

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

KATEDRA ELEKTROENERGETIKY A EKOLOGIE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Zhodnocení potenciálu solární energetiky

**vedoucí práce: Ing. Milan Bělík, Ph.D.
autor: Lenka Slavíková**

2012

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta elektrotechnická
Akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Lenka SLAVÍKOVÁ**
Osobní číslo: **E10N0096P**
Studijní program: **N2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Technická ekologie**
Název tématu: **Zhodnocení potenciálu solární energetiky**
Zadávací katedra: **Katedra elektroenergetiky a ekologie**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

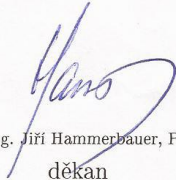
1. Popište principy využití solární energie.
2. Zhodnoťte přírodní, technické a legislativní podmínky v ČR.
3. Porovnejte situaci v ČR a v ostatních evropských státech.

Rozsah grafických prací: podle doporučení vedoucího
Rozsah pracovní zprávy: 30 - 40 stran
Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická
Seznam odborné literatury:

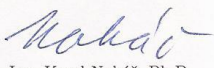
1. přednášky z předmětu KEE/VEN

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Milan Bělík, Ph.D.**
Katedra elektroenergetiky a ekologie

Datum zadání diplomové práce: **17. října 2011**
Termín odevzdání diplomové práce: **11. května 2012**


Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.
děkan




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

V Plzni dne 17. října 2011

Anotace

Diplomová práce je zaměřená na zhodnocení solárního potenciálu v České republice a v evropských zemích. Poukazuje na využití sluneční energie ve dvou způsobech. Popisuje základní druhy termických a solárních článků. Zhodnocuje přírodní a technické parametry. Blíže popíše legislativu vztahující se k fotovoltaickým elektrárnám v České republice. Sděluje přírodní a ekonomické podmínky v evropských zemích. Rozebere dvě dominantní země a objasní, z jakého důvodu v některých zemích není fotovoltaika tak rozvinuta.

Klíčová slova

Pasivní solární energie, aktivní solární energie, termické kolektory, solární články, přímé záření, difuzní záření, globální záření, technické parametry solárních článků, legislativa, stop – stav, výkupní ceny, situace v evropských zemích, situace ve Španělsku, Německu a Chorvatsku.

Annotation

The thesis focuses on evolution of the solar potential in Czech Republic and other European countries. It refers to the usage of solar energy in two ways. It describes basic types of thermal and solar cells. It evaluates natural and technical parameters. It gives further description of legislation related to the photovoltaic power plants. It informs about natural and economic conditions in European countries. It analyzes two dominant countries and gives explanation why in some countries the photovoltaics is not so developed.

Key words

Passive solar energy, active solar energy, thermal collector, solar cells, direct radiation, diffuse radiation, global radiation, technical parameters of solar cells, legislation, stopping condition, purchase prices, situation in European countries, situation in Spain, Germany and Croatia.

Prohlášení:

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě elektrotechnické Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, které jsou součástí této diplomové práce.

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

V Plzni dne 6. 5. 2012

Lenka Slavíková

.....

Poděkování:

Ráda bych poděkovala všem, co mě podporovali při psaní této diplomové práce. Zejména pak děkuji Ing. Milanovi Bělíkovi, Ph.D. za cenné rady, obětovaný čas a vstřícný přístup při vedení mé diplomové práce.

Obsah

1	Úvod.....	10
2	Základní principy využití solární energie.....	11
2.1	Rozdělení využití solární energie.....	11
2.1.1	Pasivní využití solární energie.....	11
2.1.2	Aktivní využití solární energie.....	12
2.2	Termické kolektory.....	12
2.2.1	Složení kolektoru.....	12
2.2.2	Dělení slunečních kolektorů.....	13
2.2.3	Popis základních kolektorů.....	14
2.2.4	Zhodnocení využití termických kolektorů.....	16
2.2.5	Umístění kolektoru.....	17
2.3	Fotovoltaické články.....	17
2.3.1	Princip fotovoltaického článku.....	18
2.3.2	Druhy fotovoltaických článků.....	18
2.3.3	Výkon fotovoltaického článku.....	20
2.3.4	Základní části FVE.....	21
3	Přírodní podmínky v ČR.....	23
3.1	Druhy slunečního záření.....	23
3.1.1	Přímé záření.....	23
3.1.2	Difúzní záření.....	23
3.1.3	Globální záření.....	24
3.2	Faktory ovlivňující využití slunečního záření.....	24
3.2.1	Základní ovlivňující faktory.....	25
3.3	Srovnání krajů dle jednotlivých faktorů.....	27
4	Technické parametry FVE.....	30
4.1	Způsob připojení FVE.....	30
4.2	Účinnost fotovoltaických článků.....	32
4.2.1	Srovnání termických kolektorů a FV článku dle teploty.....	33
4.3	V-A charakteristiky jednotlivých článků.....	34
4.4	Celkový výkon instalovaných FVE v ČR.....	38

4.4.1	Největší FVE v ČR.....	40
4.5	Aktuální nevyhovující oblasti pro připojení FVE.....	41
4.6	Předepsané parametry sítě	42
4.7	Základní údaje pro připojování FVE do PS.....	44
5	Legislativa.....	46
5.1	Hlavní zákony a vyhlášky týkající se FVE.....	46
5.2	Daňová legislativa.....	51
5.3	Solární boom.....	52
5.3.1	Příčiny.....	52
5.3.2	Následky	53
6	Situace v evropských státech.....	56
6.1	Přírodní podmínky v Evropě.....	56
6.2	Ekonomické zhodnocení evropských států.....	58
6.3	Porovnání výkonů instalací FVE v EU	60
6.4	Situace ve vybraných evropských státech.....	61
6.4.1	Spolková republika Německo	61
6.4.2	Španělské království.....	64
6.4.3	Chorvatská republika.....	68
6.4.4	Italská republika	69
6.4.5	Turecká republika.....	70
6.4.6	Kyperská republika.....	70
6.4.7	Maďarská republika	71
6.4.8	Slovenská republika	71
6.4.9	Ukrajinská republika	71
6.4.10	Spojené království Velké Británie a Severního Irska.....	72
6.4.11	Baltské státy	72
7	Závěr.....	74
8	Literatura	75

1 Úvod

Toto téma jsem si vybrala, jelikož sluneční energie se podílí na vzniku prakticky veškeré energie, která je na Zemi k dispozici. Sluneční energie vzniká jadernými reakcemi uvnitř Slunce. Vzhledem k tomu, že vyčerpání zásob vodíku na Slunci je očekáváno zhruba za 5 - 8 miliard let, je tato energie řazena mezi obnovitelné zdroje. Energie ze Slunce se podílela i na vzniku tzv. neobnovitelných zdrojů na Zemi, zejména jde o ropu, zemní plyn a uhlí. Jelikož se zásoby těchto paliv neustále ztenčují, začíná se čím dál více hovořit o možnosti využití právě obnovitelných zdrojů, mezi které solární energie patří. Ostatně sluneční záření se podílí i na vzniku ostatních obnovitelných zdrojů, ať již jde o využití energie větru, který vzniká nerovnoměrným zahříváním zemského povrchu, energii vody, která vzniká odpařováním vody v důsledku slunečního záření či energii biomasy, která v sobě nese uloženou energii slunečního záření.

V diplomové práci bych se ráda zaměřila na popsání hlavních principů využití solární energie. Zhodnotím přírodní podmínky v České republice a zjistím, zda přírodní podmínky odpovídají koncentraci FVE v ČR. Dále bych se zaměřila na legislativní podmínky v ČR. Legislativa bude zahrnovat nejdůležitější vyhlášky, zákony a směrnice. V technických parametrech bych uvedla základní charakteristiky FV článků a způsoby připojení FVE. Ke konci práce se budu věnovat evropským státům, u kterých bych popsala přírodní a ekonomické podmínky. Seřadím státy v Evropské Unii od nejmenších producentů solární energie po největší. Dále se zaměřím na některé vybrané evropské země.

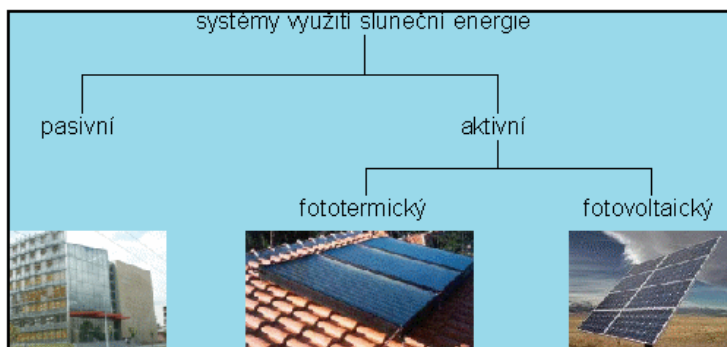
2 Základní principy využití solární energie

Tato kapitola se věnuje hlavním principům využití solární energie. Rozděluje využití solární energie na pasivní využití a aktivní. Popisuje hlavní rozdělení termických kolektorů a fotovoltaických článků.

2.1 Rozdělení využití solární energie

Dle využití se solární energie dělí:

- I. pasivní využití solární energie
- II. aktivní využití solární energie:
 - i. termické kolektory
 - ii. fotovoltaické články



Obr. 1: Rozdělení využití solární energie [1]

2.1.1 Pasivní využití solární energie

Jedná se o nejjednodušší princip využití solární energie, který využívá skleníkového jevu. Problematikou využití pasivní solární energie se zabývá obor solární architektura.

Domy postavené na principech solární architektury jsou projektované tak, aby jejich konstrukce zachytila co nejvíce slunečního záření, nejvhodnější orientace je na jih. Toto záření, které dopadá na stěny domu, je možné převést do vnitřních prostor domu a uspořit tak 5 – 15 % energie nutné k vytápění budovy, za předpokladu, že je dům vhodně orientován vzhledem ke světovým stranám a pohybu slunce. Těchto principů se využívá zejména při stavbě pasivních a nízkoenergetických domů. [2]

Solární architektura využívá okna s trojitým zaskleněním plněné argonem nebo kryptonem se superizolovaným rámem. Celý systém funguje jako velká zrcadla, která protlačují tepelné ztráty prouděním. Tepelné záření s větší vlnovou délkou nemůže projít dovnitř ani ven, sluneční teplo a světlo s kratší vlnovou délkou proniká do prostorů domu. Získané teplo se akumuluje do hmoty stavby a využívá se k přihřívání budovy i ve večerních hodinách.

2.1.2 Aktivní využití solární energie

Pro aktivní využití solární energie slouží termické kolektory a fotovoltaické články. V termických kolektorech dochází k ohřevu vody, která se využívá jako užitková, na vytápění nebo k ohřevu bazénů. Fotovoltaické články zase pomocí tzv. fotovoltaického jevu přeměňují sluneční záření na elektrickou energii.

2.2 Termické kolektory

Termické kolektory využíváme k ohřevu například užitkové vody nebo k vytápění. Přeměna energie na teplo je jednodušší než přeměna na elektrickou energii (fotovoltaické články). Příkladem nejjednodušší přeměny sluneční energie na teplo je například sud natřený na černo.

Zařízením k přímé přeměně sluneční energie na teplo se říká různě - fototermická, solární, sluneční. Základním článkem je solární kolektor (sběrač), který shromažďuje, pohlcuje a přeměňuje sluneční energii. Energie je odváděna buď pomocí vzduchu nebo kapaliny rovnou k využití nebo se akumuluje.

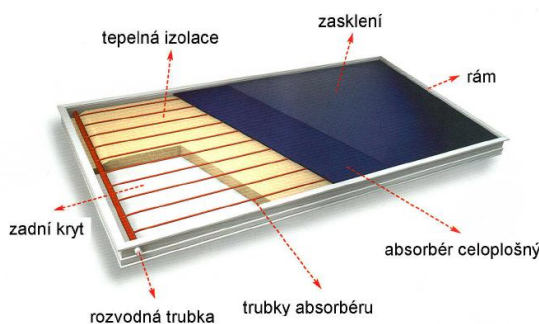
2.2.1 Složení kolektoru

Srdcem termického kolektoru je absorbér. Jedná se např. o plochou desku s neodrazivým povrchem a trubicemi pro odvod teplotného média. Aplikací absorbéro pod skleněnou desku vzniká sluneční termický kolektor, který využívá k ohřevu tzv. skleníkový efekt.

Sluneční absorbéry zachycují sluneční záření a přeměňují ho na dlouhovlnné záření, díky tomu dochází k přeměně na tepelnou energii. Absorbér se skládá z měděného nebo hliníkové plechu, k jehož zadní straně jsou připájeny nebo nalisovány měděné trubice. U levných absorbérů je povrch natřený pouze černou barvou, používá se pro letní měsíce. Kvalitní

kolektory využívají spektrálně selektivní vrstvu (speciální černá barva nebo galvanické pokovení), díky tomu mají vyšší účinnost a dokážou zpracovat i difúzní záření (nepřímé záření). Většina současných kolektorů používá měděný plech s pokovením TiNOx. Zasklení je ze speciálního skla, které má nízkou pohltivost slunečního záření a má zvýšenou mechanickou pevnost. [3]

Dalšími základními prvky systému jsou skříň, tepelná izolace, krycí sklo. Výjimkou jsou bazénové kolektory, které obsahují pouze absorbér. Skříň slouží k uložení celého systému v kovové, plastové nebo dřevěné vaně a slouží k uchycení kolektoru. Izolace omezuje tepelné ztráty a zabraňuje úniku tepla. Nejčastěji se používá tepelná izolace z minerální vlny nebo polyuretanu. Musí odolávat teplotám do 200 °C a nesmí přijímat z okolního prostředí vlhkost.[4] Krycí sklo zajišťuje skleníkový efekt a omezuje tepelné ztráty přední stěnou kolektoru. Používá se speciální bezpečnostní solární sklo s velkou propustností a dlouhou životností. Na obr. 2 je popsán plochý teplotnosný kolektor.



Obr. 2: Popis plochého teplotnosného kolektoru [4]

2.2.2 Dělení slunečních kolektorů

➤ Podle konstrukce:

- ❖ bazénové sluneční kolektory
- ❖ ploché sluneční kolektory
- ❖ vakuové sluneční kolektory

➤ Podle tvaru:

- ❖ ploché
- ❖ trubicové
- ❖ koncentrační

➤ Podle teplotnosné látky:

- ❖ vzduchové
- ❖ kapalinové

➤ Podle tlaku výplně:

- ❖ atmosférický
- ❖ subatmosférický

➤ **Podle zasklení:**

- ❖ bez zasklení
- ❖ jednoduché
- ❖ vícevrstvé
- ❖ struktura

➤ **Podle absorbéru:**

- ❖ plastový
- ❖ kovový – neselektivní
- ❖ kovový – selektivní
- ❖ akumulární

2.2.3 Popis základních kolektorů

Bazénové sluneční kolektory

Na ohřev koupališť nebo bazénů se používají pouze absorbéry. U nich se ve srovnání s plochými kolektory nepoužívá zakrytí a tepelná izolace. Bazénové absorbéry se skládají z plastů a používají se k sezónnímu ohřevu. Díky tomu, že v konstrukci je vynechána skleněná deska, tak odpadají ztráty odrazem a prostupem (transmisí). Při nevýrazných teplotních rozdílech mezi absorbérem a okolím je stupeň účinnosti, v porovnání s kapalinovým i vakuovým kolektorem, dokonce vyšší. Při teplotních rozdílech větších než 10 °C se tato výhodná účinnost ztrácí.

Rozlišujeme dva druhy absorbérů:

- trubkový absorbér
- plošný absorbér

Trubkový absorbér se skládá z velkého počtu hadic nebo trubek, které jsou zařazeny pokud možno rovnoběžně. Pomocí čerpadla je voda čerpaná a protékána trubkami termického absorbéru. Ten je ohříván slunečním zářením a předává teplo do vody.

U plošných absorbérů se potrubní profily integrují do desek. Přednostmi tohoto druhu absorbéru je jejich zatížitelnost, např. využití jako podlahová krytina, a jejich menší náchylnost ke znečištění ve srovnání s trubkovým absorbérem. Velikost panelu je 2,4 m² s rozměry 200 x 120 cm, spojování panelů se provádí paralelně vedle sebe. Životnost absorbéru je minimálně 15 let. [5]



Obr. 3: Trubkový bazénový absorbér



Obr. 4: Plošný bazénový absorbér

Ploché solární kolektory

Popis plochého kolektoru je uvedený v kapitole 2.2.1. Energie se odvádí pomocí teplotnosné kapaliny do výměníku, kde je teplo využito k přípravě teplé užitkové vody (TUV), pro vytápění, případně uskladněno k pozdějšímu využití (na dobu, kdy je slabý sluneční svit). Teplotnosnou kapalinou je obvykle voda s příměsí ekologicky nezávadné nemrznoucí kapaliny (sloučeniny glykolu, solaren aj.)

Vakuové solární kolektory

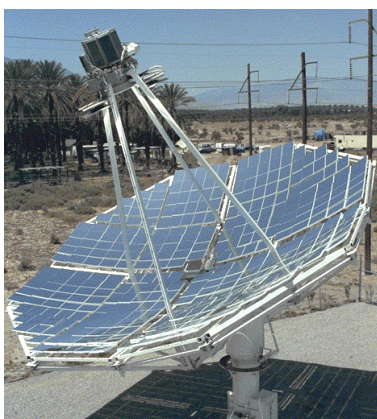
Jedná se o typ kolektoru s nižším množstvím tepelných ztrát a tedy i s vyšší účinností. Díky vakuovému provedení jsou absorpční plochy kolektoru schopny pracovat i při nižších teplotách. Při jasném počasí i při mrazivých teplotách dokáže do systému dodat tepelné kalorie. Dokáže přijímat difúzní záření. V porovnání s kapalinovým kolektorem je vakuový kolektor výkonnější. Ztráty se ve vakuových kolektorech minimalizují odstraněním vzduchu z kolektoru např. princip termosky, nevýhodou je vysoká pořizovací cena. Tento typ kolektorů je vhodný pro vytápění budov, méně vhodný je pro ohřev vody a úplně nevhodný pro ohřev bazénu.

Termické kolektory prostřednictvím vakuované trubice zachycují sluneční záření a přeměňují jej na tepelnou energii. Vlivem působení této energie dochází k výparu teplotnosné kapaliny (obvykle voda při sníženém tlaku, nebo alkohol), ta přechází jako pára do kondenzátoru, kde předá teplo topné vodě. Poté se ochladí, zkapalní a vrací se zpět do kolektoru.

Energetická návratnost termického kolektoru zásadně závisí na materiálu absorbéru (nejčastěji měď) a materiálu skříně kolektoru. Pokud je termický kolektor vyroben z recyklovaných surovin, energetická návratnost klesne pod 2 měsíce. Typ selektivního povrchu a tepelné izolace nemá zásadní vliv. Energetická návratnost celých solárních soustav je u aplikací k přípravě teplé vody od 1 do 2 let, u přitápění od 2 do 4 let.

Koncentrační termální kolektory

Koncentrační kolektory jsou zatím na českém trhu nejméně zastoupeny. Jedná se o kolektory, ve kterých jsou použita zrcadla (reflektory), čočky (refraktory) nebo další optické prvky k usměrnění a soustředění přímého slunečního záření, které prochází aparaturou kolektoru do ohniska (absorbéru) o výrazně menší ploše, než je vlastní plocha aparatury. Pro účinné použití koncentračních kolektorů je základní podmínkou dostatek energie přímého slunečního záření během roku.^[6] Tyto kolektory jsou vybaveny natáčecím zařízením pro efektivnější využití energie Slunce. Výhodou je znásobení energetického toku na co nejmenší absorbér, který má díky své konstrukci menší ztráty a rychlejší ohřev než u klasického plochého kolektoru.



Obr. 5: Koncentrační kolektor

2.2.4 Zhodnocení využití termických kolektorů

Pomocí termických plochých kolektorů lze ušetřit v ČR až 75 % ročních nákladů na ohřev teplé vody. Tyto systémy dokážou pracovat s účinností až 75 %, jedná se o hodnotu maximální, reálná provozní účinnost se pohybuje od 40 % do 60 %. Životnost základních komponentů se pohybuje okolo 30 let. Další výhodou, kromě životnosti, je nízká pořizovací cena. Nevýhodami je nízká účinnost, která se využívá především k ohřevu užitkové vody, kolektory se selektivní vrstvou lze použít i k vytápění. V tabulce č. 1 jsou uvedeny energetické zisky nejpoužívanějších kolektorů.

