

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE  
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2017

Bc. Kateřina Martínková

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE  
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ  
KATEDRA APLIKOVANÉ GEOINFORMATIKY A  
ÚZEMNÍHO PLÁNOVÁNÍ

**Střešní solární potenciál města Pacov**

**Roof-top solar potencial of Pacov**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vedoucí práce: Ing. Vítězslav Moudrý, Ph.D.

Diplomant: Bc. Kateřina Martínková

2017

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Kateřina Martínková

Regionální environmentální správa

Název práce

**Střešní solární potenciál města Pacov**

Název anglicky

**Roof-top solar potential of Pacov**

---

### Cíle práce

- Zhodnocení využitelnosti dat z lokálních střešních solárních panelů pro kalibraci modelu
- Posouzení vhodnosti použití DMP1G pro výpočet solárního potenciálu
- Výpočet solárního potenciálu střech města Pacov

### Metodika

Solární energie je považována za jeden z nejuhodnějších obnovitelných zdrojů, který má minimální negativní dopady na životní prostředí. Stanovení solárního potenciálu střech v urbanizovaném území je v posledních letech předmětem studia mnoha vědeckých prací. Zejména díky rostoucí dostupnosti dat leteckého laserového skenování a vhodných nástrojů GIS. Autorka se v literární rešerši zaměří na podporu využívání obnovitelných zdrojů v Evropské unii a na situaci v České republice. S využitím DMP1G, který je odvozen z dat leteckého laserového skenování, odhadne autorka solární potenciál města Pacov a posoudí vhodnost použití těchto dat pro výpočet solárního potenciálu.

**Doporučený rozsah práce**

40 – 60 stran.

**Klíčová slova**

Formulace klíčových slov je úkolem autora.

---

**Doporučené zdroje informací**

- Brito, M. C., Gomes, N., Santos, T., and Tenedório, J. A. , 2012. Photovoltaic potential in a Lisbon suburb using LiDAR data. *Solar Energy*, 86(1), 283-288.
- Dusonchet, L. and Telaretti, E., 2012. Economic analysis of different supporting policies for the production of electrical energy by solar photovoltaics in eastern European Union. *Energy Policy* 38(8), 4011-4020.
- Hofierka, J., Kaňuk, J., and Gallay, M., 2014. Spatial distribution of photovoltaic power plants in relation to a solar resource potential. *Moravian Geographical Reports*, 22(2), 26-33.
- Kavina, P., Jirásek, J. and Sivek, M., 2009. Some issues related to the energy sources in the Czech Republic. *Energy Policy* 37(6), 2139-2142.
- Kodysh, J. B., Omitaomu, O. A., Bhaduri, B. L., and Neish B. S., 2013. Methodology for estimating solar potential on multiple building rooftops for photovoltaic systems. *Sustainable Cities and Society* 8, 31-41.
- Sivek, M., Kavina, P., Jirásek, J. and Malečková, V., 2012. Czech Republic and indicative targets of the European Union for electricity generation from renewable sources. *Energy Policy* 44, 469-475.
- Solangi, K. H., Islam, M. R., Saidur, R., Rahim, N. A. and Fayaz, H. , 2011. A review on global solar energy policy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 15(4), 2149-2163.
- 

**Předběžný termín obhajoby**

2016/17 LS – FŽP

**Vedoucí práce**

Ing. Vítězslav Moudrý, Ph.D.

**Garantující pracoviště**

Katedra aplikované geoinformatiky a územního plánování

Elektronicky schváleno dne 23. 3. 2015

**Ing. Petra Šimová, Ph.D.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 26. 3. 2015

**prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.**

Děkan

V Praze dne 18. 04. 2017

### **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně pod vedením Ing. Vítězslava Moudrého, Ph.D., a že jsem uvedla všechny literární prameny, ze kterých jsem čerpala.

V Praze 31. 3. 2017

.....

## **Poděkování**

Tímto bych ráda poděkovala Ing. Vítězslavu Moudrému, Ph.D., vedoucímu práce, za odborné rady, firmě Rekupera s.r.o. za poskytnutí vstupních dat z místních střešních fotovoltaických elektráren.

V Praze 31. 3. 2017

.....

## **Abstrakt**

Nadnárodní, národní i místní politiky ovlivňují vývoj instalace FVE. Solární mapy jsou prostředkem k přiblížení politických cílů a problematiky FVE občanům i správě města a jejich zapojení. Cílem práce je vytvoření modelu solární radiace, který přinese občanům a správě města zdroj informací o solárním potenciálu jejich střech. K modelaci solární radiace byl využit DMP 1G vytvořený v ArcGIS. Atmosférické parametry byly použity z PVGIS, kde je možné získat dva typy dat z různých výpočtů – classic a CMSAF. Tyto údaje byly porovnány s reálnou výrobou 3 FVE v Pacově a atmosférické parametry z PVGIS byly následně upraveny. Prostřednictvím nástroje Area Solar Radiation vznikly tři modely solární radiace s odlišnými vstupními podíly difuzního záření – PVGIS classic, PVGIS CMSAF a model Medián FVE. Výsledné modely byly porovnány mezi sebou a výsledkem byla odchylka až 10 % v úhrnu celkového ročního globálního záření. Následně byla ověřena správnost prostřednictvím dalších výstupů solární radiace – součet difuzního a přímého záření. Mimo to byla správnost potvrzena vizuální kontrolou a kontrolou prostřednictvím výroby jednotlivých FVE. Ačkoli reálná výroba meziročně kolísá až o 10 %, shodovala se s modely právě kvůli těmto odchylkám. Tím byly modely rozděleny dle příznivosti do 3 kategorií – více příznivý model, méně příznivý model a model průměrů. Právě trend výroby závislý na proměnlivosti atmosférických parametrů poukázal na skutečnost, že nehledáme exaktní model solární radiace. Avšak nezbytná je aktuálnost 3D modelu, kde byly zjištěny nedostatky. Vertikální a horizontální pohledy města se dynamicky vyvíjejí a je nezbytné sledovat tyto trendy a zajistit současný 3D model. Právě vegetace a změna zástavby výrazně ovlivňuje výsledný úhrn globálního záření.

## **Klíčová slova**

Fotovoltaická elektrárna – Evropská unie – Česká republika – energetická politika – geografický informační systém

## **Annotation**

Multinational, national and local policies affect the development of the installation of FVE. Solar maps are the means of approach the political objectives and issues of FVE to citizens and the city administration and their integrating. The work goal is to create a model of the solar radiation that will bring the source of information about the solar potential of their rooftops to the citizens and the city administration. DMP 1G, created in ArcGIS was applied for simulate the solar radiations. Atmospheric parameters were used from PVGIS where it is possible to obtain two types of data from different calculations - classic and CMSAF. These data were compared with the actual production of three photovoltaic plants in Pacov and the atmospheric parameters from PVGIS were subsequently modified. Through tools of Area Solar Radiation there were created three models of solar radiation with different input ratios of diffuse radiation - PVGIS classic, PVGIS CMSAF and model Median FVE. The resulting models were compared between itself and the result was a deviation up to 10% in sum of the total annual global radiation. It was subsequently verified the correctness through other outputs of solar radiation – the sum of diffuse and direct radiation. Thereto the correctness was confirmed by visual inspection and control through the production of the individual FVE. Although the real production varies up to 10% interannual, it corresponded with the models because of these abnormalities. Therefore the models were separated according to favourableness into 3 categories – more favourable model, a less favourable model and model of averages. This trend of production depending on the atmospheric variability parameters pointed out the fact that we don't look for an exact model of the solar radiation. However, it is necessary a topicality of 3D model, where deficiencies were identified. Vertical and horizontal views of the city are developing dynamically and it is necessary to monitor these trends and ensure the current 3D model. Just vegetation and build-up area change markedly affects the final total of global radiation.

## **Keywords**

Photovoltaic power – European Union – Czech Republic – energy policy – Geographic information system



## Obsah

1. Úvod.....	11
2. Cíle práce .....	12
3. Literární rešerše.....	13
3.1 Světový trh .....	13
3.2 Evropský trh .....	15
3.3 Legislativa a podpůrné dokumenty EU .....	18
3.4 Vývoj FVE v Německu ovlivněný vnitrostátní politikou .....	23
3.5 Situace v České republice.....	27
3.5.1 Legislativa a podpůrné dokumenty .....	27
3.5.2 Způsoby podpory .....	32
4. Metodika .....	35
4.1 Charakteristika zájmového území .....	35
4.2 Vstupní data.....	36
4.2.1 Digitální model povrchu 1. generace .....	36
4.2.2 Meteorologická data.....	37
4.3 Zpracování dat v ArcGIS .....	39
4.3.1 Modelování terénu .....	39
4.3.2 Modelování solární radiace .....	41
5. Výsledky práce.....	44
6. Diskuze.....	51
7. Závěr .....	53
8. Přehled literatury a použitých zdrojů .....	55
9. Přílohy.....	63

## Seznam použitých zkratk

ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
ČSVE	Česká společnost pro větrnou energii
ČTK	Česká tisková kancelář
ČÚZK	Český úřad zeměměřičský a katastrální
DMP 1 G	digitální model povrchu České republiky 1. generace
EEG	Erneuerbare Energie Gesetz
EPIA	European Photovoltaic Industry Association (Evropská fotovoltaická průmyslová asociace)
EU	Evropská unie
EUA	European Union Allowance
ERÚ	Energetický regulační úřad
FIT	feed-in tarif
FVE	fotovoltaická elektrárna
GW	gigawatt
GWp	gigawattpeak
IEA	International Energy Agency (Mezinárodní energetická agentura)
ISES	Institut für Solare Energiesysteme
kW	kilowatt
kWh	kilowatthodina
kWp	kilowattpeak
LLS	letecké laserové skenování
MW	megawatt
MWh	megawatthodina
OZE	obnovitelné zdroje energie
WWF	World Wide Fund for Nature, dříve World Wildlife Fund (Světový fond na ochranu přírody)

# 1. Úvod

---

Existuje mnoho faktorů, které přispívají k využívání solární energie jako jsou průměrné roční záření, celková spotřeba uživatelů, výkupní ceny, energetické portfolio, emise, výkony jednotlivých modulů, disponibilní důchod investora a dostupnost ploch pro instalaci (Cucchiella a kol., 2015). Nejdůležitější trend, který je k roku 2016 zaznamenán, je snížení nákladů na FVE rychleji, než většina expertů předvíдалa. A tento trend bude pokračovat (SolarPower Europe, 2017).

Vývoj solární energie úzce souvisí s politickou podporou zavedenou národními vládami, která je definována ve vnitrostátních právních předpisech (Dusonchet a Telaretti, 2010a). Politiky stanovují ambiciózní cíle na snížení emisí. Podpora solární energie přitáhla především velké investory, kteří budovali FVE. S koncem státní podpory odešli i investoři, a proto je nutné přiblížit problematiku i ke každému občanu. Právě zde je skrytý potenciál využívání solární energie pro vlastní potřebu.

Solární mapy vznikají prioritně pro velká světová města. Tato práce však uvažuje opačně – v malých městech téměř každý obyvatel vlastní objekt, respektive střechu. V Pacově žije cca 4 500 obyvatel včetně dětí na 1 200 čísel popisných. Téměř každý občan má možnost samostatně rozhodnout, zda bude využívat solární energii. Zde je vhodné začít, u obcí a malých měst. Modelace solární radiace ve městě Pacov by měla sloužit jako nástroj k ozřejmění tohoto potenciálu.

## 2. Cíle práce

---

Cílem diplomové práce je stanovení potenciálu střech z hlediska využití pro FVE na obytné zástavbě, komerčních a průmyslových objektech i objektech ve vlastnictví města Pacova. Při tvorbě modelu bude brán v potaz nejen prostorový, ale také časový aspekt.

### **Definování cílů práce:**

- vytvoření 3D modelu města Pacova z hlediska využití slunečního záření v zástavbě,
- vytvoření zdroje informací pro obyvatele rozhodujících se o FVE pro daný objekt,
- využití modelu správou města Pacova při realizaci vize soběstačnosti města,
- porovnání, zda je tento model obstojný,
- zhodnocení politických zásahů ovlivňující instalaci FVE na úrovni EU, státu i samotného města Pacova.

## 3. Literární rešerše

---

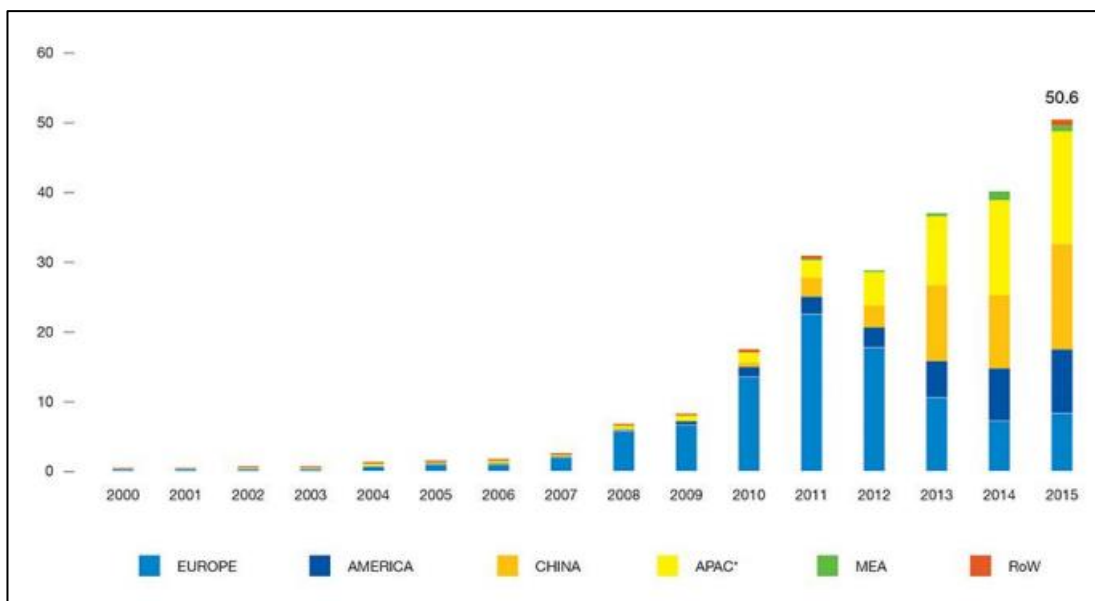
### 3.1 Světový trh

Již k roku 2014 pokrývá solární energie více než 1 % světové poptávky po elektřině, respektive 33 velkých uhelných elektráren o výkonu 1 GW. V témže roce se potvrdil trend, který začal již v roce 2013 – dříve centralizovaný evropský trh instalovaných fotovoltaických systémů se začíná decentralizovat a stává se globálním. Využívání solární energie už není pouze evropským rozmarem. Po 37 GW celosvětově instalovaného výkonu za rok 2013 je 40 GW v roce 2014 nový rekord pro solární fotovoltaický sektor. Tato úroveň byla dosažena díky růstu na asijských a amerických trzích a do jisté míry i díky vzniku nových trhů (SolarPower Europe, 2016).

Oficiální údaj pro celkový instalovaný výkon v Číně za rok 2014 je 10,6 GW. Hned za Čínu se řadí Japonsko s 9,7 GW. USA pokračovaly v roce 2014 v růstu 6,5 GW instalovaného výkonu, přičemž Kalifornie přispěla více než 50 % výkonu instalovaných zařízení. Ostatní státy USA velmi zaostávaly. Významný podíl tvoří také Afrika. V Evropě v roce 2014 nejvíce instalovala Velká Británie s výkonem 2,4 GW, Německo pak s instalovaným výkonem 1,9 GW. Ostatní státy v Evropě i ve světě neatakovaly hranici 1 GW (SolarPower Europe, 2016).

Tento vývoj je zachován i v roce 2015 a celkový instalovaný výkon se zvyšuje na 51,2 GW. Ani to však není dlouhodobý rekord, neboť v následujícím roce 2016 byl opět překonán na celkový instalovaný výkon 76,1 GW, což je o 48 % více oproti předchozímu roku. Ačkoli globální poptávka vzrostla téměř o polovinu, Evropa oproti roku 2015 klesá o 20 % (SolarPower Europe, 2017; Thoring, 2017).

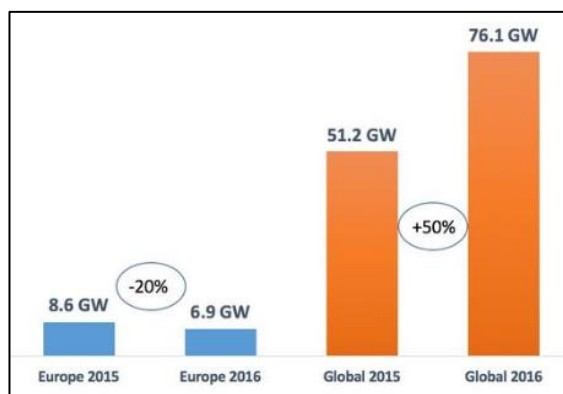
V roce 2016 ovládla solární trh Čína, která oficiálně připojila 34,2 GW, více než 125 % na rozdíl od roku 2015. Následovaly USA s odhadovanými 14 GW. Před Indií s 4,5 GW se umístilo na pomyslném třetím místě Japonsko s 8,6 GW (Thoring, 2017).



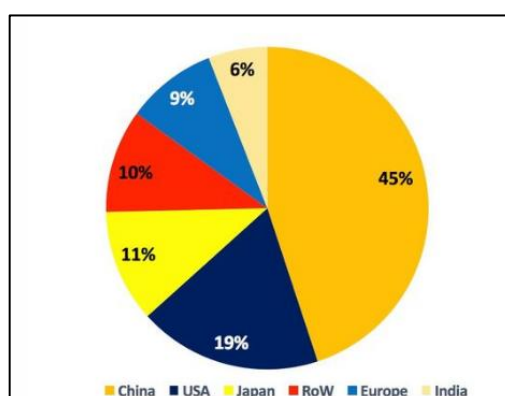
Obrázek 1: Instalovaný výkon FVE v GW mezi roky 2000–2015 (SolarPower Europe, 2016)

Navzdory růstu trhu po celém světě Evropa zůstává lídrem, pokud jde o celkový instalovaný výkon (SolarPower Europe, 2017).

Avšak poté, co Evropa inspirovala tolik regionů ve světě, potřebuje znovu nalézt svou vlastní inspiraci. Měla by vybudovat velký průmyslový projekt zaměřený na solární a obnovitelné zdroje. Pro začátek zvýšit cílové hodnoty k roku 2030 nejméně na 35 % využívání obnovitelných zdrojů. To vyše jasný signál, že Evropa je zpátky na trhu solárních energií (Thoring, 2017).



