na životní prostředí, jelikož způsobují:

- změnu průtokových poměrů
- změnu režimu podzemní vody
- ohrožení vodních živočichů chodem turbín
- změnu kvality vody
- záběr pozemků a zásahy do území během výstavby.

V konečném důsledku však nemusejí být vlivy na životní prostředí jen negativní. Vše se odvíjí hlavně od místních poměrů konkrétního úseku vodního toku a od jeho okolí. Většina těchto vlivů je možno pomocí vhodně zvolených opatření, např. technického nebo provozního charakteru, značně eliminovat. (Benda a kol., 2012)

Závěrem bych chtěl zmínit ještě jednu nevýhodu, která se dotýká především budoucnosti. Jedná se o stále větší problém se suchem, které může snížit množství průtokové vody, a tím i negativně ovlivnit chod celé elektrárny.

V České republice nejsou pro budování velkých obnovitelných děl optimální podmínky, protože zde nejsou dostatečné spády ani množství vody. Vodní elektrárny tedy mají malý podíl na celkové výrobě elektrické energie a využívá se zejména jejich schopnosti rychlého najezení na vysoký výkon. Tím pádem mají příznivý vliv na regulaci elektrizační soustavy. Většina vodních elektráren je zde situována na toku Vltavy, kde tvoří tzv. kaskádový systém. (ČEZ, 2022) Ve světě dosahuje největší absolutní produkce elektřiny z vody Čína, kde se nachází i největší vodní elektrárna Tři soutěsky s výkonem 22,5 GW. Co se týče podílu vodní energie na celkové produkci v jednotlivých zemích, je suverénním lídrem Norsko, kde vodní energie pokrývá neuvěřitelných 90%. Dalšími státy se značnými podíly jsou Paraguay, Brazílie, Kanada a Venezuela. V rámci Evropy se jedná o Rakousko, Švédsko a Švýcarsko. (Wagner, 2018)

4.2.2 Větrná energie

O větrné energii se dá říci, že je vlastně jednou z forem využití solární energie, jelikož atmosféra a zemský povrch jsou nerovnoměrně ohřívány slunečními paprsky. Nerovnoměrným ohříváním se vytváří rozdílné rozložení vzduchu v atmosféře a vznikají tzv. tlakové výše a tlakové níže. Vyrovňáváním tlakových rozdílů poté dochází k proudění vzdušných mas nad zemským povrchem a vzniká vítr. Kinetická energie proudícího vzduchu je poté ve větrných elektrárnách přeměňována na energii elektrickou.

Větrné elektrárny jsou využívány zejména jako zdroj elektřiny dodávané do elektrizační soustavy. Jednotlivé elektrárny či větrné farmy sice mohou napomáhat lokálnímu zásobování, ale právě až zapojením do elektrorozvodné sítě se jejich využívání stane efektivním, jelikož jsou schopny účinně nahradit výrobu energie z jiných zdrojů.

Mezi nevýhody patří nestálost proudění větru, což způsobuje nevyrovnanost výkonu a relativně malá koncentrace energie. Z toho důvodu musíme pro získání větších výkonů stavět rozsáhlé větrné parky. Dalším negativem jsou vysoké pořizovací náklady a relativně krátká životnost turbín. Na obyvatelstvo se působení větrných elektráren projevuje zejména zvýšenou hladinou zvuku a prostřednictvím stroboskopického jevu. Hluk je způsoben strojovnou elektrárny a obtékáním vzduchu kolem listů vrtule. K stroboskopickému efektu dochází za slunečního

počasí, kdy vzniká v blízkých obydlích oblastech nepříjemný efekt pohyblivých stínů. (Benda a kol., 2012)

Vítr, obdobně jako sluneční záření, je možné označit jako přerušovaně dostupný zdroj energie. Vítr i sluneční záření jsou meteorologické jevy, u kterých je možno jejich vývoj uspokojivě předpovídat s předstihem v rozsahu 24 hodin. Proudění vzduchu je pokaždé turbulentní. Z těchto uvedených věcí vyplývá, že při používání diskontinuálních obnovitelných zdrojů energie je nutná instalace a propojení různorodých, vzájemně se doplňujících zařízení. Například, pokud by nefoukal vítr, využila by se energie ze slunečních kolektorů apod. V porovnání se solárními elektrárnami je jejich výhodou to, že pracují i za špatného počasí a v noci. Jedinou podmínkou je samozřejmě dostatečně silný vítr. (Beranovský a kol., 2007)

Ačkoli v České republice nepatří energie z větru mezi nejvyužívanější obnovitelné zdroje, došlo v posledních 15 letech k jejímu výraznému nárůstu. V roce 2005 se zde vyrábělo pouze 21,3 GWh, což je v porovnání s rokem 2020, kdy se vyrobilo bezmála 700 GWh, zanedbatelná hodnota. V současné době se nejvíce větrné energie využívá v Ústeckém, Karlovarském a Libereckém kraji. Nicméně největší potenciál je, kromě zmíněného Ústeckého kraje, v Moravskoslezském kraji a na Vysočině. Ve světě je tento typ energie nejvíce využíván Čínou, Spojenými státy americkými a Německem. V poslední době došlo ke značnému nárůstu v Nizozemsku, které začalo instalovat nové kapacity zejména na moři. (ČSVE, 2021)

4.2.3 Biomasa

Obecně se pod pojmem biomasa skrývá veškerá organická hmota na naší planetě, která se účastní koloběhu živin v biosféře. Jedná se o těla všech organismů – živočichů, rostlin, bakterií, hub a sinic. Z energetického hlediska je potřebná pouze biomasa, která se dá energeticky využít. Za energetickou biomasu jsou většinou považovány rostliny, jelikož mají schopnost využívat slunečního záření k fotosyntéze. Jinými slovy, jsou schopny energii slunečního záření akumulovat. Tato akumulace je charakteristická poměrně nízkou účinností. Na druhou stranu je dlouhodobá a nedisponuje téměř žádnými ztrátami. Jedná se zejména o rostliny bylinného charakteru, rychle rostoucí dřeviny, travní porosty, obiloviny, olejnaté

rostliny a škrobo-cukernaté rostliny. Jejich předností je snadný výsev, krátké vegetační období a také možnost využití pro neenergetické účely.

Energie biomasy se může získávat **spalováním**, což je termochemický proces, při kterém se organický materiál rozkládá na hořlavé plyny a další látky. Poté za přítomnosti vzduchu dochází k oxidaci, při které je uvolňován oxid uhličitý, voda a teplo. Množství tepla je závislé na výhřevnosti daného paliva. (Vobořil, 2017)

Kromě přímého spalování biomasy hlavní technologie jsou:

- Bioplyn se jímá a bývá spalován v kogeneračních jednotkách.
- Organická hmota je přeměněna na sacharidy, které jsou poté pomocí alkoholové fermentace přeměněny na kapalné alkoholy (hlavně u brambor a obilnin).
- Organická hmota rostlin je přeměněna na biooleje a ty poté na bionaftu (zejména u řepky).
- Organická hmota rostlin je rozložena pomocí termochemické konverze nebo anaerobní fermentace na bioplyn či generátorový plyn. (Libra a kol., 2007)

Nejvyšší účinnosti je dosahováno využitím produkce tepla (více než 90%). Velmi často je biomasa využívána v kogenerační formě, což je kombinovaná výroba elektřiny a tepla (účinnost až 90%). V případě čisté výroby elektřiny se účinnost pohybuje okolo 50%.