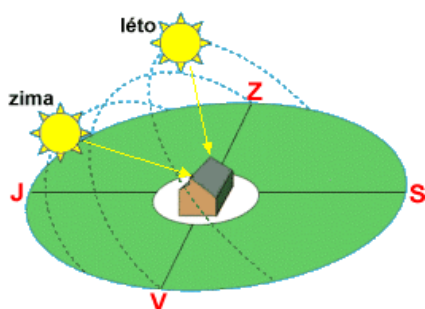
Energetické zisky	[kWh/m ² za rok]
kapalinové kolektory bez selektivního povrstvení	250 – 400
kapalinové kolektory se selektivním povrstvením	320 – 530
vakuové trubicové kolektory	400 – 890

Tab. 1: Energetické zisky

2.2.5 Umístění kolektoru

Nejvhodnější umístění kolektoru je na jih nebo jihozápad, kvůli co největšímu energetickému využití intenzity poledního slunečního záření

Kolektor by měl být skloněn nejideálnější způsobem, aby na plochu absorberu dopadalo co nejvíce záření. Výška Slunce nad obzorem se však mění nejen během dne, ale i v průběhu roku. V létě je Slunce nad obzorem výš než v zimě. V létě by byl vhodný sklon kolektoru 30° od vodorovné roviny, v zimě kolem 60°. Obvykle se jako kompromis volí sklon v rozmezí 35° - 45°. [4]



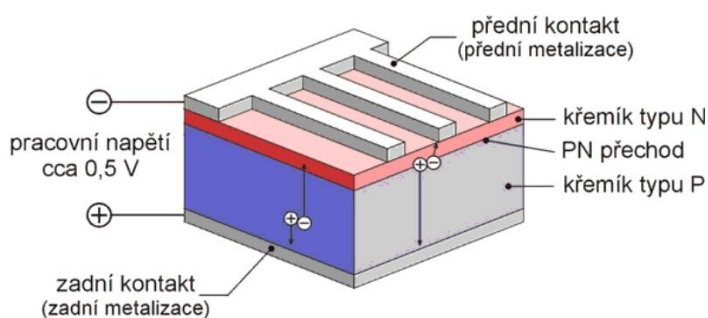
Obr. 6: Vhodné umístění kolektoru [4]

2.3 Fotovoltaické články

V současné době je podíl fotovoltaiky zanedbatelný, tvoří pod 0,1 % celkové spotřeby elektrické energie. Existují určité prognostické modely, které vedou k celkovému instalovanému FV výkonu ~ 75 TWp v roce 2065. Tento výkon odpovídá FV instalaci s 15 % účinností na ploše 0,5 mil. km², tedy asi 0,8 % plochy souší. Součástí prognózy je zhodnocení dostupnosti materiálů a zdá se, že v cestě nestojí žádné nepřekonatelné překážky. Očekávané nárůsty produkce surovin jsou zvládnutelné (např. skla na desetinásobek současné roční produkce nebo stonásobný nárůst výroby křemíku).

2.3.1 Princip fotovoltaického článku

Fotovoltaické články využívají princip fotovoltaického jevu. Solární článek je destička o velikosti nejčastěji 12 x 12 cm někdy i více. Nejčastějším materiálem je křemík, který patří mezi polovodiče. Na obrázku číslo 7 je znázorněn řez polovodičovým článkem. Základní podstatou fotovoltaického jevu je, že na rozhraní dvou materiálů při dodání energie, v tomto případě sluneční, dojde ke vzniku napětí. V uzavřeném obvodu odebíráme stejnosměrný proud, který je vhodný pro napájení běžných spotřebičů nebo nabíjení akumulátorů.



Obr. 7: Řez polovodičovým článkem [7]

2.3.2 Druhy fotovoltaických článků

A. Dělení dle použitého materiálu:

1. materiály založené na křemíkové bázi:
 - monokrystalické články
 - polykrystalické články
 - amorfni články (tenkovrstvé)
2. alternativní materiály

B. Rozdělení dle vývoje:

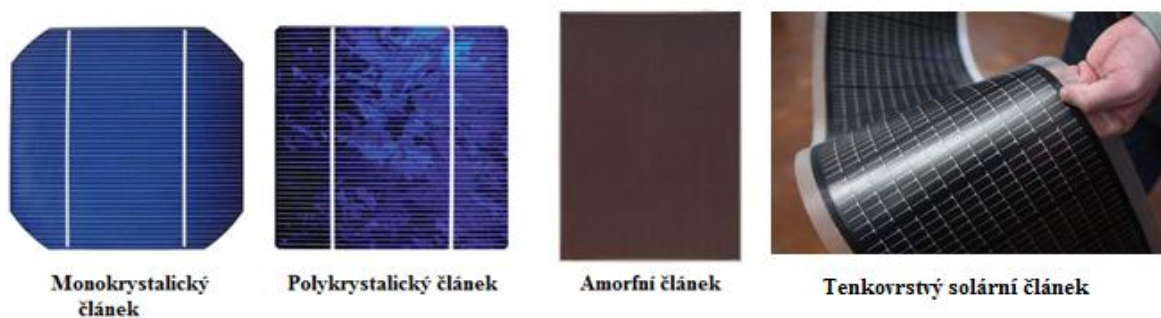
- články první generace
- články druhé generace
- články třetí generace

A. Fotovoltaické články z hlediska použitého materiálu

Monokrystalické články se skládají z jednoho krystalu křemíku o velikosti více jak 10 cm a vyrábí se pomalým tažením roztaveného křemíku. Články polykrystalické se skládají z většího množství krystalů o velikosti 1 – 100 mm různě orientovaných. Amorfni články jsou vyráběny technologií nanášení slabé vrstvy amorfniho křemíku na sklo nebo fólii.

Rozdíly mezi polykrystalickým článkem a monokrystalickým článkem jsou zřejmé na první pohled. Polykrystalický článek je modře zbarvený ve tvaru čtverce a monokrystalický je černý ve tvaru osmiúhelníku. Monokrystalický článek je účinnější než polykrystalický článek, ale vzhledem k osmiúhelníkovému tvaru není pokrytí tak dokonalé jako u polykrystalického článku, z toho vyplývá, že konečná účinnost obou článků je téměř stejná. Účinnost monokrystalického je 13 – 22 %, polykrystalického 10 – 15 %. Účinnost amorfniho článku je 4 – 8 %. Pro dosažení stejného výkonu jako u polykrystalických, či monokrystalických článků, je zapotřebí pokrytí větší plochy, ale co se týká výrobních nákladů, je nejméně náročný.

Alternativním materiálem pro výrobu fotovoltaických článků jsou vodivé polymery, slitiny na bázi india a galia, případně sloučeniny na bázi kadmia s účinností 4 - 10 %, které lze vrstvit a tím dosahovat několikanásobně vyšších účinností. Slibnou cestou výroby fotovoltaických materiálů budou v budoucnu nanočástice. Nekřemíkové technologie jsou však často pouze ve fázi výzkumu a vývoje, nicméně některé z těchto technologií do budoucna pravděpodobně plně nahradí energeticky náročný, drahý a nedostatečný křemík.



Obr. 8: Druhy fotovoltaických článků [7]

B. Dělení dle vývoje

➤ Fotovoltaické články první generace

Do článků první generace patří články polykrystalické a monokrystalické. V současnosti tvoří články první generace 85 % všech článků dodaných na trh. Jejich výroba je relativně drahá vzhledem k použití drahého krystalického křemíku.

➤ Fotovoltaické články druhé generace

Články druhé generace jsou tvořeny podložkou ze skla, plastu nebo textilie, na kterou je nanášena tenká polovodičová vrstva (thin film) amorfního nebo mikrokrystalického křemíku nebo jiných materiálů. Životnost i účinnost článků je nižší než u článků první generace.

➤ Fotovoltaické články třetí generace

Do fotovoltaických článků třetí generace patří články s alternativními materiály. Hlavním cílem je snížení výrobních nákladů a maximalizace účinnosti. Třetí generace zahrnuje více vývojových odvětví, nejvýznamnější jsou zatím články vícevrstvé a koncentrované. Účinnosti vícevrstevných článků je dosaženo pomocí více vrstev, z nichž každá využívá pouze část slunečního spektra a zbylé záření propouští do nižších vrstev. Maximální účinnost komerčních článků je cca 30 % pro třívrstvé články, avšak jejich výroba je nákladnější než výroba jednovrstevných článků, jelikož jsou nejčastěji vyráběny z křemíku. Řádově jsou 2 až 3 krát dražší. Koncentrátové články jsou vyráběny z dostupnějších materiálů, jejich účinnost je zatím max. cca 40 %, avšak články využívají pouze přímé sluneční záření nikoliv difúzní záření, které se v ČR vyskytuje nejvíce. Ve stádiu výzkumu a vývoje jsou články organického typu. U těchto článků došlo k výraznému snížení výrobních nákladů, účinnost těchto článků je však zatím pouze 2 – 4 % a komerčně jsou zatím nedostupné. [8]

2.3.3 Výkon fotovoltaického článku

Jeden solární článek dokáže při max. výkonu vytvořit napětí 0,5 V a elektrický proud až 3 A. Významnou vlastností solárních článků je snadnost jejich vzájemného propojení za účelem sestavení větších celků. Tyto celky se nazývají solární moduly nebo také fotovoltaické moduly a představují základní stavební jednotky fotovoltaických systémů.

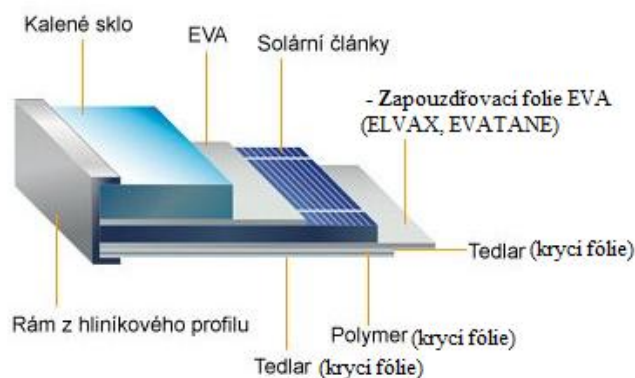
V jednom solárním panelu je běžně 36 článků o výstupním napětí 12 V nebo 72 článků o napětí 24 V. Solární panely mají různé výkony 150, 180 až 280 W. Výkonovou jednotkou panelů je Wattpeak (Wp) neboli tzv. špičkový výkon. Je to výkon naměřený při energetické hustotě záření 1 000 W/m², teplotě 25 °C a světelném spektru odpovídajícím slunečnímu záření po průchodu bezoblačnou atmosférou Země. Jde tedy téměř o výkon panelu při letním bezoblačném dni.^[9] Jeden instalovaný kWp je schopen vyrobit přibližně 1 000 kWh/rok.

1 kWp nainstalovaného výkonu obnáší přibližně 8 metrů čtverečních panelů (křemíkový mono nebo polykrystal), případně až 16 metrů čtverečních u amorfního křemíku nebo u různých alternativních (nekřemíkových) technologií. Pokud jsou panely instalovány na volný vodorovný terén do řad za sebou, je zapotřebí plocha přibližně 2,5 krát větší, než je plocha samotných kolektorů, protože řady musí být za sebou v takových rozestupech, aby si nestínily. ^[10]

2.3.4 Základní části FVE

I. Fotovoltaický panel

Základním prvkem fotovoltaických panelů je fotovoltaický článek, který se zapojuje sérioparalelně. Na obrázku 9 je zobrazený řez fotovoltaického panelu. Životnost fotovoltaického panelu je okolo 30 let. V průběhu času může panel ztratit část své účinnosti, jedná se o zanedbatelnou část cca okolo 0,3 % za rok. Obvykle výrobci garantují účinnost 90 % po dobu 12 let, panel starý okolo 25 let by měl vykazovat účinnost až nad 80 %. Panely jsou bezúdržbové, jsou pokryty speciálním kalným sklem, které chrání panel proti nepříznivých podmínkám. Panel by měl vydržet kroupy o velikosti 2 – 2,5 cm. Během využívání panelu, je nutné kontrolovat čistotu, kvůli ztrátě účinnosti.



Obr.: 9: Struktura fotovoltaického panelu ^[7]

II. Střídač (inventor)

Ve fotovoltaických panelech je vyroben stejnosměrný proud, který se pro dodávku do sítě musí přeměnit na proud střídavý 230V/400V, 50Hz. Tato konverze je zabezpečována ve střídači (inventoru). Střídač je v podstatě řídicí centrum celého systému a mimo konverze proudu je schopen podávat informace o vyrobené energii a provozních stavech. Střídač zároveň monitoruje a reguluje napájení sítě a v případě jakékoliv poruchy v přenosové soustavě automaticky odpojí solární generátor od sítě. Každý kvalitní střídač dnes obsahuje jeden nebo více MPP (maximal power point) trackerů. Je to funkce aktivního hledání optimálního pracovního bodu změnou vstupního odporu střídače a tím získání nejlepšího výkonu fotovoltaického panelu při daném ozáření. Čím lepší a propracovanější je algoritmus MPP trackeru, tím vyšší bude výnos z fotovoltaického systému. Maximální účinnost dnešních střídačů se pohybuje kolem 96 % (EU účinnost, což je účinnost při částečném zatížení, kolem 93 %).

Střídač může být vybavený displejem, který ukazuje aktuální údaje o činnosti systému, okamžitý výkon, napětí, energii vyprodukovanou systémem ve sledovaný den, celkovou vyprodukovanou energii, dobu práce systému, případně poruchu a příčinu poruchy. Záruka střídačů se pohybuje v rozmezí 5 – 20 let. [8]

III. Elektroměr vlastní spotřeby

Elektroměr měří energii spotřebovanou, za kterou se nic nehradí a navíc distributor sítě na ní vydává Zelený bonus.

IV. Elektroměr energie prodané do sítě

Elektroměr měří energii dodávanou do sítě. Za každou kWh se distributorovi účtuje cena za výkup elektřiny a Zelený bonus dle aktuálního ceníku Energetického regulačního úřadu.

3 Přírodní podmínky v ČR

Obecně řečeno Slunce je ústředním dodavatelem energie, intenzita záření na povrchu je okolo $70\,000\text{ kW/m}^2$. Na Zemi vstoupí jen zlomek energie, který ročně tvoří energii záření v hodnotě 219 000 000 miliard kWh. To odpovídá 2 500 krát více součastné světové spotřeby.

Na vnějším okraji atmosféry činí průměrná intenzita záření $1\,360\text{ W/m}^2$ (solární konstanta). Při průchodu atmosférou se však část záření „ztratí“. Za jasného dne tedy máme k dispozici pro naši potřebu $800 - 1\,100\text{ W/m}^2$ globálního záření.

3.1 Druhy slunečního záření

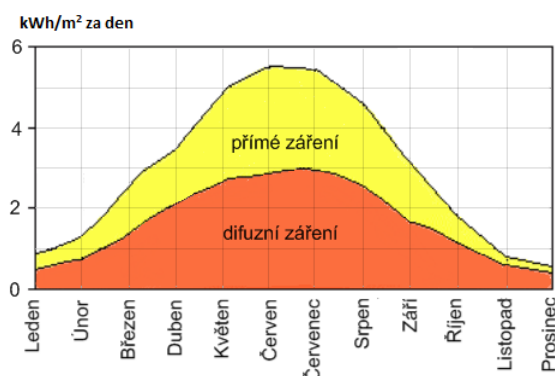
3.1.1 Přímé záření

Při jasné obloze dopadá největší část slunečního záření na Zemi, aniž by změnilo směr. Toto záření se nazývá přímé. Pro fotovoltaiku platí, že fotovoltaické panely složené z monokrystalických nebo polykrystalických fotovoltaických článků, potřebují k dosažení maximální účinnosti zejména přímé záření, tedy přímé sluneční světlo.

3.1.2 Difúzní záření

Nepřímé záření rozptýlené do atmosféry. Rozptýl je způsoben jeho odrazem od molekul plynů, částec prachu a mraků. Difúzní záření dopadá na osluněnou plochu i v době, kdy je obloha zatažená mraky a slunce přímo nesvítí, jeho intenzita je však podstatně menší. Ve fotovoltaice vytváří až 20 % výkonu. Tenkovrstvé fotovoltaické panely na bázi křemíku dokážou zužitkovat i difúzní záření až o 10 % více než polykrystalické a monokrystalické články.

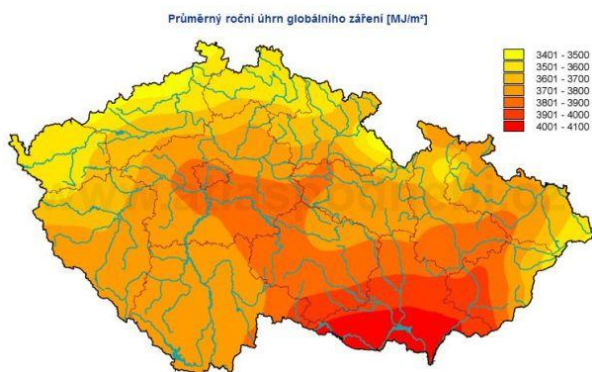
V grafu číslo 1 je vidět poměr mezi difúzním a přímým zářením v České republice v kWh/m^2 za den. V letních měsících je poměr difúzního záření ke globálnímu záření téměř 50 %. V zimních měsících, jak je vidět z grafu, je poměr difúzního záření ke globálnímu výrazně vyšší.



Graf 1: Porovnání přímého slunečního záření a difuzního v ČR

3.1.3 Globální záření

Globální záření se skládá z přímého a difúzního záření. Je podstatně závislé na klimatických a geografických podmínkách. Na obrázku číslo 10 je zobrazen průměrný roční úhrn globálního záření. Mapa globálního slunečního záření vychází z dlouhodobých meteorologických měření. V podmínkách České republiky dopadne na jeden m^2 zhruba 950 – 1 340 kWh (3 420 – 4 824 MJ) sluneční energie z čehož největší část (asi 75%) v letním období.



Obr. 10: Průměrný roční úhrn globálního záření [MJ/m²] [11]

3.2 Faktory ovlivňující využití slunečního záření

Možnosti aktivního využití slunečního záření jsou závislé hlavně na dvou faktorech. Prvním je doba slunečního záření. Druhým faktorem je intenzita slunečního záření. Oba faktory jsou vždy ovlivňovány aktuálním počasím. Přestože množství dopadajícího

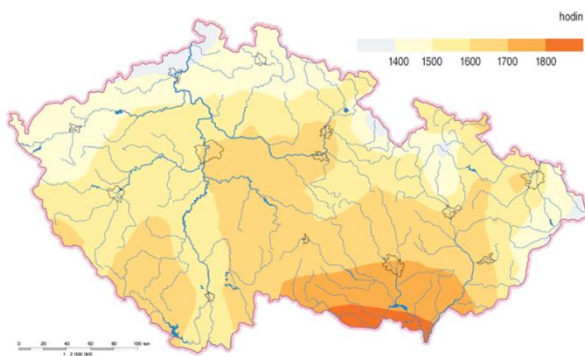
slunečního záření v ČR kolísá a nejvíce ho dopadá v létě, jsou zde podmínky pro využití solární energie poměrně dobré. [1]

3.2.1 Základní ovlivňující faktory

- I. doba slunečního záření
- II. intenzita záření
- III. znečištění atmosféry
- IV. geografické podmínky a klimatické podmínky

I. Doba slunečního záření

Doba slunečního záření představuje počet hodin souvislého slunečního svitu za měsíc nebo za rok. V České republice je průměrné rozmezí 1 600 – 2 100 hod/rok. Veličina je závislá na přírodních podmínkách, na zeměpisné šířce a délce. Na obrázku číslo 11 je zobrazen průměrný roční úhrn trvání slunečního záření v hodinách. Nejmenší počet hodin má severozápadní území. Směrem na jihovýchod počet hodin narůstá. Z mapy je zřejmé, že největší doba slunečního záření je na jižní Moravě. Patří sem například lokality okolo Břeclavi a Valtic.



Obr. 11: Průměrný roční úhrn trvání slunečního záření [h] [12]

II. Intenzita záření

Intenzita slunečního záření je veličina, která vyjadřuje souhrn globálního záření na jednotku vodorovné plochy za měsíc nebo za rok. Intenzita je stejně jako doba slunečního záření závislá na přírodních podmínkách. Mapa intenzity záření je na obrázku 10 v kapitole 3.1.3.

Dalším faktorem, na kterém záleží, je počet bezoblačných dní zobrazený na obrázku číslo 12, dále na zeměpisné šířce a ročním období viz graf 1 v kapitole 3.1.2 Difuzní záření.

