

# Fotovoltaické systémy

## 1. Úvod

Fotovoltaické panely jsou jedním ze základních obnovitelných zdrojů energie hojně využívaných k návrhu energeticky soběstačných objektů. Tento důvod je čistě prozaický. Umožňují výrobu elektřiny v široce volitelném výkonovém pásmu a s dostupnými investičními náklady i pro majitele rodinných a bytových domů.

O fotovoltaických panelech je možné s trochou nadsázky říct, že jsou využitelné kdykoli a kdekoli. Fotovoltaika se využívá v kosmonautice, v místech, kde není dostupný jiný zdroj elektrické energie nebo veřejná rozvodná síť, k zásobování domácností, k provozu zemědělských farem, v průmyslu, k pohonu vodních čerpadel, pro pohon automobilů, ale také v malých měřítkách jako například cestovní solární nabíječky a podobně.



Obrázek 1: Příklady použití fotovoltaických panelů (zdroj: PORSENNA)



Obrázek 2: Použití fotovoltaických panelů k provozu hospodářství v Německu (zdroj: PORSENNA)

Fotovoltaické panely (dále FV panely) zajišťují přeměnu slunečního záření na jednosměrný elektrický proud. Účinnost přeměny energie u FV panelů se pohybuje nejčastěji kolem 7-16 % (ve výjimečných případech až 24 %).

- Základní typy panelů jsou monokrystalické, které mají nejvyšší účinnost (18-22 %), ale také nejvyšší cenu;

*'This project is part of the European Climate Initiative (EUKI) of the German Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU).'*



- Dále jsou to polykrystalické panely (14-16 %), které mají menší výkon, ale mají nižší cenu a dokážou využít i světlo nižší intenzity, ale hlavně využít lépe difúzní světlo;
- Nejnižší účinnost (7-10 %) mají panely z amorfního křemíku, ale výrazně nižší cena to plně kompenzuje. Navíc mnohem lépe dokáže využít difúzní světlo, když je pod mrakem nebo prší, případně brzy ráno a pozdě odpoledne. Nižší účinnost je tak kompenzována delším časem produkce. Zásadní nedostatek amorfních panelů je však vyšší hmotnost a tím pádem složitá manipulace. Z tohoto důvodu se nedoporučuje tyto panely používat na střešní solární elektrárnu.

Jako perspektivní se jeví technologie solárních fólií. Ačkoli mají nejnižší účinnost (3-4 %), jejich výhodou je mimořádně nízká hmotnost a možnost nalepit je na střešní krytinu. Jednoduchá montáž má však i svou nevýhodu, problematickou výměnu v případě poruchy fólie. V případě poruchy se výhoda fólie namontované na střechu s nízkým dovoleným zatížením stává nevýhodou, protože o to hůře se realizuje případná výměna vadného kusu fólie. Dále technologie vyžaduje použití vhodný podklad, do kterého lze umístit přírodní kabely, proto je tato technologie vhodná spíše v případě novostavby nebo v případě zateplování střechy. Tato technologie je však ještě relativně nová a není ověřena její životnost. Její cena za metr převyšuje cenu monokrystalických panelů.

Jako optimální ověřené řešení často vychází použití kvalitní polykrystalické panely, které dobře využijí i difúzní světlo a mají i dobrou účinnost při přímém osvětlení. Zároveň jsou přiměřeně lehké, takže příliš nezatíží střechu. Pro snadné FV panely je standardní zatížení střechy v rozsahu 16-20 kg/m<sup>2</sup>.

Pokud je střecha realizována jako lehká střešní konstrukce, je potřebný posudek statika a případné zpevnění střechy podle jeho doporučení, aby nedošlo v nepříznivých případech (například silná vrstva sněhu) k přetížení střechy (Jarás: Opatrenie-Inštalácia strešnej FVE).<sup>1</sup>

## 1.1. Principy

Existují dva základní typy zapojení fotovoltaických systémů, a to systémy nezávislé na rozvodné síti (off-grid) a systémy napojené na rozvodnou síť (on-grid).