Na biomasu je možno nahlížet jako na konzervovanou energii slunečního záření. Její výhoda spočívá v relativně snadném uložení a možnosti využít ji později. Z toho plyne její nezávislost na aktuálním počasí, denní a roční době. Což je výhodou oproti energii ze Slunce nebo větru. Mezi další, často zmiňované výhody patří fakt, že je to domácí, trvale udržitelný zdroj, šetrný k životnímu prostředí a je CO₂ neutrální.

Značnou nevýhodou využívání biomasy je velký zábor krajiny a jeho cena. Z biomasy je potřeba k výrobě elektřiny 0,6 ha/obyvatele, což pro celou Českou republiku znamená zhruba 64 000 km². Pro elektrárny o celkovém výkonu 1000 MW_e produkující 7000 GWh_e ročně, je nutné biomasu sklídit z plochy cca 700 000 ha. Jako vhodný příklad si můžeme uvést dobu kvetení řepky, pěstované na ploše 400 000 ha. V této době můžeme mít pocit, že se nachází

všude. Na obrázku 8, kde je znázorněn energetický zisk různých zdrojů z plochy 1 ha v MWh_e, můžeme vidět velký rozdíl mezi jednotlivými zdroji a biomasou. Například z jádra získáme z plochy 1 ha dokonce 3500x více energie než z biomasy, ze sluneční energie 48x více.

obr. 8 Energetický zisk vybraných zdrojů



Zdroj: <https://oenergetice.cz/nazory/jaky-potencial-vyuziti-biomasy-cesku-ve-svete>

K dalším nevýhodám využívání tohoto druhu energie patří nízká účinnost při výrobě elektřiny, v některých případech nutná úprava paliva, vyšší náklady na úpravu paliv a jeho dopravu, nutnost skladovacích prostor a také fakt, že výroba není zcela bez emisí. (Vobořil, 2017)

4.2.4 Výhody a nevýhody fotovoltaiky

Solární energie se pro vznik energie elektrické využívá hlavně pro její nevyčerpatelnost a šetrnost k životnímu prostředí. Často je nazývána energií čistou, protože se při výrobě neemitují, na rozdíl od ostatních konvenčních zdrojů energie, skleníkové plyny ani částice prachu do ovzduší. Další zásadní výhodou je i ekonomická stránka věci, jelikož vlastní výroba elektrické energie nevyžaduje téměř žádné náklady. Z finančního hlediska musíme brát v potaz pouze investiční náklady, které určují celkovou rentabilitu a časovou návratnost celé technologie. Z hlediska státu je určitě velkou motivací možnost posílení energetické samostatnosti státu, což hlavně v dnešní době v souvislosti s problémy s Ruskou federací

je velice důležité. Kromě tohoto se jedná o jediný zdroj energie, který neobsahuje pohyblivé části, což je důvodem pro bezhlučnost, snadnou údržbu a dlouhou životnost, která dosahuje až třiceti let. Bezhlučnost je velká výhoda zejména v porovnání s větrnými elektrárnami, kdy za další výhodu se dá považovat i jejich snazší přemístitelnost. Jako poslední bych zmínil výhodu fotovoltaických panelů, které se mohou instalovat v blízkosti místa spotřeby (střechy rodinných domů), čímž se vyhneme ztrátám distribuce.

Mezi hlavní nevýhody patří závislost na denní době (solární energie v noci není k dispozici), na ročním období a na oblačnosti (omezenost solární energie vlivem špatného počasí). Z důvodu kolísání slunečního záření v průběhu roku není možné tento zdroj využívat jako samostatný zdroj energie. Je tedy nutné počítat s doplňkovým zdrojem, který bude pokrývat zvýšenou potřebu v době, kdy bude nedostatek záření (v nočních hodinách, v zimě). Z finančního pohledu mezi nevýhody zcela jistě řadíme výše zmíněné vysoké pořizovací náklady, ale i cenu ekologické likvidace fotovoltaických panelů. Kromě toho je nevýhodou malá účinnost přeměny, které se pohybuje na hranici 20%. Postupem času navíc dochází k jejímu dalšímu snižování, čímž klesá i výkonnost. Z ekologického hlediska je nepříjemný fakt, že větší solární instalace často zabírají ornou, zemědělsky využitelnou půdu a způsobují nepříjemný kontrast s okolní krajinou. V rámci ČR je nevýhodou rozdílná intenzita slunečního záření v různých částech republiky.

5. Porovnání fotovoltaiky v různých regionech

V následujících kapitolách popíši vhodnost využití fotovoltaiky v různých regionech světa. Poté se zaměřím na podmínky v rámci Evropy a v poslední části na samotnou Českou republiku.

5.1 Fotovoltaika ve světě

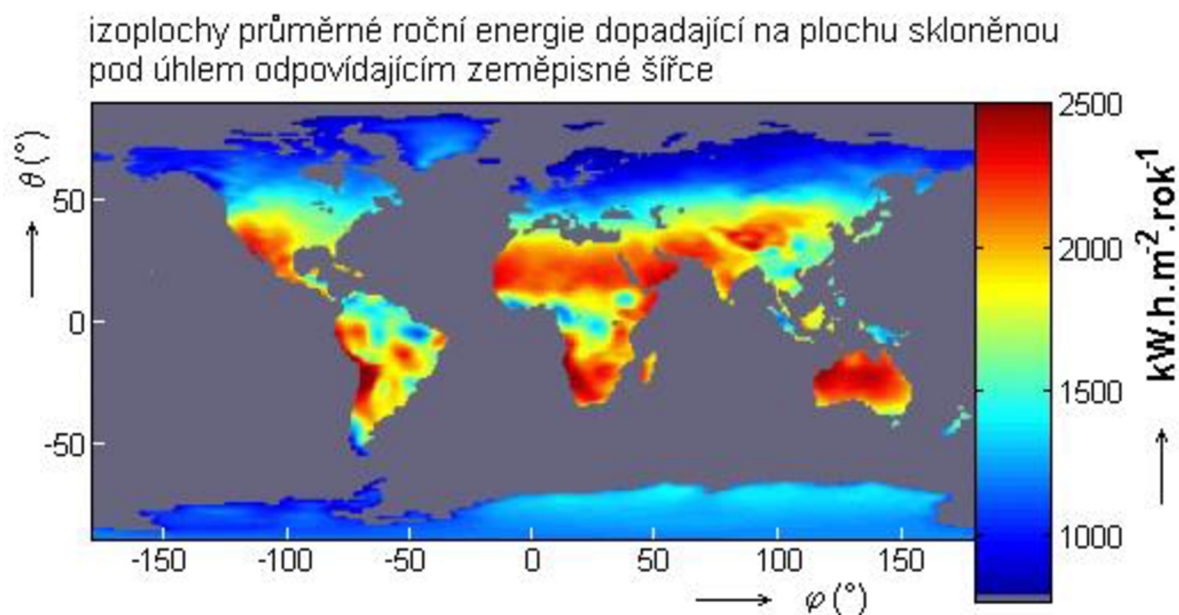
Největší fotovoltaické elektrárny na světě

- I. Bhodla Solar Park (Indie)
 - výkon: 2500 MW
 - rozloha: 57 km²
 - rok výstavby: 2020
- II. Huanghe Hydropower Hainan Solar Park (Čína)
 - výkon: 2200 MW
 - rozloha: 6 km²
 - rok výstavby: 2020
- III. Pavagada Solar Park (Indie)
 - výkon: 2050 MW
 - rozloha: 53 km²
 - rok výstavby: 2019
- IV. Benban Solar Park (Egypt)
 - výkon: 1650 MW
 - rozloha: 37 km²
 - rok výstavby: 2019 (Vernerová, 2021)

5.1.1 Přírodní podmínky

Na obrázku 9 je znázorněna solární mapa světa s izoplochami průměrné roční dopadající solární energie. Z obrázku je patrné, že největší množství energie dopadá na území Austrálie, horských oblastí Chile a Bolívie, Kalifornie, Nového Mexika, Tibetu, jižní Afriky (horské oblasti států Namibie a Angoly) a Sahary.