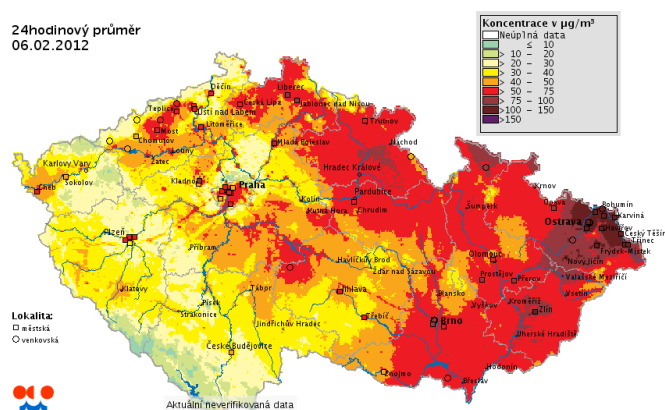


Obr 12: Průměrný počet bezoblačných dní v ČR [11]

III. Znečištění atmosféry

Průchodem atmosférou se intenzita sluneční energie zmenšuje. Dochází k tomu díky odrazu od molekul plynů a prachu či absorpcí víceatomovými plyny. Mírou zmenšení intenzity tohoto záření je tzv. součinitel znečištění Z , který závisí na obsahu příměsí a atmosférickém tlaku vzduchu. [14]

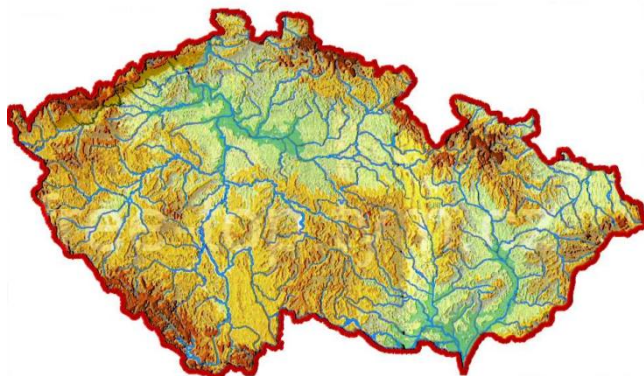
V oblastech se silně znečištěnou atmosférou nebo v oblastech s vysokým výskytem inverzí je nutné počítat s poklesem globálního záření o 5 – 10 %. Na obrázku číslo 13 je pro příklad zobrazena mapa znečištění k 6. 2. 2012, jedná se o 24 hodinový průměr. Mapy jsou každý den aktualizované na stránkách Českého hydrometeorologického úřadu.



Obr. 13: Mapa znečištění 24 hodinový průměr k 6. 2. 2012 [13]

IV. Geografické podmínky a klimatické podmínky

Pro oblasti s nadmořskou výškou od 700 do 2 000 metrů nad mořem je možné počítat s 5 % nárůstem globálního záření. Na obrázku číslo 14 je zobrazena mapa reliéfu v ČR. Odstíny hnědé barvy jsou zobrazeny hory a pahorkatiny (tmavší odstín zobrazuje vyšší nadmořskou výšku), zelenou barvou jsou zobrazeny nížiny.



Obr. 14: Mapa reliéfu v ČR [14]

3.3 Srovnání krajů dle jednotlivých faktorů

V tabulce č. 2 jsou srovnané jednotlivé kraje dle průměrného ročního úhrnu trvání slunečního záření, počtu bezoblačných dní, průměrného ročního úhrnu globálního záření. Grafické znázornění je v grafu č. 2. V grafu je červeně označena nejméně vhodná a nevhodnější lokalita. Jednotlivé hodnoty jsou odvozené z hydrometeorologických map z kapitoly 3.2.

Nejvhodnější lokalitou je Jihomoravský kraj, konkrétně jižní část, s průměrným ročním úhrnem trvání slunečního záření 1 800 – 1 900 h a v průměru se 66 slunečními dny v roce. Na Moravě je největší délka trvání slunečního svitu a také větší počet slunečných dní, což je dané polohou tohoto území a jeho nížinným charakterem. Poloha jižní Moravy v rámci ČR ovlivňuje výskyt frontálních srážek a s nimi spojené oblačnosti. Atmosférické fronty postupují přes území ČR nejčastěji ve směru od západu k východu. Území jižní Moravy je v závětří Českomoravské vrchoviny. Srážky se většinou vyprší na západě území ČR a na jižní Moravu už často ani nedorazí. Nížinný charakter má vliv na tvorbu konvektivních (bouřkových) srážek a s tím spojené oblačnosti. V nížinných oblastech nejsou tak vhodné podmínky pro vznik konvektivních srážek jako v oblastech se zvlněným terénem. Je zde proto i méně oblačnosti a jsou dosahovány větší délky trvání slunečního svitu.

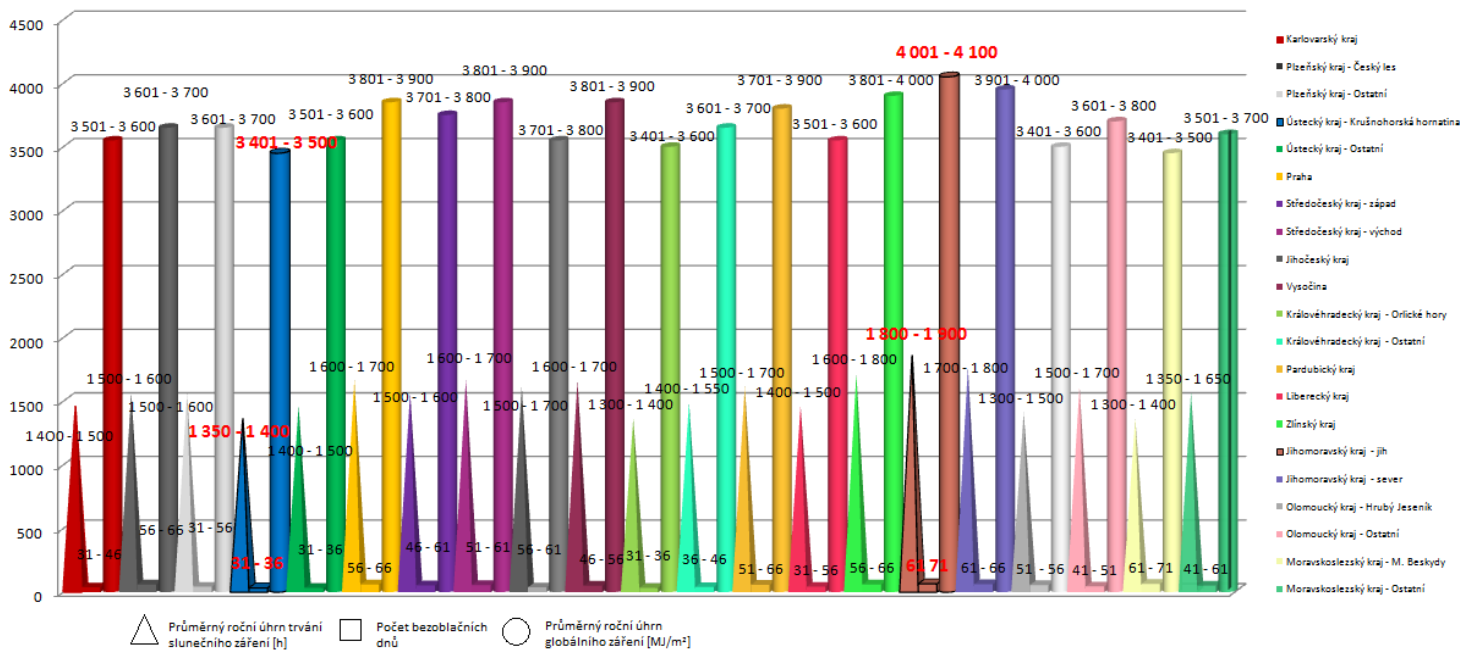
Nejméně vhodnou lokalitou se jeví dle grafu Ústecký kraj v části Krušnohorské hornatiny s průměrným ročním úhrnem trvání slunečního záření 1 300 – 1 400 h a počtem slunečních dní v průměru 33,5 dne.

Pro výstavbu fotovoltaické elektrárny jsou dle grafu vhodné lokality, například Praha, Středočeský kraj - východní část, Jižní Morava - severní část. U jednotlivých hodnot není počítáno se znečištěním prostředí.

	Karlovarský kraj	Plzeňský kraj		Ústecký kraj		Praha	Středočeský kraj	
		Český les	Ostatní	Krušnohorská hornatina	Ostatní		Západ	Východ
PR	1 400 - 1 500	1 500 - 1 600	1 500 - 1 600	1 300 - 1 400	1 400 - 1 500	1 600 - 1 700	1 500 - 1 600	1 600 - 1 700
PB	31 - 46	56 - 66	31 - 56	31 - 36	31 - 36	56 - 66	46 - 61	51 - 61
PG	3 501 - 3 600	3 601 - 3 700	3 601 - 3 700	3 401 - 3 500	3 501 - 3 600	3 801 - 3 900	3 701 - 3 800	3 801 - 3 900
	Jihočeský kraj	Vysočina	Královéhradecký kraj		Pardubický kraj	Liberecký kraj		
			Orlické hory	Ostatní				
PR	1 500 - 1 700	1 600 - 1 700	1 300 - 1 400	1 400 - 1 550	1 500 - 1 700	1 400 - 1 500		
PB	56 - 71	46 - 56	31 - 36	36 - 46	51 - 66	31 - 56		
PG	3 701 - 3 800	3 801 - 3 900	3 401 - 3 600	3 601 - 3 700	3 701 - 3 900	3 501 - 3 600		
	Zlínský kraj	Jihomoravský kraj		Olomoucký kraj		Moravskoslezský kraj		
		Jih	Sever	Hrubý Jeseník	Ostatní	Moravskoslezské Beskydy	Ostatní	
PR	1 600 - 1 800	1 800 - 1 900	1 700 - 1 800	1 300 - 1 500	1 500 - 1 700	1 300 - 1 400	1 450 - 1 650	
PB	56 - 66	61 - 71	61 - 66	51 - 61	41 - 51	61 - 71	41 - 61	
PG	3 801 - 4 000	4 001 - 4 100	3 901 - 4 000	3 401 - 3 600	3 601 - 3 800	3 401 - 3 500	3 501 - 3 700	

PR - Průměrný roční úhrn trvání slunečního záření [h]
 PB - Počet bezoblačných dnů
 PG - Průměrný roční úhrn globálního záření [MJ/m²]

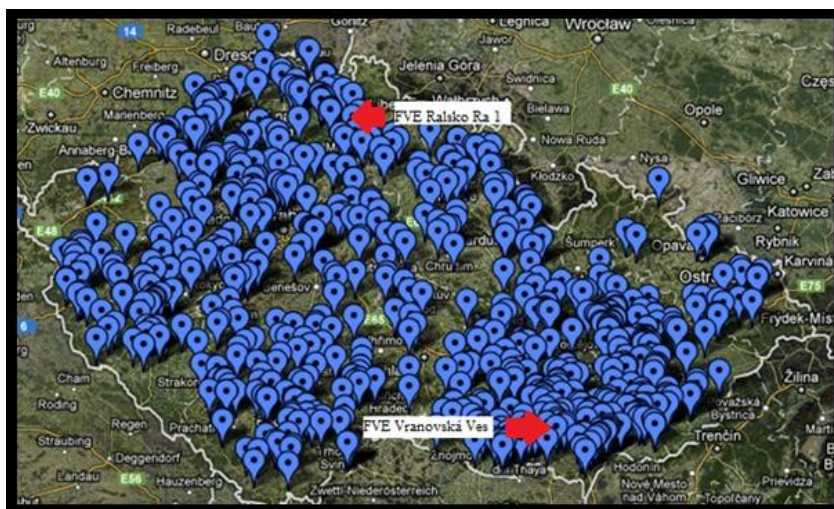
Tab. 2: Srovnání krajů dle hlavních faktorů



Graf. 2 : Znárodnění krajů dle jednotlivých faktorů

Z mapy na obrázku 15, je vidět, že koncentrace FVE odpovídá přírodním podmínkám. Například v Moravskoslezských Beskydách je minimum FVE, naopak na jižní Moravě je koncentrace nejvyšší.

Největší FVE Ralsko Ra 1 leží v Ústeckém kraji, kde je průměrný roční úhrn globálního záření okolo 3 500 MJ/m². Dle zhodnocení přírodních podmínek lze říci, že jsou i vhodnější lokality. Musíme, ale vzít v úvahu, že vyhodnocení proběhlo z průměrných hodnot pro daný kraj. V nevhodnější lokalitě Jihomoravského kraje je umístěna velká FVE s výkonem nad 10 MWp. Jedná se o FVE Vranovská Ves.



Obr. 15: Mapa licencovaných FVE v ČR [15]

4 Technické parametry FVE

Tato kapitola je věnována způsobům připojení FVE, účinnosti FV článků, základním charakteristikám FV článků, celkovému výkonu instalací FVE, parametrům sítě a podmínkám připojení FVE.

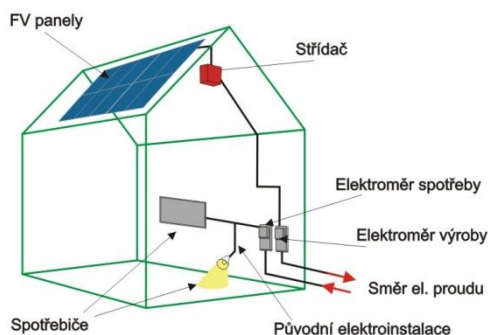
4.1 Způsob připojení FVE

Dle způsobu dodávky elektřiny do rozvodné sítě rozlišujeme dva způsoby:

- ostrovní systém (off-grid)
- připojení na síť samostatnou přípojkou nebo za využití tzv. Zeleného bonusu (on-grid)

Připojení na síť samostatnou přípojkou

Připojení na síť samostatnou přípojkou se používá u uživatelů, kteří celou vyrobenou elektřinu prodávají distributorovi sítě za předem smlouvenou Výkupní cenu. Tento typ není moc užívaný pro malé fotovoltaické elektrárny, kvůli jeho legislativní složitosti. Na obrázku číslo 16 je zobrazeno přímé připojení.

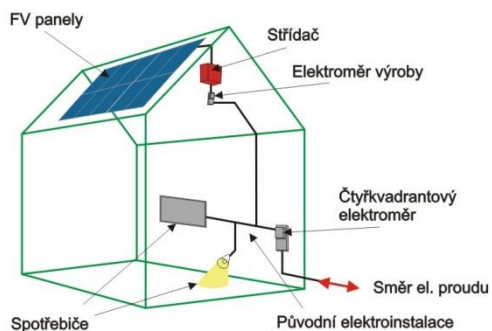


Obr. 16: připojení na síť samostatnou přípojkou [7]

Připojení na síť za využití tzv. Zeleného bonusu

Připojení se využívá při velkých přebytecích elektrické energie. Část energie stačí na pokrytí spotřeby domácnosti a zbylá část se poskytuje do distribuční sítě. Distributor sítě

po té vyplácí Zelený bonus (více informací v kapitole 5). Zapojení je vidět na obrázku číslo 17.



Obr. 17: Připojení na síť za využití tzv. Zeleného bonusu [7]

Ostrovní systém

Ostrovní systém neboli off-grid se používá v lokalitách, kde není možné připojit odběrné místo k distribuční síti, vzdálenost k rozvodné síti je 500 – 1 000 m, kde náklady na realizaci přípojky jsou vyšší než instalace FVE panelů a kde je potřeba střídavé napětí 230 V. Jedná se zejména o rekreační objekty, karavany a jiné odlehlé objekty. Na obrázku číslo 18 je zobrazen ostrovní systém.

Dělení ostrovního systému:

- systémy s přímým napájením
- systémy hybridní
- systémy s akumulací elektrické energie

Systémy s přímým napájením jsou nejjednodušším zapojením, jedná se o přímé propojení solárního panelu a spotřebiče. Spotřebič funguje pouze v době slunečního záření. Jedná se například o přímé spojení malých akumulátorů, ventilátorů.

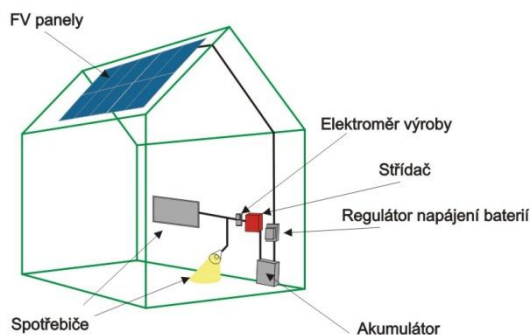
Hybridní solární systémy se používají tam, kde je nutný celoroční provoz, což má za následek zvýšení instalovaného výkonu a zvýšení pořizovacích nákladů. Pro zajištění potřebného výkonu i v zimních měsících se systémy kombinují i s jinými obnovitelnými zdroji jako například větrné elektrárny, kogenerační jednotky, malá vodní elektrárna.

Hlavním systémem, který je nezávislý na síti, je systém s akumulací elektrické energie. Systém obsahuje solární baterie, kde skladuje elektrickou energii využitelnou hlavně přes noc

a v době malé intenzity slunečního záření. Optimální vybíjení a nabíjení elektrického akumulátoru zajišťuje elektronický regulátor.

Složení ostrovního systému:

- fotovoltaický panel
- regulátor dobíjení akumulátorů
- akumulátor (z 95 % olovněný)
- střídače (měniče)
- měřicí přístroje
- popř. sledovač Slunce, který zajistí zvýšení účinnosti o 37 %
-



Obr. 18: Ostrovní systém [7]

4.2 Účinnost fotovoltaických článků

Pro fotovoltaické články se používají materiály křemík, galium, germanium, kadmium, indium, tellur, selen. Křemíku je v zemské kůře dostatek, avšak zpracování je náročné. Výhodou křemíku je vysoká účinnost. Ostatní materiály jsou méně dostupné, ale co se týká zpracování, je jednodušší.

Ke snížení účinnosti dochází materiálovými vadami (příměsi), výrobními vadami modulů a panelů (poškození sběrnice, použití panelů s mikrotrhlinami), poškození článků a panelů při montáži a dopravě. Tyto vady se dají detekovat například pomocí termovize nebo měřením V-A charakteristik. Srovnání jednotlivých článků je v tabulce 3. [16]

technologie	Účinnost FV článků					
	tenkovrstvé				krystalické	
	<i>amorfní Si</i>	<i>CdTe</i>	<i>ClS</i>	<i>am/mikro Si</i>	<i>monokrystal</i>	<i>polykrystal</i>
účinnost za standartních podmínek	6-7%	8-10%	10-11%	8%	16-17%	14-15%
účinnost za běžných podmínek					13-15%	12-14%
potřebná plocha na kWp	15 m ²	11 m ²	10 m ²	12 m ²	cca 7 m ²	cca 8 m ²

Tab. 3: Srovnání jednotlivých článků dle účinnosti

Mezi základní zkoušky účinnosti patří **Flash test**. Jedná se o základní zkoušku účinnosti FVE článků pro intenzitu záření 1 000 W/m² teplotu 25 °C a spektrum AM 1,5. Výsledkem je účinnost v procentech.

$$\eta = \frac{Ac}{E} \times 100$$

Ac ... plocha článku [m²]
E ... intenzita záření při testování 1 000 W/m²

S účinností souvisí výkon fotovoltaických článků. Garantovaná katalogová tolerance výkonu dodavateli je 3 – 5 %. Dodavatel zaručuje výkon po 10 letech 90 % po 25 letech 80 %. Další garantovanými parametry je teplotní závislost 0,41 – 0,52 % na °C (např. při 65 °C snížení výkonu od 17, 2 - 21 %) a garantovaná maximální roční degradace výkonu 0,8 %.

4.2.1 Srovnání termických kolektorů a FV článku dle teploty

Z grafu 3 je zřejmé, že účinnosti se odvíjí od rozdílu teploty mezi teplonosnou kapalinou a okolím. Pro příklad u termického zaskleného kolektoru se selektivní vrstvou je rozdíl teplot 75 °C ($t_1 - t_0$) a účinnost je okolo 40 %, účinnost fotovoltaického článku při stejném teplotním rozdílu je okolo 19 %. Za vyšších teplot okolo 30 °C je účinnost tepelných kolektorů několikanásobně vyšší než účinnost fotovoltaických článků. Fotovoltaické panely jsou neúčinnější při teplotách okolo 25 °C. Ideální počasí na fotovoltaiku je na jaře a na podzim. Na účinnost fotovoltaických článků má velký vliv sklon fotovoltaického panelu. U sklonu 45° je účinný panel po celý rok, samozřejmě v zimních měsících je intenzita slunečního záření nižší a projevuje se to na účinnosti. Sklony okolo 30° - 35° jsou zaměřeny na letní měsíce, kdy

účinnost FVE je výrazně vyšší, ale v zimních měsících nedochází téměř k výrobě elektřiny. U sklonů okolo 30° je údržba náročnější, samočisticí schopnost se ztrácí.



Graf 3: Srovnání křivek účinnosti při standardních podmínkách pro testování fotovoltaických článků (teplota okolí 25 °C, intenzita záření 1000 W/m²) [17]

4.3 V-A charakteristiky jednotlivých článků

V-A charakteristiky se získávají měřením pomocí Flash testu při standardních podmínkách.