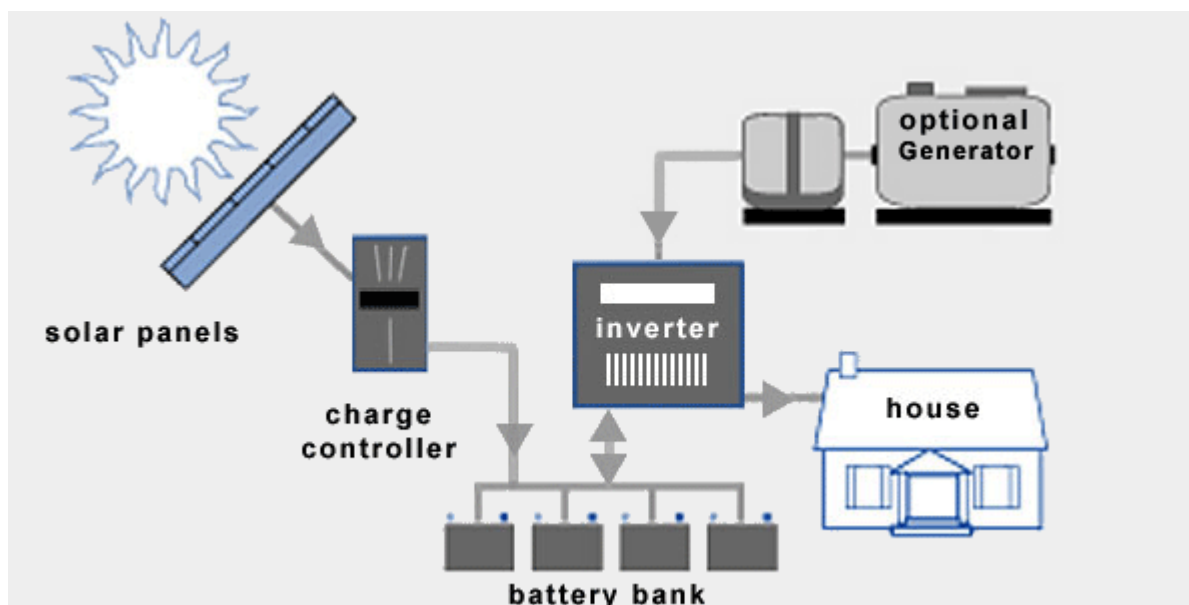
### 1.1.1. Ostrovní typy fotovoltaických elektráren

Nezávislé, tzv. **ostrovní systémy**, se často instalují v místech vzdálených od elektrické rozvodné sítě, kde by samotná přípojka elektřiny byla ekonomicky náročnější než fotovoltaický systém. Dají se rozdělit na systémy **s přímým napájením**, kde je zařízení napojeno přímo na solární modul. V tomto případě je spotřebič funkční pouze v době dostatečné intenzity slunečního záření. Systémy **s akumulací** elektrické energie je potřeba instalovat tam, kde jsou nároky na spotřebu elektřiny i v době bez slunečního záření. Proto jsou vybaveny akumulátorovými bateriemi.

**Hybridní ostrovní systémy** se používají tam, kde se občasně využívá zařízení s vysokým příkonem. Vzhledem k potřebě vyššího odběru elektrické energie na vytápění v zimním období by bylo nutné ostrovní systémy navrhovat na zimní provoz, což znamená podstatné zvýšení instalovaného výkonu a pořizovacích nákladů. Proto je výhodnější variantou doplnění o jiný zdroj elektřiny (například elektrocentrála, větrná elektrárna a podobně), který nedostatký v zimních měsících pokryje.

Tyto systémy jsou zcela jistě zajímavé z důvodu naprosté nezávislosti na „dodávce energie zvenčí“, nicméně pro zajištění této soběstačnosti je nutné navrhnout a uzpůsobit celý elektroinstalační systém a zajistit co nejúspornější chod budovy – nízká spotřeba energie objektu = malá plocha FV systému, a tedy i nízké investiční náklady.