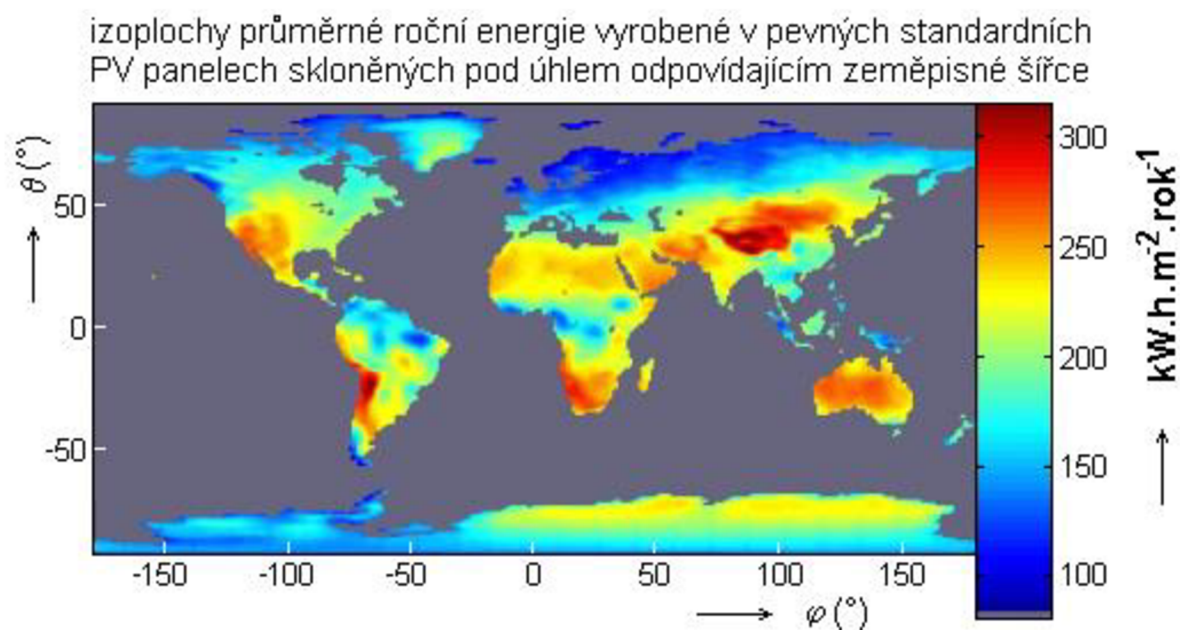
obr. 9 Solární mapa světa s izoplochami průměrné roční dopadající solární energie



Zdroj: (Libra a kol., 2009)

Vysoké množství dopadající roční solární energie na dané území ovšem automaticky neznamená, že se jedná o nejlepší oblast pro využití PV přeměny energie. Při velkém horku totiž dochází k přehřívání panelů, což způsobuje snížení účinnosti přeměny. Ideální regiony jsou tedy takové, kde je dostatek slunečního záření, chladno a vysoká nadmořská výška. Jak vidíme na obrázku 10, nejlepší podmínky se nacházejí hlavně na území Tibetu a v horských oblastech Chile. Ideální je využití i v oblastech Kalifornie, Nového Mexika, Austrálie a jižní Afriky. Sahara, která by určitě napadla každého jako naprosto ideální místo, je lokalita dobrá, ale nikoliv špičková. Potenciál využití PV přeměny energie na jejím území je srovnatelný například s územím severnější části Antarktidy. (Libra a kol., 2009)

obr. 10 Solární mapa světa s izoplochami průměrné roční vyrobené elektrické energie



Zdroj: (Libra a kol., 2009)

5.1.2 Aktuální stav fotovoltaiky ve světě

V roce 2020 došlo ve světě k navýšení celkové instalované kapacity o 145,2 GWp, což je oproti roku 2019 (110,7 GWp) nárůst o 31,2%. Celkově je nyní instalováno 773,2 GWp. Pokud se podíváme zpět do roku 2000, kdy byla celková instalovaná kapacita pouhých 0,6 GWp, vidíme ohromný nárůst, který je třeba ocenit. Pokud bude toto tempo nárůstu pokračovat, dosáhneme na konci roku 2022 hranice jednoho terawattu. Největší vahou světového trhu je Čína, jejíž roční instalovaná kapacita vzrostla v roce 2020 z 30,3 GWp na 48,2 GWp. Následují Spojené státy americké (nárůst z 13,3 GWp na 19,7 GWp) a Japonsko (nárůst ze 7 GWp na 8,7 GWp). (State Of Renewable Energies In Europe, 2021)