Obrázek 3: Instalovaný výkon v roce 2015 a 2016 (Thoring, 2017)



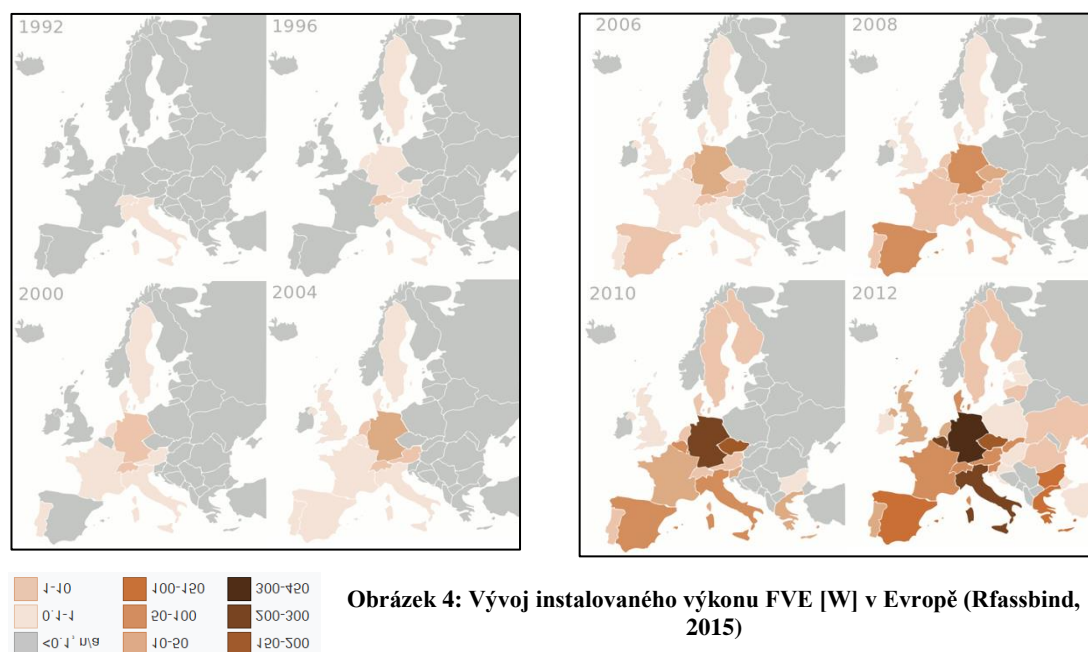
Obrázek 2: Světové podíly na trhu vzhledem k instalovanému výkonu za rok 2016 (Thoring, 2017)

### 3.2 Evropský trh

V posledních desetiletích postupoval evropský trh rychle. Z ročního celkového instalovaného výkonu 1 GW v roce 2003 poskočil na 13,6 GW v roce 2010, a to i přes často obtížné ekonomické podmínky a politické postoje vůči FVE v některých zemích (EPIA, 2012).

Po boomu ve Španělsku v roce 2008 bylo jediným lídrem na trhu v roce 2009 Německo. Zpětně to lze zhodnotit jako důsledek první fáze finanční krize a současně jako rok stabilizace po vzestupu FVE v roce 2008. Majoritní postavení si Německo uchovalo i v roce 2010, avšak na trh vstupuje také Česká republika a Itálie, které společně instalovaly FVE o výkonu 3,8 GW. V České republice se objevil trend jako ve Španělsku a další roky již mezi evropskými státy netvoří významné procento instalovaného výkonu FVE (EPIA, 2012).

V roce 2011 již bylo instalováno 22,4 GW, přičemž velkou měrou přispělo Německo a Itálie. Tehdejší rekord instalovaného výkonu FVE nebyl překonán a následný rok poklesl na 17,2 GW, čímž došlo po 12 letech na evropském trhu FVE k propadu (EPIA, 2012).

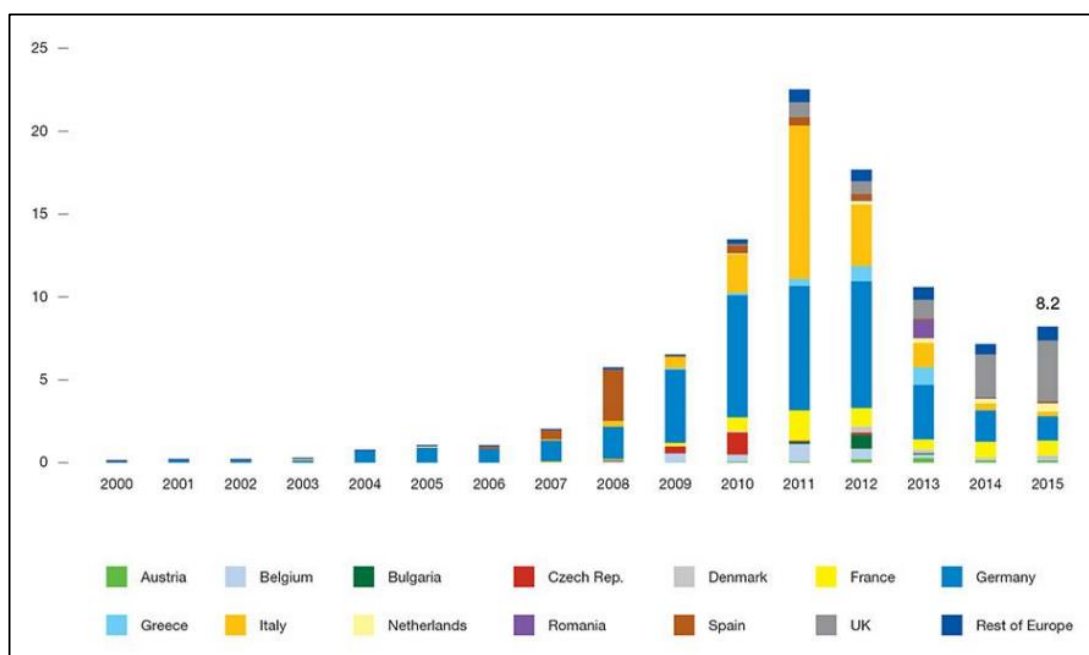


Od vyvrcholení v roce 2011 Evropa na několik let zaznamenává pokles celkově připojených FVE, který klesá až k 6 950 MW připojených FVE v roce 2014, což

přibližně odpovídá roku 2009. Tento trend je důsledkem ukončování podpor pro nové FVE ve formě FIT (pozn. politika pro urychlení investic do energie z obnovitelných zdrojů) či dokonce zavádění zpětných opatření ovlivňující ekonomiku (Budín, 2015).

V roce 2015 byl zaznamenán první vzestupný trend od roku 2011. Ve sledovaném roce bylo nově připojeno 8,2 GW, což znamenalo 15% meziroční nárůst (SolarPower Europe, 2016).

Velkou měrou k nárůstu v tomto roce přispěla Velká Británie, která připojila 3,7 GW nových FVE. Německo zaostávalo v oficiálním ročním cílovém rozmezí 2,4 až 2,5 GW o 1 GW. S výjimkou instalace v Německu a Velké Británii žádná evropská země nepřekročila 1 GW instalované výkonu. Za zmínku stojí Francie, která připojila FVE o výkonu 0,9 GW.



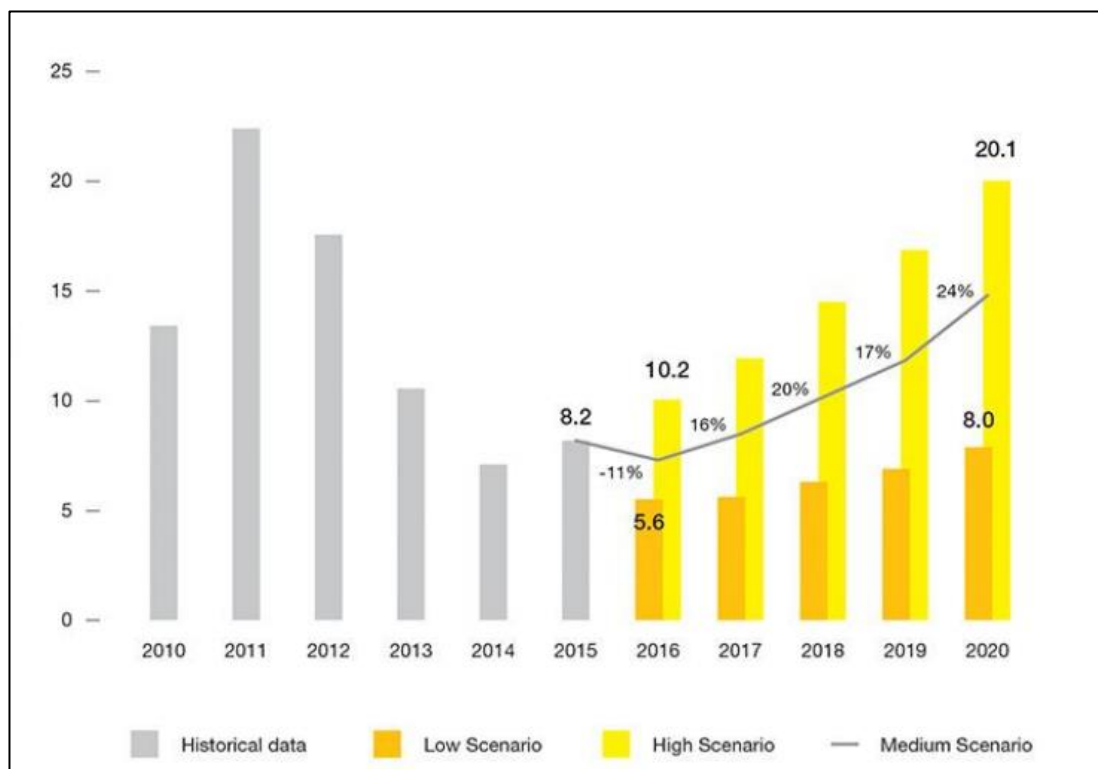
Obrázek 5: Roční vývoj v Evropě z hlediska instalovaného výkonu FVE (SolarPower Europe, 2016)

V minulosti patřilo i Španělsko k hlavním představitelům, avšak své vedoucí postavení z roku 2008 ztratilo na mnoho let. Osud sluneční energie má obdobný scénář i na dalších dříve podporovaných trzích jako je Belgie, Bulharsko, Řecko a Česká Republika, kde byla solární energie velmi populární pro high-FIT. Solární trhy na Slovensku a ve Slovinsku se téměř zcela zastavily (SolarPower Globe, 2016).



Po nárůstu v roce 2015 mohla být odvedena pozornost od skutečného obrazu vývoje v Evropě. Bez enormního nárůstu ve Velké Británii by však solární trh zůstal i v roce 2015 stejný jako v roce 2014.

SolarPower Globe v roce 2015 stanovil očekávaný vývoj snížení o 11 % k následujícímu roku při střední variantě, avšak v roce 2016 realita přináší pokles dokonce o 20 %, tzn. hluboko pod střední variantou.

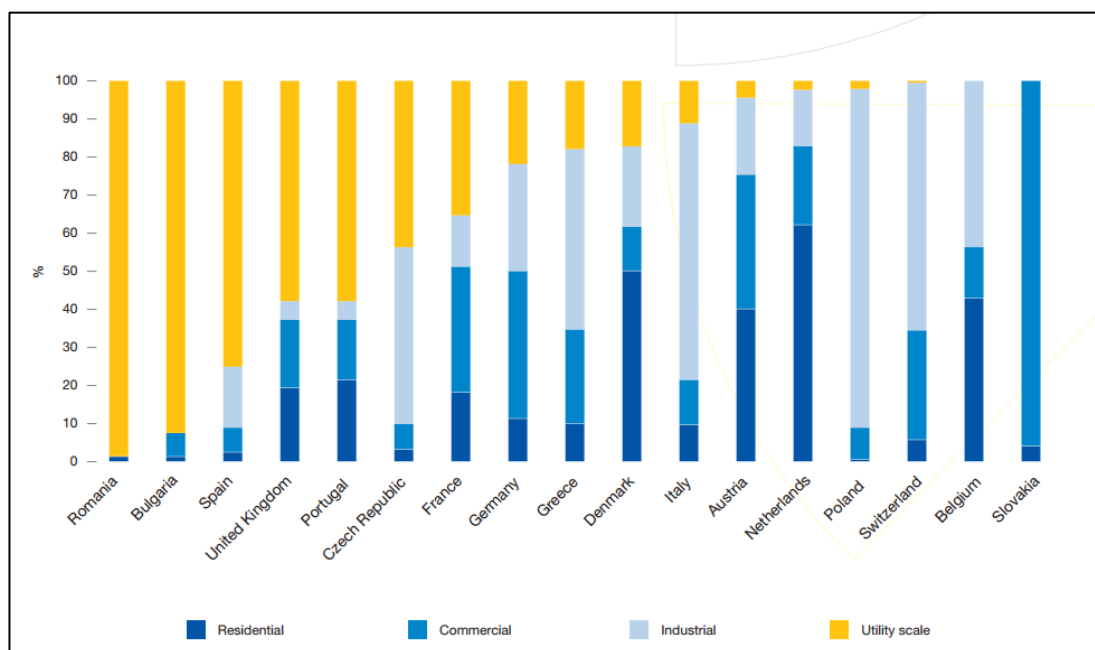


Obrázek 6: Očekávaný vývoj se znázorněním nízké, střední a vysoké varianty (Schmela, 2016)

I přes současné zpomalení vývoje instalovaného výkonu překonala Evropa v roce 2016 jako první region na světě hranici 100 GW celkového instalovaného výkonu. V roce 2020 by to mohlo být dokonce přes 170 GW instalovaného výkonu FVE (SolarPower Globe, 2017).

Celkové instalované kapacity FVE je možné členit vzhledem k typům zástavby dle tzv. špičkové kapacity na obytné plochy (kapacita menší nebo rovna 10 kWp), komerční plochy (s kapacitou od 10 do 250 kWp), průmyslové plochy (kapacita nad 250 kWp) a plochy velkých měřítek (s kapacitou nad 1000 kWp), především greenfield (SolarPower Globe, 2017).

Evropské trhy FVE jsou i nadále odrazem národních politik. Evropská unie má tolik různých politických prostředí v otázce solární energetiky jako je počet evropských zemí. V závislosti na preferencích tvůrců politiky a regulačních orgánů mají některé země instalovaný větší podíl ploch velkých měřítek (utility scape), zatímco jiné státy mají větší podíl na střechách průmyslové, komerční či obytné zástavby.



Obrázek 7: Celková kapacita do roku 2015 podle Evropských zemí (SolarPower Globe, 2016)

Ačkoli jsou národní politiky a politické preference nedílnou součástí udávání směru vývoje FVE v dané zemi, neméně důležitou roli hraje Evropská unie. Vždyť v roce 2015 dosáhla samotná Evropská unie 7,7 GW nově připojených fotovoltaických zařízení, což je bezmála 94 % celkového výkonu v Evropě. Evropská unie dlouhodobě podporuje výrobu energie z obnovitelných zdrojů (SolarPower Globe, 2017).

### 3.3 Legislativa a podpůrné dokumenty EU

Energetická politika je v současné době jednou z priorit EU. Energetika je nezbytná pro plnění závazků z Kjótského protokolu k Rámcové úmluvě OSN. Pro jednotlivé státy tento závazek představuje mimo jiné investice do energeticky úsporných technologií a snížení emisí skleníkových plynů o více než 5 % (United Nations Framework Convention on Climate Change, 2014).

Dokument nazvaný Bílá kniha o obnovitelných zdrojích energie byl vydán v roce 1997. Měl doporučující charakter formulující koncepci přístupu EU k podpoře výroby elektrické energie z obnovitelných zdrojů. EU si následně stanovuje cíl pro 15 členských států v podobě 12% podílu hrubé konečné spotřeby elektřiny z OZE do roku 2010, přičemž v době vydání byl podíl dvakrát nižší (European Commission, 1997; Evropský parlament, 2016).

Na Bílou knihu navazuje Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2001/77/ES, o podpoře elektřiny vyrobené z obnovitelných zdrojů ze dne 27. září 2001. Směrnice tvoří podstatnou část souboru opatření potřebných ke splnění závazků stanovených v rámci Kjótského protokolu o snížení emisí skleníkových plynů.

Směrnice definuje potenciál využívání OZE v Evropě jako nedostatečný. Směrnice určila státům EU závazné podíly využívání OZE, kterých musejí v časovém horizontu dosáhnout. Pro EU-15 byl stanoven cíl podílu hrubé konečné spotřeby elektřiny z OZE na 22 %. Současně byl definován orientační cíl pro každý členský stát.

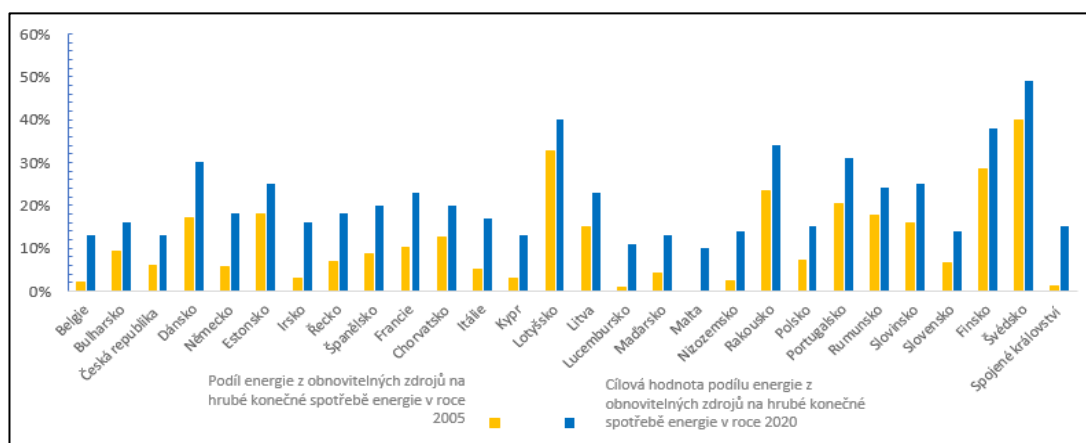
Akční plán EU vydaný v roce 2002 s názvem Životní prostředí 2010: Naše budoucnost, naše volba se taktéž dotýká oblasti životního prostředí, trvale udržitelného využívání obnovitelných zdrojů a boje proti klimatickým změnám.

Organizace ISES vydala v roce 2003 Bílou knihu: Přejít k obnovitelným zdrojům energie budoucnosti, jež uvádí důvody pro zavedení účinných vládních politik celosvětového využívání OZE a zároveň poskytuje dostatečné informace, jak proces urychlit. Tezí Bílé knihy je, že celosvětové úsilí o přechod k OZE by se mělo stát jedním z hlavních bodů národních i mezinárodních politických programů. Využívání OZE bylo ve sledovaném období velmi nerovnoměrné a jejich podíl byl u většiny evropských států pod hranicí 6 % (Aitken,2003).

Po rozšíření EU v roce 2004 byl pro EU-25 stanoven nový cíl, a to vyrobit 21 % elektřiny z OZE. Česká republika se zavázala zvýšit podíl na 8 % do roku 2010 z původních 4,8 % k roku 2004 (pozn. ČR splnila) (Komise Evropských společenství, 2007). Komise Evropských společenství vydala v roce 2006 Zelenou knihu: Evropská strategie pro udržitelnou, konkurenceschopnou a bezpečnou energii, kde jsou definovány prioritní oblasti, kterými se hodlá Komise v budoucnu zabývat s cílem udržitelnost, konkurenceschopnost a zabezpečení dodávek.

Ve svém sdělení ze dne 10. ledna 2007 nazvaném Pracovní plán pro obnovitelné zdroje – obnovitelné zdroje energie v 21. století: cesta k udržitelnější budoucnosti Komise stanovila dlouhodobou strategii pro OZE v EU do roku 2020. Komise navrhla závazné cíle 20% spotřeby energie v EU z OZE a dosažení 10% podílu biopaliv na spotřebě paliv v dopravě a vytvoření nového legislativního rámce. Na jarním zasedání Evropské rady v roce 2007 vedoucí političtí představitelé EU schválili cíle pro rok 2020 (Evropský parlament, 2016).