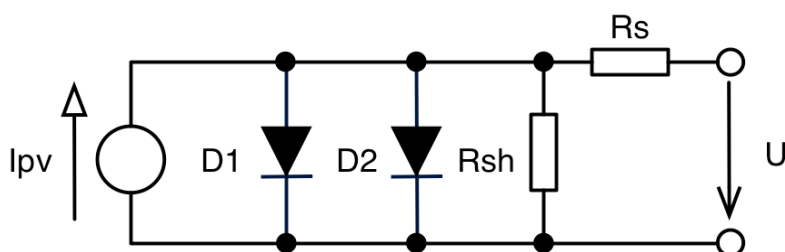
Základní parametry, které se měří:

- I₄₅₀** Proud tekoucí článkem při napětí 450 mV.
- I_{sc}** Zkratový proud, tekoucí fotovoltaickým článkem při napětí 0 V. Tento parametr lze na solárním článku změřit pouze speciálním přístrojem. Běžným ampérmetrem mávnají vnitřní odpor kolem 100 miliohmů a napětí na článku při měření takovým ampérmetrem může být kolem 300 mV.
- U_{oc}** Napětí na solárním článku naprázdno, bez zátěže.
- P_m** Maximální výkon, který může článek dodávat. Bod maximálního výkonu solárního článku je na charakteristice zhruba uprostřed ohybu. Zařízení, odebírající energii ze solárních článků, by mělo zatěžovat fotovoltaický článek takovým způsobem, aby článek pracoval právě v okolí bodu maximálního výkonu. Jen tak může fotovoltaický článek využít sluneční energii optimálně.

- I_m** Proud, při kterém solární článek dodává maximální výkon.
- U_m** Napětí, při kterém solární článek dodává maximální výkon.
- FF** Fill Factor. Parametr se zjišťuje výpočtem podle tohoto vzorce:

$$FF = (I_m \times U_m) / (U_{oc} \times I_{sc})$$
 Určuje jak moc je zaplněná teoretická plocha.
- E_{EF}** Účinnost solárního článku. U fotovoltaických článků vyrobených z monokrystalického křemíku bývá kolem patnácti procent.
- R_{so}** Sériový odpor solárního článku.
- R_{sh}** Paralelní odpor solárního článku.

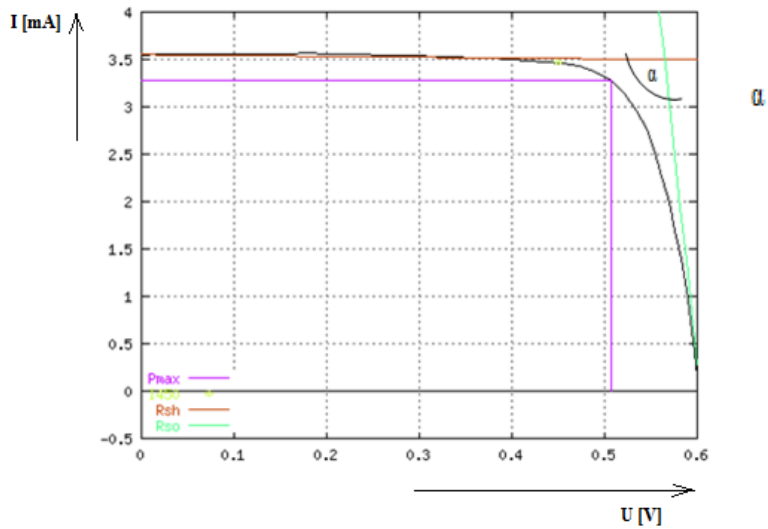
Na obrázku č. 19 je znázorněno náhradní schéma FV článku. Model je popsán jednoduchými součástkami, které jsou dobře známé. Fotovoltaický článek generuje proud, bez osvětlení se chová jako polovodičová dioda. Ztráty a nedokonalosti výroby určují velikosti parazitních odporů R_{so} a R_{sh} . I_{pv} představuje proud generovaný článkem. R_{so} představuje spoje a přívody. R_{sh} určuje svody ve fotovoltaickém článku. D1 a D2 nahrazují PN přechod. D1 charakterizuje obvod při vysokém napětí a D2 charakterizuje při nízkém napětí.



Obr. 19: Náhradní schéma modelu FV článku

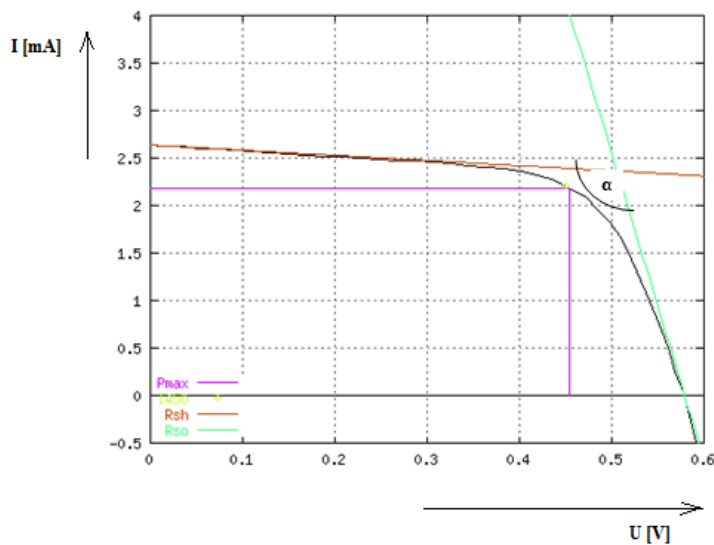
I. V-A charakteristika monokrystalického křemíku

a. charakteristika kvalitního fotovoltaického článku



Úhel α svírá téměř 90° , to svědčí o kvalitních vlastnostech FV článku. P_{max} činní 2,1 mW.

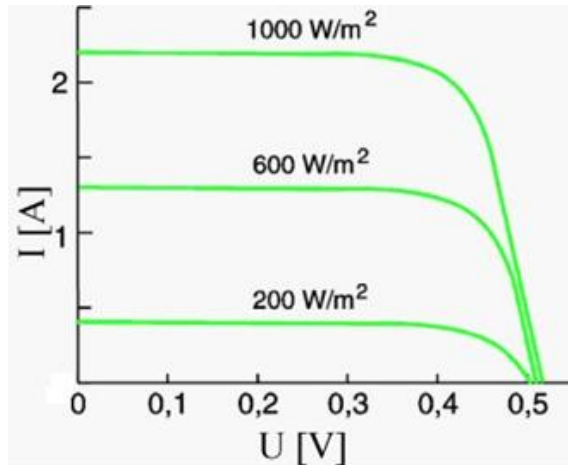
b. charakteristika vadného fotovoltaického článku



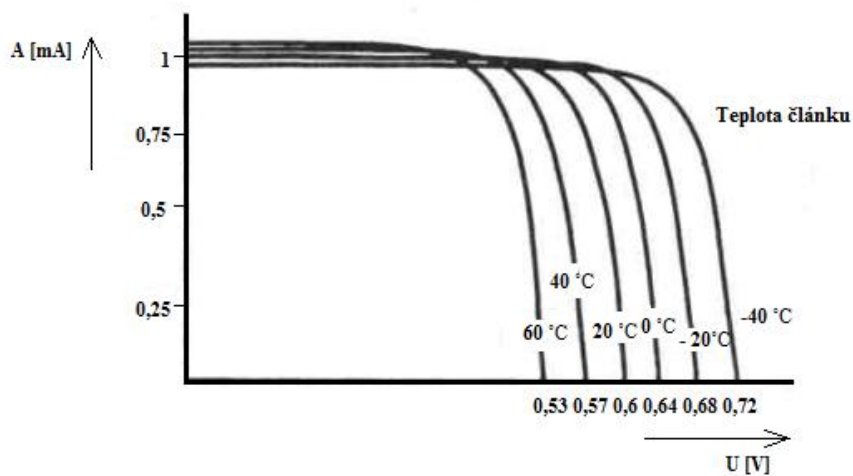
Článek má příliš nízkou hodnotu R_{sh} - solární článek je vevnitř jakoby zkratován. Žlutý bod na charakteristice je hodnota proudu při napětí 450 mV - sledovaný parametr I_{450} . Sklon

charakteristiky (tečny v bodech I_{sc} a U_{oc}) odpovídá parametrům R_{sh} a R_{so} . Úhel α , který svírá R_{sh} a R_{so} je tupý, to svědčí o vadném FV článku. [30]

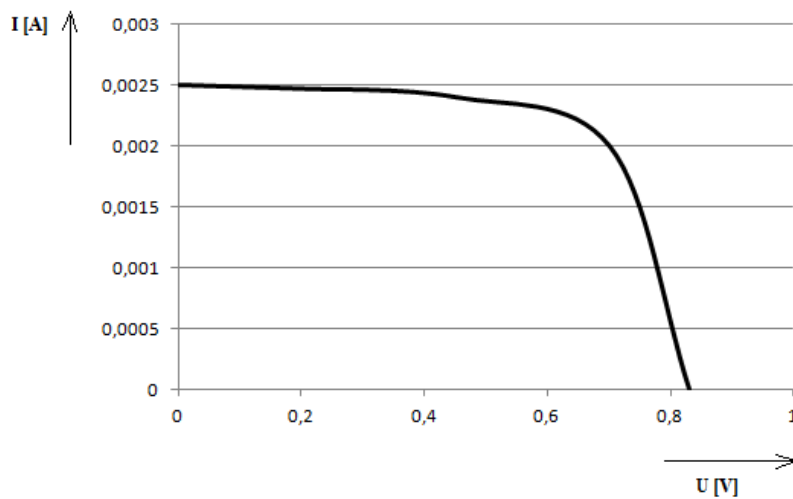
c. vliv intenzity záření na tvar V-A charakteristiky



d. vliv teploty na V-A charakteristiku FV článku



II. V-A charakteristika tenkovrstvého amorfního článku



Z charakteristiky lze odečíst hodnotu I_{450} , která je 0,0024 A. P_{\max} činí 2,075 mW.

Maximální výkon je oproti monokrystalickému článku o 0,25 mW nižší.

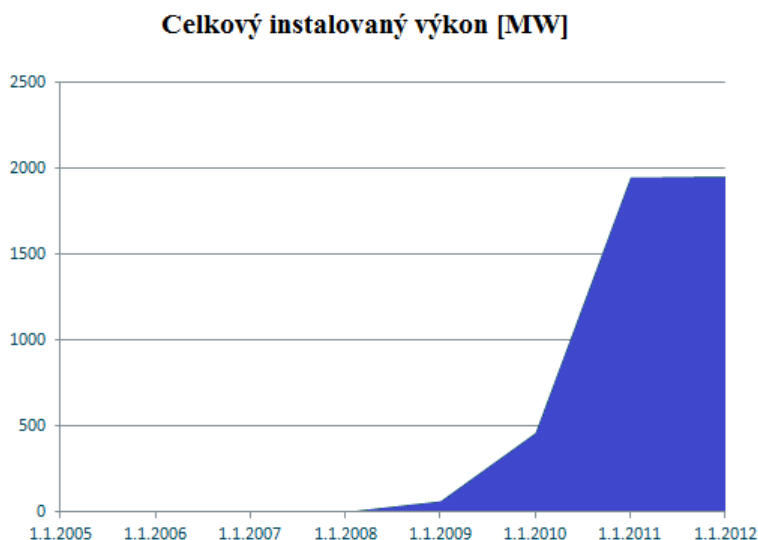
4. 4 Celkový výkon instalovaných FVE v ČR

Instalovaný výkon solárních elektráren, na které ERÚ vydal licenci		
datum	počet výroben [ks]	instalovaný výkon výroben [MW]
1. 1. 2005	9	0,12
1. 1. 2006	12	0,15
1. 1. 2007	28	0,35
1. 1. 2008	249	3,4
1. 1. 2009	1475	65,74
1. 1. 2010	6032	462,92
1. 1. 2011	12861	1952,7
1. 1. 2012	13019	1958,94

Tab. 4: Instalovaný výkon solárních elektráren, na které Energetický regulační úřad (ERÚ) vydal licenci_[18]

Hlavním provozovatelem tuzemských fotovoltaických elektráren je společnost ČEZ. Celkový instalovaný výkon všech solárních elektráren ČEZ se pohybuje kolem 125 MW. Mezi další významné provozovatele solárních zdrojů z hlediska instalovaného výkonu v ČR patří společnost Energy 21 či FVE Czech.

K 1. 1. 2012 evidujeme v ČR 13 019 licencovaných výroben s celkovým instalovaným výkonem 1 958,94 MW. Nárůst výkonu je vidět v grafu č. 4. Dle Národního akčního plánu (NAP), který je dán Směrnicí 2009/28/ES, obsahuje celkový národní cíl pro podíl energie z obnovitelných zdrojů na hrubé konečné spotřebě energie pro rok 2020 cílovou hodnotu 13,5 %.

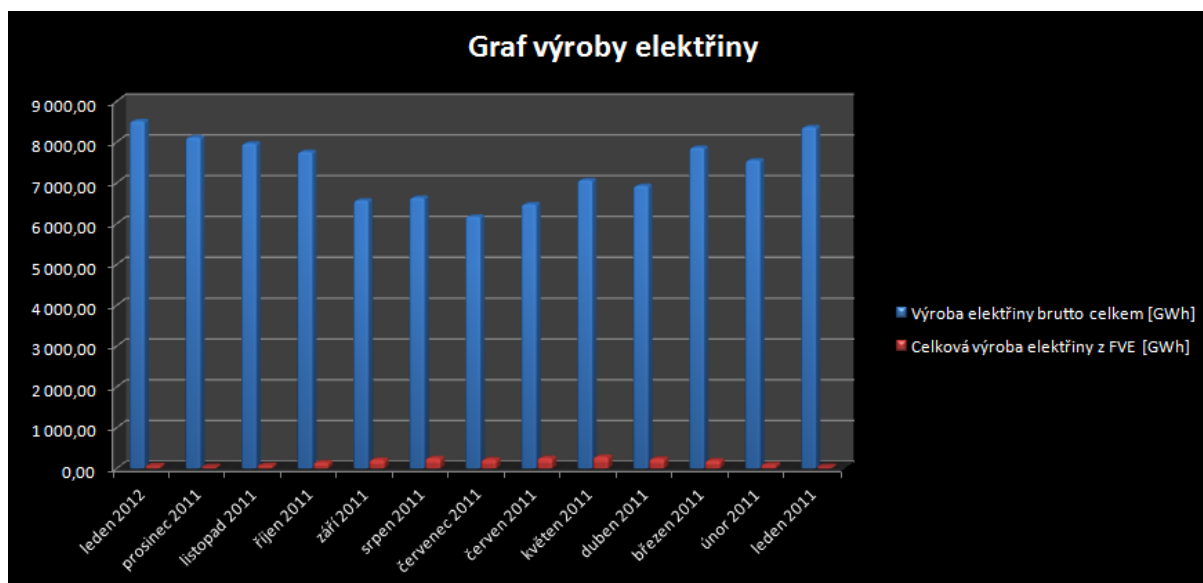


Graf 4: Celkový instalovaný výkon FVE v ČR (výrobní s licenci od ERÚ)

V tabulce číslo 5 je srovnána celková vyrobená elektřina brutto versus vyrobená elektřina z FVE od ledna 2011 do ledna 2012. Vyrobená elektřina brutto je celková vyrobená elektřina změřená na svorkách hlavního generátoru. Grafické znázornění je vidět v grafu 5. [19]

	výroba elektřiny brutto celkem [GWh]	celková výroba elektřiny z FVE [GWh]
leden 2012	8 518,10	64,9
prosinec 2011	8 117,60	37,9
listopad 2011	7 967,60	77,1
říjen 2011	7 762,00	152,2
září 2011	6 572,3	221,3
srpen 2011	6 641,00	259,4
červenec 2011	6 176,6	229
červen 2011	6 480,30	263,7
květen 2011	7 068,50	293,9
duben 2011	6 929,50	244,7
březen 2011	7 866,50	203,8
únor 2011	7 553,50	95,3
leden 2011	8 368,40	35,1

Tab. 5: Celková výroba elektřiny brutto x celková výroba elektřiny z FVE [GWh]



Graf 5: Graf výroby elektřiny

4.4.1 Největší FVE v ČR

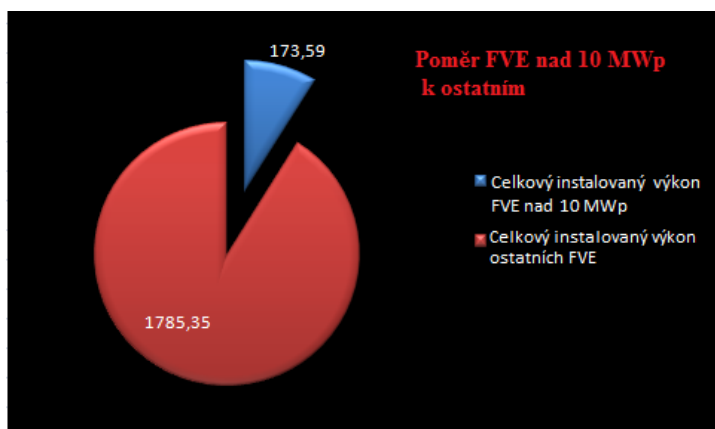
Největší FVE je Ralsko Ra 1 spuštěna do provozu v prosinci 2010. Jedná se o skupinu fotovoltaických elektráren souhrnně označovaných jako FVE Ralsko a vzdálených od sebe jednotky kilometrů. Jednotlivé FVE disponují instalovanými výkony 14,269 MW, 12,869 MW, 6,614 MW a 4,517 MW. Celkový instalovaný výkon činí 38,269 MWp. Nachází se v Ústeckém kraji mezi Mimoní a Mnichovým Hradištěm, zhruba 25 km severozápadně od České Lípy. Dle odborníků by měla elektrárna pokrýt spotřebu pro 10 000 domácností na pomezí středních a severních Čech.

Další FVE s instalovaným výkonem nad 10 MWp jsou uvedené v tab. č. 6.

NEJVĚTŠÍ FVE V ČR NAD 10 MWp				
NÁZEV FVE	DATUM SPUŠTĚNÍ	VÝKON V MWp	PROVOZOVATEL	LOKALITA
FVE Ralsko Ra 1	prosinec 2010	38,269	ČEZ a. s.	Ústecký kraj
FVE CZECH VEPŘEK	květen 2010	35,1	DECCI a. s.	Středočeský kraj
FVE Ševětín	březen 2010	29,9	ČEZ a. s.	Jihočeský kraj
FVE Mímoň	březen 2010	17,494	ČEZ a. s.	Ústecký kraj
FVE Vranovská Ves	prosinec 2010	16,033	ČEZ a. s.	Jihomoravský kraj
Solar Stříbro s.r.o.	prosinec 2009	13,608	Solar Stříbro s. r. o.	Plzeňský kraj
FVE ŽV - SUN	prosinec 2009	12,976	Železářny Veselí, a.s.	Ústecký kraj
FVE Uherský brod	říjen 2010	10,21	Divalia, a.s.	Zlínský kraj
celkový výkon		173,59		

Tab. 6: Největší FVE v ČR

V grafu 6 je znázorněný poměr uvedených největších FVE v ČR (výkon nad 10 MWp) ku celkovému instalovanému výkonu ostatních FVE.



Graf 6: Poměr FVE nad 10 MWp k ostatním instalacím FVE

4.5 Aktuální nevyhovující oblasti pro připojení FVE

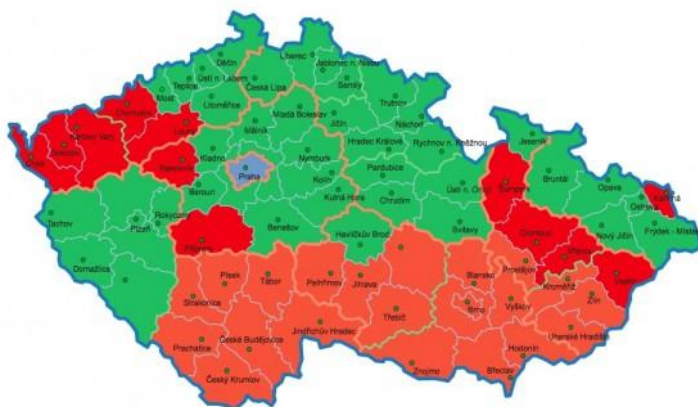
V některých oblastech již nelze do roku 2020 připojovat nové FVE elektrárny. Česká fotovoltaická průmyslová asociace (CZEPHO) uvádí, že za určitých podmínek, by bylo možné připojit malé FVE pro domácnosti, v oblastech, kde se již nepřipojuje. Bude se jednat o výrobní vybavené akumulací, která bude zajišťovat dodávku energie i přes noc.

- Bilanční limit do roku 2020 je naplněn pro:
 - celý Karlovarský kraj (okresy Cheb, Sokolov, Karlovy Vary)
 - západní část Ústeckého kraje (okresy Chomutov a Louny)
 - západ Středočeského kraje (okres Rakovník)

- Bilanční limit do roku 2014 je naplněn pro:
 - střední část Olomouckého kraje (okresy Šumperk, Olomouc, Přerov)
 - severovýchod Zlínského kraje (okres Vsetín)

- Bilanční limit naplněn (zatím není známé datum obnovení):
 - jih Středočeského kraje (okres Příbram) [20]

Na obrázku číslo 20 jsou barevně zobrazeny oblasti, kde již není možné připojovat. Modře je na mapě vyznačeno území pod správou společnosti PREdistribuce, kde se stále připojuje. Oranžově jsou na mapě označeny regiony pod správou společnosti E.ON Distribuce, kde je od 20. ledna 2012 opět zaveden stop - stav. Červeně jsou vyznačeny oblasti pod správou společnosti ČEZ Distribuce, kde připojení nedovoluje kapacita sítě.