5.2 Fotovoltaika v Evropě

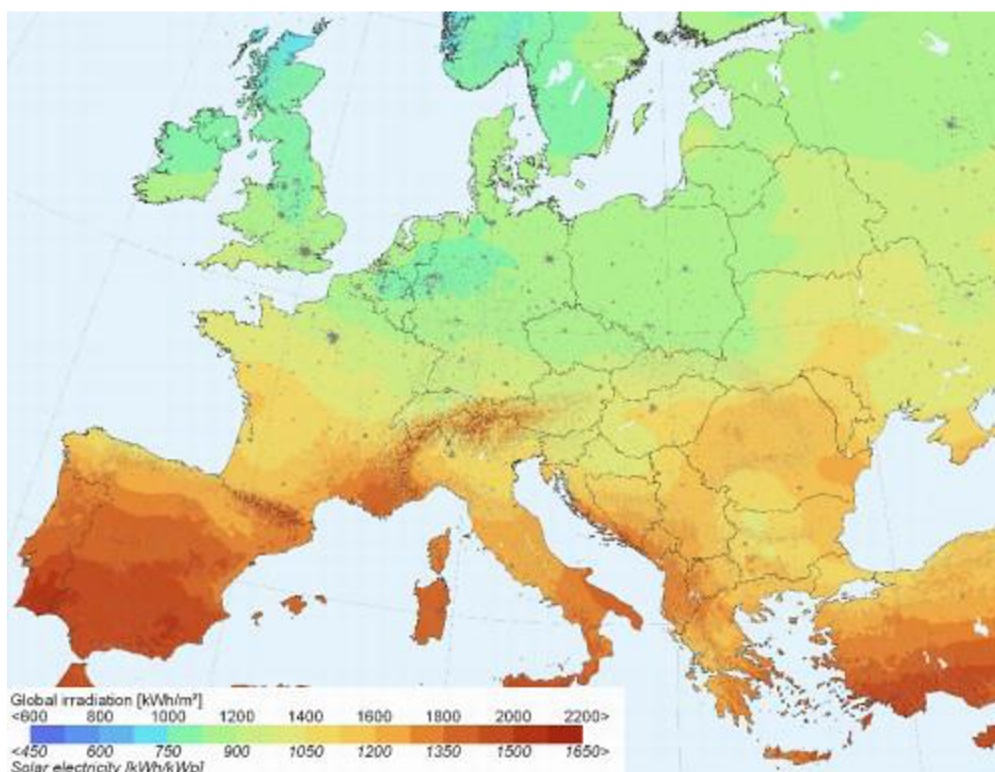
5.2.1 Přírodní podmínky

Jak můžeme vidět na obrázku 11, nejvhodnější přírodní podmínky k výrobě solární energie jsou v Portugalsku a v oblasti Středozemního moře. Díky téměř bezmračným letním dnům dosahuje v této oblasti průměrný roční úhrn globálního slunečního záření (v dalším textu jen „GSZ“) na optimálně skloněné ploše (v dalším textu již vždy stažen k optimálně skloněné ploše) až 2 200 kWh/m². Kromě Portugalska mají velký potenciál pro výrobu solární energie ostrovy Malta a Kypr, drtivá část Španělska, jižní část Itálie (včetně přilehlých ostrovů Sardinie a Sicílie), Turecka, Chorvatska a Francie. Průměrný roční úhrn GSZ je zde v rozmezí 1 500 – 1 700 kWh/m². Stále ještě příznivé podmínky, s hodnotami průměrného ročního úhrnu GSZ okolo 1400 kWh/m², jsou i ve většině států střední Evropy – v Maďarsku, Rakousku, Slovinsku, jižním Německu a na Slovensku.

Méně příznivé, ale stále vyhovující, jsou podmínky v severozápadní Evropě (v Irsku, převážné části Německa a Velké Británie, zemích Beneluxu, a Dánsku). Dále v Polsku, na většině území České republiky a také v oblasti Baltských států (Litva, Lotyšsko, Estonsko). V těchto státech je roční úhrn GSZ jen v rozmezí 1100 – 1300 kWh/m². Úhrn globálního slunečního záření zde dosahuje nižších hodnot, protože se zde nachází větší množství difuzního záření.

Nejméně příznivé oblasti se z hlediska výroby solární energie nacházejí v severní části Britských ostrovů, převážné části Norska, Švédska, Finska a v nejsevernější části Ruské federace. Klima je zde ovlivněno oceánským typem podnebí, kde se vyskytuje výraznější množství oblačnosti. Hodnoty průměrných ročních úhrnů GSZ jsou zde velmi nízké, a snad s výjimkou oblastí s vyšší nadmořskou výškou se zde pohybují pod hranicí 1100 kWh/m². (Šrahůlková, 2013)

obr. 11 Úroveň slunečního záření v různých zemích Evropy



Zdroj: <https://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika/6421-fotovoltaika-podpora-v-ruznych-zemich-evropy>

5.2.2 Aktuální stav fotovoltaiky v EU

Výjimečné sluneční podmínky v roce 2020 byly velkým přínosem pro solární energii. Nejen, že se jednalo o nejteplejší rok v Evropě, ale i počet hodin slunečního svitu na evropském kontinentu byl rekordní. Ve spojení s níže zmíněným nárůstem výrobních kapacit došlo v tomto roce k vysokému nárůstu výkonu solární energie. Eurostat uvádí, že Evropská unie v roce 2020 vyrobila 139,2 TWh solární energie, což se rovná 17,9% meziročnímu nárůstu. V souladu s tím představovala fotovoltaika přesně 5% hrubé výroby elektřiny v EU, to je oproti roku 2019 (4,1%) velmi významný nárůst. Tento podíl byl ještě výrazně vyšší na Maltě (11,1%), v Řecku (9,2%), v Itálii (8,9%) a v Německu (8,5%).

Evropská unie v roce 2020 dokázala svou kapacitu navýšit o 18 224,8 MW, což je ve srovnání s rokem 2019 (16 414,9 MW) nárůst o 12,9%. Koncem roku 2020 činila fotovoltaická základna EU 136 136,6 MW.

Zatímco v roce 2019 mělo největší nově nainstalovanou kapacitu Španělsko, v roce 2020 je to opět fotovoltaická velmoc **Německo**. Eurostat uvádí, že došlo ke zvýšení kapacity o bezmála 5 000 MW. Důvodem německého úspěchu je jeho prosperující trh pro vlastní spotřebu, kterému napomáhá relativně vysoká cena elektřiny pro domácnosti a atraktivní mechanismus výkupních prémie pro střední a velké komerční systémy (40 – 750 kW). Německý trh také spoléhá na osvědčený systém výběrových řízení pro systémy < 10 MW. Dalším důvodem tohoto nárůstu je zprovoznění velkých objektů, které nevyžadují žádné státní financování. Jedná se zejména o solární park Weesow-Willmersdorf, což je největší fotovoltaická elektrárna v zemi. Dosahuje výkonu 187 MWp a nachází se v Braniborsku, 30 kilometrů od Berlína. Tento solární park by měl ročně dodat do sítě asi 180 milionů kWh elektřiny, což odpovídá roční spotřebě 50 000 domácností.

Nizozemsko přidalo v roce 2020 3 723,7 MW fotovoltaické kapacity, čímž se zařadilo v rámci EU za Německo. V zemi je nejvíce využíván segment komerčních střeš (50% všech instalací), následován rezidenčním trhem (30%) a pozemními solárními parky (20%). V roce 2020 byl dokončen solární park o výkonu 110 MW ve Vlagtwedde. V provincii Flevoland byla zahájena výstavba ještě většího solárního parku o výkonu 147 MW.

Ve **Španělsku** instalační tempo v roce 2020 kleslo. Bylo nainstalováno pouhých 1 446,2 MW solární fotovoltaické kapacity, což je oproti roku 2019 (4 075,6) značný pokles. Důvodem tohoto rozdílu je zejména spuštění dvou rozsáhlých pozemních parků v roce 2019, na které byly vypsány dotace již v roce 2017. Španělský trh s velkými elektrárnami spoléhal pouze na projekty Power Purchase Agreement (PPA), jelikož na dlouhodobé smlouvy na dodávky elektřiny mezi dvěma stranami nebyly vypsány žádné dotace. Španělský trh také velmi brzdí omezení týkající se rozšíření sítě.