Nedostatečný pokrok v dosažení cílů z roku 2010 vedl k přijetí komplexnějšího právního rámce. Směrnice 2009/28/ES, o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů a o změně a následném zrušení směrnic 2001/77/ES a 2003/30/ES stanovuje společný rámec pro podporu energie z obnovitelných zdrojů. Definuje závazné národní cíle, pokud jde o celkový podíl energie z obnovitelných zdrojů na konečné spotřebě energie a podíl energie z obnovitelných zdrojů na dopravě. Dle článku 3 musí do roku 2020 povinně pocházet 20 % podílu spotřeby EU z OZE. Tento cíl je rozdělen na závazné vnitrostátní cíle, a to s ohledem na výchozí situaci členských států.



Obrázek 8: Podíly energie z OZE na hrubé konečné spotřebě – skutečné k r. 2005 a očekávané k r. 2020, (zdroj dat Evropský parlament a Rada Evropské unie, 2009)

Směrnice byla přijata v dubnu 2009 a za Radu EU ji podepsal jako předseda Petr Nečas. Dle článku 27 bylo nutné implementovat závazky do právního řádu členských států EU do roku 2010. Pokrok členských států při plnění stanovených cílů posoudila Komise v roce 2011 a v roce 2013. Ukázalo se, že podíl energie z OZE se výrazně zvýšil a že většina členských států průběžný cíl splnila (Evropský parlament, 2016).

Komise ve své zprávě rovněž upozorňuje na několik faktorů, které vyvolávají obavy ohledně budoucího vývoje: odchýlení některých členských států od jejich vlastních

národních akčních plánů pro energii z obnovitelných zdrojů; neúspěšné odstraňování překážek v oblasti administrativy a rozvodné soustavy, které brání využívání energie z obnovitelných zdrojů; nedávné negativní změny vnitrostátních režimů podpory energie z obnovitelných zdrojů a pomalé provádění směrnice do vnitrostátního práva. Komise následně zahájila řízení o nesplnění povinnosti s některými členskými státy, které směrnici do vnitrostátního práva neprovedly (zejména s Polskem a Kypr) Následně v roce 2016 dosáhla téměř třetina členských států národního cíle. Česká republika závazek splnila již v roce 2014 s 13,4 %. S koncem stanoveného období však bude plnění plánu stále obtížnější a téměř všechny členské státy budou nuceny vyvinout další úsilí, aby vymezených cílů dosáhly (Evropský parlament, 2016).

V polovině roku 2012 vydala Komise sdělení Obnovitelná energie: významný činitel na evropském trhu s energií. Obsahuje některé pokyny týkající se současného rámce do roku 2020 a nastiňuje možnosti politiky pro období po roce 2020, aby byla zajištěna kontinuita a stabilita, jež umožní, že výroba energie z obnovitelných zdrojů v Evropě poroste až do roku 2030 (Evropská komise, 2012). Evropský parlament přijal usnesení o sdělení Komise v květnu 2013, kde prosazuje jasné stanovení cílů do roku 2050 a definování podílu energetické skladby EU 30 % z OZE.

Koncem roku 2013 Komise předložila další pokyny týkající se podpory energie z OZE a využití mechanismů pro dosažení cílů s nižšími náklady (Evropská komise, 2013). V červnu 2014 vydává Evropská komise sdělení Pokyny pro státní podporu v oblasti životního prostředí a energetiky na období 2014-2020 s úplnou revizí dotací, které mohou členské státy poskytovat. Upřednostňována jsou nabídková řízení, výkupní bonusy a povinné plnění kvót před obecně používanými výkupními cenami (Evropská komise, 2014).

Vydaná Zelená kniha pojmenovaná Rámec politiky pro klima a energetiku do roku 2030 z března 2013 měla za cíl konzultaci se zúčastněnými stranami a získání faktů a názorů potřebných jako základ pro tvorbu rámce do roku 2030.

V návaznosti na tento dokument Komise ve svém sdělení z ledna 2014 nazvaném Rámec politiky v oblasti klimatu a energetiky v období 2020–2030 navrhla, aby po roce 2020 již nebyly obnoveny závazné vnitrostátní cíle pro energii z obnovitelných zdrojů. Závazný cíl zajištění alespoň 27 % podílu energie z obnovitelných zdrojů na spotřebě energie doporučuje stanovit pouze na úrovni EU. Komise očekává, že

závazné vnitrostátní cíle stanovené pro emise skleníkových plynů podpoří růst v odvětví energetiky (Evropská Rada a Rada Evropské unie, 2015).

Evropský parlament přijal v únoru 2014 usnesení, v němž kritizuje návrhy předložené Komisí k Rámci v oblasti klimatu a energetiky do roku 2030. Parlament je považuje za krátkozraké, málo ambiciózní a pokládá za nezbytné zvýšení podílu na 30 % se zachováním individuálních vnitrostátních cílů (Evropský parlament, 2016).

Rozsáhlé zavádění OZE podporuje také strategie Energie 2020 vydaná Radou Evropské unie v roce 2011, Evropský strategický plán pro energetické technologie (SET – Plan) a Energetický plán do roku 2050. Ten schválil Evropský parlament v prvním čtvrtletí 2013 a vyzval Komisi, aby co nejdříve představila rámeček do roku 2030 včetně stanovených cílů, analýz a návrhů, jak lze OZE rozvíjet účinnějším způsobem. Mimo jiné zdůrazňuje význam stabilních regulačních rámců pro podporu investic do OZE, důležitost politiky OZE z evropského hlediska a nutnost decentralizované výroby energie.

Směrnice Evropského parlamentu a Rady (EU) 2015/1513 ze dne 9. září 2015, kterou se mění směrnice 98/70/ES o jakosti benzínu a motorové nafty a směrnice 2009/28/ES o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů upravuje pouze využití biopaliv na spotřebě paliv v dopravě.

Výroba solární elektřiny z fotovoltaiky začíná pronikat na trh energií tam, kde byly učiněny jasné a stabilní politické závazky. Stále však není v mnoha oblastech její potenciál pochopen (Suri a kol., 2007). Ačkoliv využívání energie z obnovitelných zdrojů patří mezi důležité cíle energetické politiky Evropské unie, je nutné stanovit si vyšší cíle. Jak uvádí zpráva WWD, Evropská unie by na jedné straně mohla do roku 2030 spotřebovávat o 38 % méně energie než nyní a na druhé straně by mohla vyrábět více než 40 % své energie v obnovitelných zdrojích. Pokud by se povedly uskutečnit obě tyto vize, došlo by zároveň k redukci emisí skleníkových plynů ve srovnání s úrovní roku 1990 až o 50 % (Anderson a White, 2013).

Společenství uznává potřebu podporovat obnovitelné zdroje energie jako prioritní opatření, jelikož jejich využívání přispívá k ochraně životního prostředí a k udržitelnému rozvoji (Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2001/77/ES). EU je držitelem 40 % světových patentů v oblasti OZE a v roce 2012 se 44 % světové

kapacity elektřiny z OZE (bez vodní energie) nacházela právě v EU (Evropský parlament, 2016).

Vývoj na evropském trhu je výsledkem několika málo zemí, které se ujaly vedení. Jednou z nich je Německo, což ukazují konstantní závazky ze strany zákonodárců podporovat rozvoj FVE (EPIA, 2012).

### **3.4 Vývoj FVE v Německu ovlivněný vnitrostátní politikou**

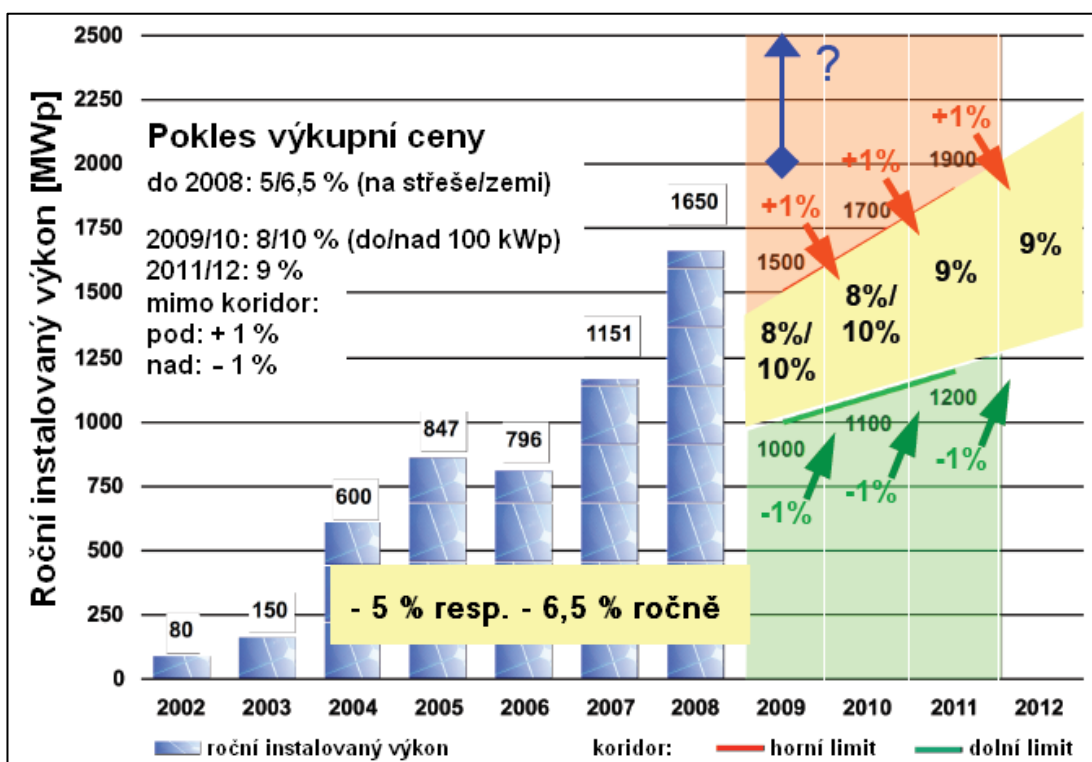
První zákon na podporu výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů přišel již v roce 1990 jako reakce na jadernou energetiku v Německu především v souvislosti s událostmi po havárii v Černobylu. Tzv. EEG podporoval investice do OZE dlouhodobě zaručenými výkupními cenami stanovenými v rozmezí 60 až 90 % spotřebitelských cen, tak i povinným odběrem vyrobené elektřiny. V témže roce byl vyhlášen program na podporu FVE nazvaný 1 000 solárních střeš. Avšak výše výkupních cen zajistila větší rozvoj levnějších OZE – vodní a větrná energie i biomasa (Šimoník, 2016; Bechník, 2011).

Poté, co v roce 1998 vyhrála volby koalice sociálních demokratů a zelených, začala vláda vyjednávat o odstavení všech jaderných elektráren do 30 let. V roce 2000 vstoupil v platnost EEG, který značně zvýšil podporu OZE a stanovil výkupní ceny pro jednotlivé zdroje na úrovni aktuálních výrobních nákladů s 5 až 10% návratností investice, a to s relativně nízkou administrativní náročností. Velkou roli hrála také deregulace a liberalizace domácích trhů s energií. Do té doby tzv. velká čtyřka (E.ON, RWE, Vattenfall a EnBW) ovládala německý trh. Majetkové oddělení výroby od distribuce umožnilo prosazení i menším výrobcům elektřiny mimo jiné také z OZE. Souběžně se zavedením nového EEG byl vyhlášen dotační program 100 000 solárních střeš (Šimoník, 2016; Schlandt, 2015; Bechník, 2011).

V roce 2004 přichází první návrh novelizace EEG, kde došlo k úpravě výkupních cen a u FVE byla stanovena degrese 5 %.

V roce 2009 vešla v platnost další novelizace EEG, která zvyšuje pokles výkupních cen u FVE na 9 % ročně, z původních 5 % pro malé střešní FVE a 6,5 % pro ostatní FVE. Zároveň byl definován koridor, v němž se měl pohybovat roční přírůstek

výkonu. Pokud byl výkon nižší, výkupní cena se zvýšila o další procento a obráceně (Bechník, 2011).



Obrázek 9: Pokles výkupních cen podle novely EEG z roku 2008 (Bechník, 2011)

Vzhledem k neočekávanému poklesu investičních nákladů na FVE v roce 2009 proběhlo mimořádné snížení výkupních cen garantovaných na 20 let v polovině roku 2010. Avšak současně s tím byl zvýšen plánovaný přírůstek na 2,5 až 3,5 GWp ročně. Při překročení koridoru mohla být výkupní cena snížena až o 24 %. Příčinou byl velký zájem o FVE a snaha zohlednit klesající investiční náklady (Bechník, 2011).

Středopravicová vláda Angely Merkelové přijala v roce 2010 energetickou koncepci, která definuje celkem ambiciózní cíle pro OZE, snižování emisí CO<sub>2</sub> a nízkouhlíkovou dopravu (pozn. implementace Směrnice 2009/28/ES/). I přes původní záměr prodloužit využívání jaderných elektráren do roku 2030, po událostech ve Fukušimě Daiichi byl přijat plán na odstavení všech bloků do roku 2022 (Šimoník, 2016).

Ačkoli již během roku 2010 došlo k výrazným poklesům státům garantovaných výkupních cen pro elektřinu jako reakce na vývoj investičních nákladů do fotovoltaických technologií, v roce 2011 přichází další boom FVE s výkonem 7,5 GW připojeným do rozvodné sítě, což bylo 2x více než stanovený oficiální cíl a o 0,1 GW



více než v roce 2010. Společně s Itálií dokonce tvoří téměř 60 % světového trhu. Prudký nárůst instalovaného výkonu je odrazem snižování výkupních cen ve čtvrtletních periodách a následná snaha o připojení FVE do sítě co nejdříve. Pouze první čtvrtletí roku 2011 přináší dokonce 3 GW nově připojených systémů (Divišová, 2013; EPIA 2012).

Následujícího roku 2012 byl zaznamenán pokles instalovaného výkonu u většiny států a také při pohledu na celkový instalovaný výkon v Evropě, avšak v Německu došlo k dalšímu ročnímu nárůstu. Taktéž první čtvrtletí roku 2012 se instalovaly FVE o výkonu 1,9 GW, což odráží návrh vlády na snížení FIT od dubna téhož roku. Od října 2012 již nejsou podporovány FVE s výkonem nad 10 MW. A tak i přes snahu vlády omezit instalace přichází další boom, především menších FVE. Celková instalace za rok 2012 byla 7,6 GW, opět o 0,1 GW více než předchozí rok (EPIA, 2012).

Vláda stanovila cíl instalovat FVE o výkonu 66 GW do roku 2030 a zároveň do roku 2050 podíl elektřiny z OZE ve výši 80 %. Další rok již přichází velký propad na trhu. Vláda reagovala na boom v letech 2010, 2011 a 2012 a zpřísnila solární politiku. Od roku 2013 vláda mění výše podpory a instalovaný výkon klesl o 55 %, tzn. 3,6 GW.

EEG 2014, nový zákon o podpoře OZE, zavádí limit pro růst instalovaného výkonu na 2,5 GW ročně. Při překročení této hranice nebude nárok na podporu. Od srpna 2014 platí nový tarif 0,1275 €/kWh po dobu 20 let pro malé střešní FVE o výkonu do 10 kWp. Pro FVE o výkonu do 500 kW bude FIT ve výši 0,1109 €/kWh, pozemní FVE o výkonu od 500 kWp mají tarif 0,0883 €/kWh. Pro tyto velké instalace platí přímý marketing, což znamená, že provozovatel bude muset prodávat elektřinu za tržní ceny na burze s elektřinou. Od roku 2016 to platí již pro všechny FVE o výkonu nad 100 kWp (Anonym, 2014).

EEG 2014 také omezuje výjimku z placení tzv. zelené přírážky na elektřinu, které se vztahovaly na firmy s energeticky náročným provozem. Počet podniků se sníží o čtvrtinu na 1500. Výjimku vysvětlují tím, že je nutná, aby vysoké náklady na obnovitelné zdroje nepřipravily německý průmysl o konkurenceschopnost na globálním trhu. Podle ekologických organizací na reformě vydělávají provozovatelé uhelných elektráren, protože je zákon nepřipravil o výjimku z placení příspěvku na podporu obnovitelných zdrojů. Naopak vlastníci solárních elektráren o výkonu nad 10 kWp musí nově platit za elektřinu, kterou si vyrobí pro vlastní spotřebu. V roce

2014 klesl výkon na 1,9 GW instalovaného výkonu, což byl důsledek nejistoty na vývoj trhu (Anonym, 2014).

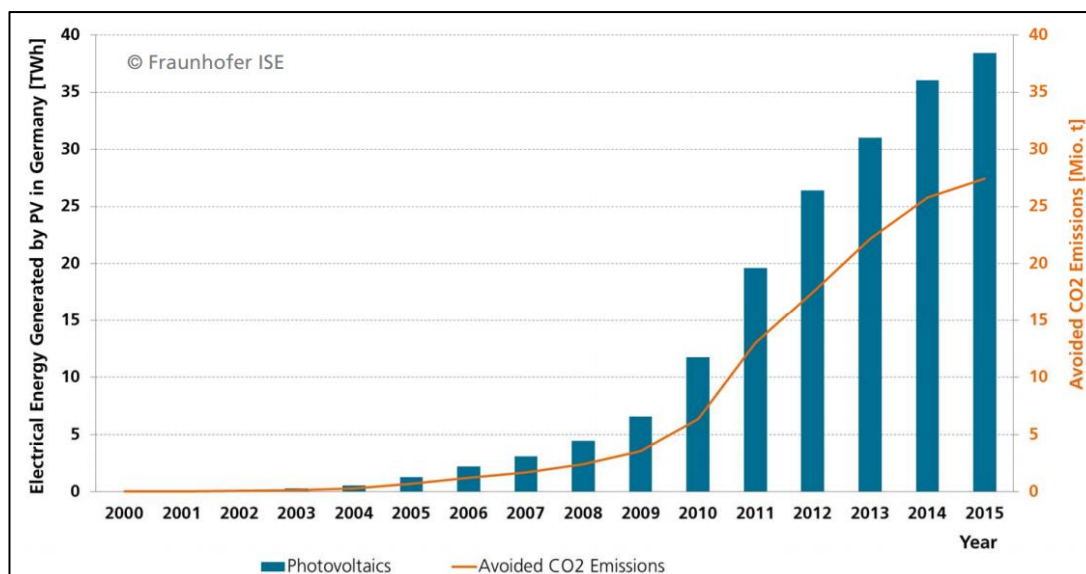
Německo v rámci reformy právních předpisů vedoucí ke snížení celkových nákladů na podporu FVE nabízí od 1. 9. 2015 podporu pro velké pozemní projekty výhradně formou aukcí (Anonym, 2014; ČTK, 2014).

Německo i přes nižší instalovaný výkon stále patří za rok 2015 k nejlepší 10 státům světa z hlediska instalovaného výkonu. Ani v Evropě si neudrželo prvenství, ale zůstává až na druhém místě za Velkou Británií.

V roce 2016 byly v Německu instalovány FVE o výkonu 1,2 GW, což odpovídá téměř 2 % celkové počtu připojených FVE ve světě. Aby Německo splnilo cíl do roku 2050 v podílu využívání OZE, je definován roční cíl instalací ve výši 2,5 GW mezi roky 2014 a 2017. Tento cíl je nastaven v takové výši, aby Německo do roku 2050 pokrylo většinu nebo všechny německé poptávky po energii obnovitelných zdrojů. Pro splnění této vize je zapotřebí instalovat FVE o výkonu 150–200 GW. Ačkoli Německo nesplnilo očekávaný roční limit, odhadem v současnosti vyrábí FVE 7,4 % celkové spotřeby elektřiny, přičemž v roce 2015 byl podíl 6,3 % (Fraunhofer ISE, 2017).