Obr. 20: Mapa oblastí s možností připojení

4.6 Předepsané parametry sítě

➤ Kmitočet sítě

Jmenovitý kmitočet napájecího napětí musí být 50 Hz. Střední hodnota kmitočtu základní harmonické musí být v následujících mezích: $50 \text{ Hz} \pm 1 \%$ (tj. 49,5 - 50,5 Hz) během 99,5 % roku a zároveň $50 \text{ Hz} + 6 \%$, $- 4 \%$ (tj. 47 - 52 Hz) po 100 % času.

➤ Velikost napětí

Velikost napájecího napětí je udávána jmenovitým napětím sítě a jmenovitá napětí jsou pro trojfázové čtyř-vodičové sítě $U_n = 230 \text{ V}$ mezi fázovým a středním vodičem a $U_n = 400 \text{ V}$ mezi fázovými vodiči.

➤ Odchyšky napětí

S vyloučením přerušení napájení musí být během každého týdne 95 % průměrných efektivních hodnot napájecího napětí v měřicích intervalech 10 minut v rozsahu jmenovitého napětí $\pm 10 \%$.

➤ **Rychlé změny napětí (flickr)**

Kolísání napětí - flickr je definován jako postřehnutelné kolísání svítivosti zdrojů světla vlivem kolísání napájecího napětí. Typicky jsou způsobeny velkou proměnlivou zátěží, tj. zátěží, u níž se rychle mění činný a jalový odběr elektrické energie.

Rychlé změny napětí nesmí překračovat 5 % rozsahu jmenovitého napětí v sítích nn a 4 % rozsahu jmenovitého napětí v sítích VN.

➤ **Krátkodobé poklesy napětí**

Náhlé poklesy napájecího napětí na hodnotu mezi 90 % a 1 % dohodnutého napětí s konvenční dobou trvání krátkodobého poklesu napětí mezi 10 ms a 1 minutou, po kterém následuje obnovení napětí, kdy dodavatelem očekávaný počet poklesů může být během roku od několika desítek až do jednoho tisíce. Statisticky má většina poklesů dobu trvání kratší než 1 sekundu a hloubku poklesu menší než 60 %.

➤ **Krátkodobá přerušení napětí**

Stav napájecího napětí v předávacím místě menší než 1 % dohodnutého napětí, kdy dodavatelem očekávaný roční výskyt krátkodobých přerušení napájecího napětí je v rozsahu od několika desítek až do několika stovek. Statisticky přibližně 70 % krátkodobých přerušení má zpravidla dobu trvání menší než 1 sekunda.

➤ **Dlouhodobá přerušení napětí**

Roční četnost poruchových přerušení napětí delších než 3 minuty má být podle smluv s většinou dodavatelů elektrické energie menší než 10, avšak v závislosti na oblasti a dohodnutém napětí může dosahovat hodnot i větších. Pro předem dohodnutá a nahlášená přerušení napětí se směrné hodnoty neuvádějí.

Jedním z rozhodujících kritérií při posuzování připojení solární elektrárny do distribuční sítě je změna napětí v místě připojení nového výrobního zdroje. V tomto bodě připojení (bod PCC) nesmí hodnota na úrovni VN přesáhnout hodnotu 2 %.

$$\Delta u_{vn} \leq 2\%$$

4.7 Základní údaje pro připojování FVE do PS

➤ *Procesní pravidla*

- I. zahájení jednání s žadatelem o připojení (předání kompletní žádosti o připojení a související dokumentace)
- II. písemné vyjádření ČEPS a příprava smlouvy o připojení (termín do 30 dnů od předání Žádosti o připojení)
- III. systémová studie elektrických poměrů
- IV. sjednání smlouvy o připojení elektrárny

❖ *Předpokládaná dokumentace k Žádosti o připojení:*

- doklad o vypořádání pozemků v lokalitách plánované výstavby elektrárny
- vyjádření příslušných obcí v katastrálním území k záměru výstavby elektrárny
- doklad o zahájení řízení na útvarech životního prostředí

➤ *Frekvenční a napěťové meze v PS pro provoz FVE*

- Elektrárna musí být schopna trvalé dodávky výkonu v rozsahu napětí v přenosové síti:
 $400 \text{ kV} \pm 5\% = 420 - 380 \text{ kV}$
 $220 \text{ kV} \pm 10\% = 242 - 198 \text{ kV}$
- Elektrárna musí být schopna trvalé dodávky výkonu bez omezení v rozsahu frekvence přenosové sítě:
 $49,5 - 50,5 \text{ Hz}$

➤ *Maximální růst dodávaného činného výkonu*

Doporučovaná hodnota 1- 30 MW/min nebo 10 % z P_{inst} /min, konkrétně dle dohody s PPS na FVE není požadována schopnost samostatné funkce v ostrovním režimu.

➤ **Požadavky na chování FVE při změnách frekvence v síti**

V rozsahu dovolených změn frekvence v pásmu 47,5 – 51,5 Hz musí zůstat elektrárna připojená do soustavy a pomáhat vyrovnávat bilanci výkonů, je nepřípustné automatické odpojení od sítě z důvodu odchylky frekvence. Pro rozsah frekvence 49,5 – 50,2 Hz se nepředpokládá změna aktuální výroby elektrárny z titulu změny frekvence v síti. Pro frekvenci nad 50,2 Hz je nutné omezení výroby. Velikost omezení je 40 % z výchozí hodnoty na 1 Hz. Snižování výroby je možné provádět v 10 % krocích/stupních. Požadovaná rychlost omezení výkonu při nadfrekvenci je 5% za sekundu. Při frekvenci nad 50,5 Hz již není možné spouštění/připojování do sítě dalších FVE. Nad 51,5 Hz se požaduje okamžité odpojení elektrárny od sítě. Při poklesu frekvence pod 49,5 Hz je potřebné pokud možno zvýšit výroby na maximum dostupného výkonu a zachovat připojení (dodávku) elektrárny do sítě. Při poklesu pod 47,5 Hz dojde k okamžitému odpojení elektrárny od sítě.

➤ **Napěťové poměry při připojování a odpojování FVE:**

- Připojení (odpojení) jednotlivého jednotky nesmí vyvolat změnu napětí větší než 0,5 % U_n .
- Připojení celé výrobní skupiny nesmí vyvolat změnu napětí větší než 1,5% U_n .
- Odpojení celé výrobní skupiny vlivem poruchy nesmí vyvolat změnu napětí větší než 3 % U_n .
- Maximální změna výroby celé výrobní skupiny o P_{inst} nesmí v přípojném místě vyvolat změnu napětí větší než 1 % U_n , popřípadě provozovatelem PS stanovenou přípustnou hodnotu.

➤ **Požadavky na kvalitu energie a její sledování**

V místě připojení FVE do sítě se sleduje kvalita energie provedeným měřením:

- již před připojením elektrárny
- po připojení elektrárny (během delšího zkušební období)

Žadatel o připojení poskytne takové vstupní podklady, aby bylo možné výpočetně analyzovat a posoudit zpětné vlivy výroby na síť. [21]

5 Legislativa

Následující zákony a vyhlášky jsou zpracovány k datu 21. 2. 2012. V tuto chvíli se již projednávají nové novelizace zákonů a připravují se nové vyhlášky. Pro budoucí použití je nutné dohledat aktuální znění.

5.1 Hlavní zákony a vyhlášky týkající se FVE

Základní zákonný rámec upravující podmínky podnikání v energetických odvětvích a podporu výroby elektrické energie z obnovitelných zdrojů řeší dva klíčové zákony č. 458/2000 Sb. a č. 180/2005 Sb. společně s vyhláškami Energetického regulačního úřadu (ERÚ). Mezi další významné právní normy můžeme zařadit zejména tyto dokumenty: *Bílá kniha „Energie pro budoucnost: obnovitelné zdroje energie“* (1997), *Směrnice 2001/77/ES* Evropského parlamentu a Rady EU ze dne 27. září 2001 „o podpoře výroby elektrické energie z obnovitelných zdrojů energie na vnitřním trhu“, *Vyhláška č. 475/2005* (novelizovaná vyhláškou č. 364/2007 Sb.), kterou se provádějí některá ustanovení zákona o podpoře využívání obnovitelných zdrojů, *Vyhláška č. 150/07 Sb.* a *Cenové rozhodnutí ERÚ č. 7/2011*.

Energetický zákon (Zákon č. 458/2000 Sb.)

Upravuje podmínky podnikání, výkon státní správy a regulaci v energetických odvětvích, kterými jsou elektroenergetika, plynárenství a teplárenství, jakož i práva a povinnosti fyzických a právnických osob s tím spojené.

Novela energetického zákona č. 211/2011 Sb.

Důvodem vzniku nového zákona byla nutnost nastavit podmínky podpory výroby energie z obnovitelných zdrojů do roku 2020 i snaha ministerstva průmyslu jako tvůrce návrhu o korekci stávajícího systému podpory výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie (OZE) a zmírnění dopadů podpory na konečné spotřebitele.

Nabytí platnosti od 18. srpna 2011. Zahrnuje posílení domácností na energetickém trhu, oddělení vlastníka přenosové soustavy, výrobce a dodavatele energie, posílení pravomoci ERÚ a dispečerské řízení, což znamená odpojování elektráren v případě nadbytku energie

v síti. Distributor bude moci „v případě ohrožení bezpečného a spolehlivého provozu“ některé zdroje, např. solární elektrárny, odpojit.

Bílá kniha „Energie pro budoucnost: obnovitelné zdroje energie“

Bílé knihy Komise jsou dokumenty, které obsahují návrhy na činnost Společenství v určité oblasti. V některých případech Bílá kniha následuje po vydání Zelené knihy, jejímž cílem je zahájit proces konzultací o daném tématu na evropské úrovni. Po schválení Radou se z Bílé knihy může stát akční program Unie pro danou oblast. Bílá kniha má pro členské státy EU pouze doporučující povahu, je nezávazným dokumentem.

EU začala s podporou OZE v roce 1997 publikací Bílé knihy s názvem „*Energie pro budoucnost: obnovitelné zdroje energie*“. Následovaly některé důležité legislativní dokumenty, především směrnice č. 2001/77/ES o podpoře výroby elektřiny z OZE a směrnice č. 2003/30 o podpoře biopaliv a dalších obnovitelných zdrojů, které stanovily nezávazné indikativní cíle, podle nichž mělo být v EU do roku 2010 dosaženo 21% podílu OZE na výrobě elektrické energie a 5,75% podílu OZE v dopravě, kde mají nahrazovat benzín či naftu. [22]

Zákon č. 180/2005

Historie zákona č. 180/2005

Návrh zákona č. 180/2005 byl vypracován pracovní skupinou v roce 2003. Zákon byl schválen 31. 3. 2005. Důvodem přijetí zákona byla nutnost aplikace ustanovení *Směrnice 2001/77/ES*, „*O podpoře elektřiny vyráběné z obnovitelných zdrojů energie na vnitřním trhu s elektřinou*“, která vstoupila v platnost 27. 10. 2001 s tím, že členské státy upraví svoji národní legislativu v souladu s touto směrnicí do 27. 10. 2003.

Uvedená směrnice ES měla zajistit v rámci Společenství splnění globálního indikativního cíle 12 % podílu obnovitelných zdrojů energie v celkové energetické spotřebě v roce 2010 a zejména indikativního cíle 22,1 % podílu výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie na hrubé spotřebě elektřiny v roce 2010. V návaznosti na tyto cíle jsou pak členské státy povinny zavést takový systém podpory využívání elektřiny z obnovitelných zdrojů energie, který zajistí naplnění těchto cílů. Indikativní cíl, kterým je podíl elektřiny z obnovitelných

zdrojů na hrubé spotřebě v České republice ve výši 8 % k roku 2010, je stanoven v §1, odst. 1, písm. d) zákona. [23]

Nový Národní akční plán do roku 2020 České republiky pro energii z obnovitelných zdrojů navrhuje cíl podílu energie z obnovitelných zdrojů na hrubé konečné spotřebě energie ve výši 13,5 % a splnění cíle podílu energie z obnovitelných zdrojů na hrubé konečné spotřebě v dopravě ve výši 10,8 %.

Použití zákona 180/2005

Česká republika zažívá od roku 2006 rozmach fotovoltaických systémů. K tomuto rozvoji pomohl právě zákon číslo 180/2005 *O podpoře využívání obnovitelných zdrojů* (účinný od 1. 1. 2006). Dle zákona si výrobce elektřiny z FVE může vybrat ze dvou variant odkupu (podpory) vyrobené elektrické energie. První variantou je přímý odkup a druhou tzv. zelený bonus.

U přímého odkupu má provozovatel distribuční sítě podle zákona č. 180/2005 *Sb.* povinnost připojit fotovoltaický systém do jeho přenosové nebo distribuční soustavy a veškerou Vámi vyrobenou elektřinu vykoupit. Výkupní cenu, resp. její výši, určuje každý rok Energetický regulační úřad (Cenové rozhodnutí ERÚ č. 7/2011). Cena je garantovaná po dobu 20 let od připojení výroby a navíc se každým rokem navyšuje o tzv. index PPI (index cen výrobců = inflace cen výrobců). Výkupní cena elektřiny z obnovitelných zdrojů (solární a větrné elektrárny) byla stanovena 23. listopadu 2011 Energetickým regulačním úřadem. Tato cena bude platná pro elektrárny uvedené do provozu v roce 2012.

U zeleného bonusu je výkupní cena nižší. U zeleného bonusu výrobce nic nehradí, naopak distributor hradí za každou kWh nehledě na to, zda se jedná o přebytek či spotřebu. Pokud investor nespotřebuje všechnu elektrickou energii, je možné jí dále prodat distributorovi. Jakmile FVE nevyrobí např. v noci, investor odebírá elektřinu od distributora za běžnou cenu dle aktuální distribuční sazby. U zeleného bonusu není cena garantovaná po dobu 20 let, ale mění se každý rok. Pokud by cena byla nevýhodná, investor má možnost přejít na přímý výkup a bude mu přiznaná cena jako v roce instalace FVE a bude i navýšena o index PPI za léta provozu FVE. Změna z jedné formy dotací na druhou je možná jednou do roka. Zažádat si musíte do konce listopadu a změna je pak platná od 1. 1. následujícího roku.

Energetický regulační úřad (ERÚ) má dle zákona 180/2005 *Sb.* povinnost výkupní ceny regulovat tak, aby návratnost investic byla nejvýše 15 let a byl vytvořen přiměřený zisk.

V současnosti je přitom v případě velkých fotovoltaických elektráren návratnost výrazně kratší. Podle zákona nesmí hodnota výkupních cen meziročně klesnout o více než 5%.

Novelizace zákona č.180/2005 Sb. z 1. 1. 2011

Hlavními body novelizace jsou FVE s výkonem nad 30 kW, kdy dochází k odvodu elektřiny ze slunečního záření. Předmětem odvodu je elektřina vyrobená ze slunečního záření v období od 1. ledna 2011 do 31. prosince 2013 v zařízení uvedeném do provozu v období od 1. ledna 2009 do 31. prosince 2010. Sazba odvodu činí v případě čerpání podpory formou výkupní ceny 26 % a v případě zeleného bonusu 28 %. Odvodovým obdobím je kalendářní měsíc. Plátce odvodu je povinen odvést odvod ze základu odvodu do 25 dnů po skončení odvodového období. Odvod je příjmem státního rozpočtu.

Od odvodu je osvobozena elektřina vyrobená ze slunečního záření ve výrobně elektřiny s instalovaným výkonem výrobní do 30 kW, která je umístěna na střešní konstrukci nebo obvodové zdi jedné budovy spojené se zemí pevným základem evidované v katastru nemovitostí.

Pro výrobní do 30 kW je možné si zvolit zelený bonus měsíční, roční, hodinový, přímý výkup. Pro FVE 30 - 100 kWh je možné zvolit výkupní ceny a pouze hodinový zelený bonus. Pro FVE nad 100 kW platí pouze hodinový zelený bonus, není možné využít přímý výkup. Výše hodinového a měsíčního bonusu nebude předem přesně stanovena, budou pouze předem stanovena pravidla pro jeho výpočet. Výše podpory má být ze strany ERÚ stanovena tak, aby bylo dosaženo patnáctileté prosté doby návratnosti investic a zůstala zachována výše výnosů po dobu trvání práva na podporu s pravidelným ročním navýšením o 2 %, výkupní cena nesmí být nižší než 95 % výkupní ceny v předcházejícím roce. ERÚ je přitom povinen stanovit celkovou výši podpory tak, aby pro rok, kdy je výrobní elektřina uvedena do provozu, činila výkupní cena nebo zelený bonus nejvýše 6 000 Kč/MWh. Dále novelizace říká, že ostrovní systémy podporovány vůbec nebudou. Pro výrobní uvedené do provozu před novelou zákona se řídí zákonem před novelou.

Vyhláška č. 140/2009 Sb., č. 475/2005 Sb. a jeho novela vyhláškou č. 364/2007 Sb.

Vyhláška č. 140/2009 Sb. zajišťuje výkupní ceny po celou dobu životnosti fotovoltaické elektrárny (FVE), přičemž předpokládaná doba životnosti pro FVE je uvedena v příloze

3, vyhlášky č. 475/2005 Sb. a její novelizace vyhláškou č. 364/2007 Sb. v platném znění z původních 15 let na 20 let.

Vyhláška č. 150/2007 Sb.

Tato vyhláška obsahuje z hlediska fotovoltaiky toto zásadní ustanovení dle § 2 odst. (11): „*Úřad stanovuje výkupní ceny a zelené bonusy elektřiny z obnovitelných energetických zdrojů podle zvláštních právních předpisů*1). *Výkupní ceny a zelené bonusy jsou uplatňovány po dobu životnosti výroben elektřiny*“. Po dobu životnosti výroby elektřiny, zařazené do příslušné kategorie podle druhu využívaného obnovitelného zdroje a data uvedení do provozu, se výkupní ceny meziročně zvyšují s ohledem na index cen průmyslových výrobců minimálně o 2 % a maximálně o 4 %, s výjimkou výroben spalujících biomasu a bioplyn.“ [24]

Vyhláška č. 51/2006 Sb.

Stanovuje podmínky připojení výroben elektřiny, distribučních soustav a odběrných míst konečných zákazníků k elektrizační soustavě.

Vyhláška 349/2010 sb.

Vyhláška *O stanovení minimální účinnosti užití energie při výrobě elektřiny a tepelné energie, Příloha 14* (datum účinnosti 8. 12. 2010) se vztahuje k účinnosti FVE článků. Zákon se týká jen nových instalací. Minimální referenční závazná hodnota účinnosti FVE článků pro instalovaný výkon nad 30 kWp je pro polykrystalické články 16 % a pro monokrystalické články 18 %. Pro představu dosahované účinnosti článků komerčně prodávaných v letech 2009 – 2010, účinnost u polykrystalických dosahovala rozmezí 11 – 16,2 % a u monokrystalických byla účinnost v rozmezí 12 – 17,5 %.

5.2 Daňová legislativa

Udělení licence

Provozování fotovoltaické elektrárny je podnikáním podle zvláštního předpisu, jímž je Energetický zákon č.91/2005 sb. Pro tuto činnost je nutné vlastnit „licenci pro podnikání v energetických odvětvích“, která opravňuje podnikání v tomto oboru a nahrazuje živnostenský list. Licence je vydávána Energetickým regulačním úřadem, jehož prostřednictvím je přiděleno Identifikační číslo organizace (IČO). Pro získání licence na provoz elektrárny do výkonu 20 kW není potřeba žádná odborná kvalifikace ani předchozí praxe.

K udělení licence je třeba:

- vyplnění žádosti o licenci
- vyplnění formuláře Energetického regulačního úřadu
- zakoupení kolku v hodnotě 1000 Kč
- přiložení revizní zprávy elektrárny [26]

Odpisy

Fotovoltaická elektrárna jako celek patří do odpisové skupiny č. 4 - Stavby elektráren (díla energetická výrobní) SKP 2302 s dobou odpisu 20 let.

Daň z přidané hodnoty

U fotovoltaických instalací na rodinných domech, bytových domech, panelových domech a podobně platí §48 zákona o dani z přidané hodnoty. Platí zde tedy snížená 14 % sazba DPH a to jak na montážní práce, tak na samotné technické prostředky fotovoltaické elektrárny. [25]

Zákon č. 586/1992 Sb., o daních z příjmů

Dalším podstatným zákonem je zákon číslo 586/1992 Sb., o daních z příjmů, který říká, že příjmy z provozu obnovitelných zdrojů energie jsou osvobozeny od daně ze zisku, a to v roce uvedení do provozu a následujících 5 let (§4 písmeno e).