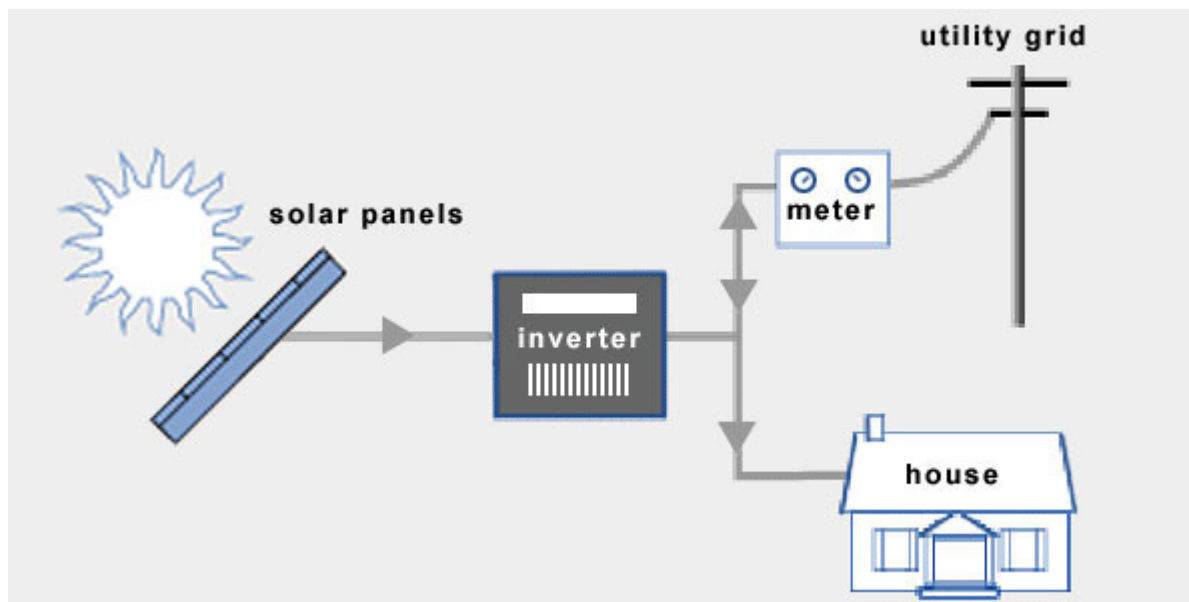
<sup>1</sup> Ing. Milan Jarás: Opatrenie-Inštalácia strešnej FVE



Obrázek 3: Ostrovní systém zapojení (s přidavným generátorem elektrické energie) (zdroj: Alternativní energie pro váš dům, 2003)

### 1.1.2. Fotovoltaické elektrárny napojené do rozvodné sítě

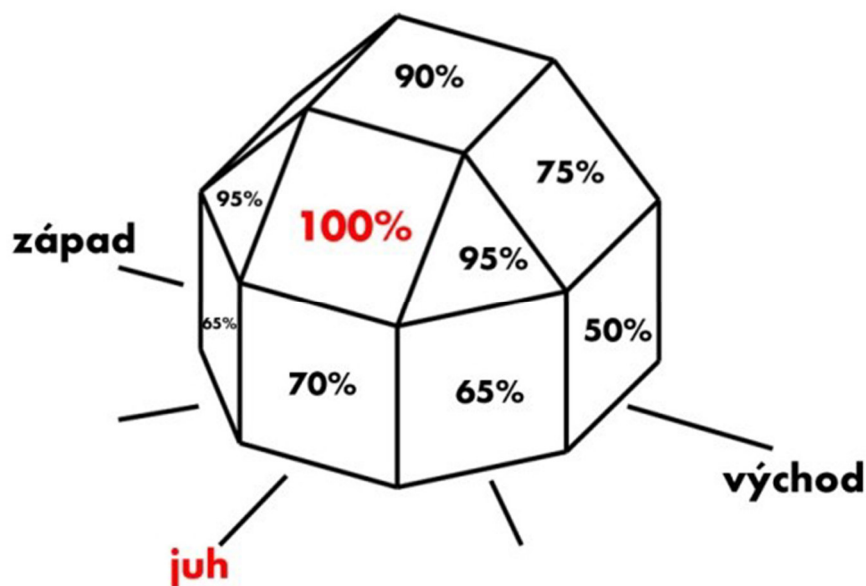
Nejčastěji se uplatňují v oblastech s hustou sítí elektrických rozvodů, kde jsou spotřebiče v případě dostatečného slunečního svitu napájené z vlastní vyrobené energie a případný přebytek energie dodávají do veřejné rozvodné sítě. Naopak při nedostatku vlastní vyrobené energie si elektrickou energii ze sítě odebírají. Většina dnes instalovaných fotovoltaických zdrojů v průmyslových zemích je takto k rozvodné síti připojena.