V polovině roku 2016 dohodla kancléřka Angela Merkelová s premiéry spolkových zemí zpomalení výstavby nových FVE, instalace nových solárních zdrojů bude omezena na 600 MW ročně. Omezení se netýká FVE s instalovaným výkonem do 750 kW (ČTK, 2016). Po jednáních vychází v platnost novela EEG 2017, která navazuje na tu z roku 2014 a mění systém podpory OZE. Nyní se dotace budou přidělovat v aukcích a dotovány budou jen ty projekty, které se spokojí s nejnižší částkou. Ačkoli na to byla již připraven EEG 2014, nyní se přidají i další obnovitelné zdroje. Starý systém pevných výkupních cen zůstává pro solární elektrárny s výkonem do 750 kW, kterých se omezení netýká (Kučera, 2016).

Podle odhadů v témže roce pokryla vyrobená energie z FVE přibližně 7,4 % spotřeby elektřiny v Německu a uspořila téměř 27,5 milionů tun emisí CO<sub>2</sub> (Fraunhofer ISE, 2017).



Obrázek 10: Roční výroba FVE a roční uspořené emise CO2 (Fraunhofer ISE, 2017)

Po dobu svého vývoje je sluneční sektor dostatečně vyzrálý, čemuž dopomohly také usnadněné administrativní a správní postupy společně s dostatečnou finanční podporou rozkvétající ekonomiky (Dusonchet a Telaretti, 2010b). Celých 16 % z celosvětového instalovaného výkonu, respektive 40 GW, se nachází právě v Německu. Německo si stále drží prvenství v celé Evropě a po mnoho let i ve světě, kde však v roce 2015 převzala titul Čína se 43,5 GW (SolarPower Europe, 2016).

V Bavorsku je instalovaný výkon přepočítán na 600 W na obyvatele, což odpovídá zhruba 3 fotovoltaickým panelům na obyvatele (EPIA, 2012). Německo je na nejlepší cestě stát se jedním ze států nejvíce energeticky úsporným a šetrným k životnímu prostředí a současně se snaží udržet dostupné ceny energie a vysokou úroveň ekonomické prosperity (IEA, 2013).

### 3.5 Situace v České republice

#### 3.5.1 Legislativa a podpůrné dokumenty

Zákon, který se dotýkal oblasti FVE, respektive OZE byl zákon č. 222/1994 Sb., o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o Státní energetické inspekci, jehož znění bylo platné od 1.7. 1998 do 31.12.2000. Dle § 18 byl definován výkup elektřiny tak, že dodavatel je povinen vykupovat elektřinu vyráběnou mj. z OZE. Cenu vykupované elektřiny stanoví cenové předpisy, tj. zákon č. 526/1990

Sb., o cenách, respektive zákon č. 135/1994 Sb., kterým se mění a doplňuje zákon České národní rady č. 265/1991 Sb., o působnosti orgánů České republiky v oblasti cen, a mění zákon č. 526/1990 Sb., o cenách.

Tento zákon nahradil energetický zákon č. 458/2000 Sb., o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů, jenž nabyl platnost k 1.1. 2001. Dle § 3 z něj vyplývá nutnost licence udělené ERÚ pro výrobu elektřiny. ERÚ vydává cenová rozhodnutí o regulovaných cenách pro podporované zdroje energie, jimiž stanovuje výši výkupních cen.

V roce 2000 vešel v platnost také zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, který stanovuje opatření pro zvyšování hospodárnosti užití energie a další pravidla a požadavky.

Státní podpora výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů byla v České republice vyhlášena jako zákon č. 180/2005 Sb., o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie (zákon o podpoře využívání obnovitelných zdrojů) s účinností od 1. 8. 2005, kterým došlo k implementaci směrnice 2001/77/ES o podpoře elektřiny vyrobené z obnovitelných zdrojů energie na vnitřním trhu s elektřinou. K naplnění indikativního cíle podílu elektřiny z obnovitelných zdrojů na hrubé konečné spotřebě elektřiny v České republice byla stanovena výše 8 % k roku 2010. Účelem tohoto zákona bylo využití OZE, trvalé zvyšování podílu obnovitelných zdrojů na spotřebě primárních energetických zdrojů, šetrné využívání přírodních zdrojů a trvale udržitelný rozvoj společnosti. Původně měl být zákon schválen před vstupem ČR do EU, ale plnění stanoveného cíle předcházela celá řada administrativních problémů (Sivek, 2012b).

Vzhledem k faktu, že EU nedefinovala konkrétní nástroje podpory, Česká republika zvolila jako řada dalších evropských států formu FIT, neboli výkupní ceny, doplněné mechanismem tzv. zelených bonusů pro FVE. Tím byla vyhlášena státní podpora pro výrobu elektřiny z OZE. ERÚ stanovil výši výkupních cen vyplácené po dobu 20 let na počátečních cca 15,5 Kč/kWh s cílem garantovat návratnost investice nejvýše do 15 let. V Německu byla cena cca 6,5 Kč za 1 kWh (Vobořil, 2015).

Do tohoto zákona se dostal také pozměňovací návrh, který zavedl limit maximálně pětiprocentního meziročního poklesu výkupních cen navržený poslankyní za ČSSD Ivou Šedivou. Prosazovala, že výkupní cena z OZE nesmí klesnout pod 95 až 98 %

ceny za rok předchozí. Odsouhlasena byla varianta s 95 %. Z toho vyplývá, že každá FVE bude mít výkupní cenu maximálně o 5 % nižší, než byla cena pro FVE připojenou předchozí rok (Divišová, 2013).

V prosinci 2005 vešla v platnost vyhláška č. 475/2005 Sb., kterou se provádějí některá ustanovení zákona o podpoře využívání obnovitelných zdrojů. Vyhláška stanovila termíny a podrobnosti výběru způsobu podpory elektřiny z OZE, termíny oznámení záměru nabídnout takto vyrobenou elektřinu k povinnému výkupu i technické a ekonomické parametry. V roce 2007 proběhla novelizace vyhláškou č. 364/2007 Sb., která přináší změnu předpokládané životnosti FVE z původních 15 let na 20 let. Do roku 2005 bylo v České republice připojeno do sítě 0,1 MW FVE, v následujících dvou letech to bylo 3,6 MW. Solární boom přišel až o několik let později.

Od 1. července 2007 vešla v platnost vyhláška 150/2007 Sb., o způsobu regulace cen v energetických odvětvích a postupech pro regulaci cen. Vyhláška definuje, že ERÚ stanovuje výkupní ceny a zelené bonusy elektřiny z OZE podle zvláštních právních předpisů. 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 %.

Největší problém v oblasti FVE byla nepružnost při provádění nezbytných úprav legislativy v letech 2008 a 2009. Především pak limit 5% meziročního poklesu výkupních cen značně zkomplikoval nastavení podpory úměrně skutečnému poklesu investičních nákladů. Reakcí na to byl nekontrolovatelný rozmach připojování FVE do sítě. V roce 2008 to bylo 39,5 MW, v roce 2009 již 464,6 MW, což bylo o 425,1 MW více než předchozí rok (Divišová, 2013).

První, avšak pozdní snaha přišla v roce 2010, kdy byla vydaná novela zákona, která umožnila snížení výkupních cen o více než 5% s účinností od 1. 1. 2011. Ministerstvo průmyslu o obchodu tuto novelu chystalo již v roce 2009 a měla být účinná 1. 1. 2010. Vláda Jana Fišera však novelu schválila až v listopadu 2009, tedy 3 měsíce od předložení návrhu, a snížení výkupních cen umožňovala až od začátku roku 2011.

Podpora byla dále snížena v druhé polovině roku 2010, kdy vláda v režimu legislativní nouze nechala schválit novelu zákona. Omezovala podporu především pro velkoplošné FVE. Avšak FVE postavené do konce roku 2010 měly extrémně výhodné

podmínky. Investoři tak dostali 13 měsíců času pro stavby FVE při zachování FIT a při razantnímu poklesu investičních nákladů. V roce 2010 byly připojeny FVE o výkonu 1 494,5 MW za rok. Celkem bylo v ČR 1 959,1 MW připojených FVE. Tento trend je pochopitelný především s ohledem na příspěvek na podporu, který se pohyboval v roce 2002 až 2008 pod hranicí 50 Kč/MWh, v roce 2009 činil 52,1 Kč/MWh, v roce 2010 již 106,3 Kč/MWh. V roce 2010 bylo za těchto extrémně výhodných podmínek instalováno pouze v kategorii nad 30 kW FVE o výkonu 1 330,9 MW, což bylo bezmála 65 % celkového instalovaného výkonu. Z těchto skutečností je vzniklý boom zcela pochopitelný. Snaha legislativních změn nebyla dostatečně rychle přizpůsobena. Výsledkem byl třetí největší podíl instalovaných FVE v celé Evropě ke sledovanému roku (Divišová, 2013).

Opatřením regulující solární boom v roce 2010 byla solární daň, která se vztahovala pouze na FVE s instalovaným výkonem nad 30 kWp připojeny mezi 1.1.2009 a 31.12.2010. Daň byla odváděna ve výši 26 % (výkupní ceny) a 28 % (zelený bonus) výnosu za roky 2011 až 2013 a tím došlo ke sporům mezi majiteli a státem. Protesty vyústily v podání trestního oznámení České fotovoltaické asociace a Asociace pro energetickou soběstačnost na ERÚ. Soud provozovatelům nevyhověl. Od roku 2013 je daň snížena na 10 % pro majitele FVE uvedené do provozu v roce 2010 (Vobořil, 2015).

V roce 2011 měla Česká republika třetí největší výkon FVE na obyvatele v EU hned po Německu a Itálii. Množství instalací však razantně klesá (Tramba, 2013).

2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
13,46	13,46	12,79	12,15	5,5	6,16	2,83

Tabulka 1: Výkupní ceny stanovené pro daný rok uvedení do provozu (ČSVE, 2017)

Zákon č. 165/2012 Sb., o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů, nahrazující zákon č. 180/2005 Sb., nabyt účinnosti 1.1.2013. Do našeho právního řádu implementuje směrnici 2009/28/ES o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů a o změně a následném zrušení směrnic 2001/77/ES a 2003/30/ES. Nově přebírá legislativní úpravu OZE, mění energetický zákon, zákon o hospodaření energií a další zákony nahrazuje. Jeho hlavním cílem měla být stabilizace podnikatelského prostředí v oblasti OZE v České republice. Prováděcím předpisem k tomuto zákonu je vyhláška č. 347/2012 Sb., kterou se stanoví technickoekonomické parametry

obnovitelných zdrojů pro výrobu elektřiny a doba životnosti výroben elektřiny z podporovaných zdrojů. V roce 2013 byla vydána další novela, která úplně zastavila podporu FVE uvedených do provozu od 1.1.2014. Zákonem došlo k prodloužení solární daně pro FVE nad 30 kWp ve výši 10 % z výkupních cen, potažmo 11 % ze zeleného bonusu (Stupavský, 2013).

Datum uvedení FVE do provozu		Kategorie výrobní dle instalovaného výkonu kW		Celkový instalovaný výkon MW
od (včetně)	do (včetně)	od	do (včetně)	
-	31.12.2005	-	-	0,1
1.1.2006	31.2.2007	-	-	3,6
1.1.2008	31.12.2008	-	-	57,5
1.1.2009	31.12.2009	0	30	29,2
		30	-	364,4
1.1.2010	31.12.2010	0	30	46,4
		30	-	1 331,9
1.1.2011	31.12.2011	0	30	2,2
		30	100	1,2
		100	-	77,2
1.1.2012	31.12.2012	0	30	105,0
1.1.2013	30.6.2013	0	5	7,9
		5	30	20,7
1.7.2013	31.12.2013	0	5	7,3
		5	30	16,7

Tabulka 2: Instalovaný výkon dle velikosti výrobní (ERÚ, 2015)

Celkový instalovaný výkon k roku 2015	
<b>FVE celkem</b>	<b>2 074,9</b>
do 10 kW včetně	94,7
nad 10 do 30 kW včetně	148,8
nad 30 kW do 100 kW včetně	52,0
nad 100 kW do 1 MW včetně	450,3
nad 1 do 5 MW včetně	990,2
nad 5 MW	338,8

Tabulka 3 Celkový instalovaný výkon k roku 2015 (ERÚ, 2015)

Uvedená čísla se týkají pouze licencovaných instalací, tzn. bez ostrovních a hybridních systémů nevyžadujících licenci. Pokles celkového instalovaného výkonu v ČR v posledních letech je odrazem odebrání licencí vlastníkům FVE.

Česká republika je často kritizována za to, že cíle stanovené pro výrobu energie z obnovitelných zdrojů jsou relativně nízké. Z hlediska národní energetické bezpečnosti slouží OZE ke stabilizaci, neboť se jedná o „domácí zdroje“ energie, které snižují závislost země na dovozu v odvětví energetických surovin (Sivek a kol., 2012a).

### 3.5.2 Způsoby podpory

V České republice jsou v současnosti 3 možnosti podpory FVE – dotace, zelený bonus a výkupní ceny. Výkupní ceny a zelený bonus se vztahují pouze na FVE připojené do 31. 12. 2013. Vykupující měl u výkupních cen povinnost vykoupit od výrobce elektřiny z OZE veškerý objem elektřiny naměřené v předávacím místě výroby elektřiny za cenu stanovenou aktuálním cenovým rozhodnutím ERÚ. Tato cena byla po dobu životnosti výroby zachována jako minimální s pravidelnou 2% indexací pro FVE. Výkupní cena je na rozdíl od zeleného bonusu účtována včetně DPH. Výkupních cen mohli využít výrobci vlastníci FVE o instalovaném výkonu do 100 kW včetně. V ostatních případech měl výrobce právo pouze na podporu elektřiny formou zelených bonusů na elektřinu (zákon č. 165/2012 Sb.).

Při podpoře formou zelených bonusů si musel výrobce najít sám svého odběratele elektrické energie a s ním si sjednat cenu. Část vyrobené elektřiny bylo také možné využít pro vlastní spotřebu a nespotřebované přebytky prodat (v případě, že dochází k přetokům do elektrizační soustavy bez smlouvy o dodávce, jedná se o neoprávněnou dodávku bez nároku na podporu). Zelený bonus je zpravidla spojen s vyšším výnosem korespondujícím zvýšené riziko prodeje vyrobené elektřiny oproti výkupní ceně. Zelené bonusy jsou výrobcům vypláceny prostřednictvím OTE, a.s.

Datum uvedení do provozu		Instalovaný výkon		Jednotarifní pásmo provozování	
Od (včetně)	Do (včetně)	Od	Do (včetně)	Výkupní ceny [Kč/MWh]	Zelené bonusy [Kč/MWh]
-	31.12.2005	-	-	7 871	7 271
1.1.2006	31.12.2007	-	-	16 518	15 918
1.1.2008	31.12.2008	-	-	16 110	15 510



1.1.2009	31.12.2009	0	30	15 115	14 415
		30	-	15 004	14 404
1.1.2010	31.12.2010	0	30	14 077	13 377
		30	-	13 966	13 366
1.1.2011	31.12.2011	0	30	8 446	7 746
		30	100	6 647	6 047
		100	-	6 194	5 594
1.1.2012	31.12.2012	0	30	6 802	6 102
1.1.2013	30.6.2013	0	5	3 691	2 991
		5	30	3 064	2 346
1.7.2013	31.12.2013	0	5	3 236	2 536
		5	30	2 632	1 932

**Tabulka 4: Výkupní ceny a roční zelený bonus na výrobu elektřiny využitím slunečního záření k roku 2017 (ERÚ, 2016)**

V současnosti je instalace FVE podporovaná z programu Nová zelená úsporám. V závislosti na typu dotovaného objektu se dělí na podprogram rodinné domy a podprogram bytové domy, které jsou aktuálně spuštěny a příjem žádostí probíhá kontinuálně. V přípravě je také výzva pro veřejné budovy. Rodinné domy s FVE do 10 kW instalovaného výkonu jsou způsobilé, u bytových domů je podmínka do 30 kWp na číslo popisné. Podpora je přidělována formou fixní dotace na instalovaný výkon. U bytových domů v rámci podoblasti podpory C.3.2 a u rodinných domů v rámci podoblasti C.3.4, C.3.5 a C.3.6 se podpora poskytuje pouze na systémy připojené k distribuční soustavě po 1.1.2016 (Státní fond životního prostředí ČR, 2015).

Podoblast podpory	Typ systému	Výše podpory Kč
C.3.3	FVE systém pro přípravu teplé vody s přímým ohřevem	35 000
C.3.4	FVE systém bez akumulace elektrické energie s tepelným využitím přebytků a celkovým využitelným ziskem $\geq 1\,700 \text{ kWh.rok}^{-1}$	55 000
C.3.5	FVE systém s akumulací elektrické energie a celkovým využitelným ziskem $\geq 1\,700 \text{ kWh.rok}^{-1}$	70 000

C.3.6	FVE systém s akumulací elektrické energie a celkovým využitelným ziskem $\geq 3\,000\text{ kWh}\cdot\text{rok}^{-1}$	100 000
-------	--	---------

**Tabulka 5: Podporované typy systémů FVE a výše podpory, rodinné domy (Státní fond životního prostředí ČR, 2015)**

Podoblast podpory	Typ systému	Jednotková výše podpory [Kč/kWp]
C.3.2	Fotovoltaické systémy	12 500

**Tabulka 6: Maximální výše podpory, bytové domy (Státní fond životního prostředí ČR, 2015)**

V minulosti byly vyhlašovány také dotační tituly financované ze státního rozpočtu nebo z evropských fondů. V současnosti neexistuje mimo Novou zelenou úsporám jiný dotační program podporující FVE samostatně. Lze požádat o podporu na výstavbu FVE pouze v rámci komplexního balíčku úsporných opatření.

Česká republika získala na tento program finanční prostředky prodejem tzv. emisních povolenek EUA dle zákona č. 383/2012 Sb., o podmínkách obchodování s povolenkami na emise skleníkových plynů, ve znění pozdějších předpisů v rámci EU ETS v období 2013–2020. Financování programu probíhá skrze státní rozpočet ČR (Státní fond životního prostředí ČR, 2015).

## 4. Metodika

---

### 4.1 Charakteristika zájmového území

Město Pacov se nachází v okrese Pelhřimov (vzdálenost od okresního města je 20 km) v Kraji Vysočina (vzdálenost od krajského města Jihlava je cca 51 km). Město Pacov je obcí s rozšířenou působností (ORP) a obcí s pověřeným obecním úřadem (POÚ). Pacov leží v nadmořské výšce 615 m n. m a rozkládá se na ploše o rozloze 35,85 km<sup>2</sup>. K samotnému městu spadají ještě místní části Bedřichov a Velká Rovná západně od města, Jetřichovec a Zhoř severozápadně a na východ od Pacova místní část Roučkovice a její osada Hrádek ležící severovýchodně. K 1. 1. 2016 žilo v řešeném území celkem 4 857 obyvatel. Z toho necelých 10 % bydlí v místních částech Pacova. Hustota zalidnění je 135 obyvatel na km<sup>2</sup>.