V důsledku nové ambice Evropské unie v oblasti klimatu, kdy se má do roku 2030 snížit emise skleníkových plynů ve srovnání s rokem 1990 alespoň o 55%, se cíle členských států v oblasti instalace fotovoltaických zařízení ještě zvýší. Současným cílem členských států je zvýšit do roku 2030 kapacitu o 335 GWp. Je ovšem dosti možné, že tento cíl bude překonán mnohem rychleji. Scénář Evropské komise pro implementaci European Green Deal předpovídá, že v roce 2030 bude čistá instalovaná kapacita solární energie na hodnotě 383 GW. Takováto kapacita

by dokázala vyrobit 435,6 TWh, což by zvýšilo podíl solární energie na celkové výrobě elektřiny v EU na 13,8%. (State Of Renewable Energies In Europe, 2021)

tab. 2 Nově instalované fotovoltaické kapacity v zemích EU

	Nově nainstalovaná fotovoltaická kapacita v roce 2019 (MWp)	Nově nainstalovaná fotovoltaická kapacita v roce 2020 (MWp)
Německo	48 912,0	53 719,0
Itálie	20 865,3	21 650,0
Francie	10 803,9	12 022,2
Holandsko	7 226,0	10 949,7
Španělsko	8 839,3	10 285,5
Belgie	4 636,6	5 574,8
Polsko	1 539,3	3 955,0
Řecko	2 833,8	3 287,7
Maďarsko	1 400	2 131,0
Česko	2 086,4	2 122,7
Další...(celkem)	16 555,0	10 439,0
Celkem EU-27	117 911,7	136 136,6

Zdroj: (State Of Renewable Energies In Europe, 2021)

5.3 Česká republika

Česká republika také očekává pokračující rozvoj a podporu obnovitelných zdrojů energie. V oblasti klimatu navazují české cíle na ty evropské. V plánu Ministerstva průmyslu a obchodu byl navržen příspěvek ČR k evropskému cíli na úroveň 22% obnovitelných zdrojů z konečné spotřeby energie do roku 2030. Oproti roku 2020 (13%) se jedná o nárůst 9%. ČR má v plánu podporovat obnovitelné zdroje energie hlavně formou dotací, daňových úlev a snižováním administrativní zátěže. (MPO, 2020)

5.3.1 Energetická politika České republiky

Hlavním dohlízejícím orgánem na sektor energetiky je vláda České republiky. Energetickou politiku může ovlivňovat pomocí ministerstev, jmenovitě pomocí Ministerstva průmyslu a obchodu a Ministerstva životního prostředí. Dále energetiku kontrolují také regulační úřady. (Vlček, 2012)

Ministerstvo průmyslu a obchodu je ústředním orgánem státní správy pro odvětví energetiky. Hlavním úkolem sekce energetiky je tvorba státní energetické koncepce. Dále zajištění souladu strategických dokumentů v energetice nejen s koncepcí hospodářské strategie a politiky vlády, ale také s hospodářsko-politickými procesy v Evropské unii. V rámci legislativy odpovídá za energetický zákon, zákon o hospodaření energií a za zákon o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů. (MPO, 2021)

Ministerstvo životního prostředí zajišťuje zejména věci týkající se ekologické politiky. Mezi hlavní úkoly MŽP patří hlavně ekologický dohled nad těžbou nerostných surovin včetně ochrany krajiny, klimatu, přírody, podzemních vod, ovzduší apod. (MŽP, 2021)

Mezi **Regulační úřady** patří:

- **Energetický regulační úřad (ERÚ)**, který byl zřízen pro výkon regulace v energetice. Dále má chránit zájmy zákazníků a spotřebitelů tak, aby byly uspokojeny všechny požadavky na dodávky energií. Úřad má také za úkol podporovat využívání obnovitelné

zdroje energie a disponuje právem k poskytování licence pro výrobu, prodej a přenos energií. (ERÚ, 2021)

- **Státní energetická inspekce (SEI)**, jejímž úkolem je kontrolovat činnosti dané zákonem o hospodaření s energiemi. Úřad tedy sleduje subjekty na trhu a těm, kteří poruší právní předpisy, uděluje sankce. (SEI, 2017)
- **Operátor trhu s energiemi (OTE).**
- **Rada vlády.**

5.3.2 Státní energetická koncepce

Státní energetická koncepce tvoří hlavní strukturu energetické politiky v ČR. Vznikla proto, aby byla pro potřeby obyvatelstva a pro potřeby ekonomiky České republiky zajištěna spolehlivá, bezpečná, šetrná a ekonomicky dostupná dodávka energie. Slouží také k zajištění bezpečnosti, aby byly v krizových situacích nepřerušené dodávky energie, a to v rozsahu nezbytně nutném pro fungování hlavních složek státu a přežití obyvatelstva. Z dlouhodobého hlediska se dají nejdůležitější vize energetiky ČR shrnout do těchto tří strategických bodů: **bezpečnost – konkurenceschopnost – udržitelnost.**

- **bezpečnost**
 - dodávek energie
 - zdrojů energie
- **konkurenceschopnost**
 - energetiky
 - energií a jejich cen
 - energetických podniků vytvářet přidanou hodnotu
- **udržitelnost**
 - ochrana ŽP
 - ekonomický a sociální dlouhodobý rozvoj.

Strategické priority energetiky ČR:

a) Vyvážený energetický mix

Úkolem je zajistit vyvážený mix primárních energetických zdrojů i zdrojů výroby elektřiny. Energetický mix je založený na jejich širokém portfoliu, účinným využívání všech přístupných tuzemských zdrojů a na udržování rezerv pro zdejší trh.

b) Úspory a účinnost

Snaha je plnit strategické cíle snižování spotřeby EU. Tím pádem cílem je zvýšení energetické účinnosti a dosažení v celém energetickém řetězci úspor energie.

c) Infrastruktura a mezinárodní spolupráce

Zde jde o rozvoj síťové infrastruktury ČR a o zlepšení a posílení mezinárodních vztahů a spolupráce tak, aby byla vytvářena účinná a společná energetická politika EU.

d) Výzkum, vývoj a inovace

Týká se nejen podpory vědy, vývoje a inovací pro zajištění konkurenceschopnosti české energetiky, ale i podpory v oblasti školství, z důvodu zvýšení ekonomické a technické inteligence v energetice.

e) Energetická bezpečnost

Hlavní cíl spočívá ve schopnosti zajištění nezbytných dodávek energií při různých poruchách, při napadení infrastruktury a v případě déle trvající krize v zásobování energiemi. (MPO, 2016)

Závěrem k této kapitole bych chtěl ještě zmínit **zákon č. 180/2005 Sb. o podpoře využívání obnovitelných zdrojů**. Jednalo se o zákon zcela revoluční, jelikož nastartoval akční výstavbu solárních elektráren v ČR. Jeho záměrem bylo docílit snižování emisí skleníkových plynů a ostatních škodlivých látek a tím chránit životní prostředí a ovzduší. S tímto souvisí další záměr, snaha o zvýšení podílu výroby pomocí obnovitelných zdrojů energie tak, aby byl dosažen cíl tohoto zákona ve výši 8% v roce 2010. Důležitý byl také z ekonomické stránky, jelikož vytvořil bezpečný prostor pro investice do OZE. (KLOZ, 2007)