Obrázek 4: Schéma systému se zapojením do rozvodné sítě (zdroj: Alternativní energie pro váš dům, 2003)

## 1.2. Natočení panelů

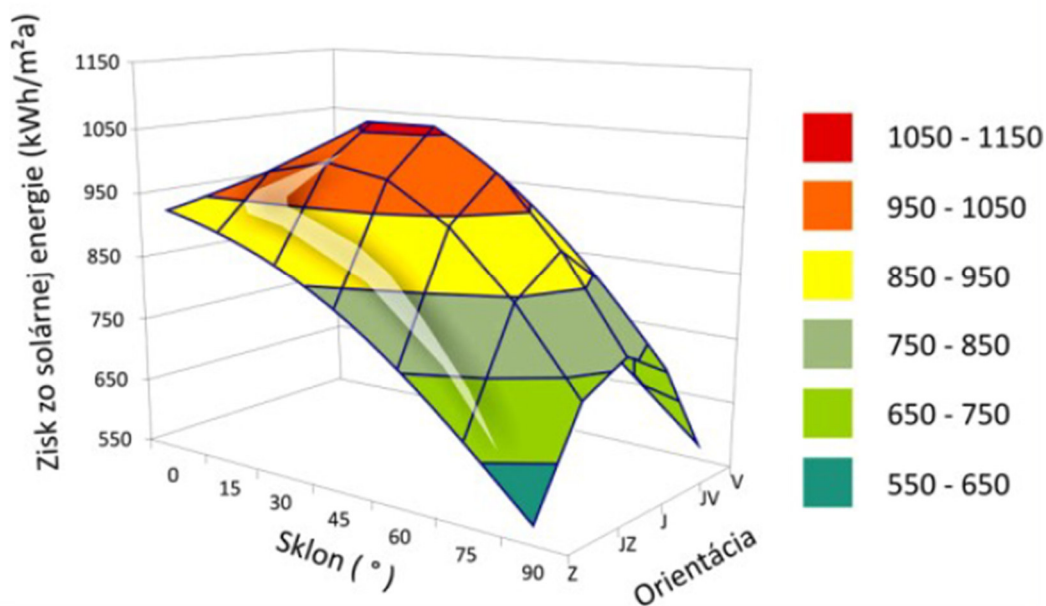
Důležitým prvkem pro účinnost fotovoltaické elektrárny je natočení panelů. Pokud jsou panely nasměrovány pod správným úhlem na jih, dostanou 100 % nominální hodnoty. Pokud se položí na rovnou střechu, dostanou 90 %, pokud na jižní stěnu – 70 %.



Obrázek 5: Natočení panelů a účinnost (zdroj: Jarás: Opatrenie-Inštalácia strešnej FVE)

Skutečný energetický zisk je však redukován o ztráty na přeměně na stejnosměrný proud, ztráty na kabeláži, ztráty na střídači a podobně.

### Energetické zisky v závislosti na sklonu a orientaci kolektorů



Obrázek 6: Energetické zisky v závislosti na sklonu a orientaci (zdroj: Jarás: Opatrenie-Inštalácia strešnej FVE)

Výsledný energetický zisk jednoho metru čtverečního panelu je cca 1080 kWh, tedy ztráta činí asi 20 %. Jinak řečeno, účinnost systému je 80 %.

Pokud by fotovoltaická elektrárna byla umístěna například v údolí, bude energetický zisk výrazně snížený stíněním terénu, čímž účinnost může klesnout i hluboko pod 50 % v závislosti na míře stínění.

V našich podmínkách jsou nejslunečnější měsíce, a tedy i největší výroba, od května do září, ale všechny mají vysoký podíl difúzního příspěvku, proto je třeba volit takové typy panelů, které nemají takový pokles účinnosti při zamračeném počasí.