Z hlediska geomorfologického spadá řešené území k Českomoravské soustavě, provincie Česká vysočina, subprovincie Česko-moravská soustava, oblast Českomoravská vrchovina. Leží v západní části geomorfologického celku Křemešnická vrchovina, která je zde reprezentována na západě podcelkem Pacovská pahorkatina, se střední nadmořskou výškou 585,4 m n. m. Povrch pahorkatiny se sklání k východu, k linii Obrataň–Pacov–Hořepník. Město Pacov se rozprostírá na 550 až 600 m vysokém geomorfologickém okrsku Cetorazská pahorkatina, skládající se z podélných hřbetů směru SV–JZ, oddělených mělkými údolními vodními toků. Nejvyšším bodem správního území města je vrch Pyramida se 639 m n. m. tyčící se západně od Pacova. Nejnižší položené je místo, kde řeka Trnava na východě překračuje hranici správního území (Daněk, 2014).

Podnebí je tu převážně mírně teplé (klimatické jednotky dle Quitta od MT7 přes nejrozsáhlejší MT5 až po MT3 v nejvyšších polohách) a středně vlhké. Průměrná teplota dle údajů klimatologické stanice Pacov (580 m n. m.) 6,8° C, průměrný roční úhrn atmosférických srážek 657 mm (Daněk, 2014).

Převládající potencionální původní vegetační jednotkou v řešeném území je především biková a jedlová doubrava doplněná o bikové bučiny, acidofilní bučiny s graminoidy v bylinném patře. Aktuální vegetace je výrazně ovlivněna intenzivní zemědělskou činností. V procentuálním vyjádření je 64,4 % zemědělské půdy (z toho 79 % orné

půdy, 17,4 % trvalých travních porostů, 3,5 % zahrad a 0,2 % ovocných sadů), 23,7 % lesní půdy a 8,7 % ostatních ploch. Zastavěné plochy se rozkládají na 77 ha, což činí 2,1 % z celkové výměry obce. Celkem se v řešeném území nachází 1209 čísel popisných v paprskovitém tvaru městské zástavby (Město Pacov, 2014).

## 4.2 Vstupní data

### 4.2.1 Digitální model povrchu 1. generace

Pro modelaci solární radiace města Pacov byl použitý jako podklad digitální model povrchu 1. generace. DMP 1G zobrazuje území včetně staveb a rostlinného pokryvu jako síť výškových bodů (TIN) s úplnou střední chybou výšky 0,4 m pro přesně vymezené objekty (budovy) a 0,7 m pro objekty přesně neohrazené (lesy a další prvky rostlinného pokryvu).

Model vznikl mezi roky 2009 až 2013 z dat, která byla pořízena metodou leteckého laserového skenování výškopisu území České republiky. DMP 1G je určen k analýzám výškových poměrů terénu a geografických objektů na něm se vyskytujících (stavby a rostlinný pokryv) regionálního a částečně i lokálního charakteru, např. při analýzách viditelnosti, modelování šíření radiových vln, modelování šíření škodlivých látek a nečistot v ovzduší, generování virtuálních pohledů na terén v leteckých simulátorech a trenažérech apod. (ČÚZK, 2016).

Zájmové území vybrané pro tuto práci bylo aktualizováno v roce 2012. 3D model poskytuje ČÚZK a na základě písemné žádosti potvrzené školou jsou data pro studentské účely poskytována bezplatně. Zájmové území tvoří město Pacov bez jeho místních částí, což odpovídá kladu mapových listů DMP 1G značených 37, 38, 47, 48 (viz obrázek č. 11).

V práci je uvažováno o využití solárního potenciálu na střechách budov. Srdečný (2009) uvedl několik zásadních důvodů, proč umisťovat fotovoltaiku na budovy:

- nezabírá se zemědělská půda,
- elektrárnu lze snáze připojit k síti,
- elektrárna je méně přístupná vandalům a zlodějům,
- může sloužit jako vlastní zdroj elektřiny,
- snižuje ztráty v sítích,

- reprezentuje.

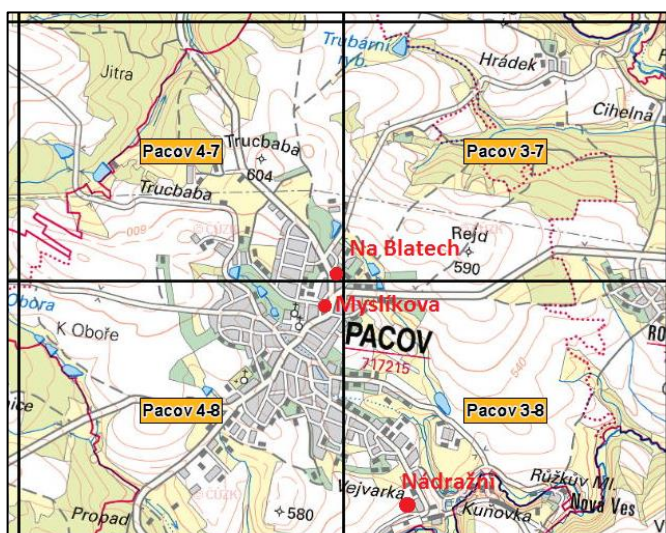
O obdobných důvodech a žádných významných ztrátách využívání fotovoltaických systémů na budovách píše ve své studii i Akwa a kolektiv (2014).

#### 4.2.2 Meteorologická data

Pro stanovení výroby FVE je klíčový celkový úhrn globálního slunečního záření na obecně položenou plochu na zemském povrchu za řešený časový úsek. Pro účely energetických výpočtů je nutné taková data přepočítat na plochu s příslušnou orientací a sklonem. Aktuálně jsou souhrny globálního slunečního záření měřeny jen na 11 pracovištích ČHMÚ, difúzní záření na čtyřech. Z tohoto důvodu výpočty vycházejí ze sum přímého slunečního záření a ze skutečné doby slunečního svitu doplněné průměrnými hodnotami difúzního záření. Skutečná doba slunečního svitu je měřena na území ČR na 79 pracovištích, avšak ČHMÚ uveřejňuje data pouze z 22 stanic (EkoWATT, 2008).

Vstupními parametry pro modelaci solární radiace v ArcGIS jsou difuzní záření a propustnost atmosféry. Pro účely práce však nebyl zachován očekávaný postup využití dat z ČHMÚ. K odhadu podílu difuzního záření byly porovnány reálné hodnoty výroby třech FVE v Pacově a hodnoty vypočítávané prostřednictvím PVGIS. FVE v Nádražní ulici o výkonu 5 kWp a v Myslíkově ulici o výkonu 20 kWp jsou v rámci města na dvou diagonálních okrajích. V Myslíkově ulici je FVE umístěna na jižní střeše, v ul. Nádražní částečně na jihozápadní a částečně na jihovýchodní střeše.

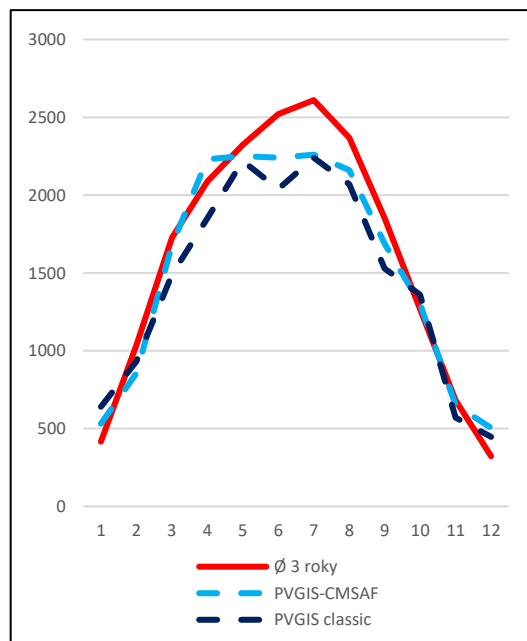
Reálná výroba u těchto FVE byla zjištěna za poslední tři uzavřené kalendářní roky 2014, 2015 a 2016. Třetí FVE s instalovanými 5 kWp se nachází na jižní střeše městské zástavby na severním okraji města v ul. Na Blatech. Údaje zde byly dostupné pouze za rok 2016.



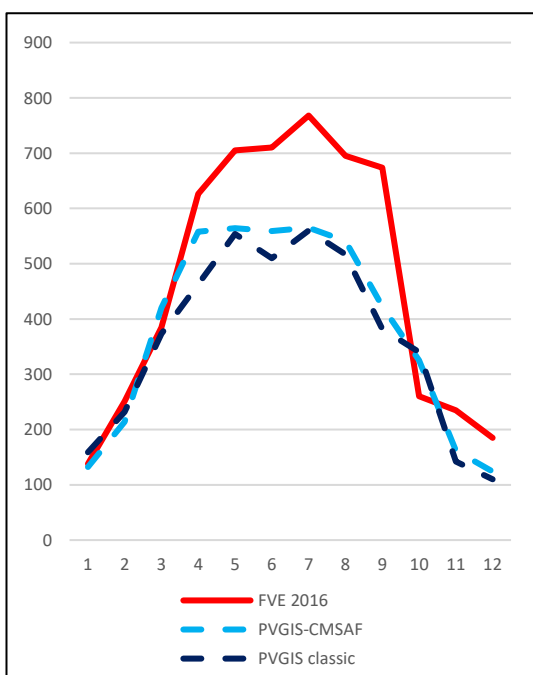
Obrázek 11: Klad mapových listů DMP 1G s vyznačením polohy předmětných FVE [zdroj: ČÚZK]

Průměr reálné výroby zmíněných FVE byl porovnán s vypočítanými daty zveřejněnými v PVGIS, který poskytuje dvě varianty CMSAF a classic nabývající dvou odlišných hodnot.

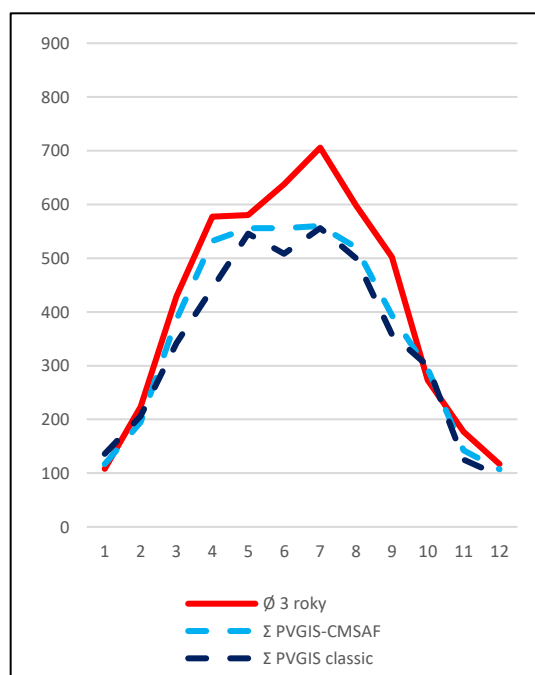
Pro FVE v Myslíkově ulici a v ulici na Blatech byl do PVGIS zadán azimut 0, což odpovídá jižní expozici FVE. Pro FVE v Nádražní ulici byl instalovaný výkon rozdělen do dvou částí, tzn. 2,5 kWp s azimutem + 60° (JZ až Z) a 2,5 kWp s azimutem - 20° (JV).



Obrázek 12: Porovnání průměrné výroby FVE v Myslíkově ul. a hodnot z PVGIS [kWh]



Obrázek 14: Porovnání reálné výroby FVE v ul. Na Blatech za rok 2016 s hodnotami z PVGIS [kWh]



Obrázek 13: Porovnání průměrné reálné výroby FVE v Nádražní ul. s hodnotami z PVGIS [kWh]

Na základě sčtu a porovnání těchto dat byly vymezeny měsíce, které odpovídají výrobě dle PVGIS, měsíce s nižší výrobou oproti skutečnosti a měsíce s vyšší výrobou. Dle zkoumání měsíčních změn výroby a podílu difuzního záření je zřejmé, že jevy jsou na sobě nepřímo úměrné. Vzhledem k vyhodnocení měsíců došlo u některých ke

změně podílu difuzního záření. Měsíce, které kopírují reálným průměrem hodnoty stanovené v PVGIS, zůstaly shodné. U ostatních byly odvozeny podíly difuzního záření v závislosti na výši snížení či zvýšení reálné výroby a následně odvození přesnějšího podílu difuzního záření. S ohledem na změny difuzního záření k výši výroby FVE přepočítané PVGIS byl odvozen přesnější odhad difuzního záření, avšak vzhledem k citlivosti tohoto parametru došlo ke změnám pouze v zásadních rozdílech výroby, především u letních měsíců. Tím byl stanoven vstupní atmosférický parametru – roční podíl difuzního záření nabírající hodnoty od 0 do 1 následovně:

Měsíc	Medián FVE	PVGIS-CMSAF	PVGIS classic
Leden	0,76	0,76	0,72
Únor	0,68	0,69	0,66
Březen	0,59	0,59	0,62
Duben	0,49	0,49	0,58
Květen	0,54	0,53	0,57
Červen	0,54	0,55	0,61
Červenec	0,52	0,53	0,56
Srpen	0,48	0,48	0,56
Září	0,56	0,57	0,59
Říjen	0,61	0,60	0,58
Listopad	0,69	0,69	0,75
Prosinec	0,74	0,74	0,78
<b>ROK</b>	<b>0,58</b>	<b>0,55</b>	<b>0,60</b>

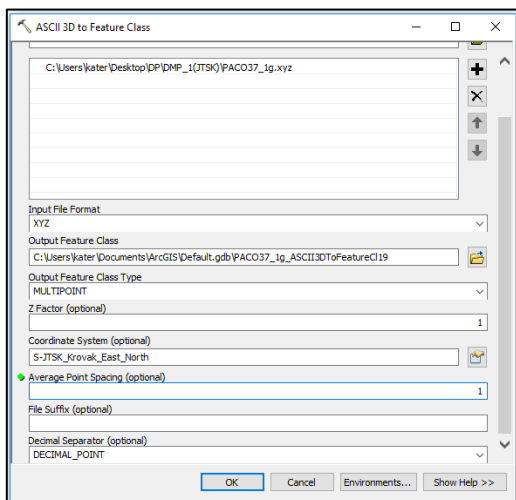
Tabulka 7: Podíly difuzního záření z vlastních dat a dat z PVGIS

## 4.3 Zpracování dat v ArcGIS

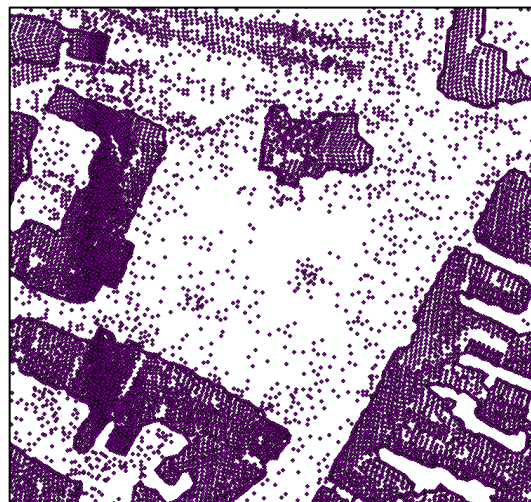
### 4.3.1 Modelování terénu

Vstupními daty jsou textové soubory .xyz se souřadnicemi všech bodů náležejících do DMP 1G. Jednotlivé body nejsou klasifikovány zvlášť pro terén, vegetaci a zástavbu. K vytvoření solární radiace je potřeba vytvořit ze vstupního textového souboru rastr. Sada nástrojů Conversion v 3D Analyst Tools obsahuje funkci ASCII 3D to Feature Class, která převede .xyz na vrstvu typu multipoint. U Z-faktoru ponecháme hodnotu

1, aby byly zachovány výškové hodnoty beze změny. U možnosti Decimal Separator byla zachována výchozí point/tečka.

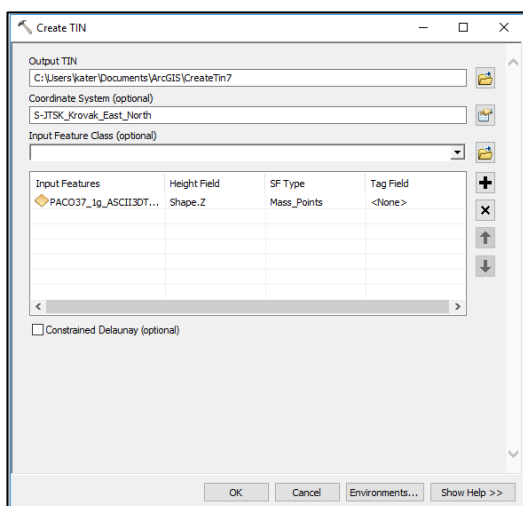


Obrázek 16: Nástroj ASCII 3D Feature Class se zadanými hodnotami



Obrázek 15: Výstup nástroje ASCII 3D to Feature Class

Posléze takto vytvořená vrstva vygeneruje TIN prostřednictvím nástroje Create Tin umístěného v 3D Analys Tools – Data Management – TIN. Vrstva nabývá několika hodnot, vzhledem k charakteru práce je nejpodstatnější slope udávaný v %, který charakterizuje maximální změnu výšky buňky vzhledem k sousední.



Obrázek 17: Nástroj Create TIN se zadanými daty

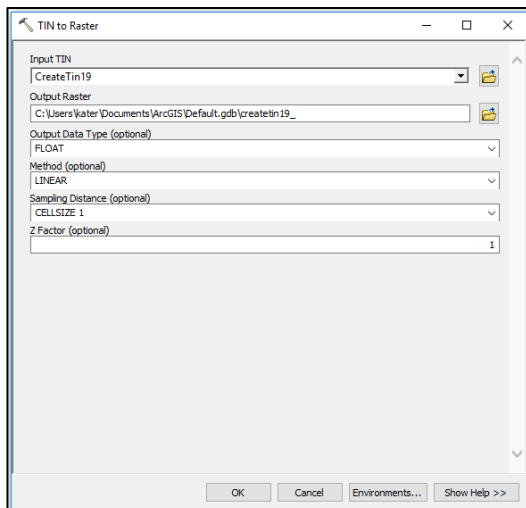


Obrázek 18: Výstup nástroje Create TIN

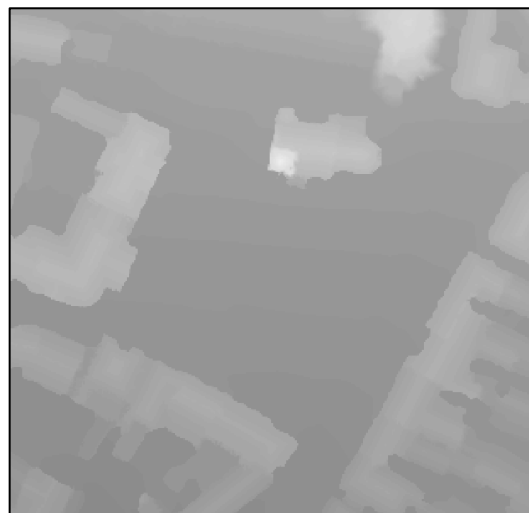
V dalším kroku se pomocí nástroje TIN to Raster, který se nachází v 3D Analys Tools podsložce Conversion a From TIN, vytvoří raster. V dialogovém okně byly upraveny výchozí hodnoty na Float při využití lineární interpolační metody, jež nemá tolik



vyhlazující efekt jako další nabízené metody. Ukazatel Sampling Distance byl upraven na Cellsize z původních 20 na 1 proto, aby byla uchována dostačující podrobnost při relativně krátkém výpočetním čase. Z Factor zůstal na hodnotě 1 pro respektování výškové přesnosti.