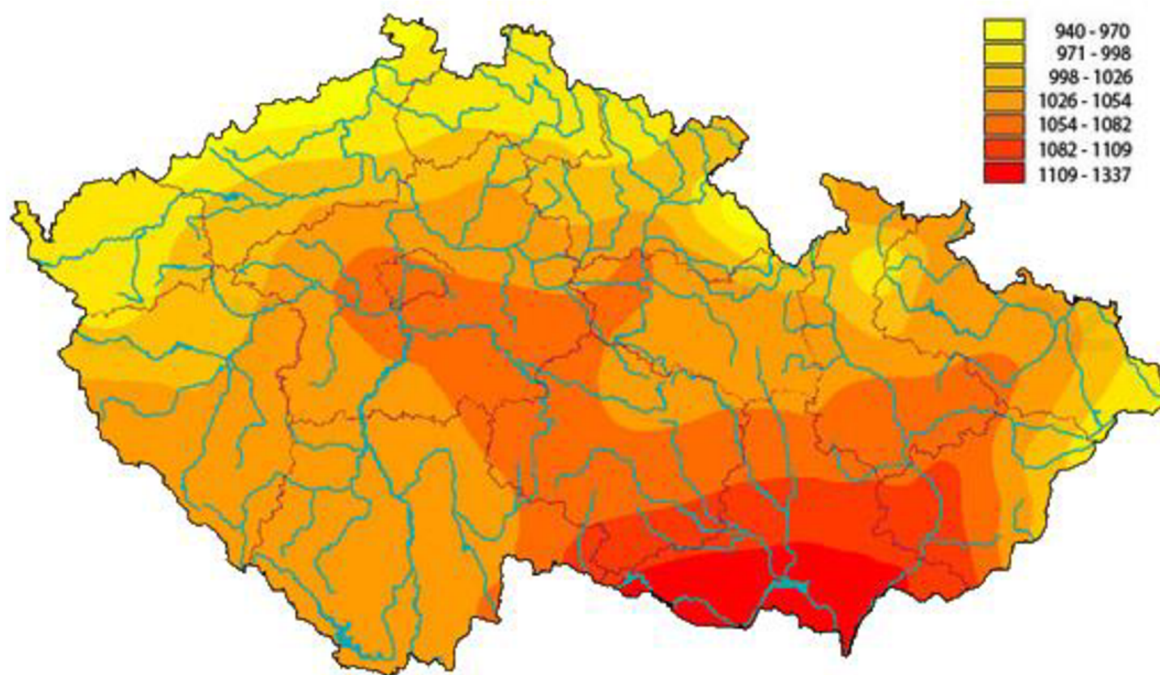
5.3.3 Přírodní podmínky

Z hlediska přírodních podmínek je hlavním faktorem ovlivňující fotovoltaickou přeměnu energie množství slunečního záření dopadajícího na solární panely. Záření je ovlivněno lokálními podmínkami, počasím, dobou svitu, ročním obdobím a zeměpisnou šířkou. Dále je závislé na úhlu, který spolu svírají panel a přímé sluneční záření. Jak již bylo zmíněno výše, dopadá-li sluneční záření kolmo na panel, tak předá nejvíce energie.

Česká republika má rozlohu 78 864 km². Její povrch z 67% nepřesahuje nadmořskou výšku 500 m.n.m. V oblastech, kde je ovzduší silně znečištěno (Ostravsko, sever Čech), dochází ke snížení slunečního záření o 5-10%, v krajních případech až o 20%. V horských oblastech (700 – 2000 m.n.m.) je naopak třeba počítat s 5% nárůstem slunečního záření. Studie Ministerstva pro místní rozvoj stanovila teoretický potenciál výroby elektrické energie z energie slunečního záření na 80 000 TWh. Jedná se samozřejmě o největší možný potenciál. Předpokládaná využitelná plocha pro fotovoltaické systémy je odhadována na 50 200 000m². U slunečního záření ovšem není důležité jen jeho množství, ale i jeho skladba. V ČR je spektrum záření tvořeno přibližně ze 40% difuzními paprsky, dále pak zářením přímým a odraženým. Pro difuzní záření je energetický potenciál nižší než pro záření přímé. Difuzní totiž vzniká rozptýlením přímých paprsků na molekulách vzduchu, vodních kapkách, ledových krystalcích a na různých aerosolových částicích a díky tomu dochází ke snižování energetického potenciálu. (Limberk, 2008)

Z obrázku 12 je patrné, že nejvíce energie dopadá na území jižní Moravy. Dalšími vhodnými lokalitami pro využití dopadající energie jsou určitě Jižní Čechy, Vysočina, střední Čechy a také oblast jihozápadních Čech. Naopak nejméně vhodná je oblast severních a severozápadních Čech.

obr. 12 Množství dopadající energie dopadající na území ČR



Zdroj: <http://www.isofenenergy.cz/slunecni-zareni-v-cr.aspx>

Většina údajů o době svitu, průměrném dopadu slunečního záření a jeho intenzitě se v různých zdrojích velmi liší. Z tohoto důvodu je možné veškeré údaje shrnout a formulovat zhruba takto:

- V ČR je celkový objem potenciálního množství využitelné energie 80 000 TWh.
- V ČR na 1 m² vodorovné plochy dopadne přibližně 950 – 1 100 kWh energie.
- Roční množství slunečních hodin je zhruba v rozmezí 1350 – 1800 hod.

Celkově můžeme hodnotit podmínky v České republice jako poměrně dobré.

5.3.4 Současný stav fotovoltaiky v ČR

V současnosti je ČR ve výrobě elektřiny zcela samostatná. Výroba elektrické energie byla v roce 2020 brutto 81 443 GWh a spotřeba brutto 71 354 GWh. Fotovoltaika se v daném roce podílela na celkovém vyrobeném množství energie 2,9%, což představuje 2 235 GWh vyrobené energie. V porovnání s rokem 2011, kdy bylo vyrobeno 2 118 GWh, došlo jen k drobnému nárůstu. Větší rozdíl je v porovnání například s rokem 2007, kdy bylo

vyrobena 1 800 GWh. Rozdíl mezi lety 2007 a 2011 je způsoben rozmachem fotovoltaiky kolem roku 2010. V tomto roce totiž byly otevřeny dodnes největší fotovoltaické elektrárny v České republice – Ralsko, Vepřek a Ševětín. Jelikož je ČR součástí evropské ES (přenosová soustava ČR je napojena na soustavy všech sousedních států), je možno porovnávat výrobu elektřiny i s ohledem na import a export. Pro rok 2020 bylo celkové přeshraniční saldo -10 152,9 GWh. Z toho vyplývá, že ČR více elektřiny exportovala (-23 520,9 GWh) než importovala (13 363 GWh). (ERÚ, 2020)

Největší sluneční elektrárnou v ČR s výkonem 55,8 MW je elektrárna Ralsko, která patří do vlastnictví skupiny ČEZ Obnovitelné zdroje, s.r.o. Jedná se o skupinu fotovoltaických elektráren, jež jsou od sebe vzdáleny pouhé jednotky kilometrů a leží jihovýchodně od České Lípy. S ohledem na přírodní podmínky se jedná o jednu z nejvhodnějších lokalit pro umístění zařízení vyrábějícího elektřinu ze slunečního záření. Globální záření tady dosahuje průměrného ročního úhrnu až 3,8 tisíce MJ/m². Další plus využití této lokality je fakt, že se jedná o území bývalého vojenského areálu, které by těžko našlo nějaké alternativní využití. Vyrobena elektřina z těchto elektráren ročně pokryje spotřebu zhruba 15 000 domácností na pomezí severních a středních Čech. (ČEZ, 2022)

Dalším významným projektem je PVE Vepřek. Tato elektrárna se nachází na katastrálním území Vepřek obce Nová Ves v okrese Mělník a dosahuje výkonu 35,1 MW.