### 1.3. Střešní instalace FVE

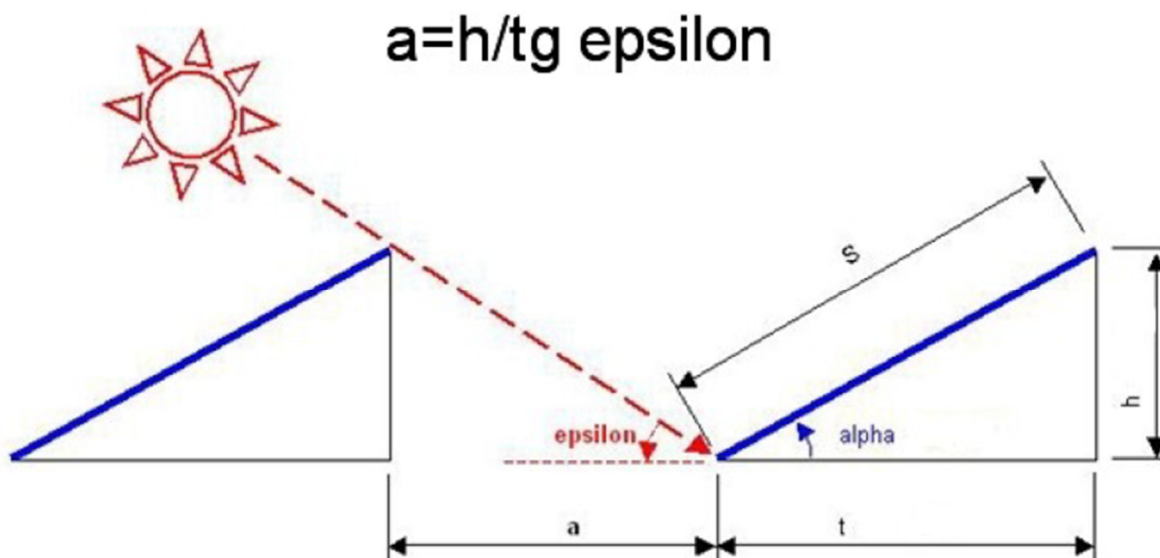
Existuje mnoho variant a způsobů, kam a jak umístit FVE. Z pohledu veřejného investora však předpokládáme, že nejvíce relevantní alternativou je její umístění na střechách objektů vlastněných městem, případně na objektech, které jsou pro instalaci FVE vhodné a město je může k tomuto účelu využít.

Střechy dělíme na dva základní druhy: rovné a šikmé.

#### Rovné střechy

Na rovných střechách máme tři základní možnosti, varianty:

- První možností je klasické rozmístění panelů s 30-45stupňovým sklonem na jih. Výhodou je maximální zachycení dopadajícího záření, nevýhodou daného rozmístění je nutnost rozestupu mezi panely a tudíž menší využití plochy střechy, což však zároveň poskytuje manipulační prostor pro případné opravy a výměny panelů. Nevýhoda je i největší mechanické zatížení větrem, které lze snížit přidavnými větrolamy (spoilerem).



Obrázek 7: Nutné rozestupy panelů s náklonem (zdroj: Jarás: Opatrenie-Inštalácia strešnej FVE)



Obrázek 8: Ukázka střechy s nakloněnými panely (zdroj: Jarás: Opatrenie-Inštalácia strešnej FVE)

- Druhá možnost je položit panely přímo na střechu na vhodný podklad. Výhoda je, že prakticky není nutná žádná náročná konstrukce a zároveň je nejvyšší odolnost vůči větru. Naopak nevýhoda je, že nedochází k samočištění v případě sněhu (panel se ohřeje a sníh sklouzne dolů). Tato možnost se často používá pro tzv. fotofólii, která se přímo přilepí na střešní krytinu.



Obrázek 9: Ukázka panelů umístěných přímo na ploše (zdroj: Jarás: Opatrenie-Inštalácia strešnej FVE)

- Třetí možnost je známá jako konstrukce východ-západ. Panely jsou otočené se sklonem 5-25 stupňů na východ a západ, pokrytá je kompletně celá plocha, protože nedochází k zastínění. Zároveň sklon panelů umožňuje samočištění v případě sněhu a deště. Konstrukce je odolná vůči větru, protože panely mají nižší potřebný optimální sklon jako při otočení na jih, a navíc se vzájemně chrání.