**Obrázek 20: Nástroj TIN to Raster se zadanými hodnotami**



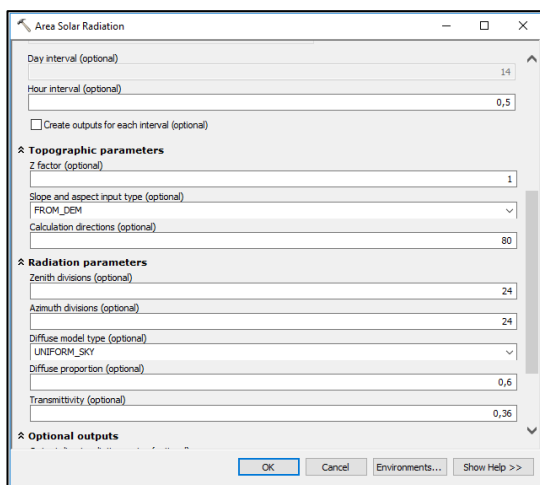
**Obrázek 19: Výstup nástroje TIN to Raster**

Vzhledem k velikosti řešeného území byl zpracován tento postup samostatně pro 4 dílčí teritoria, která odpovídají kladu mapových listů (viz Obrázek 11). Práce s menšími celky vymezeného území byla vhodnější i pro další modelaci solární radiace s ohledem na výpočetní časy a náročnost pro operační paměť počítače.

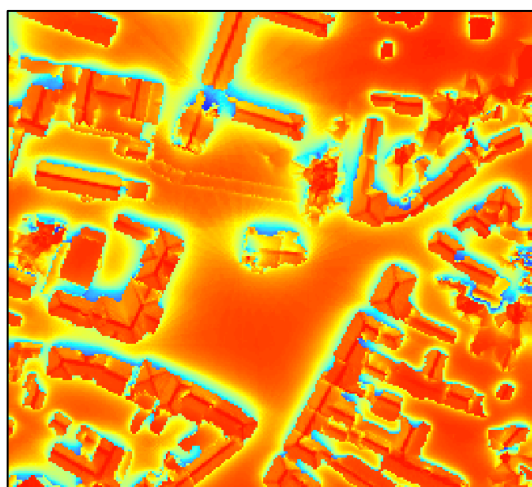
#### **4.3.2 Modelování solární radiace**

Spatial Analyst Tool v sekci Solar Radiation nabízí nástroj Areal Solar Radiation. Vstupními daty byl vytvořený raster povrchu řešeného území. Parametr Sky size, neboli rozlišení bylo nastaveno na 400. Konfigurace času byla vzhledem k účelu práce stanovena na celý rok s výchozím hodinovým intervalem 0,5. Parametr Slope and aspect input type byl vybrán FROM\_DEM, kde se hodnoty vypočítávají ze vstupního rastru. Calculate Direction určující počet směrů azimutových úhlů použitých k výpočtu byl definován na 80, což odpovídá složité konfiguraci členitého území. Z faktor opět ponechán na 1 bez výškových změn. Zenit divisions a Azimuth divisions určující počet sektorů mapy oblohy, ze kterých se počítá difuzní záření byl stanoven hodnotou 24. Typ difuzního modelu byl změněn na Standard Overcast Sky, kde se difuzní záření mění se zenitovým úhlem Slunce. Původní hodnota difuzního záření je

0,3, což značí jasnou oblohu. Podíly difuzního záření byly stanoveny dle hodnot uvedených v tabulce 8. Pro první model byl použitý podíl difuzního záření jako hodnota vycházející z propočtu PVGIS CMSAF, tj. 0,55 (dále jen model PVGIS CMSAF). Druhý model vychází z údaje ro PVGIS classic, tj. 0,6 (dále jen model PVGIS classic). Poslední model vychází z odhadu dle reálné výroby a byl stanoven na 0,58 (dále jen model Medián FVE). Propustnost je při výchozím nastavení definováno hodnotou 0,5 pro jasnou oblohu. Vzhledem k faktu, že byly stanoveny pevné hodnoty difuzního záření a výsledek měl odpovídat reálnému ročnímu globálnímu záření, byla propustnost kalibrována.



Obrázek 22: Nástroj Area Solar Radiation se zadanými hodnotami



Obrázek 21: Výstup nástroje Area Solar Radiation

Kalibrace byla časově velmi náročná, ale nezbytná pro přiblížení se ke skutečné radiaci. Hodnota byla upravována z původních 0,5 směrem k 1 a směrem k 0. Při jakékoli menší změně, došlo k zásadním posunům. Příklad změn celkového záření pro podíl difuzního záření 0,6:

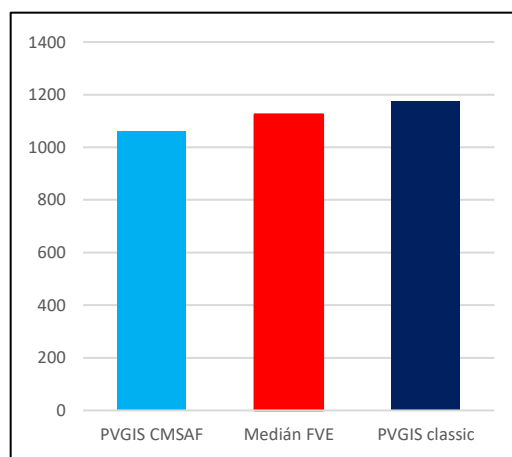
- 0,35 propustnost – celkový úhrn globálního záření až 1 050 kWh/m<sup>2</sup>,
- 0,36 propustnost – celkový úhrn globálního záření až 1 169 kWh/m<sup>2</sup>,
- 0,38 propustnost – celkový úhrn globálního záření až 1 270 kWh/m<sup>2</sup>,
- 0,40 propustnost – celkový úhrn globálního záření až 1 890 kWh/m<sup>2</sup>,
- 0,50 propustnost – celkový úhrn globálního záření až 1 960 kWh/m<sup>2</sup>,
- 0,60 propustnost – celkový úhrn globálního záření až 2 683 kWh/m<sup>2</sup>.

Vzhledem ke geografické oblasti a s ohledem na vstupní parametry difuzního záření byla stanovena jako nejideálnější konstanta 0,36. Při modelaci solární radiace byly

prováděny výpočty samostatně pro 4 vymezená území odpovídající kladu mapových listů DMP 1G z důvodu dlouhého výpočetního času. Obvyklá doba pro  $\frac{1}{4}$  řešeného území byla necelých 10 hodin.

## 5. Výsledky práce

Prioritním výstupem nástroje Area Solar Radiation je celkové globální záření. Každý pixel nese informaci o celkové energii ve Wh/m<sup>2</sup> za rok. Při použití vstupních dat s různou odchylkou jsou výstupem tři odlišné modelace globálního záření s mírnými rozdíly vzhledem ke kalibraci podílu difuzního záření. Prvním modelem je PVGIS CMSAF, který vychází z podílu difuzního záření stanoveným právě prostřednictvím PVGIS CMSAF. Tento model dosahuje nejnižších maximálních hodnot globálního záření ze všech modelů. Model PVGIS classic, jež vychází z jiného výpočtu hodnot řešeného území udávaných na PVGIS, vykazuje nejvyšší úhrny globálního záření ze všech modelů. Model vycházející z mediánu odhadovaného podílu difuzního záření je střední variantou předešlých dvou modelů.



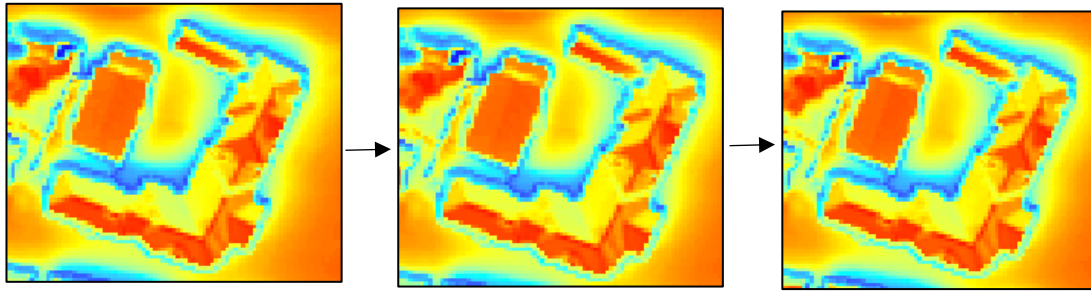
Obrázek 23: Roční úhrn globálního záření v kWh/m<sup>2</sup>

Pokud vezmeme v potaz skutečnost, že Pacovsko spadá do lokality s předpokládaným globálním zářením mezi 1 100 až 1 150 kWh/m<sup>2</sup>/rok, nejbližší je model Medián FVE odvozeného podílu difuzního záření na 0,58, který dosahuje maximálních hodnot okolo 1 120 kWh/m<sup>2</sup> ročně. Při zadání podílu difuzního záření z PVGIS classic 0,60 a zachování konstanty propustnosti atmosféry je solární radiace příliš vysoká. Když do modelace vstoupila hodnota z PVGIS CMSAF, je výsledné roční globální záření mírně podhodnocené vzhledem k obecně platným, generalizovaným hodnotám udávaným pro řešené území.

Při zjišťování odchylek mezi modely bylo nezbytné určit konkrétní místo, které bylo vybráno na střeše radnice (viz obrázek 24). Přesnost bodu byla určena při nastavení transparentnosti rastu solární radiace společně se zobrazením výstupu nástroje ASCII 3D to Feature Class. V jednom bodě byla zjištěna odchylka mezi třemi různými modely následovně:

- Model PVGIS classic (podíl difuzního záření 0,60) – 1 151 kWh/m<sup>2</sup>/rok,
- Medián FVE (podíl difuzního záření 0,58) – 1 105 kWh/m<sup>2</sup>/rok,

- Model PVGIS CMSAF (podíl difuzního záření 0,55) – 1 043 kWh/m<sup>2</sup>/rok.



Obrázek 24: Nuance solární radiace při různém zadání vstupního podílu difuzního záření: 0,55 -> 0,58 -> 0,60

Roční úhrn globálního záření se v jednom místě liší až o 10 % v závislosti na použití modelu. Tato odchylka je patrná i na maximálních dosažených hodnotách pro jednotlivé modely (viz obrázek 23).

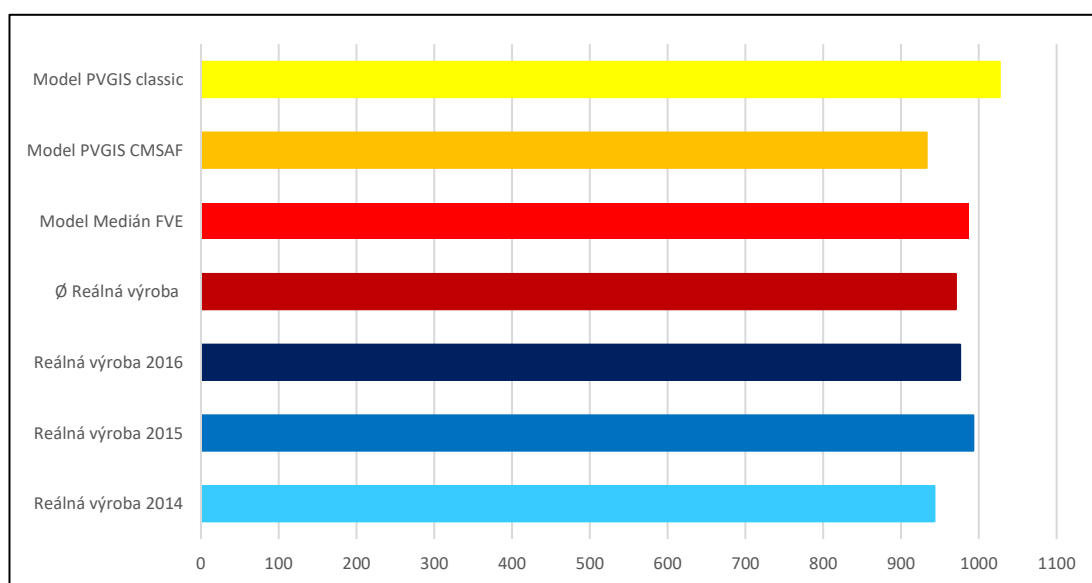
Výsledky jednotlivých modelů byly validovány na základě dalších výstupů modelace solární radiace – přímé záření, difuzní záření a doba svitu. Při validaci jsou důležité především první dva ukazatele, neboť jejich součet je výstupem a udává celkový úhrn ročního globálního záření. Při zjišťování správnosti byl použit stejný bod jako při stanovení rozdílů celkového globálního záření. V tomto bodě byly zjištěny následující hodnoty:

- Model PVGIS classic (podíl difuzního záření 0,60):
  - difuzní záření – 535 kWh/m<sup>2</sup>/rok,
  - přímé záření – 569 kWh/m<sup>2</sup>/rok.
- Model PVGIS CMSAF (podíl difuzního záření 0,55):
  - difuzní záření – 474 kWh/m<sup>2</sup>/rok,
  - přímé záření – 569 kWh/m<sup>2</sup>/rok.
- Medián FVE (podíl difuzního záření 0,58):
  - difuzní záření – 582 kWh/m<sup>2</sup>/rok,
  - přímé záření – 569 kWh/m<sup>2</sup>/rok.

Součty u jednotlivých modelů odpovídají celkovému globálnímu záření pro definovaný bod. Správnost modelu byla ověřena také vizuálně. U objektů, které jsou vyšší, případně bloky budov tvořící velké zastínění jiných objektů, byla potvrzena správnost v podobě velmi nízkého globálního záření blízkého se nule.

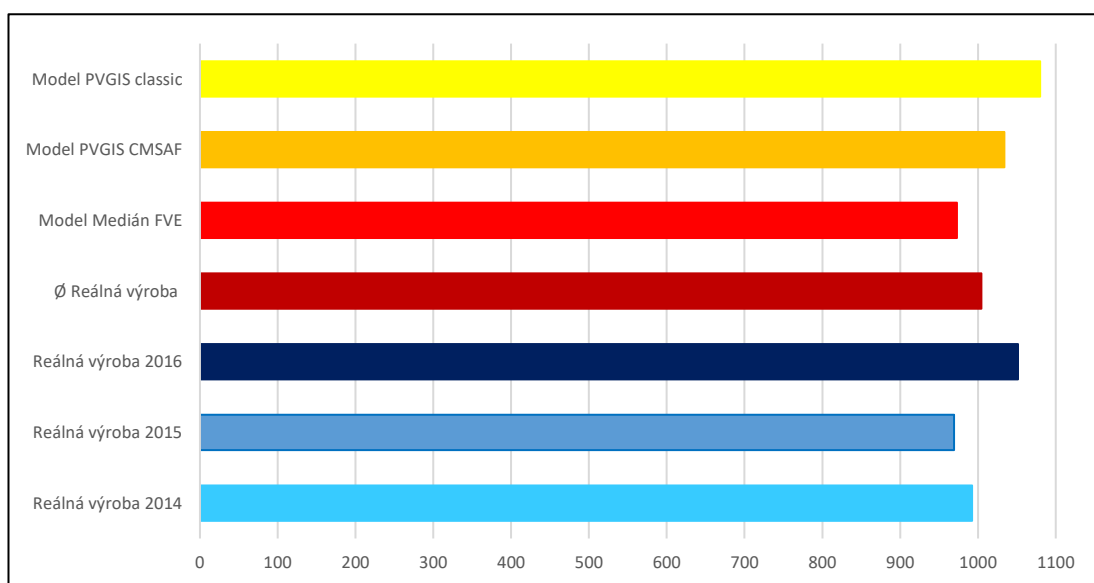
Správnost výpočtu třech modelů solární radiace bylo nezbytné porovnat také s reálnou výrobou jednotlivých FVE. Aby bylo možné porovnat skutečnou roční výrobu s ročním úhrnem globálním záření z jednotlivých modelů solární radiace, bylo nutné určit výrobu jednotlivých FVE pro 1 kWp, tzn. reálná výroba / instalovaný výkon. Následně stanovit výrobu instalovaného výkonu 1 kWp na 1 m<sup>2</sup> – 1 kWp jsou 4 fotovoltaické panely o instalovaném výkonu 250 kWp a ploše 6,6 m včetně rozestupů. Tím dojdeme k výsledné reálné výrobě na 1 m<sup>2</sup>, avšak při účinnosti fotovoltaických panelů 15 %. Posledním krokem je přepočítání na uvažovaných 100 % účinnosti panelů, pouze tak mohou být údaje porovnány.

Reálná výroba FVE v Myslíkově ulici o instalovaném výkonu 20 kWp vyrobila ve sledovaných letech od 18 669 kWh do 19 658 kWh. Při přepočtu výroba činí pro 1 kWp s 15% účinností od 141 do 149 kWh/m<sup>2</sup> s ohledem na sledované roky. Pokud bychom uvažovali 100% účinnost fotovoltaických panelů celkový úhrn globálního záření ve sledovaných letech se pohybovalo od 943 až k 993 kWh/m<sup>2</sup>. Všechny tři vytvořené modely generují globální záření na střeše objektu v ul. Myslíkově č.p. 14, které odpovídají reálné výrobě. Model PVGIS CMSAF při generalizaci plošek předmětné střechy vykazuje hodnotu 933 kWh/m<sup>2</sup>, což řádově odpovídá reálné výrobě z roku 2014. Model Medián FVE stanovuje globální záření 987 kWh/m<sup>2</sup>, která se velmi přiblížila výrobě FVE z roku 2016 ale také k roku 2015. Pro rok 2015 je relevantní také vytvořený model PVGIS classic.



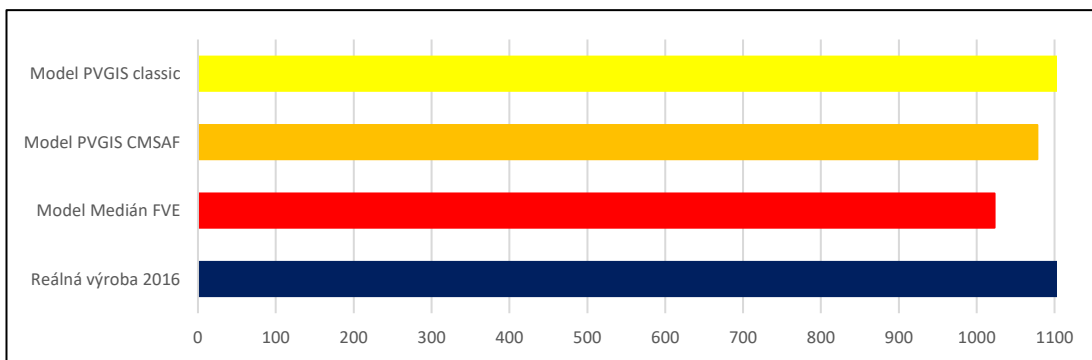
**Obrázek 25: Porovnání reálné výroby a výstupů z jednotlivých modelů solární radiace v Myslíkově ulici [kWh/m<sup>2</sup>]**

Pro 5kWp FVE v Nádražní ulici byl průběh určování celkové solární radiace z výsledných modelů kvůli různé expozici fotovoltaických panelů složitější. Celkový instalovaný výkon je na střeše rozdělen do dvou sektorů s různou orientací o stejném velikostním výkonu – 2,5 kWp na JZ a 2,5 kWp na JV. Při stanovení celkového úhrnu globálního záření byly zprůměrovány hodnoty z JZ i JV střechy. Při přepočtu reálné výroby FVE bylo vymezeno rozmezí ročního úhrnu globálního záření od 969 do 1 051 kWh/m<sup>2</sup> mezi roky 2014 až 2016. Model Medián FVE a model PVGIS CMSAF vykazují pro střechu, kde je umístěna FVE, takové hodnoty, které jsou v rozmezí reálné výroby, tzn. modely jsou relevantní. Model PVGIS classic vytvořil pro střechu s umístěnou FVE hodnotu mírně vyšší a to 1 080 kWh/m<sup>2</sup>. I taková hodnota lze uvažovat při mírně pozitivnějších scénářích.