Poslední elektrárnou pohybující se kolem hranice 30 MW, je PVE Ševětín s výkonem 29,9 MW. Ševětín se nachází na území Jihočeského kraje přibližně 15 km od Českých Budějovic. Podobně jako u Ralské elektrárny, je tato lokalita jednou z nejvhodnějších pro výrobu elektrické energie ze slunečního záření. Globální záření zde dosahuje ročního úhrnu až 3800 MJ/m². Množství elektřiny vyrobené v této elektrárně pokryje na jihu Čech spotřebu zhruba 8 000 domácností. (ČEZ, 2022)

6. Závěr

Tato bakalářská práce měla za cíl zhodnotit přednosti a nedostatky využití fotovoltaiky k výrobě elektrické energie v ČR i v zahraničí. Celá práce byla členěna do jednotlivých kapitol, ve kterých byla zhodnocena výhodnost využívání nejprve v porovnání s ostatními zdroji a poté z pohledu regionů.

Mezi nejvýznamnější výhody solární energie patří produkce ekologicky čisté energie, jelikož její výroba má minimální dopad na životní prostředí. Při výrobě se totiž neemitují žádné skleníkové plyny, ani částice prachu do ovzduší, jako tomu je u spalování fosilních paliv. Sluneční záření je přístupné zdarma pro všechny. Z tohoto důvodu jsou fotovoltaické elektrárny ideální pro investice v rámci výdělků či snižování provozních nákladů podniku. Současně je jejich použití vhodné i v místech, kde není dostupný žádný jiný zdroj, jako jsou odlehlá místa planety či vesmír. Z finančního hlediska jsou podstatné pouze investiční náklady, které zároveň určují celkovou rentabilitu a časovou návratnost celé technologie. Plusem fotovoltaiky je také fakt, že se jedná o jediný zdroj energie, který neobsahuje žádné pohyblivé části, tudíž je bezhlučný, má snadnou údržbu a navíc vysokou životnost, která dosahuje až 30 let. Nevýhody fotovoltaiky jsou evidentní. Patří mezi ně zejména závislost na denní době, oblačnosti a ročním období. Navíc vyrobenou a ihned nespotřebovanou energii je nutné někde uložit, tím může vzniknout další problém, jelikož uložením dochází ke značným ztrátám. Jako ideální se jeví instalace fotovoltaických panelů v blízkosti místa spotřeby, čímž se vyhneme ztrátám distribuce. Z ekologického hlediska je nepříjemné to, že solární instalace mnohdy zabírají ornou, zemědělsky využitelnou půdu. Tento způsob je zcela nevhodný, jelikož je tím výrazně poškozováno zemědělství. Pro stát to sice znamená energetickou soběstačnost, avšak stává se závislejším v oblasti potravinové závislosti na okolních státech. Proto si myslím, že ideální využití fotovoltaiky spočívá na střeších či fasádách domů, případně na zemědělsky nevyužitelné půdě, jako jsou například bývalé vojenské areály apod. Z ekonomického hlediska je nevýhodou fakt, že elektrická energie z obnovitelných zdrojů je hlavně díky vyšším výkupním cenám dražší než-li energie z fosilních paliv či jádra.

V poslední kapitole práce jsem se zaměřil na analýzu vhodnosti přírodních podmínek pro fotovoltaiku. Zjistil jsem, že nejvhodnější přírodní podmínky pro využití slunečního záření

se z globálního hlediska nacházejí na území Tibetu, Kalifornie, Nového Mexika, Austrálie, Jižní Afriky a v horských oblastech Chile. Určitě každého by napadla jako ideální místo především Sahara. Ovšem z důvodu, že ideální regiony jsou takové, kde je dostatek slunečního záření, chladno a vysoká nadmořská výška, se jedná o lokalitu dobrou, nikoliv špičkovou. Z pohledu Evropy se ideální místa nacházejí na území Portugalska a v oblasti Středozevního moře, kde dosahuje průměrný roční úhrn globálního slunečního záření až 2200 kWh/m². V České republice se jedná zejména o území nacházející se na jižní Moravě. Co se nově instalované fotovoltaické kapacity týká, došlo v roce 2020 v celosvětovém měřítku k nárůstu o 145,2 GWp, což je oproti předchozímu roku nárůst o 31%. Celkově je nyní nainstalováno 773,2 GWp. Díky snaze zastavení aktuálního nepříznivého tempa globálního oteplování a díky dalším nesporným výhodám energie ze Slunce se dá předpokládat pokračující nárůst jejího využívání. Na konci roku 2022 by měla být dokonce dosažena hranice jednoho terawattu.

7. Seznam použitých zdrojů

AUGUSTA, Pavel, a kol., 2001. *Velká kniha o energii*. Praha: L.A. Consulting Agency. ISBN 80-238-6578-1.

BENDA, Vítězslav, a kol., 2012. *Obnovitelné zdroje energie*. Praha: Profi Press. ISBN 978-80-86726-48-9.

BERANOVSKÝ, Jiří, 2007. EkoWATT. *Energie větru* [online]. 2007 [cit. 2022-03-02]. Dostupné z: <https://old.ekowatt.cz/cz/informace/energie-vetru>

ČERVENKA, Milan, 2004. *Energie ze Slunce* [online]. 2. [cit. 2022-11-04]. ISSN 1214-1674. Dostupné z: https://www.aldebaran.cz/bulletin/2004_22_sun.php

ČEZ, 2022. *Obnovitelné zdroje* [online]. [cit. 2022-02-20]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/o-cez/vyrobni-zdroje/obnovitelne-zdroje>

ČEZ, 2022. *Obnovitelné zdroje: Voda* [online]. [cit. 2022-02-22]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/o-cez/vyrobni-zdroje/obnovitelne-zdroje/voda>

ČEZ, 2022. *Fotovoltaické elektrárny Ralsko a Třeboň* [online]. 2022 [cit. 2022-03-18]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/o-cez/vyrobni-zdroje/obnovitelne-zdroje/slunce/provozovane-fotovoltaicke-elektrarny/fotovoltaicke-elektrarny-ralsko-a-mimon-58088>

ČEZ, 2022. *Fotovoltaická elektrárna Ševětín* [online]. 2022 [cit. 2022-03-18]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/o-cez/vyrobni-zdroje/obnovitelne-zdroje/slunce/provozovane-fotovoltaicke-elektrarny/fotovoltaicka-elektrarna-sevetin-58087>

ČSVE: Česká společnost pro větrnou energii, 2021. *Větrné elektrárny ve světě* [online]. 2021 [cit. 2022-03-03]. Dostupné z: <https://www.csve.cz/cz/clanky/vetrne-elektrarny-ve-svete/283#prettyPhoto>

Elektřina, 2014. *Neobnovitelné zdroje energie* [online]. [cit. 2022-02-13]. Dostupné z: <https://www.elektrina.cz/slovník/neobnovitelne-zdroje-energie>

ERÚ: Energetický regulační úřad, 2021. *O úřadu* [online]. 2021 [cit. 2022-03-14]. Dostupné z: <https://www.eru.cz/cs/o-uradu>

ERÚ: Energetický regulační úřad, 2020. *Roční zpráva o provozu ES ČR pro rok 2020* [online]. 2020 [cit. 2022-03-16]. Dostupné z: <https://www.eru.cz/cs/zpravy-o-provozu-elektrizacni-soustavy#2021>

HALLIDAY, David, Robert RESNICK a Jearl WALKER, 2019. *2 Fyzika*. 10. Brno: VUTIUM. ISBN 978-80-214-4123-1.