Obrázek 10: Ukázka konstrukce východ-západ (zdroj: Jarás: Opatrenie-Inštalácia strešnej FVE)

Do budoucna je možné uvažovat kromě střešních panelů i s panely montovanými svisle, na nevyužité stěny budovy, především jižní stěnu. Jelikož v tomto případě je využití sluneční energie redukováno na cca 70 %, tak panely na střeše mají výraznou přednost.

#### 1.4. Způsob zjištění a ověření potenciálu FVE

Základním krokem pro správnou instalaci FVE je ověření jejího potenciálu. Určení velikosti FVE záleží především na poskytnutých datech. Pokud jsou poskytnuta data spotřeby elektrické energie pouze v ročním intervalu, je možné stanovit pouze technický potenciál, tedy stanovit výkon FVE tak, aby se výroba rovnala spotřebě za celý rok. V takovém případě použijeme metodiku pro orientační stanovení FVE.

##### 1.4.1. Postup zjištění potenciálu výroby

- Zjištění adresy budovy:
  - Vyloučení z dalšího kroku, pokud se budova nachází v některém stupni památkové ochrany. I zde ale mohou být výjimky, například umístění FVE ve vnitřním traktu budovy. Je potřebné o takové situaci jednat s památkovým odborem a dojít k řešení.
- Výběr plochy střech pouze s orientací jih, východ a západ. Upřednostňovány jsou ploché střechy s orientací fotovoltaických panelů na jih. Pokud nelze nainstalovat panely v dané orientaci, použije se orientace na východ nebo západ. V žádném případě ne ve směru sever;



- Pomocí <https://mapy.cz/> změřit uvažovanou plochu střechy. Přes „nástroje“ a „měření vzdálenosti a plochy“. Velikost použitelné plochy se zmenšuje o střešní prvky jako vikýře, střešní okna, komíny a další nezanedbatelné střešní úpravy;
- Uvažovanou plochu střechy zmenšit o prostor mezi panely tak, aby mezi nimi vzniklo místo pro průchod a panely si nestínily. Doporučuje se změřenou potencionální plochu bez střešních prvků zabraňující instalaci FVE vynásobit 0,7;
- Vypočtenou potencionální plochu vydělit plochou jednoho panelu s doporučující velikostí 1,44 m<sup>2</sup>. Tím se zjistí potencionální počet panelů fotovoltaické elektrárny.
- Potenciální počet panelů vynásobit používaným výkonem jednoho panelu, a to 260-280 Wp (případně použít jinou hodnotu dle konkrétního typu panelu). Takto získáme celkový výkon fotovoltaické elektrárny (po vydělení 1000 v jednotkách kWp).
- **SOLARGIS nebo Meteonorm:**
  - Pro orientační stanovení potenciálu výroby elektrické energie z fotovoltaické elektrárny je možné využít:
    - Výpočetní program SOLARGIS, který je volně dostupný z odkazu: <https://solargis.info/index.html>.
    - Meteonorm. Aplikaci je možné stáhnout z odkazu <https://meteonorm.com/download>.
    - PV GIS neboli fotovoltaický geografický informační systém, který je dostupný na <https://ec.europa.eu/jrc/en/pvgis>.
  - **SOLARGIS<sup>2</sup>**
    - Pro přibližné stanovení výroby elektrické energie z fotovoltaické elektrárny využijeme uvedený odkaz a vybereme pvPlanner.
    - Poté napíšeme do okna „Search Map“ (v obrázku označeno červeným rámečkem) adresu našeho hledaného místa, pro který chceme stanovit potenciál.
    - Po zadání adresy pro hledané místo ke stanovení potenciálu výroby se nám hledané místo zobrazí na mapě. V horní liště vybereme „pvSpot“ a následně v pravém horním rohu „Yearly View“ pro roční diagram potenciální výroby elektrické energie.
    - Následně vidíme graf, ve kterém je po měsících zobrazena potenciální výroba elektrické energie v kWh. U jednotlivých sloupců jsou uvedeny i potencionální rozdíly v hodnotách dány rozpětím, které je zobrazeno úsečkami.
    - Případně je možné zobrazit výrobu elektrické energie pro jednotlivé dny ve vybraném měsíci. V pravém horním rohu vybereme „Monthly View“ a níže měsíc v roce, poté se vykreslí daný graf.
    - U zobrazených dat pro měsíc nebo rok je v dolním rámečku zobrazen nejvyšší pozitivní potenciál, očekávaná výroba a nejnižší možný potenciál výroby elektrické energie pro vybraný časový rámec.
    - Na základě této hodnoty je možné stanovit přibližný potenciál výroby elektrické energie z fotovoltaické elektrárny. Tuto hodnotu vynásobíme plochou střechy a tím stanovíme odhadovanou výrobu celé fotovoltaické elektrárny.