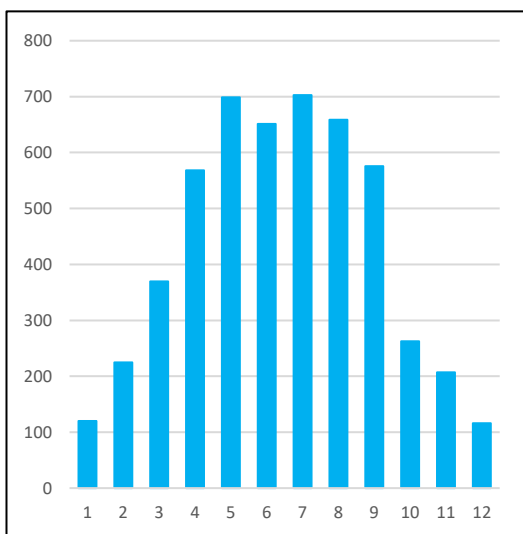
**Obrázek 26: Porovnání reálné výroby a výstupů z jednotlivých modelů solární radiace v Nádražní ulici [kWh/m<sup>2</sup>]**

Poslední FVE o instalovaném výkonu 5 kWp je umístěna v ulici Na Blatech. Zde jižní expozice nekomplikuje výpočet globálního záření skrze vytvořené modely solární radiace. PVGIS classic má tradičně nejvyšší úhrn 1133 kWh/m<sup>2</sup>. Ačkoli výše uvedené FVE se svými reálnými výrobami blížily k dalším dvěma modelům, zde je reálná výroba 1137 kWh/m<sup>2</sup> prakticky totožná s modelem PVGIS classic. Podrobnější hodnocení není možné provést vzhledem k poskytnutí dat pouze za rok 2016.

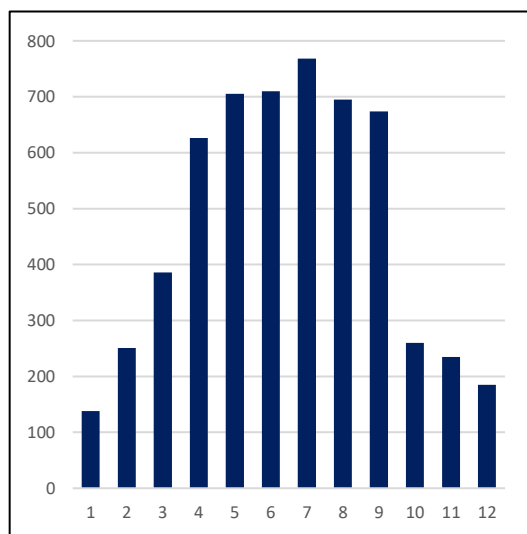


**Obrázek 29: Porovnání reálné výroby a výstupů z jednotlivých modelů solární radiace v ulici Na Blatech [kWh/m²]**

Jak se dalo očekávat, jižní šikmé střechy jsou mimořádně příznivé pro instalaci FVE. Pokud vezmeme v potaz stejnou účinnost panelů na instalovaných 5 kWp FVE v Pacově, můžeme při porovnání reálné výroby zjistit, že v ul. Na Blatech je FVE během roku méně zastíněna a lépe exponována. Celkem FVE vyrobila 5 633 kWh. FVE v Nádražní ulici se stejným instalovaným výkonem a účinností panelů byla výroba nižší, 5 155 kWh. V celkové výrobě v Nádražní ulici se odráží azimut umístěné FVE.



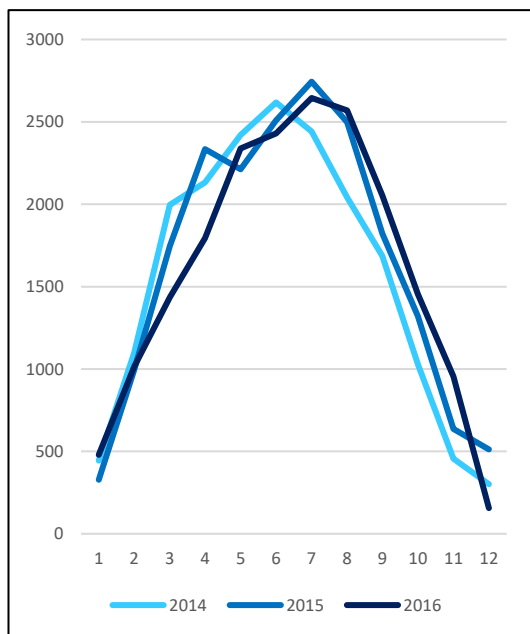
**Obrázek 28: Reálná výroba FVE v Nádražní ulici [kWh]**



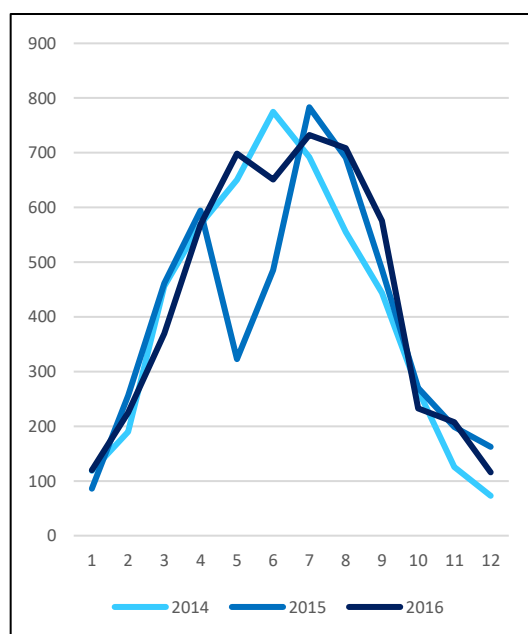
**Obrázek 27: Reálná výroba FVE v ulici Na Blatech [kWh]**

V rámci jednotlivých FVE se ve sledovaných letech liší výroba, až o 5 % v případě FVE v Myslíkově ulici, dokonce o 8 % během tří let v ulici Nádražní. U poslední FVE v ul. Na Blatech nelze porovnat meziroční změny výroby elektřiny vzhledem k poskytnutým datům pouze za jeden rok.





Obrázek 31: Reálné hodnoty výroby FVE v Myslíkově ul. [kWh]

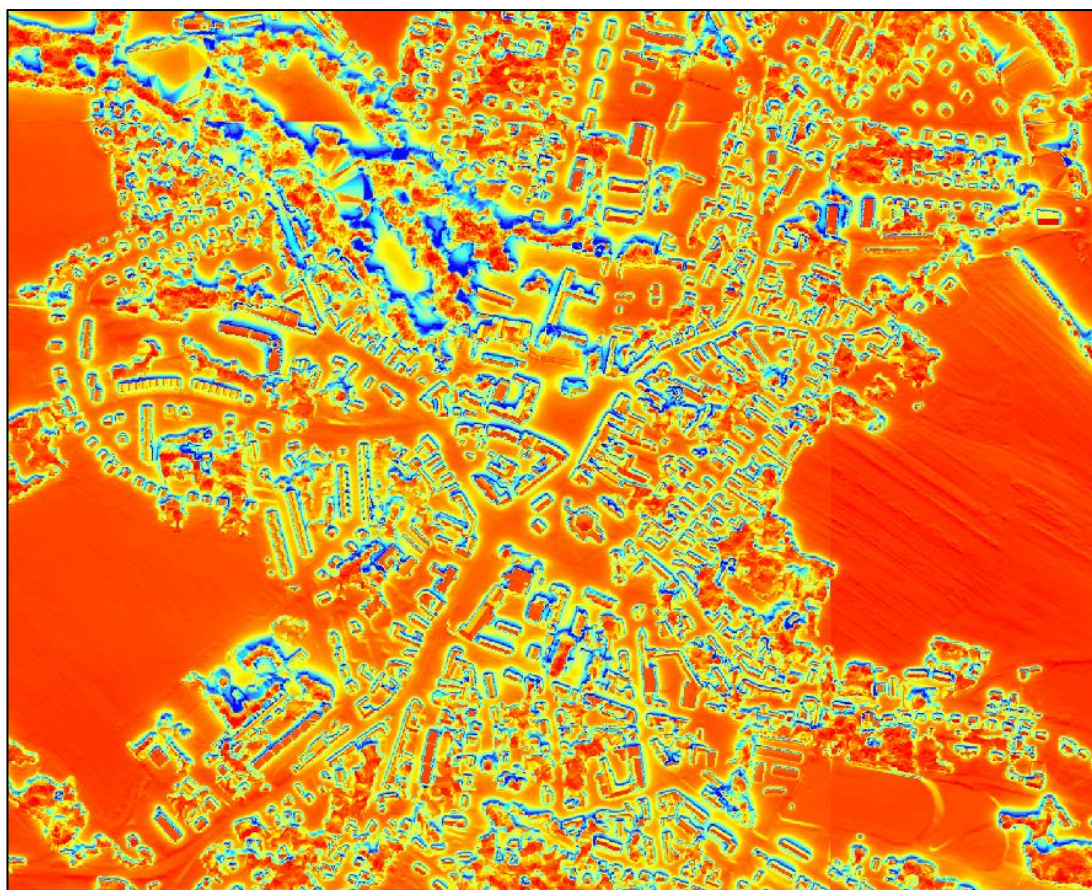


Obrázek 30: Reálné hodnoty výroby FVE v Nádražní ul. [kWh]

Tím bylo ověřeno, že skutečná reálná výroba se může řádově měnit o 10 %. I výsledné modely solární radiace se liší až o 10 % v celkovém úhrnu globálního záření. Validace tak prokázala správnost a relevantnost výsledných modelů. Modely je možné specifikovat následovně:

- Model PVGIS CMSAF – model solární radiace pro pesimistické scénáře ročního úhrnu globálního záření,
- Model Medián FVE – model solární radiace pro průměrný roční úhrn globálního záření,
- Model PVGIS classic – model solární radiace pro optimistické scénáře ročního úhrnu globálního záření.

K určení celkového potenciálu jednotlivých střech ve městě je nutné využít všechny vrstvy vzniklé při modelaci solární radiace. Informace o sklonu jednotlivých střeň nese vzniklý TIN. Výsledný úhrn solárního záření dopadající na střechy udává možnou roční výrobu FVE při 100% účinnosti fotovoltaických panelů. Zde musíme počítat, že fotovoltaické panely se vyrábí s 15% až 20% účinností. Při stanovení instalovaného výkonu pak výsledkem bude celková výroba FVE.



Obrázek 32: Model Medián FVE celého řešeného území

## 6. Diskuze

---

Model solární radiace pro přesné stanovení globálního záření, respektive výpočet výroby FVE, není možné vytvořit vzhledem k proměnlivosti atmosférických parametrů. Jak bylo podotknuto, výroba analyzovaných FVE se meziročně lišila řádově o 10 %, z čehož plyne, že není možné vytvořit či vybrat zcela správnou variantu modelu solární radiace vzhledem k její proměnlivosti. Cílem tedy není najít exaktní úhrn globálního záření, ale generalizovaný a použitelný pro ilustraci následujících let. V takovém případě je možné využít všechny tři vytvořené modely solární radiace. Každý model přináší jinou variantu ročního úhrnu – příznivou, průměrnou i méně příznivou variantu.

Ačkoli byla ověřena správnost modelace solární radiace, v některých lokalitách nejsou hodnoty aktuální. Příčinou výskytu tohoto jevu je samotný 3D model. Přesnost použitého modelu může být ovlivněna také roční dobou skenování a klimatickými podmínkami. V období od provedení LLS se mohla také změnit jak výška staveb a rozsah vzrostlé vegetace, tak i terénní reliéf. Při vizuální kontrole správnosti došlo ke zjištění, že v některých lokalitách byla odstraněna vzrostlá zeleň, která má zásadní vliv na zastínění objektů. V takovém případě je nezbytné vytvoření modelu města pro různá roční období, se kterými se mění vegetace, jenž má následně vliv na propustnost záření při výpočtu solární radiace. Použitý DMP 1G vykazoval právě tyto nedostatky. Avšak při zohlednění plánovaného vývoje výstavby objektů, které budou mít zásadní vliv na zastínění, by bylo nutné již v následujícím roce opět model zaktualizovat. A právě to je otázkou při tvorbě podobných solárních map v městské zástavbě, kde se vertikální i horizontální pohledy vyvíjejí dynamicky. Na druhou stranu, při takových vyhlídkách se zdá, zprvu nešťastná absence klasifikace bodů vegetace a zástavby, vhodným řešením plošná solární radiace, tedy pro celé území města, nikoli pouze pro již postavené objekty a jejich střechy. Plánovaná výstavba může být navržena s umístěnou FVE s ohledem na příznivost dle solární mapy.

Výslednou solární mapu by bylo možné zařadit do kategorie základních solárních map podle klasifikace Kanterse a kol. (2014). Střední a pokročilé solární mapy poskytují další komplementární vazby od plochy pokrytí instalovaným výkonem, přes náklady, návratnost až po nabídku instalačních a servisních firem. Zde je vytvořen prostor pro zdokonalení solární mapy. Nicméně jak je v mnoha studiích podotknuto (Catita a kol.,

2014; Kanters a kol., 2014; Davila a kol., 2016), solární mapy se primárně využívají jako nástroj k přiblížení energetické politiky samotným občanům. I solární mapa Pacova by měla přiblížit cíle národních politik k obyvatelstvu a participovat občany.

Mimo platformy pro občany o potenciálu střech jejich domů je mnohá města na světě využívají také pro městskou správu, při jejím rozhodování o nejvhodnější umístění pro FVE na objektech v jejich vlastnictví (Kanters a kol., 2014). I tento rozměr měla solární mapa Pacova přinést. Ze solární mapy je patrné, že řada budov města Pacov nabízí nejvhodnější možné podmínky pro umístění FVE. Při bližším zkoumání objektů ve vlastnictví města je právě legislativa to, co může instalaci FVE v Pacově ovlivnit. Tyto objekty se nacházejí především v centru Pacova, kde je vymezena městská památková zóna. Na exponovaných střechách se dá očekávat, že nebude možné instalace umístit. Většinou se jedná o pohledové střechy, které však mají ideální jižní směr. Výsledné stanovisko závisí na odboru památkové péče a životního prostředí Městského úřadu Pacov. Politika vstupující do instalace FVE přinesla zajímavý fenomén – střet národních a místních cílů.

Účelem všech solárních map je přiblížení energetické politiky občanům i správě města. Ambiciózní cíle na snížení emisí jsou po celém světě (viz kap.3 této práce). Výjimkou není ani Boston a další americká města, kde vznikaly první velké projekty solárního mapování. Také Davila a kol. (2016) ve své studii mimo jiné poukazují, že takové modely slouží k informování o energetické politice, stanoveným cílům a nutnosti zapojení všech až po jednotlivce. Je nutné pochopit vzájemnou propojenost politiky, ať již městské, národní či nadnárodní vlády, a inovací. Kvantifikace solárního potenciálu prostřednictvím solární mapy je prvním krokem v procesu zrychlení využívání solární energie v městském prostředí (Kanters a kol., 2014). Ať již základní nebo pokročilá solární mapa, informovanost o úhrnu energie musí být zacílen na občany, správu města a další investory.

## 7. Závěr

---

Tato studie prokázala obstojnost využití nástrojů GIS pro zhodnocení solárního potenciálu ve městě Pacov. Výsledkem práce jsou tři solární mapy s různými vstupními údaji, které měly vliv na celkový roční úhrn globálního záření. Jak by prokázáno, všechny tři modely solární radiace se v celkovém úhrnu globálního záření lišily až o 10 %. Avšak i výroba jednotlivých FVE se meziročně lišila až o 10 %. Tím byla prokázána správnost modelů a zároveň bylo prokázáno, že není nutné hledat exaktní úhrn slunečního záření vzhledem k proměnlivosti atmosférických parametrů. Co však je velmi důležité pro stanovení potenciálu střechy je aktuálnost modelu 3D. Nicméně vstupní textový soubor pro tvorbu 3D modelu nebyl zcela vhodně zvoleným. Při modelaci vyvstala řada nesrovnalostí vycházející především z neaktuálnosti DMP 1G. Pro další práci a vytvoření střední či pokročilé solární mapy by bylo vhodné použít alternativu k DMP 1G.

Primárním cílem práce bylo vytvořit ilustrativní model solární radiace pro celé město Pacov. Vzhledem k velikosti řešeného území a délce výpočetního času bylo nutné přistoupit na kompromis, který se podepsal na rozlišení mapy. Pokud budou tyto skutečnosti pominuty, mapa solárního potenciálu může být východiskem pro lidi, kteří jsou zvědaví na životaschopnost FVE, jakožto zdroje energie pro jejich konkrétní domy. Stejně tak model může využít samospráva města Pacova při realizaci vize soběstačnosti města. Zde je nutné zdůraznit, že řada objektů ve vlastnictví města se nachází v městské památkové zóně. Při instalaci FVE bude nutné stanovisko odboru památkové péče a životního prostředí Městského úřadu Pacov.

Nadnárodní, národní i místní politické zásahy významně ovlivňují instalaci FVE. Právě politika se stala důvodem ke vzniku solárních map ve světě. Pro zvýšení zájmu, oživení diskuze či osvojení národních cílů za vlastní je nutné rozšířit solární mapu o další doplňující informace.

### **Definování přínosů projektu:**

- vytvoření obstojné mapy solární radiace,
- pro obyvatele města Pacova by mohl výstup projektu sloužit jako zdroj informací při rozhodovacím procesu o instalaci FVE,

- pro samosprávu města Pacova by mohl sloužit jako podklad pro konzultace a realizaci vize soběstačnosti města, která bude doplněna mimo instalace FVE dalšími podpůrnými prostředky.

## 8. Přehled literatury a použitých zdrojů

---

**Aitken D. W., 2003:** White Paper – Transitioning to a Renewable Energy Future (online) [cit. 2017.01.21], dostupné z <[https://ises.org/fileadmin/user\\_upload/PDF/ISES\\_White\\_Paper\\_Czech.pdf](https://ises.org/fileadmin/user_upload/PDF/ISES_White_Paper_Czech.pdf)>.

**Akwa J. V., Odorico K., Kaufmann G. V., Vinícius G. a Machado C.A., 2014:** Evaluation of the photovoltaic generation potential and real-time analysis of the photovoltaic panel operation on a building facade in southern Brazil. *Energy and Buildings* 69: 426–433.

**Anderson J. a White A., 2013:** Putting the EU on track for 100% renewable energy. World Wildlife Fund for Nature (online) [cit. 2017.02.24], dostupné z <<https://wwf.be/assets/RAPPORT-POLICY/ENERGY/UK/res-report-final-1-1.pdf>>.

**Anonym, 2014:** Německá energetická revoluce vstupuje do nové etapy (online) [cit. 2017.02.28], dostupné z <<http://www.solarninovinky.cz/?home/2014073106/nemecka-energeticka-revoluce-vstupuje-do-nove-etapy#.WLUt4jvhCM8>>.

**Bechník B., 2011:** Omezení fotovoltaiky v Německu? (online) [cit. 2017.02.27], dostupné z <<http://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika/8128-omezeni-fotovoltaiky-v-nemecku>>.