Cenové rozhodnutí ERÚ č. 7/2011

V tabulce 7 jsou uvedené výkupní ceny elektřiny dodané do sítě v Kč/MWh a Zelené bonusy v Kč/MWh.

Datum uvedení do provozu	Výkupní ceny elektřiny dodané do sítě v Kč/MWh	Zelené bonusy v Kč/MWh
Výroba elektřiny využitím slunečního záření pro zdroj s instalovaným výkonem do 30 kW včetně a uvedený do provozu od 1. ledna 2012 do 31. prosince 2012	6160	5080
Výroba elektřiny využitím slunečního záření pro zdroj s instalovaným výkonem do 30 kW včetně a uvedený do provozu od 1. ledna 2011 do 31. prosince 2011	7650	6570
Výroba elektřiny využitím slunečního záření pro zdroj s instalovaným výkonem nad 30 kW do 100 kW včetně a uvedený do provozu od 1. ledna 2011 do 31. prosince 2011	6020	4940
Výroba elektřiny využitím slunečního záření pro zdroj s instalovaným výkonem nad 100 kW a uvedený do provozu od 1. ledna 2011 do 31. prosince 2011	5610	4530
Výroba elektřiny využitím slunečního záření pro zdroj s instalovaným výkonem do 30 kW včetně a uvedený do provozu od 1. ledna 2010 do 31. prosince 2010	12750	11670
Výroba elektřiny využitím slunečního záření pro zdroj s instalovaným výkonem nad 30 kW a uvedený do provozu od 1. ledna 2010 do 31. prosince 2010	12650	11570
Výroba elektřiny využitím slunečního záření pro zdroj s instalovaným výkonem do 30 kW včetně a uvedený do provozu od 1. ledna 2009 do 31. prosince 2009	13690	12610
Výroba elektřiny využitím slunečního záření pro zdroj s instalovaným výkonem nad 30 kW a uvedený do provozu od 1. ledna 2009 do 31. prosince 2009	13590	12510
Výroba elektřiny využitím slunečního záření pro zdroj uvedený do provozu od 1. ledna 2008 do 31. prosince 2008	14590	13510
Výroba elektřiny využitím slunečního záření pro zdroj uvedený do provozu od 1. ledna 2006 do 31. prosince 2007	14960	13880
Výroba elektřiny využitím slunečního záření pro zdroj uvedený do provozu před 1. lednem 2006	7130	6050

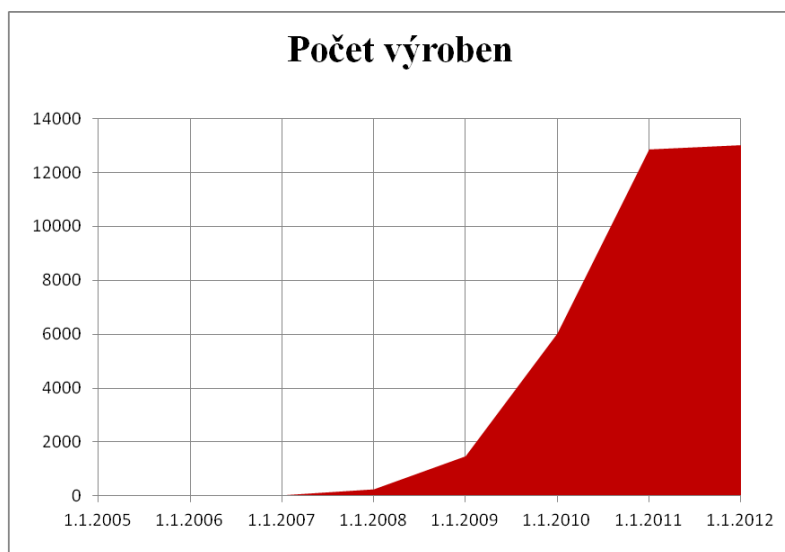
Tab. 7: Výkupní ceny a zelené bonusy pro výrobu elektřiny využitím slunečního záření [27]

5.3 Solární boom

5.3.1 Příčiny

Z grafu 7 je vidět, že počet FVE začal výrazně narůstat na přelomu roku 2008 - 2009. Dle výzkumů bylo zjištěno, že žádné jiné odvětví nezažilo tak rychlý rozkvět jako fotovoltaika, tento nárůst je znám pod pojmem „solární boom“. Přispěl k tomu výrazný pokles cen fotovoltaických panelů, který způsoben omezením trhu ve Španělsku, cenovým tlakem čínských výrobců a zejména prudkým zvýšením výroby solárního křemíku, které vedlo k výraznému snížení jeho ceny. Zvýšení výroby solárního křemíku přitom bylo očekáváno až o rok později. Dále k tomu přispělo přijetí tří legislativních opatření. Jedná se o *Energetický zákon z roku 2001*, *Zákona č. 180/2005 Sb.* a stanovení pevných výkupních cen ze strany ERÚ pro rok 2006, které činily více než dvojnásobek hodnoty pro povinné výkupy ceny

elektřiny z fotovoltaiky než o rok dříve a asi dvanácti násobek tržní ceny elektřiny. Stanovené ceny jsou uvedené v tabulce 8.



Graf 7: Počet instalovaných výroben od 1. 1. 2005 [28]

Vývoj výkupních cen a zelených bonusů v jednotlivých letech v Kč bez DPH

Rok uvedení elektrárny do provozu:	Cenové rozhodnutí ERÚ č. 10/2005 z 18.11. 2005		Cenové rozhodnutí ERÚ č. 8/2006 z 21.11. 2006		Cenové rozhodnutí ERÚ č. 7/2007 z 20.11. 2007		Cenové rozhodnutí ERÚ č. 8/2008 z 18.11. 2008		Cenové rozhodnutí ERÚ č. 5/2009 z 23.11. 2009		Cenové rozhodnutí ERÚ č. 2/2010 z 8.11.2010		Cenové rozhodnutí ERÚ č. 7/2011 z 23.11.2011	
	Výk. cena za kWh	Zel. bonus za kWh	Výk. cena za kWh	Zel. bonus za kWh	Výk. cena za kWh	Zel. bonus za kWh	Výk. cena za kWh	Zel. bonus za kWh	Výk. cena za kWh	Zel. bonus za kWh	Výk. cena za kWh	Zel. bonus za kWh	Výk. cena za kWh	Zel. bonus za kWh
před 1.1.2006	6,28	5,67	6,41	5,70	6,57	5,76	6,71	5,73	6,85	5,88	6,99	5,99	7,13	6,05
2006	13,20	12,59	13,46	12,75	13,80	12,99	14,08	13,10	14,37	13,40	14,66	13,66	14,95	13,88
2007	-	-	13,46	12,75	13,80	12,99	14,08	13,10	14,37	13,40	14,66	13,66	14,96	13,88
2008	-	-	-	-	13,46	12,65	13,73	12,75	14,01	13,04	14,30	13,30	14,59	13,51
2009 (s inst. výkonem do 30 kW včetně)	-	-	-	-	-	-	12,89	11,91	13,15	12,18	13,42	12,42	13,69	12,61
2009 (s inst. výkonem nad 30 kW včetně)	-	-	-	-	-	-	12,79	11,81	13,05	12,08	13,32	12,32	13,59	12,51
2010 (s inst. výkonem do 30 kW včetně)	-	-	-	-	-	-	-	-	12,25	11,28	12,50	11,50	12,75	11,67
2010 (s inst. výkonem nad 30 kW včetně)	-	-	-	-	-	-	-	-	12,15	11,18	12,40	11,40	12,65	11,57
2011 (s inst. výkonem do 30 kW včetně)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,50	6,50	7,65	6,57
2011 (s inst. výkonem nad 30 kW do 100 kW včetně)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,90	4,90	6,02	4,94
2011 (s inst. výkonem nad 100 kW včetně)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,50	4,50	5,61	4,53
2012 (s inst. výkonem do 30 kW včetně)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,16	5,08

Tab. 8: Vývoj výkupních cen elektřiny z FVE [29]

5.3.2 Následky

Mezi nejradikálnější opatření výstavby FVE patří období od 14. 2. 2010 do 19. 9. 2011, kdy došlo k stop - stavu. Toto opatření se muselo udělat, kvůli rychlému nárůstu neregulovatelných zdrojů – větrných a solárních elektráren (=FVE), jež nepochybně mají velký vliv na provoz energetické přenosové sítě ČEPS a.s. Dle ČEPS a.s. mimořádné problémy z hlediska výkonové bilance zatím přímo nenastaly. Doposud největší problémy, které FVE a VTE způsobily, byl nedostatek výkonu z důvodu špatné předpovědi počasí ve výši cca 750 MW, přebytky výkonů dosahují výše cca 500 MW. Tyto odchylky jsou

pokrývány zvýšeným využitím rezervních výkonů na klasických elektrárnách, obchodními nástroji a výjimečně dovozem regulační energie ze zahraničí. Studie potvrdili, že limit pro připojování nových FVE a VTE s ohledem na bezpečné a spolehlivé fungování soustavy byl již naplněn v roce 2010. Společnost ČEPS je odpovědná za zajištění bezpečného a spolehlivého provozu ES ČR, průběžně sleduje, s využitím dat získávaných od jednotlivých provozovatelů propojených distribučních soustav, situaci a vyhodnocuje, jaký výkon je v síti připojen a jaký výkon je ve smlouvách o připojení nebo ve smlouvách budoucích o připojení nebo ještě v žádostech s kladným vyjádřením. Na základě toho vyhodnotila, že součet povolených instalací přesahoval bezpečný limit téměř čtyřnásobně a to vedlo právě vyhlášení stop-stavu dne 14. 2. 2010. Dle CZEPHO byl stop - stav s rozporům se Zákonem o podpoře OZE, který dává každému právo připojit svou elektrárnu k elektrizační soustavě, ale dle ČEPS a.s. byl počet starých žádostí o připojení příliš velký.

Platforma pro OZE (vznikla jako reakce na soustavný legislativní tlak, kterému čelí obor výroby elektřiny z OZE) podala stížnost Evropské komisi na nepřipojování ekologických elektráren k síti. Koncem listopadu 2011 podnikla Evropská komise zásadní krok v řízení s Českou republikou o porušení Smlouvy o fungování Evropské unie. ČR musela do necelých dvou měsíců zavést nápravu, jinak hrozila žaloba u Evropského soudního dvora. Stop - stav byl ukončen 19. 9. 2011 na základě stížnosti Platformy a díky vyhodnocení výsledků měření dopadu nainstalovaných OZE na bezpečnost a spolehlivost provozu ES.

V tomto období nebylo zrealizováno stovky instalací v celkovém objemu několik desítek MW. Vedlo to k situaci, že drobní podnikatelé začali krachovat, hlavně instalační firmy, díky tomu přišlo o místo několik set lidí. Dle odborníků bylo zcela nesmyslné vztahovat stop - stav i pro malé FVE s vlastní akumulací vyrobené energie. U těchto systému se dalo zajistit, aby v žádném případě nemohlo dojít k nežádoucí dodávce elektřiny do distribuční soustavy.

Legislativní omezení pro instalace FVE

K omezení výstavby FVE došlo díky novelizaci *zákona č. 180/2005 sb. a vyhláškou č. 349/2010 sb.* Pro shrnutí novela zákona udělila solární daň výrobnám nad 30 kW. Od solární daně jsou osvobozeny výroby pod 30 kW, ale musí být umístěny na střešní konstrukci nebo obvodové zdi jedné budovy spojené se zemí pevným základem evidované v katastru nemovitostí. Při schvalování zákona se zřejmě nemyslelo na výroby, hlavně domácnosti, které kvůli špatnému sklonu střechy mají panely umístěné na zemi. Dle zákona i

na ně se vztahuje solární daň nehledě na to, že mají panel například pouze o výkonu 5 kWp. Tento zákon tedy podstatně omezuje výstavbu FVE pro běžné domácnosti.

Dalším omezením dle novely *zákona č. 180/2005 sb.* je, že FVE s výkonem nad 100 kW nebudou podporovány přímým výkupem, ale mohou využít pouze hodinový zelený bonus, který bude na hodinové bázi reagovat na cenu silové elektřiny na trhu. Podnikatelé do této doby měli jistotu pevných výkupních, nyní se jejich podnikání stane rizikovějším. Z ekonomického hlediska mají menší šanci u bank při schvalování úvěru či jiných půjček i to vede k poklesu žádostí o připojení FVE.

Vyhláška č. 349/2010 sb. určuje minimální účinnosti panelů pro FVE nad 30 kW. Tato vyhláška měla přispět k omezení „solárního boomu“. Největší problém tato vyhláška způsobí těm, kteří se rozhodnou pro instalaci velké FVE elektrárny i nyní, bez podpory ve formě výkupních cen. Dle odborníků je vyhláška v rozporu s evropskou legislativou, zejména se *Směrnicí 2009/28/ES* o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů. Směrnice zamezuje rozvoj obnovitelných zdrojů v ČR.

Účinnost panelů má vliv na zastavěnou plochu. *Vyhláškou č. 349/2010 sb.* se chtělo pravděpodobně zamezit zastavování velkých ploch například určených k zemědělským účelům, ale už se nemyslelo na to, že menší FVE panely mohou být kvalitnější a spolehlivější. Podnikatelé, kteří se rozhodnou pro výstavbu FVE elektrárny nad 30 kW, musí sehnat panely s předepsanou účinností, přičemž je pravděpodobně nebude zajímat, kdo je vyrábí a jakou technologií. Nabídka těchto panelů je na trhu značně omezená. Pokud tato vyhláška bude platit jen pro Českou republiku, zahraniční obchodníci na poptávku nebudou reagovat a tím dojde k zamezení výstavby solárních parků. Většina odborníků se shoduje, že díky této vyhlášce se fotovoltaika v ČR bude rozvíjet spíše k domácím instalacím.

Hlavně díky médiím, vznikl názor, že k nárůstu cen elektřiny přispěly převážně fotovoltaické elektrárny. V grafu 5 je vidět poměr výroby elektřiny ze sluneční energie versus ostatní zdroje energie. Tento poměr je zatím téměř zanedbatelný. Skutečnou příčinou nárůstu cen elektřiny je odstavení 7 jaderných reaktorů v Německu na dobu tří měsíců. Toto opatření provedlo Německo v přímé reakci na situaci ve Fukušimě, aby provedlo zátěžové testy na reaktorech. Ceny elektřiny v regionu střední Evropy vzrostly, kvůli nedostatku energie zejména v jihovýchodní části Německa. Tento nedostatek musí pokrývat Francie a Česká republika. Tato skutečnost není příliš známá, lidé mají stále FVE spojeny se zdražením elektřiny, této špatné pověsti se již pravděpodobně nezbaví.

6 Situace v evropských státech

V zemích, kde není dotace FVE tak rozšířená a kde není garantovaná návratnost 10 – 12 lety, je rozvoj FVE velmi omezený. Pro příklad je možné uvést Turecko, kde jsou přírodní podmínky ideální pro instalaci FVE, ale administrativně nejsou podporovány. Na druhou stranu v Německu je fotovoltaika podporována již od roku 1999. Díky tomu je téměř 90 % fotovoltaiky instalováno právě v Německu.

6.1 Přírodní podmínky v Evropě

Na obrázku číslo 21, je zobrazena intenzita slunečního záření v Evropě. Z mapy je vidět, že jižní státy mají nejideálnější podmínky. Do států jižní Evropy patří například Itálie, Malta, Portugalsko, Řecko, San Marino, Španělsko, Turecko, Chorvatsko, Černá Hora atd. Průměrná intenzita záření dosahuje až 2 200 kWh/m². Jižní státy mají nejvýhodnější podmínky, co se týká instalace FVE, ale ne všechny státy upřednostňují výrobu elektřiny právě ze Slunce. Mnoho států upřednostňuje větrné elektrárny nebo výrobu elektřiny z biomasy.

Do států střední Evropy patří Slovinsko, Rakousko, Německo, Švýcarsko, Lichtenštejnsko, Maďarsko, Česko, Slovensko. Intenzita slunečního záření se pohybuje od 1 200 – 1 500 kWh/m². Podmínky v České republice již byly zhodnoceny, jsou podobné jako v Německu. Rakousko a Švýcarsko jsou z hlediska intenzity slunečního záření (s nadmořskou výškou se zvyšuje) ideálními adepty pro výstavbu fotovoltaiky. Výstavbě však brání obtížný terén, velké množství chráněných oblastí. Fotovoltaika se tedy soustředí na výstavbu na chatách a domech. Nejlepší intenzita je ve střední Evropě v Maďarsku hodnota okolo 1 400 – 1 500 kWh/m².

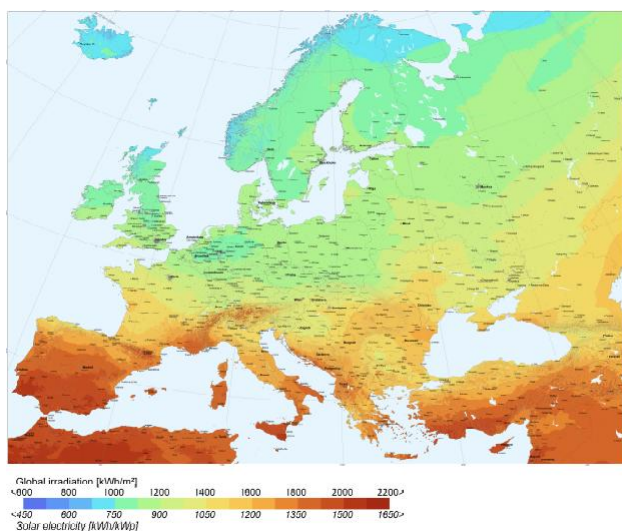
Do východní Evropy obvykle spadá Ukrajina, evropská část Ruska, Bělorusko a Moldavsko a malými částmi svého území zasahují také státy Ázerbájdžán, Gruzie a Kazachstán. Někdy se do východní Evropy počítají také pobaltské státy: Estonsko, Lotyšsko, Litva. Intenzita se pohybuje od 1 100 – 1 300 kWh/m².

Do zemí západní Evropy se řadí státy Belgie, Francie, Lucembursko, Nizozemsko, Monako, Irsko a Velká Británie. Oblast leží v mírném, oceánském podnebném pásu, v reliéfu převažuje nížina. Jelikož se oblasti nachází v oceánském pásmu, je zde vyšší výskyt srážek než ve vnitrozemských zemích. V severní části Velké Británie jsou podmínky pro fotovoltaiku nepříhodné, intenzita je okolo 1 000 kWh/m². Počet oblačných dní je velmi

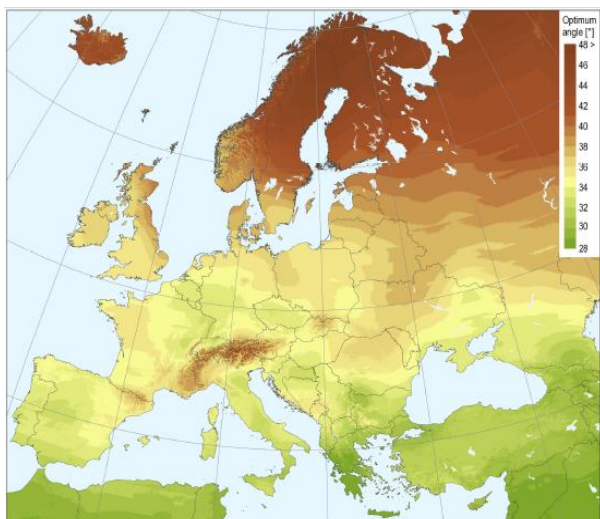
intenzivní. I přes méně příznivé podmínky se Velká Británie pohybuje na devátém místě s celkovým instalovaným výkonem v Evropské Unii.

Do států severní Evropy se řadí Dánsko, Estonsko, Finsko, Island, Litva, Lotyšsko, Norsko, Švédsko, Špicberky atd. V severních státech díky nepříznivým přírodním podmínkám není výroba elektřiny ze sluneční energie příliš rozšířená. Se zeměpisnou délkou směrem k pólům se intenzita snižuje. V těchto zemích převažují vodní elektrárny a nově i osmotické elektrárny. Intenzita je velmi nízká, hodnota okolo 400 kWh/m².

Pro zvýšení účinnosti například ve státech s méně příznivými podmínkami, lze účinnost navýšit pomocí vhodného sklonu panelu. Na obrázku 22 je mapa ideálního sklonu FVE pro maximální roční energetický zisk.



Obr. 21: Průměrná intenzita záření v Evropě



Obr. 22: Optimální sklon fotovoltaických modulů s cílem maximalizovat roční energetický zisk [30]

6.2 Ekonomické zhodnocení evropských států

Výhodnost instalace FVE závisí i na jiných parametrech než přírodních. Například důležitým parametrem je cena elektřiny. Pokud je cena elektřiny z výroby solární elektřiny příliš velká, je jasné, že ve státech se neuplatní.