KLOZ, Martin, a kol., 2007. *Využívání obnovitelných zdrojů energie: právní předpisy s komentářem*. Praha: Právnické a ekonomické nakladatelství a knihkupectví Bohumily Hořínkové a Jana Tuláčka. ISBN 978-80-7201-670-9.

KRIEG, Bernhard, 1993. *Elektrina ze Slunce: Solární technika v teorii a praxi*. Ostrava: HEL.

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

LIBRA, Martin a Vladislav POULEK, 2005. *Solární energie: Fotovoltaika*. Praha: Česká zemědělská univerzita. ISBN 80-213-1335-8.

LIBRA, Martin a Vladislav POULEK, 2007. *Zdroje a využití energie*. Praha: Česká zemědělská univerzita. ISBN 978-80-213-1647-8.

LIBRA, Martin a Vladislav POULEK, 2016. *Agrojournal. Fotovoltaické články a panely jako prostředek k využití solární energie* [online]. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2016 [cit. 2021-11-19]. Dostupné z: <https://www.agrojournal.cz/clanky/fotovoltaicke-clanky-a-panely-jako-prostredk-k-vyuziti-solarni-energie-169>

LIBRA, Martin, a kol., 2021. Changes in the efficiency of Photovoltaic Energy: Conversion in Temperature Range with Extreme Limits. *IEEE JOURNAL OF PHOTOVOLTAICS*. 2021, **11**(6), 1479-1484 [cit. 2021-12-08]. Dostupné z: doi:10.1109/JPHOTOV.2021.3108484

LIMBERK, Ondřej, 2008. *Solární energetika v České republice* [online]. ČEZ, 2008 [cit. 2022-03-16]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/edee/content/file/vzdelavani/10-limberk.pdf>

Mojeenergie, 2009. *Elektroenergetika: Zdroje* [online]. 2009 [cit. 2021-02-15]. Dostupné z: <http://www.mojeenergie.cz/cz/elektroenergetika-zdroje?fbclid=IwAR16hEe7EJnSVitg8pvnBtkB0jjWNPpoa0FBXRs2wbWD9kRM8Sd6ide1Yec>

MPO: Ministerstvo průmyslu a obchodu, 2021. *Energetika* [online]. 2021 [cit. 2022-03-10]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/cz/energetika/>

MPO: Ministerstvo průmyslu a obchodu, 2016. *Státní energetická koncepce České republiky* [online]. Praha, 2016 [cit. 2022-03-14]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/cz/energetika/statni-energeticka-politika/statni-energeticka-koncepce--223620/>

MPO: Ministerstvo průmyslu a obchodu, 2020. *Vnitrostátní plán České republiky v oblasti energetiky a klimatu* [online]. 2020 [cit. 2022-03-07]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/cz/energetika/strategicke-a-koncepcni-dokumenty/vnitrostatni-plan-ceske-republiky-v-oblasti-energetiky-a-klimatu--252016/>

MURTINGER, Karel, Jiří BERANOVSKÝ a Milan TOMĚŠ, 2007. *Fotovoltaika: elektřina ze slunce*. Brno: ERA group. ISBN 978-80-7366-100-7.

MŽP: Ministerstvo životního prostředí [online], 2021. 2021 [cit. 2022-03-14]. Dostupné z: <https://www.mzp.cz/>

POULEK, Vladislav, a kol., 2021. PV Panel and PV Inverter Damages Caused by Combination of Edge Delamination, Water Penetration, and High String Voltage in Moderate Climate. *IEEE JOURNAL OF PHOTOVOLTAICS*. 2021, **11**(2), 561-565 [cit. 2021-12-02]. Dostupné z: doi:10.1109/JPHOTOV.2021.3050984

POULEK, Vladislav, a kol., 2019. PV Panel With Integrated Lithium Accumulators For BAPV Applications: One Year Thermal Evaluation. *IEEE JOURNAL OF PHOTOVOLTAICS*. 2019, **9**, 1-3 [cit. 2021-12-03]. Dostupné z: doi:10.1109/JPHOTOV.2019.295391

SEI: Státní energetická inspekce [online], 2017. 2017 [cit. 2022-03-14]. Dostupné z: https://www.cr-sei.cz/?page_id=77

State Of Renewable Energies In Europe [online], 2021. 20. Paříž [cit. 2022-03-05]. ISSN 2555-0195. Dostupné z: <https://www.eurobserv-er.org/category/all-annual-overview-barometers/>

ŠRAHŮLKOVÁ, Karolína, 2013. *Solární energie v Evropě - Potenciál, Současný stav a Trendy jeho využití*. Olomouc. Diplomová práce. Univerzita Palackého v Olomouci. Vedoucí práce Martin Jurek.

VERNEROVÁ, Nikola, 2021. *Elektřina. 7 největších fotovoltaických elektráren na světě* [online]. 2021 [cit. 2022-03-05]. Dostupné z: <https://www.elektřina.cz/7-nejvetsich-fotovoltaickych-elektren-na-svete>

VLČEK, Tomáš a Filip ČERNOCH, 2012. *Energetický sektor České republiky*. Brno: Masarykova univerzita. ISBN 978-80-210-5982-5.

VOBOŘIL, David, 2017. Oenergetice. *Obnovitelné zdroje: biomasa* [online]. 2017 [cit. 2022-03-04]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/obnovitelne-zdroje-energie/biomasa-vyuziti-zpracovani-vyhody-a-nevahody>

WAGNER, Vladimír, 2018. Oenergetice. *Obnovitelné zdroje: Nejvyužívanější obnovitelný zdroj světa. Vodní elektrárny jako důležitý zdroj u nás i ve světě* [online]. 2018 [cit. 2022-02-26]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/obnovitelne-zdroje/nejvyuzivanejsi-obnovitelny-zdroj-sveta-vodni-elektarny-jako-dulezity-zdroj-u-nas-i-ve-svete>

8. Seznam obrázků

Obrázek 1 – Schéma věžové elektrárny	6
Obrázek 2 – Schéma solárních systémů.....	8
Obrázek 3 – Struktura fotovoltaického článku.....	10
Obrázek 4 – Přepočtené PV vlastnosti v teplotním rozsahu -170°C až +100°C.....	11
Obrázek 5 – Ztráta vyrobené energie oproti optimálnímu sledování +/-90.....	16
Obrázek 6 – Provedení pohyblivých stojanů.....	16
Obrázek 7 – Podíl obnovitelné energie na konečné spotřebě.....	19
Obrázek 8 – Energetický zisk vybraných zdrojů.....	26
Obrázek 9 – Mapa světa s izoplochami průměrné roční solární energie.....	29
Obrázek 10 – Mapa světa s izoplochami průměrné roční vyrobené elek. energie.....	30
Obrázek 11 – Úroveň slunečního záření v různých zemích Evropy.....	32
Obrázek 12 – Množství sluneční energie dopadající na území ČR.....	39