**Budín J., 2015:** Evropská solární energetika – základní statistiky a očekávaný vývoj (online) [cit. 2017.01.06], dostupné z <<http://oenergetice.cz/obnovitelne-zdroje/evropska-solarni-energetika-zakladni-statistiky-a-ocekavany-vyvoj/>>.

**Catita C., Redweik P., Pereira J., Brito MC, 2014:** Extending solar potential analysis in buildings to vertical facades. *Computers & Geosciences* 66: 1–12.

**Cucchiella F., D'Adamo I. a Koh S.C.L., 2015:** Environmental and economic analysis of building integrated photovoltaic systems in Italian regions. *Journal of Cleaner Production* 98: 241–252.

**ČSVE, ©2017:** Vývoj výkupních cen větrné energie a ostatních obnovitelných zdrojů (online) [cit. 2017.02.28], dostupné z <<http://csve.cz/clanky/vyvoj-vykupnich-cen-vetrne-energie-a-ostatnich-obnovitelnych-zdroju/278>>.

**ČTK, ©2016:** Německo zpomalí výstavbu nových obnovitelných zdrojů energie a omezí pro ně podporu (online) [cit. 2017.02.28], dostupné z <<http://oze.tzb-info.cz/119164-nemecko-zpomali-vystavbu-novych-obnovitelnych-zdroju-energie-a-omezi-pro-ne-podporu>>.

**ČTK, ©2014:** Německo se dohodlo s EK na poplatcích za obnovitelné zdroje (online) [cit. 2017.02.28], dostupné z <<http://oze.tzb-info.cz/114273-nemecko-se-dohodlo-s-ek-na-poplaticich-za-obnovitelne-zdroje>>.

**ČÚZK, ©2016:** Digitální model povrchu České republiky 1. generace (DMP 1G) (online) [cit. 2017.03.03], dostupné z <[http://geoportal.cuzk.cz/\(S\(eladnx435nquh1q0k4tnyaaj\)\)/Default.aspx?mode=TextMeta&side=vyskopis&metadataID=CZ-CUZK-DMP1G-V&head\\_tab=sekce-02-gp&menu=303](http://geoportal.cuzk.cz/(S(eladnx435nquh1q0k4tnyaaj))/Default.aspx?mode=TextMeta&side=vyskopis&metadataID=CZ-CUZK-DMP1G-V&head_tab=sekce-02-gp&menu=303)>.

**Daněk M., 2014:** Přírodní podmínky Pacovska. In: Vlček L., Simota V., Tušilová M., Klika Z.: Pacov, město pro život. Město Pacov a Městské muzeum Antonína Sovy v Pacově: 9–14.

**Davila C. C., Reinhart Ch. F., Bemis J. L., 2016:** Modeling Boston: A workflow for the efficient generation and maintenance of urban building energy models from existing geospatial datasets. *Energy* 117 (1): 237–250.

**Divišová M., 2013:** Jak to bylo a je s fotovoltaikou v Česku (online) [cit. 2017.03.02], dostupné z <<http://www.penize.cz/nakupy/275131-jak-to-bylo-a-je-s-fotovoltaikou-v-cesku>>.

**Dusonchet L. a Telaretti E., 2010a:** Economic analysis of different supporting policies for the production of electrical energy by solar photovoltaics in eastern European Union countries. *Energy Policy* 38 (8): 4011–4020.

**Dusonchet L. a Telaretti E., 2010b:** Economic analysis of different supporting policies for the production of electrical energy by solar photovoltaics in western European Union countries. *Energy Policy* 38: 3297–3308.

**EPIA, ©2012:** Global market outlook for photovoltaics until 2016 (online) [cit. 17.02.28], dostupné z <<http://pvtrin.eu/assets/media/PDF/Publications/Other%20Publications/Global%20>



[Market%20Outlook%20for%20Photovoltaics%20until%202016,%20EPIA,%202012.pdf](#)>.

**EkoWATT, ©2008:** Stanovení dopadající sluneční energie (online) [cit. 2016.11.25], dostupné z <<http://fotovoltaika.ekowatt.cz/stanoveni-dopadajici-slunecni-energie.php>>.

**ERÚ, ©2016:** Energetický regulační věstník (online) [cit. 2017.01.04], dostupné z <[https://www.eru.cz/documents/10540/2041142/ERV\\_12\\_2016/058c6730-a61f-4606-a51b-e72ada54c052](https://www.eru.cz/documents/10540/2041142/ERV_12_2016/058c6730-a61f-4606-a51b-e72ada54c052)>.

**ERÚ, ©2015:** Roční zpráva o provozu ES ČR (online) [cit. 2017.03.05], dostupné z <[http://www.eru.cz/documents/10540/462820/Rocni\\_zprava\\_provoz\\_ES\\_2015.pdf/3769f65b-3789-4e93-be00-f84416e1ca03](http://www.eru.cz/documents/10540/462820/Rocni_zprava_provoz_ES_2015.pdf/3769f65b-3789-4e93-be00-f84416e1ca03)>.

**European Commission, ©1997:** Communication from the Commission – Energy for the future: Renewable sources of energy – White Paper for a Community Strategy and action plan (online) [cit. 2017.02.20], dostupné z <[http://europa.eu/documents/comm/white\\_papers/pdf/com97\\_599\\_en.pdf](http://europa.eu/documents/comm/white_papers/pdf/com97_599_en.pdf)>.

**Evropská komise, ©2014:** Pokyny pro státní podporu v oblasti životního prostředí a energetiky na období 2014-2020 (online) [cit. 2017.02.16], dostupné z <[http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:52014XC0628\(01\)&from=CS](http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:52014XC0628(01)&from=CS)>.

**Evropská komise, ©2013:** Zelená kniha: Rámec politiky pro klima a energetiku do roku 2030 (online) [cit. 2017.02.16], dostupné z <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2013:0169:FIN:CS:PDF>>.

**Evropská komise, ©2012:** Sdělení Komise Evropského parlamentu, Radě, Evropskému Hospodářskému a sociálnímu výboru a výboru regionů: Obnovitelné energie: významná činitel na evropském trhu s energií (online) [cit. 2017.02.18], dostupné z <[http://www.europarl.europa.eu/RegistreWeb/search/simple.htm?reference=COM\\_COM\(2012\)0271](http://www.europarl.europa.eu/RegistreWeb/search/simple.htm?reference=COM_COM(2012)0271)>.

**Evropský parlament, ©2016:** Energie z obnovitelných zdrojů (online) [cit. 2017.02.21], dostupné

z <[http://www.europarl.europa.eu/atyourservice/cs/displayFtu.html?ftuId=FTU\\_5.7.4.html](http://www.europarl.europa.eu/atyourservice/cs/displayFtu.html?ftuId=FTU_5.7.4.html)>.

**Evropský parlament a Rada Evropské unie, ©2015:** Směrnice Evropského parlamentu a Rady (EU) 2015/1513, kterou se mění směrnice 98/70/ES o jakosti benzínu a motorové nafty a směrnice 2009/28/ES o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů (online) [cit. 2017.01.10], dostupné z <<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32015L1513&from=en>>.

**Evropská rada a Rada Evropské unie, ©2015:** Rámec pro oblast klimatu a energetiky do roku 2030 (online) [cit. 2017.01.10], dostupné z <<http://www.consilium.europa.eu/cs/policies/climate-change/2030-climate-and-energy-framework/>>.

**Evropský parlament a Rada Evropské unie, ©2009:** Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/28/ES o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů (online) [cit. 2017.02.16], dostupné z <<http://www.tzb-info.cz/pravni-predpisy/smernice-evropskeho-parlamentu-a-rady-2009-28-es-o-podpore-vyuzivani-energie-z-obnovitelnych-zdroju>>.

**Evropský parlament a Rada Evropské unie, ©2002:** Šestý akční program pro životní prostředí – Životní prostředí 2010: naše budoucnost, naše volba (online) [cit. 2017.01.09], dostupné z <<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=URISERV%3A128027>>.

**Evropský parlament a Rada Evropské unie, ©2000:** Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2001/77/ES ze dne 27. září 2001 o podpoře elektřiny vyrobené z obnovitelných zdrojů energie na vnitřním trhu s elektřinou (online) [cit. 2017.02.27], dostupné z <<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/HTML/?uri=CELEX:32001L0077&from=CS>>.

**Fraunhofer ISE, 2017:** Recent Facts about Photovoltaics in Germany (online) [cit. 2017.03.01], dostupné z <<https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/en/documents/publications/studies/recent-facts-about-photovoltaics-in-germany.pdf>>.

**IEA, 2013:** Energy Policies of IEA Countries – Germany 2013 Review (online) [cit. 2017.02.15], dostupné

z <[http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Germany2013\\_free.pdf](http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Germany2013_free.pdf)>.

**Kanters J., Wall M., Kjellsson E., 2014:** The Solar Map as a Knowledge Base for Solar Energy Use. Energy Procedia 48: 1597–1606.

**Komise Evropských společenství, 2006:** Zelená kniha: Evropská strategie pro udržitelnou, konkurenceschopnou a bezpečnou energii (online) [cit. 2017.01.15], dostupné z <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2006:0105:FIN:cs:PDF>>.

**Komise Evropských společenství, ©2007:** Sdělení komise Radě a Evropskému parlament: Následná opatření k realizaci strategie vymezené v Zelné knize. Zpráva o dosavadním pokroku k realizaci strategie v oblasti elektřiny z obnovitelných zdrojů (online) [cit. 2017.01.20], dostupné z <[http://www.europarl.europa.eu/meetdocs/2004\\_2009/documents/com/com\\_com\(2006\)0849/com\\_com\(2006\)0849\\_cs.pdf](http://www.europarl.europa.eu/meetdocs/2004_2009/documents/com/com_com(2006)0849/com_com(2006)0849_cs.pdf)>.

**Kučera J., 2016:** Aby zelení chrti Německo nezruinovali (online) [cit. 2017.02.28], dostupné z <<http://oenergetice.cz/nemecko/aby-zeleni-chrti-nemecko-nezruinovali/>>.

**Město Pacov, ©2014:** Rozbor udržitelného rozvoje území města Pacov (online) [cit. 2017.02.04], dostupné z <<http://www.mestopacov.cz/wp-content/UAP/Pacov.pdf>>.

**Národní portál pro evropský výzkum, ©2014:** Evropský strategický plán pro energetické technologie (online) [cit. 2017.02.25], dostupné z <<http://www.evropskyvyzkum.cz/cs/o-era/klicove-dokumenty-era/set-plan>>.

**Rada Evropské unie, ©2011:** Návrh závěrů Rady o sdělení Energie 2020: Strategie pro konkurenceschopnou, udržitelnou a bezpečnou energii (online) [cit. 2017.01.02], dostupné z <[http://www.os-echo.cz/uploads/energie\\_2020\\_Strategie\\_pro\\_konkurenceschopnou\\_uzr\\_zitelnou\\_a\\_bezpecnou\\_energii.pdf](http://www.os-echo.cz/uploads/energie_2020_Strategie_pro_konkurenceschopnou_uzr_zitelnou_a_bezpecnou_energii.pdf)>.

**Rfassbind, 2015:** Animation of European growth of photovoltaic capacity in 'watts per capita' by country since 1992 (online) [cit. 2017.02.20], dostupné z <<https://commons.wikimedia.org/wiki/User:Rfassbind>>.

**Schlandt J., 2015:** Fighting for survival: Germany's big utilities look for a future in the new energy world (online) [cit. 2017.02.28], dostupné z <<https://www.cleanenergywire.org/dossiers/utilities-and-energy-transition>>.

**Schmela M., 2016:** Global Market Outlook For Solar Power 2016–2020 (online) [cit. 2017.02.21], dostupné z <[http://www.solarpowereurope.org/fileadmin/user\\_upload/documents/Events/Solar Power Webinar Global Market Outlook.pdf](http://www.solarpowereurope.org/fileadmin/user_upload/documents/Events/Solar_Power_Webinar_Global_Market_Outlook.pdf)>.

**Sivek M., Kavina P., Jirásek J. a Malečková V., 2012a:** Faktors influencing the selection of the past and future strategies for electricity generation in the Czech Republic. Energy Policy 48: 650–656.

**Sivek M., Kavina P., Jirásek J. a Malečková V., 2012b:** Czech Republic and indicative targets o the European Union for electricity generation from renewable sources. Energy Policy 44: 469–475.

**SolarPower Europe, ©2016:** Global Market Outlook for Solar Power 2015–2019 (online) [cit. 2017.02.18], dostupné z <[https://helapco.gr/pdf/Global Market Outlook 2015 -2019\\_Ir\\_v23.pdf](https://helapco.gr/pdf/Global_Market_Outlook_2015_-2019_Ir_v23.pdf)>.

**SolarPower Europe, ©2017:** Global Market Outlook for Solar Power 2016–2020 (online) [cit. 2017.02.20], dostupné z <<http://resources.solarbusinesshub.com/images/reports/137.pdf>>.

**Srdečný K., 2009:** Fotovoltaika v budovách dosavadní zkušenosti pro budoucí vývoj. (online) [cit. 2015.11.26], dostupné z <[http://ekowatt.cz/upload/185e8ebf18feb4362c73f87f56e58606/Fotovoltaika%20v%20budova ch\\_web.pdf](http://ekowatt.cz/upload/185e8ebf18feb4362c73f87f56e58606/Fotovoltaika%20v%20budova%20ch_web.pdf)>.

**Státní fond životního prostředí ČR, ©2015:** Závazné pokyny pro žadatele a příjemce podpory z podprogramu Nová zelená úsporám: rodinné domy v rámci 3. výzvy k podávání žádostí (online) [cit. 2017.02.27], dostupné z <[http://www.novazelenausporam.cz/file/476/zavazne-pokyny-pro-zadatele-rd\\_3\\_vyzva.pdf](http://www.novazelenausporam.cz/file/476/zavazne-pokyny-pro-zadatele-rd_3_vyzva.pdf)>.

**Stupavský V., 2013:** Senát posvětil ukončení podpory obnovitelných zdrojů (online) [cit. 2017.03.11], dostupné z <<http://oze.tzb-info.cz/normy-a-pravni-predpisy-obnovitelna-energie/10336-senat-posvetil-ukonceni-podpory-obnovitelnych-zdroju>>.

**Suri M., Huld T. A., Dunlop E. D. a Ossenbrink H. A., 2007:** Potential of solar electricity generation in the European Union member states and candidate countries. *Solar Energy* 81 (10): 1295–1305.

**Šimoník M., 2016:** Energiewende – Německá energetická transformace – II. díl (online) [cit. 2017.02.28], dostupné z <<http://energetika.tzb-info.cz/energeticka-politika/13907-energiewende-nemecka-energeticka-transformace-ii-dil>>.

**Thoring K., 2017:** Global Solar Power Demand Grows Nearly 50% in 2016, Europe Drops by 20% (online) [cit. 2017.02.22], dostupné z <<http://www.solarpowereurope.org/media/global-solar-power-demand-grows-nearly-50-in-2016-europe-drops-by-20/>>.

**Tramba, D., 2013:** Rychlokurz solární paměti pro Jana Fischera (online) [cit. 2017.03.05], dostupné z <<http://ekonom.ihned.cz/c1-60230480-rychlokurz-solarni-pameti-pro-jana-fischera>>.

**United Nations Framework Convention on Climate Change, ©2014:** Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change (online) [cit. 2017.02.26], dostupné z <[http://unfccc.int/essential\\_background/kyoto\\_protocol/items/1678.php](http://unfccc.int/essential_background/kyoto_protocol/items/1678.php)>.

**Vobořil D., 2015:** Příčiny solárního boomu v České republice (online) [cit. 2017.03.05], dostupné z <<http://oenergetice.cz/obnovitelne-zdroje/priciny-solarniho-boomu/>>.

**Vyhláška č. 150/2007 Sb.,** o způsobu regulace cen v energetických odvětvích a postupech pro regulaci cen (online) [cit. 2017.03.05], dostupné z <[http://www.czrea.org/files/pdf/zakony/150\\_2007\\_Sb.pdf](http://www.czrea.org/files/pdf/zakony/150_2007_Sb.pdf)>.

**Vyhláška č. 347/2012 Sb.,** kterou se stanoví technicko-ekonomické parametry obnovitelných zdrojů pro výrobu elektřiny a doba životnosti výroben elektřiny z podporovaných zdrojů (online) [cit. 2017.05.03], dostupné z <<https://www.eru.cz/documents/10540/463078/vyhl+technicko+ekonomick%C3%A9+parametry+zn%C4%9Bn%C3%AD%20zm%C4%9Bna+2013/ca98996b-cd3d-4d06-b5d8-f3e8205e7356>>.

**Vyhláška č. 364/2007 Sb.,** kterou se mění vyhláška č. 475/2005 Sb., kterou se provádějí některá ustanovení zákona o podpoře využívání obnovitelných zdrojů

(online) [cit. 2017.03.05], dostupné z <[http://www.czrea.org/files/pdf/zakony/364\\_2007\\_Sb.pdf](http://www.czrea.org/files/pdf/zakony/364_2007_Sb.pdf)>.

**Vyhláška č. 475/2005 Sb.**, kterou se provádějí některá ustanovení zákona o podpoře využívání obnovitelných zdrojů (online) [cit. 2017.03.05], dostupné z <[http://www.solarcenter.cz/files/media/download/vyhl\\_475\\_2011.pdf](http://www.solarcenter.cz/files/media/download/vyhl_475_2011.pdf)>.

**Zákon č. 135/1994 Sb.**, kterým se mění a doplňuje zákon České národní rady č. 265/1991 Sb., o působnosti orgánů České republiky v oblasti cen, a mění zákon č. 526/1990 Sb., o cenách (online) [cit. 2017.03.05], dostupné z <<https://www.psp.cz/sqw/sbirka.sqw?cz=135&r=1994>>.

**Zákon č. 165/2012 Sb.**, o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů (online) [cit. 2017.03.05], dostupné z <<https://www.eru.cz/documents/10540/463082/Z%C3%A1kon+o+poporovan%C3%BDch+zdroj%C3%ADch+energie/fc45b2bf-be41-4664-a224-769d24500086>>.

**Zákon č. 180/2005 Sb.**, o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a o změně některých zákonů (zákon o podpoře využívání obnovitelných) (online) [cit. 2016.11.10], dostupné z <[https://www.eru.cz/documents/10540/475627/ZOZE\\_1\\_1\\_2011\\_vcetne\\_402\\_10.pdf/29caff76-ee1a-4f46-9488-5df178614ef0](https://www.eru.cz/documents/10540/475627/ZOZE_1_1_2011_vcetne_402_10.pdf/29caff76-ee1a-4f46-9488-5df178614ef0)>.

**Zákon č. 222/1994 Sb.**, o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o Státní energetické inspekci (online) [cit. 2017.03.05], dostupné z <<https://www.beck-online.cz/bo/chapterview-document.seam?documentId=onrf6mjzhe2f6mrsgiwtc>>.

**Zákon č. 406/2000 Sb.**, o hospodaření energií (online) [cit. 2017.03.05], dostupné z <<https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-406>>.

**Zákon č. 458/2000 Sb.**, o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon) (online) [cit. 2017.03.05], dostupné z <[https://www.eru.cz/documents/10540/475627/458\\_2000\\_Sb.pdf/ed24b8ad-bfe2-499d-a0bf-9ffcc0e8978d](https://www.eru.cz/documents/10540/475627/458_2000_Sb.pdf/ed24b8ad-bfe2-499d-a0bf-9ffcc0e8978d)>.

**Zákon č. 526/1990 Sb.**, o cenách (online) [cit. 2017.03.05], dostupné z <<https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1990-526>>.

## 9. Přílohy

---

Datový nosič CD