Jižní státy rychleji dosáhnou parity než severní státy. Parita je stav, kdy cena elektřiny z obnovitelných zdrojů je nižší než z konvenčních zdrojů elektřiny. Parita má více stupňů. Důležitých stupněm je rezidenční stav, to znamená, že cena elektřiny z fotovoltaiky klesne na úroveň ceny elektřiny pro domácnost, samozřejmě záleží na využívání distribuční sazby. V tabulce 9 jsou srovnány některé země Evropské Unie dle přírůstku fotovoltaiky v MWp a průměrného přírůstku W/osobu za rok. Z tabulky je zřejmé, že největší rozvoj FVE čeká Německo, kde by se mělo dosáhnout rezidenční parity už okolo roku 2020. To by vedlo ke zrušení dotovaných výkupních cen. V České republice je rozvoj FVE omezen distribuční soustavou a k tomu se vztahující legislativou. Způsob provozování distribuční soustavy a celkové její postavení je v Německu jiné, vzhledem k tomu, že v roce 2020 plánují dosáhnout výkonu okolo 51 753 MWp.

Stát	Instalovaný výkon celkem MWp				Průměrný přírůstek W/os. za rok
	2005	2010	2015	2020	
Velká Británie	11	50	1 070	2 680	4,2
Holandsko	51	92	317	722	3,8
Francie	25	504	2 151	4 860	6,7
Německo	1 980	15 784	34 279	51 753	44
Itálie	34	2 500	5 500	8 000	9,10
Česká republika	0	462	2 158,94	2 408	0,60

Tab. 9: Porovnání vybraných zemí dle celkového instalovaného výkonu

Výrazně rychlejší rozvoj ve fotovoltaice je v zemích, kde je výroba solární elektřiny nějakým způsobem podporována. V tabulce číslo 10 jsou uvedené evropské státy, které podporují výkup elektřiny ze solární energie.

Evropské země, kde je fotovoltaika podporována pro rok 2012	
1.	Rakousko
2.	Belgie
3.	Bosna a Hercegovina
4.	Bulharsko
5.	Chorvatsko
6.	Kypr
7.	Česká republika
8.	Estonsko
9.	Francie
10.	Německo
11.	Řecko
12.	Maďarsko
13.	Irsko
14.	Itálie
15.	Lotyšsko
16.	Litva
17.	Lucembursko
18.	Makedonie
19.	Malta
20.	Černá Hora
21.	Nizozemsko
22.	Portugalsko
23.	Rumunsko

Tab. 10 Země podporující fotovoltaiku

6.3 Porovnání výkonů instalací FVE v EU

V tabulce 11 jsou porovnány výkony instalací FVE pro všechny země Evropské Unie. Srovnání států Evropské Unie jsem uvedla z toho důvodu, že tyto státy budou mít na vývoji z obnovitelných zdrojů největší podíl. Je to dané směrnicí Evropského parlamentu a Rady č. 2009/28/ES ze dne 23. dubna 2009 o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů. Vyplývá z ní pro Evropskou unii jako celek cíl 20 % podílu energie z obnovitelných zdrojů a cíl 10 % podílu energie z obnovitelných zdrojů v dopravě. Na každém ze států EU závisí, jaký podíl jednotlivých obnovitelných zdrojů zvolí a každý stát má díky tomu stanovený jiný Národní akční plán do roku 2020.

Z tabulky číslo 11 vyplývá, že první místo si zasloužilo Německo s instalovaným výkonem ze solární energie 23 788 MW k začátku roku 2012. Oproti tomu v Estonsku má celkový výkon 0 MW a do budoucna se s instalací FVE nepočítá. Prognostiky do roku 2020 jsou stanoveny, podle již zmiňovaného Národního akčního plánu pro obnovitelné zdroje energie (NREAP - National Renewable Energy Action Plan).

Mezi první dva největší výrobce sluneční energie patří Německo a Španělsko, Česká republika se řadí na čtvrté místo.

Stát	Instalovaný výkon [MW]		Stát	Instalovaný výkon [MW]	
	2012	2020		2012	2020
Estonsko	0	0	Bulharsko	46	303
Finsko	0	10	Rakousko	120	322
Irsko	0	0	Slovensko	130	300
Lotyšsko	1	2	Holadsko	185	722
Polsko	2	3	Velká Británie	280	2 680
Dánsko	3	6	Portugalsko	300	1 000
Litva	3	10	Belgie	485,1	1 340
Švédsko	5,9	8	Řecko	531	2 200
Maďarsko	6	63	Francie	1 080	4 860
Malta	10,68	27,88	Česká republika	2 008,94	2 408
Kypr	12	192	Itálie	4 000	8 000
Slovinsko	22	139	Španělsko	4 921	8 367
Lucembursko	39	113	Německo	23 788	51 753
Rumunsko	43	260			

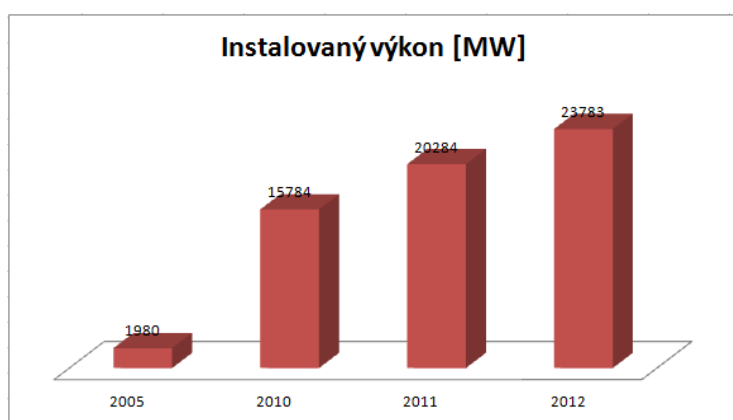
Tab. 11: Porovnání výkonu pro země EU v roce 2012 a 2020^[31]

6.4 Situace ve vybraných evropských státech

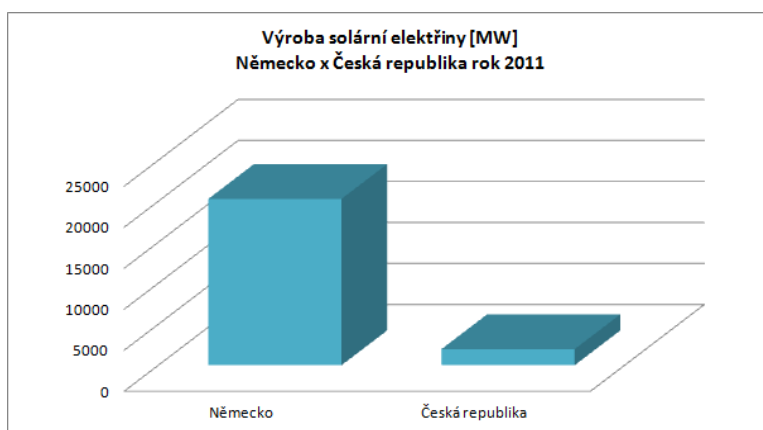
6.4.1 Spolková republika Německo

Vývoj fotovoltaiky

Solární zdroje se na německém energetickém mixu podílejí zhruba třemi procenty. V roce 2011 solární panely vyprodukovali 18 TWh elektřiny. Nárůst fotovoltaiky od roku 2005 je vidět v grafu číslo 8. V grafu číslo 9 je zobrazen poměr fotovoltaiky v České republice a v Německu v roce 2011.



Graf 8: Instalovaný výkon v Německu od roku 2005



Graf 9: Porovnání výroby solární elektřiny [MW] Německo x ČR v roce 2011

Vývoj výkupních cen

V roce 1991 zavedla SRN zákon o dotovaných výkupních cenách. Distributoři měli povinnost vykoupit „zelenou“ elektřinu za 90 % maloobchodní ceny elektřiny, což výrazně

přesahovalo cenu výroby konvenční elektřiny. Solární boom odstartoval v Německu již v roce 2004, kdy celkový instalovaný výkon překročil tisíc megawattů. Garantovaná výkupní cena s nárůstem počtu FVE začala pomalu klesat. V roce 2008 činili výkupní ceny pro nová fotovoltaická zařízení od 34,72 po 46,75 eurocentu (8,50 Kč - 11,50 Kč). Fotovoltaika v Německu rozkvetla díky zákonu z roku 2000 Zákon o obnovitelných zdrojích (EEG), který garantoval 20 let výkupní cenu. V roce 2011 klesli výkupní ceny jen na 0,2157 až 0,2874 € (5,50 až 7 Kč). Tento rok jsou ceny od 0,1833 do 0,2443 € (4,4 až 5,86 Kč). Konec podpory fotovoltaiky na volné ploše a orné půdě nastal 30. 6. 2010. Oproti roku 2011 je pokles výkupních cen zhruba o 15 %, přesto se fotovoltaika vyplatí vzhledem k poklesu nákladů na fotovoltaické panely, prokazuje to i nárůst výkonu za rok 2011 o téměř 7 500 MW. Dle ministra hospodářství Philippa Rösslera se v budoucnu předpokládá s úplným zrušením výkupních cen, vzhledem k tomu, že fotovoltaika prokázala svou „životaschopnost“.

Německo výrazně omezilo výkupní ceny, chce tím zamezit solárnímu boomu. Opatření nejvíce zasáhlo výrobce, kteří provozují solární parky. Těm se výkupní cena snížila až o třetinu. Za 1 kWh dostanou okolo 0,135 € (3,24 Kč). Méně budou trazit majitelé střešních instalací, kde se podpora snížila o 20 %, tedy maximálně na 0,195 € (4,68 Kč) za kWh. Všem výrobcům se od 1. 5. 2012 bude snižovat pravidelně výkupní cena o 0,0015 €. Velké solární farmy od 1. 6. 2012 nedostanou dotaci vůbec. Rozdíl před novelou a po novelizace je vidět v tabulce číslo 12.

Výkupní cena za kilowatthodinu solární elektřiny v Německu*	Solární farmy	Střešní panely
před 9. 3. 2012	17,24 eurocentu	24,43 eurocentu
po 9. 3. 2012	13,5 eurocentu	19,5 eurocentu

* Od května navíc každý měsíc snížení o 0,15 eurocentu za kWh, tedy ročně o 1,8 eurocentu za kWh

Tab. 12: Porovnání výkupních cen

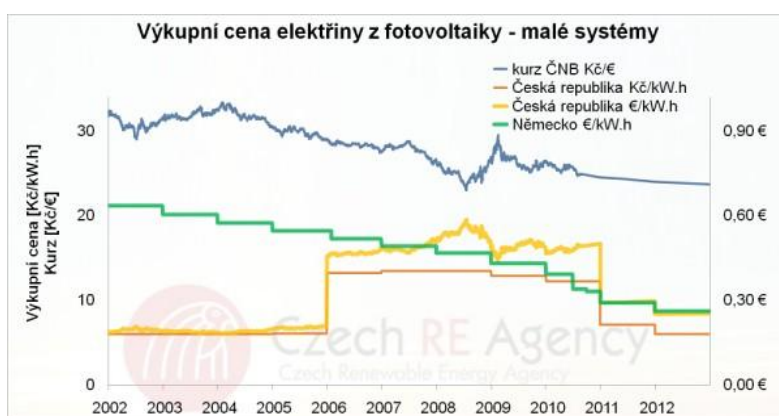
Od 9. 3. 2012 platí pouze tři tarify výkupních cen. Pro střešní instalace do 10 kW, pro střešní instalace do 1000 kW a velké instalace od 1 MW do 10 MW. Přehled aktuálních výkupních cen naleznete v tabulce 13.

Uvedení do provozu	nový: do 10 kW	nový: do 100 kW (nevztahuje se)	do 1 000 kW	nad 1000 kW do 10 MW	na volné ploše do 10 MW
od 1. 1. 2012	24,43	23,23	21,98	18,33	17,94
od 9. 3. 2012	19,5	16,5		13,5	13,5
snížení o	20,20%	29%	24,90%	26,40%	24,70%
snížení měsíčně v Centech	0,15				
od 1. 5. 2012	19,35		16,35	13,35	13,35
od 1. 6. 2012	19,2		16,2	13,2	13,2
od 1. 7. 2012	19,05		16,05	13,05	13,05
od 1. 8. 2012	18,9		15,9	12,9	12,9
od 1. 9. 2012	18,75		15,75	12,75	12,75
od 1. 10. 2012	18,6		15,6	12,6	12,6
od 1. 11. 2012	18,45		15,45	12,45	12,45
od 1. 12. 2012	18,3		15,3	12,3	12,3
od 1. 1. 2013	18,15		15,15	12,15	12,15

Tab. 13: Aktuální výkupní ceny v Německu od 9. 3. 2012

Pro velké systémy umístěné na zemi v České republice byly už od začátku výrazně vyšší výkupní ceny než v Německu. V české republice jsou výkupní ceny víceméně stejné pro elektrárny malé i velké, na střechu i na zem. Pro jednoduchost převládají v ČR instalace na zemi. Podíl instalací na zemi činí přes 90 %. V Německu je naopak 80 % výkonu instalováno na střechách. Výkupní ceny v Německu od roku 2007 výrazně klesly, v ČR posílením koruny se naopak navýšily. V grafu číslo 10 je vidět vývoj výkupních cen v Německu a České republice.

K výraznému nárůstu fotovoltaiky v Německu přispívá fakt, že cena fotovoltaických panelů je zde výrazně nižší než v ostatních státech EU. Dalším faktorem v Německu jsou lepší úvěrové podmínky, kdy investor může získat až 100% úvěr s úročením 4 %.

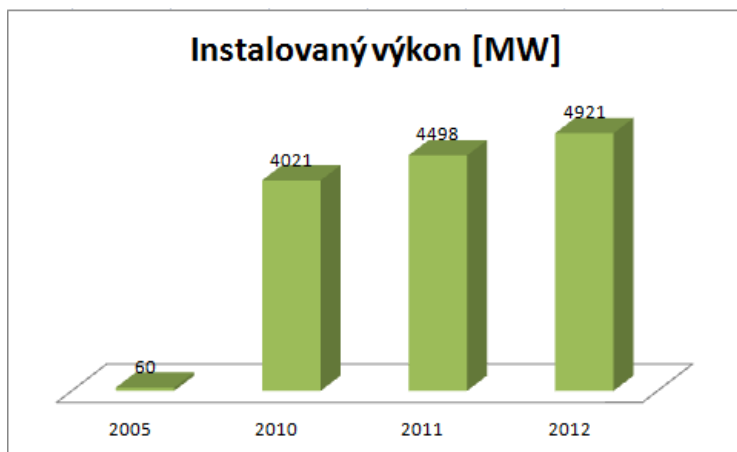


Graf 10: Vývoj výkupních cen pro fotovoltaiku na zemi, porovnání ČR a Německo

6.4.2 Španělské království

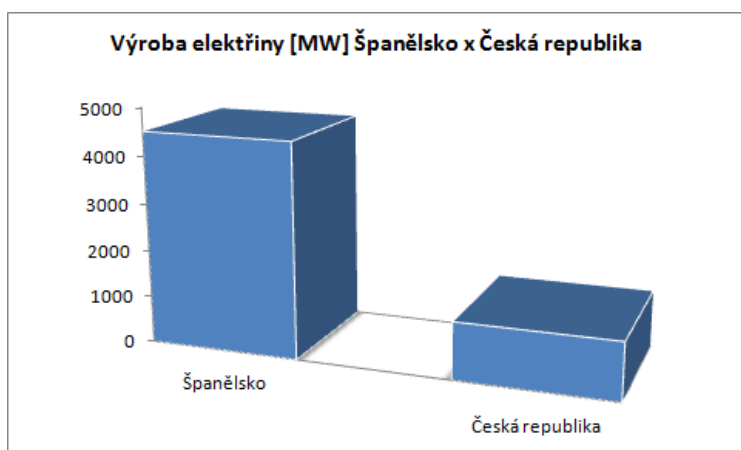
Vývoj fotovoltaiky

Nárůst fotovoltaiky je vidět v grafu číslo 11. Z grafu je zřejmé, že fotovoltaika se začala vyvíjet téměř stejně jako v České republice okolo roku 2010. Opětovně to bylo podmíněno zlevněním cen panelů na trhu.



Graf 11: Vývoj fotovoltaiky od roku 2005

V grafu číslo 12 je vidět porovnání solární výroby elektřiny Španělsko versus Česká republika. Z grafu je vidět, že Španělsko vyrobilo v roce 2011 čtyřnásobně více energie než Česká republika.



Graf 12: Srovnání výroby solární elektřiny Španělsko x ČR v roce 2011

Významné FVE

❖ *SE GEMASOLAR, Fuentes de Andalucía*

Ve Španělsku se nachází jedna z prvních FVE, která „vyrábí elektřinu i v noci“. Jedná se o elektrárnu se soustředěním sluneční energie do centrální věže s kolektory, které jsou tvořeny jen lehce zakřivenými zrcadly. Základním principem technologie je, že zrcadla soustřeďují sluneční záření do přijímacích částí, kde se sluneční energie přeměňuje v teplo, které se pak využije pro výrobu vodní páry pro pohon parní turbíny, která pohání elektrický generátor pro výrobu elektrické energie. Rovněž se používají systémy pro dočasné uložení tepelné energie, jako jsou nádrže s tekutou solnou náplní, které zajistí dodávku energie během noci nebo při nepříznivých podmínkách počasí, kdy slunce nesvítí. Za nepříznivých podmínek vydrží až 15 hodin. Tepelný absorbér je umístěn na vrcholu 140 metrů vysoké centrální věže. Solární elektrárna ve Španělsku založená na tomto principu je jmenuje SE GEMASOLAR, Fuentes de Andalucía, Španělsko. Výkon elektrárny je 19 MW, roční výroba 110 GWh a technologie obsahuje neuvěřitelných 2 650 panelů rozložených na ploše 185 hektarů. Elektrárna se svým výkonem 10 GWh za rok je schopná uspokojit spotřebu elektřiny pro více než 25 tisíc domácností.^[32]



Obr. 23: Solární elektrárna SE GEMASOLAR

❖ *FVE u Olmedilla de Alarcón*

FVE u Olmedilla de Alarcón je jedna z největších FVE v Evropě. Solární park nacházející se u španělského města Olmedilla de Alarcón byl dokončen v září roku 2008 a má celkovou instalovanou kapacitu 60 MW. Zajímavé je, že celý park byl vybudován během pouhých 15 měsíců.



Obr. 24 Fotovoltaický park u Olmedilla de Alarcón

Výkupní ceny

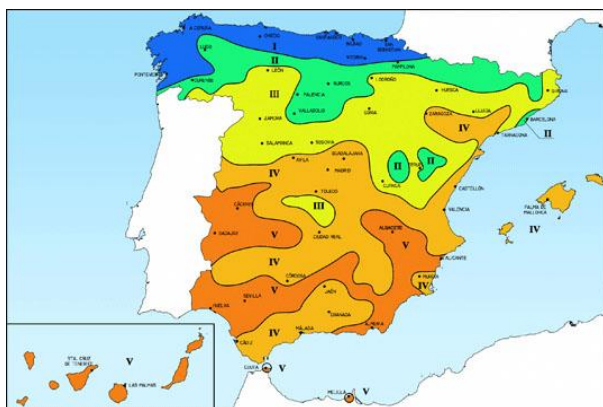
Ve Španělsku je intenzita slunečního záření dvakrát taková jako v ČR, přesto nárůst fotovoltaiky nebyl tak výrazný jako v Německu. Je to dáno rozdílnými výkupními cenami. První tarify pro regulované výkupní ceny elektřiny vyrobené v obnovitelných zdrojích byly nastaveny královským dekretem v roce 1994. V roce 2004 došlo ke změně královského dekretu a k navýšení tarifů u fotovoltaiky o 575 % nad průměrnou referenční sazbu ceny elektřiny, kterou stanovuje španělská vláda (je zpravidla vyšší než tržní cena elektřiny). V roce 2005 stanovila španělská vláda cíl dosáhnout 371 MW instalovaného výkonu v obnovitelných zdrojích do roku 2010. Tento cíl Španělsko splnilo již v roce 2007 (547 MW instalovaného výkonu). Rychlý nárůst cen vedl k rozhodnutí vlády, která změnila pravidla regulace cen a schválila roční přechodné období, které končilo v září 2008. Nejistota o finální formě podpory investory motivovala k vybudování co největšího objemu instalovaného výkonu do konce přechodného období. Toto období bylo hlavním faktorem pro vznik tzv. solárního boomu ve Španělsku.