<sup>2</sup> Zde uvádíme pouze příklad SOLARGIS

Supported by:

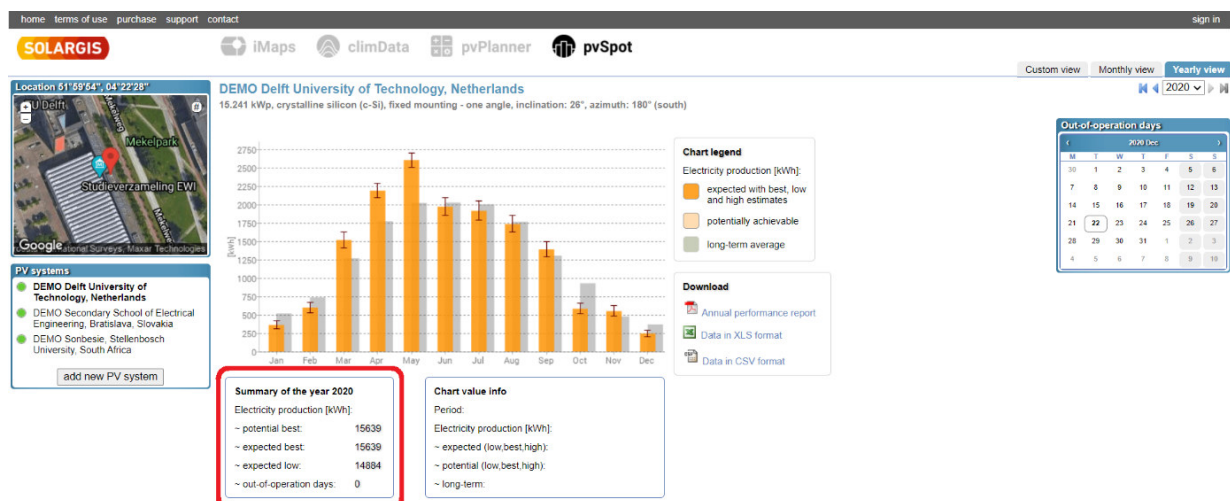


Federal Ministry  
for the Environment, Nature Conservation  
and Nuclear Safety



European  
Climate Initiative  
EUKI

based on a decision of the German Bundestag



Obrázek 11: SOLARGIS (zdroj: PORSENN)

*'This project is part of the European Climate Initiative (EUKI) of the German Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU).'*





## 2. Situace a legislativa

### 2.1. Situace a legislativa v České republice

Fotovoltaická elektrárna je dnes běžně známou technologií a důležitým hráčem na poli energetiky. Přitom ještě nedávno o ní ale zájem ze strany velkých firem, měst i drobných stavebníků byl minimální. Výrazný nárůst počtu fotovoltaických elektráren byl omezen až v roce 2013 s tím, že období mezi lety 2013 až 2017 bylo slabé pro rozvoj FVE a bez výrazných výkyvů počtů instalací a instalovaného výkonu. Od roku 2018 zaznamenává FVE renesanci a je opět využívána stavebníky napříč celou republikou

FVE je ze zákona považována za výrobu elektrické energie. Jestliže se provozovatel FVE rozhodne připojit danou elektrárnu do distribuční sítě, pak se na základě licence, kterou mu vydá Energetický regulační úřad (ERU), stane podnikatelem v oboru energetika.