Další podíl na nárůstu fotovoltaiky měly banky, které v době hospodářské krize neschvalovaly úvěry developerům, dopravním firmám apod., ale výstavbu FVE stále podporovaly poskytnutím úvěru. A posledním faktorem bylo vytvoření tzv. green jobs (zelená pracovní místa). Od roku 2000 vzniklo ve Španělsku díky veřejné podpoře zhruba 60 100 zelených pracovních míst (cca 0,25 % všech pracovních míst v ekonomice). Podle analýzy však zároveň v důsledku podpory 130 400 pracovních míst zaniklo. [33] Od ledna roku 2012 nová vláda pod vedením premiéra Mariano Rajoy přerušila veškeré podněty k dotaci fotovoltaiky. Podpora byla zrušena kvůli současné finanční situaci. V tabulce číslo 14 jsou výkupní ceny, které měli být platné pro rok 2012.

střešní montáž /BIPV		pozemní montáže	doba garance
výkon	výkupní cena [€/kWh]	výkupní cena [€/kWh]	
pod 20 kW	0,283	0,1217	25 let
nad 20kW	0,156		25 let

Tab. 14: Výkupní ceny ve Španělsku

Dle Královského dekretu (RD) 14/2010 bude vláda vykupovat jen určitý počet hodin. Do konce roku 2013 bude počet výkupních hodin stanoven pro celou zemi stejně. Od roku 2014 bude země rozdělena do 5 zón, v každé zóně bude jiný počet výkupních hodin. Na obrázku číslo 25 jsou zobrazeny jednotlivé úseky.



Obr. 25: Výkupní zóny ve Španělsku

Tabulce číslo 15 jsou zobrazeny předpokládané výkupní hodiny dle jednotlivých úseků.

do 31. 12. 2012	pevná instalace	instalace s 1-osovým sledováním	instalace s 2-osovým sledováním
	1 250 h	1 644 h	1 707 h
od roku 2014			
zóna I	1 232 h	1 602 h	1 664 h
zóna II	1 362 h	1 770 h	1 838 h
zóna III	1 492 h	1 940 h	2 015 h
zóna IV	1 632 h	2 122 h	2 204 h
zóna V	1 753 h	2 279 h	2 367 h

Tab. 15: Počet výkupních hodin

6.4.3 Chorvatská republika

Vývoj fotovoltaiky

Chorvatsko má příhodné přírodní podmínky pro fotovoltaiku, přesto ve výrobě elektřiny z fotovoltaiky příliš nevynikají. Celkový instalovaný výkon nyní činí okolo 24 MW. Chorvatsko je země bohatá na přírodní zdroje. Má velké množství řek a i příhodné povětrnostní podmínky. Chorvatsko se tedy více specializuje na výrobu elektřiny hlavně z energie větru a vody. Výroba energie z fotovoltaických panelů je v Chorvatsku příliš drahá.

Chorvatsko by mělo v roce 2013 vstoupit do Evropské Unie, z toho vyplývá, že i Chorvatsko má stanoven Národní akční plán, kterého se musí držet. Chorvatsko by dle Strategie energetického rozvoje mělo do roku 2020 vybudovat nové kapacity na výrobu elektrické energie z obnovitelných zdrojů o celkovém výkonu 1 545 MW, aby splnilo svůj závazek vyrábět 20 % z obnovitelných zdrojů. Z toho by 1 200 MW mělo být dosaženo výrobou z větru, 140 MW z biomasy, 100 MW z malých vodních elektráren, 40 MW z kogenerace, 20 MW z geotermálních zdrojů a pouze 45 MW ze solární energie. Sluneční energie se v Chorvatsku uplatňuje a bude uplatňovat hlavně na ostrovech, kde bude mít upotřebení bez dlouhého přenosu.

Výkupní ceny

V Chorvatsku je také podporována fotovoltaika formou výkupních cen od roku 2007. U malých slunečních elektráren se doposud nezaznamenal velký úspěch. Dotace se nevztahují na elektrárny s celkovým instalovaným výkonem nad 1 MW (zatím taková elektrárna nebyla v Chorvatsku vybudována). Ceny jsou garantované po dobu 12 let stejně jako v ČR. Výkupní ceny byly ze začátku o něco nižší než v ČR. V roce 2007 u sluneční elektrárny do 10 kW byla výkupní cena 3,4 HRK/kWh (11,32 Kč/kWh) a v roce 2009 cena 3,7 HRK/kWh (12,321 Kč/kWh). V ČR byly výkupní ceny 13,46 Kč/kWh. Ceny pro rok 2011 se po té pohybovaly mezi 2,1–3,8 HRK/kWh (7,056 Kč – 12,77 Kč), v závislosti na velikosti instalovaného zařízení, čím menší výkon tím vyšší výkupní ceny. Státní podpora na fotovoltaiku, by se měla v průběhu let snižovat, kvůli státnímu rozpočtu. Kdyby dotace narůstaly nebo zůstaly na stejné cenové hladině, celková cena elektřiny by výrazně podražila.

Pro shrnutí Chorvatská vláda nemá v úmyslu příliš podporovat fotovoltaiku. Dobrým příkladem jsou společnosti pro výrobu solárních panelů Solaris a Solvis, které jsou jedinými

výrobci panelů ve státě a jejichž celková produkce přesahuje kapacitu 100 MW. Prodej jejich panelů je v Chorvatsku nulový a téměř veškeré zboží jde na export. Pro podnikatele s fotovoltaikou není tedy Chorvatsko příliš příhodným místem.

V tabulce číslo 16 jsou zobrazeny aktuální výkupní ceny. Tyto výkupní ceny jsou aktuální pro instalace do 5 MW, nad tento výkon jsou ceny sjednávány individuálně.

Instalace pozemní a střešní	
výkon	výkupní cena [€/kWh]
<10 kW	0,46
<30 kW	0,41
>30 kW	0,26

Tab. 16: Výkupní ceny v Chorvatsku

6.4.4 Italská republika

V Itálii se pohybuje intenzita slunečního záření okolo 2 200 kWh/m². Řadí se na třetí místo ve výrobě elektřiny ze solární energie v EU. V Itálii došlo k výraznému snížení výkupních cen v roce 2010 kvůli překročení instalovaného výkonu 1 200 MWp. Itálie má Národní akční plán do roku 2020 dosáhnout celkového instalovaného výkonu 8 000 MWp. Již v tuto dobu je celkový instalovaný výkon okolo 4 000 MW. Itálie díky tomu bude snižovat výkupní ceny v roce 2013 zhruba o dalších 6 %. Pokud by došlo k solárnímu boomu jako ve Španělsku, snížení cen bude radikálnější. V některých částech Itálie již nyní bylo dosaženo rezidenční parity díky vysokým výkupním cenám elektřiny v minulých letech. Dle aktuální zprávy vláda oznámila, že od července 2012 nebude poskytována podpora velkým pozemním i střešním instalacím, pokud jejich instalovaný výkon překročí 1 MW. Tato skutečnost bude mít vliv na instalaci FVE, která se bude pravděpodobně orientovat pouze na střešní instalace. Vláda dále oznámila, že nepovolí další instalace na zemědělské půdě a dále je v jednání snížení výkupních cen během roku 2012.

Nominálně jsou výkupní ceny v Itálii nižší než v České republice, ale zároveň je však množství dopadajícího slunečního záření až o 50 % vyšší. Ve výsledku jsou příjmy z jednotky instalovaného výkonu na většině území Itálie vyšší než v České republice jak pro malé, tak pro velké systémy.

6.4.5 Turecká republika

Turecko lze charakterizovat jako relativně vyspělou, průmyslově agrární zemi. Převážný podíl v obnovitelných zdrojích tvoří větrné elektrárny a vodní elektrárny. Dle vypracované studie je roční potenciál solární energie v Turecku 380 miliard kWh ročně. Turecko patří mezi největší potenciální výrobce ze sluneční energie. Hlavním důvodem, proč není energie využita je, že návratnost a celkové investice jsou vyšší, než u větrných či vodních elektráren. Veškerá vybavení pro solární energetiku jsou závislá na dovozu a to se projevuje i na jejich ceně. V roce 2011 byla provedena studie, které srovnává FVE a VTE (větrné elektrárny). Investiční náklady na solární elektrárnu z amorfního materiálu je na 1MW 1,7 mil. Eur. Pro FVE o výkonu 1 MW z polykrystalického křemíku jsou náklady 2 mil. Eur. Na výstavbu větrné elektrárny o výkonu 1 MW jsou počítané náklady 950 tis. Eur. Ze studie vyplývá, že z hlediska investičních nákladů a vyrobené energie jsou pro Turecko výhodnější větrné elektrárny než sluneční. Co se týká vyrobené energie z VTE je téměř dvojnásobkem elektřiny sluneční, díky tomu, že sluneční elektrárny jsou omezeny pouze na denní provoz. Ve výsledku výroba ze sluneční energie je v Turecku drahá. V současné době se výroba ve sluneční energie v Turecku pohybuje pouze okolo 10 MWp. V budoucnu se počítá s nárůstem díky snížení investičních nákladů na FVE. Turecko se specializuje na ploché termální kolektory, které využívá hlavně v Egejském a Středozezemním moři.

6.4.6 Kyperská republika

Kyperská republika má výborné přírodní podmínky pro instalaci FVE. Intenzita slunečního záření se pohybuje okolo 2 300 kWh/m². V roce 2010 činil celkový instalovaný výkon ze solární elektřiny 6,2 MW. V průběhu roku 2010 bylo nainstalováno 178 nových malých elektráren s celkovým výkonem 5,56 MW. Celkový instalovaný výkon ke konci roku 2011 činí okolo 12 MW. V roce 2010, se zvedl zájem veřejnosti investice do FVE. Ke konci roku bylo podáno 1 380 žádostí o dotaci. Celkový výkon těchto systémů se pohybuje kolem 20 MW a očekává se, že budou nainstalovány v období 2011 - 2012. Očekává se, že celkový výkon instalací do budoucna bude vzrůstat ročně o 5 MW.

6.4.7 Maďarská republika

Maďarsko i přes své dobré přírodní podmínky nemá výrobu ze solární elektřiny příliš výraznou. Výroba ze solární energie se v této zemi začíná pomalu, ale stabilně rozvíjet. V roce 2010 došlo k navýšení o 1,1 MW na celkových 1,75 MW. Ke konci roku evidujeme celkový instalovaný výkon okolo 3 MW. Maďarsko je nyní na stejné úrovni, jako ČR byla v roce 2007. Maďarsko je teprve na počátku s výrobou elektřiny ze solární energie.

6.4.8 Slovenská republika

Slovenská republika má obdobné přírodní podmínky jako ČR. Na Slovensku byla v roce 2010 nainstalována celková kapacita ze sluneční energie 145 MW, což je například 12 krát vyšší výkon než na slunném Kypru. Rozsáhlé instalace nastali díky zavedení příznivých výkupních cen dle *Zákona číslo 309/2009*, který zaručuje výkupní ceny po dobu 15 let. Situace na Slovensku neprobíhala tak hekticky jako v České republice. Dalo by se říct, že Slovensko se poučilo z chyb ČR. V ČR kvůli nárůstu instalací z FVE musel být vyhlášen stop – stav, na Slovensku zatím k této situaci nedošlo. V krátkém časovém horizontu dokázali eliminovat boom velkých solárních projektů. Do června roku 2011 musely být připojeny všechny projekty nad 100 kWp, od června 2011 již nejsou velké instalace dotovány. Malé FVE mají na Slovensku velkou budoucnost, hlavně co se týká střešních instalací. V roce 2011 došlo ke snížení výkupních cen na malé instalace o 10 %, návratnost malé FVE se pohybuje okolo 9 let. Dle provedené studie návratnost instalace s 66 kWp činí na Slovensku právě 9 let. V ČR tato doba činí okolo 14 let. Doba návratnosti se v ČR zvýšila díky snížení výkupních cen.

6.4.9 Ukrajinská republika

Intenzita slunečního záření na Ukrajině se pohybuje od 1 100 – 1 300 kWh/m² v průměru. V jižní části (např. Krym) je intenzita až 1 300 kWh/m². Přírodní podmínky jsou dobré pro instalaci FVE. Svědčí o tom skutečnost, že na Ukrajině se nachází největší FVE v Evropě s celkovým instalovaným výkonem 100 MW. Jedná se o solární park na Krymu, v lokalitě Perovo, a skládá se ze 440 000 kusů solárních panelů od čtyř různých dodavatelů. Celý park pokrývá plochu o rozloze 200 hektarů. Instalace má pokrýt spotřebu 340 000 obyvatel města Simferopol na Krymu. Stavba byla dokončena v roce 2011 a trvala necelých

sedm měsíců. Současně podpořila místní ekonomiku tím, že vytvořila 800 nových „zelených“ pracovních míst.

V budoucnu se předpokládá rychlý rozvoj fotovoltaiky. Je to hlavně díky příhodné legislativě v zemi. Výkupní ceny se pohybují až okolo 0,4 €/kWh (9,5 Kč/kWh). V roce 2012 by měl celkový instalovaný výkon z FVE dosáhnout 290 MW. Ukrajina má v plánu výrobu vlastních součástí do FVE. To bude znamenat určité výhody pro investory, pokud zvolí komponenty vyrobené právě na Ukrajině.

6.4.10 Spojené království Velké Británie a Severního Irska

Množství slunečního záření se ve Velké Británii pohybuje od 960 kWh/m² v severní části a do 1 240 kWh/m² na jihozápadě. Pro srovnání v Norsku je 900 kWh/m² a ve Španělsku 1 900 kWh/m².

V roce 2008 se Spojené království zavázalo ke snížení emisí o 80 % do roku 2050. Do roku 2020 se zavázalo dle NAP vyrábět 15 % elektřiny z OZE. Do roku 2020 má fotovoltaika tvořit 1,9 % z OZE. Velká Británie se řadí v EU na deváté místo s výkonem 280 MW ze solární elektřiny.

6. 4.11 Baltské státy

Estonská republika

Estonsko nedodává do sítě elektřinu ze solární energie. Je to hlavně díky nepříznivých podmínkám pro fotovoltaiku. Všechny instalované FVE jsou případně v režimu off – grid a jsou samostatně využívány v místech, kde není přístup k elektřině, zejména na ostrovech. Zajímavé je, že všechny estonské samostatné majáky využívají právě solární energie.

Lotyšská republika

V roce 2009 činil instalovaný výkon z FVE pouze 8 kW. K rozvoji fotovoltaiky přispělo zavedení výkupních cen začátkem roku 2009. Instalovaný výkon se zvýšil v roce 2010 na 18 kW. Podstatný nárůst nastal v roce 2011 až na 1 MW.

Litevská republika

V roce 2010 zažil fotovoltaický průmysl malý nárůst přibližně o 100 kW a to vše v režimu off – grid. V tuto chvíli jsou instalovány pouze 3 MW. Zažádáno mají projekty o celkové kapacitě 20 MW, jejich vývoj je závislý na legislativě v zemi.

7 Závěr

Ve vyhodnocení přírodních podmínek v České republice jsem došla k závěru, že na jižní Moravě je nejvíce slunečních dní a díky tomu je jižní Morava nejvhodnější lokalitou pro výstavbu FVE. Koncentrace FVE odpovídá přírodním podmínkám.

V legislativě jsem uvedla nejdůležitější zákony a směrnice. Ve výsledku jsem došla k tomu, že k solárnímu boomu došlo, díky zlevnění fotovoltaických panelů a dále k tomu přispělo přijetí tří legislativních opatření. Jedná se o *Energetický zákon z roku 2001*, *Zákona č. 180/2005 Sb.* a stanovení pevných výkupních cen ze strany ERÚ pro rok 2006, které činily více než dvojnásobek hodnoty pro povinné výkupy ceny elektřiny z fotovoltaiky než o rok dříve. Následkem solárního boomu byl vyhlášen stop – stav. Nyní je již možné v některých částech ČR připojovat do sítě. Na celkovou cenu elektřiny však neměl takový vliv solární boom jako to, že Německo odstavilo jaderné reaktory z provozu. Díky nedostatku energie v jihovýchodní části Německa, musel být nedostatek elektřiny pokryt dodávkou z Francie a ČR. Německo toto opatření přijalo v reakci na katastrofu ve Fukušimě.

V diplomové práci jsem se více zaměřila na dva dominantní výrobce solární elektřiny Německo a Španělsko. Více jsme se zaměřila i na Chorvatsko, protože je známým turistickým místem. V Evropě je největším výrobcem sluneční energie Německo s výkonem 23 788 MW, na druhém místě je Španělsko s celkovým výkonem 4 921 MW. Ve srovnání například s Tureckem je to šestnásobek jejich celkové výroby. V Chorvatsku celková výroba ze sluneční energie činí pouze 24 MW. Je to dané tím, že sluneční energie je v Chorvatsku drahá, více je využívána energie větru. Zjistila jsem, že Česká republika v Evropské Unii zaujímá místo čtvrté s celkovým výkonem 1 959 MW. Největší FVE v Evropě s výkonem 100 MW se nachází na Ukrajině.

Z přírodních podmínek vyplývá, že nejlepší podmínky mají jižní státy, ale co se týká největšího producenta fotovoltaiky v Evropě, je to Německo. Rychlý rozvoj umožnila hlavně legislativa ve státě. Jedny z nejlepších přírodních podmínek mají Kypr a Turecko, přesto je na Kypru celkový instalovaný výkon pouze 12 MW a v Turecku 10 MW. Na Kypru je tak nízký podíl výroby ze sluneční energie díky legislativním podmínkám, které nejsou příhodné pro fotovoltaiku. Turecko zase více využívá větrné energie, která je levnější než solární. V severních státech je minimální podíl výroby ze solární energie, je to dáno nevhodnými přírodními podmínkami. FVE jsou zde převážně v režimu off – grid. Například v Estonsku se používají ve všech majácích.

8 Literatura

- [1] <http://oei.fme.vutbr.cz/jskorpik/slunecni-zareni-jako-zdroj-energie.html>
- [2] <http://www.solarni-energie.net/vyuziti-solarni-energie>
- [3] http://www.mzp.cz/cz/solarne_termicke_kolektory
- [4] http://solab.fs.cvut.cz/Podklady/solarni_kolektory.pdf
- [5] <http://www.vosvdf.cz/cmsb/userdata/489/obnovitelne-zdroje/Solarni%20clanky.pdf>
- [6] <http://energie.tzb-info.cz/solarni-kolektory/typy-solarnich-kolektoru>
- [7] <http://www.cne.cz/fotovoltaicke-systemy/uvod-do-fv-systemu/>
- [8] <http://www.itserve.cz/index.php/fotovltaicke-elektrarny/fotovoltaika>
- [9] http://www.ceska-solarni.cz/fotovoltaika_princip.php
- [10] <http://www.solarenavi.cz/slunecni-elektrarny/faq/>
- [11] <http://www.cne.cz/fotovoltaicke-systemy/uvod-do-fv-systemu/>
- [12] <http://www.isofenenergy.cz/Slunecni-zareni-v-CR.aspx>
- [13] <http://pr-asv.chmi.cz/IskoPollutionMapView/faces/pollutionmapvw/viewMapImages.jsf>
- [14] <http://free-top.tym.cz/download.php?ds=slepa-mapa-cr>
- [15] <http://www.elektrarny.pro/seznam-elektraren.php>
- [16] http://www.fccpublic.cz/konference/EBIII_03_Holoubek.pdf
- [17] <http://www.czrea.org/cs/druhy-oze/fotovoltaika/fotovoltaika-solarni-tepelne-1>
- [18] <http://energie.tzb-info.cz/107545-vykon-solarnich-elektraren-na-zacatku-roku-stagnuje>
- [19] http://www.eru.cz/user_data/files/statistika_elektro/mesicni_zpravy/2011/leden/page9.htm
- [20] <http://czepho.cz/cs>

- [21] http://www.ceps.cz/CZE/Data/Legislativa/Kodex/Documents/2012/ČástIV_12_fin01.pdf
- [22] <http://www.euroskop.cz/8440/18481/clanek/energie-v-unoru-2011>
- [23] <http://www.europeangreencities.com/pdf/activities/ConfJun2005/Czech/4.%20Legislativa%20pro%20obnovitelné%20zdroje%20energie.pdf>
- [24] <http://www.solarinvest.cz/legal>
- [25] <http://www.solarni-fotovoltaiicke-elektrarny.com/fve-legislativa/>
- [26] <http://www.isofenenergy.cz/Zakony-fotovoltaika.aspx>
- [27] http://www.eru.cz/user_data/files/cenova%20rozhodnuti/CR%20elektro/2011/ER%20CR%207_2011OZEKVETDZ.pdf
- [28] <http://energie.tzb-info.cz/107545-vykon-solarnich-elektren-na-zacatku-roku-stagnuje>
- [29] http://www.joyce.cz/files/joyce-energie.cz/files/Tabulka_web_vykupni_ceny_2012.jpg
- [30] http://ray-on.cz/fileadmin/pub/doc/PVGIS-EuropeSolar_Potential.pdf
- [31] <http://oze.tzb-info.cz/7266-narodni-akcni-plany-zemi-eu-instalovany-vykon-oze-elektren>
- [32] <http://www.cez.cz/cs/vyzkum-a-vzdelavani/veda-a-vyzkum/zpravy-ze-sveta-vyzkumu-a-vyvoje/2.htm>
- [33] <http://scienceworld.cz/aktuality/negativni-dopady-podpory-obnovitelných-zdroju-energie-5512>