Licence na provozování FVE je obdobou živnostenského listu s tím rozdílem, že licence ERU je oprávnění podnikat v energetice v souladu s platným energetickým zákonem a živnostenský list je oprávnění podnikat v souladu s živnostenským zákonem. Z výše uvedeného vyplývá, že hlavním předpisem, který upravuje provozování slunečních elektráren je energetický zákon. Tento obor samozřejmě upravuje mnohem více dalších předpisů (zákonů a vyhlášek), z nichž některé naleznete v následujícím seznamu.

#### 2.1.1. Zákonný rámec

Základní zákoný rámec upravující podmínky podnikání v energetických odvětvích a podporu výroby elektrické energie z obnovitelných zdrojů řeší dva klíčové zákony. Zákon č. 458/2000 Sb. a č. 165/2012 Sb. společně s vyhláškami Energetického regulačního úřadu (ERU).

- Zákon č. 458/2000 Sb., o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon):
  - Upravuje podmínky podnikání, výkon státní správy a regulaci v energetických odvětvích, kterými jsou elektroenergetika, plynárenství a teplárenství, jakož i práva a povinnosti fyzických a právnických osob s tím spojené.
  - Vyhláška č. 195/2015 Sb. o způsobu regulace cen a postupech pro regulaci cen v plynárenství
  - Vyhláška č. 16/2016 Sb. o podmínkách připojení k elektrizační soustavě  
Tato vyhláška stanoví podmínky připojení výroben elektřiny, distribučních soustav a odběrných míst zákazníků k elektrizační soustavě, způsob stanovení podílu nákladů spojených s připojením a se zajištěním požadovaného příkonu nebo výkonu elektřiny a pravidla pro posuzování souběžných požadavků na připojení.
  - Vyhláška č. 8/2016 Sb. o podrobnostech udělování licencí pro podnikání v energetických odvětvích  
Tato vyhláška stanoví způsoby prokazování finančních a technických předpokladů a odborné způsobilosti pro jednotlivé druhy licencí, způsoby určení vymezeného území a provozovny, prokázání vlastnického nebo užívacího práva k užívání energetického zařízení, náležitosti prohlášení odpovědného zástupce a vzory žádostí k udělení, změně a zrušení licence a vzory žádostí o uznání oprávnění k podnikání uděleného v jiném členském státě Evropské unie.
- Zákon č. 165/2012 Sb. Zákon o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů
  - Vyhláška č. 296/2015 Sb. o technicko-ekonomických parametrech pro stanovení výkupních cen pro výrobu elektřiny a zelených bonusů na teplo a o stanovení doby životnosti výroben elektřiny a výroben tepla z obnovitelných zdrojů energie (vyhláška o technicko-ekonomických parametrech).  
Tato vyhláška stanoví technicko-ekonomické parametry pro stanovení výkupních cen jednotlivých druhů obnovitelných zdrojů pro výrobu elektřiny a pro stanovení zelených bonusů na teplo z obnovitelných zdrojů pro výroby tepla uvedené v § 24 odst. 4 zákona o podporovaných zdrojích energie (dále jen „výrobna tepla z bioplynu“), dobu životnosti



výroben elektřiny z obnovitelných zdrojů energie (dále jen „výrobní elektřina“) a dobu životnosti výroby tepla z bioplynu.

- Zákon 183/2006 Sb. o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon)
  - Vyhláška 499/2006 Sb. o dokumentaci staveb a Vyhláška č. 62/2013 Sb., kterou se mění vyhláška č. 499/2006 Sb., o dokumentaci staveb
    - Příloha 1 k vyhlášce 499/2006 Sb. o dokumentaci staveb.
    - Příloha 2 k vyhlášce 499/2006 Sb. o dokumentaci staveb. (aktualizováno podle Isofen Energy s.r.o., 2020).

## 2.2. Situace a legislativa na Slovensku

Slovensko v roce 2019 přijalo ambiciózní závazek dosáhnout do roku 2050 uhlíkové neutrality. Podobný závazek přijala i většina ostatních zemí EU. Z trendu spotřeby energií a produkce skleníkových plynů během posledních dekád je jasně vidět, že tento cíl je nedosažitelný bez paradigmatu změny přístupu k využívání energetického potenciálu země.

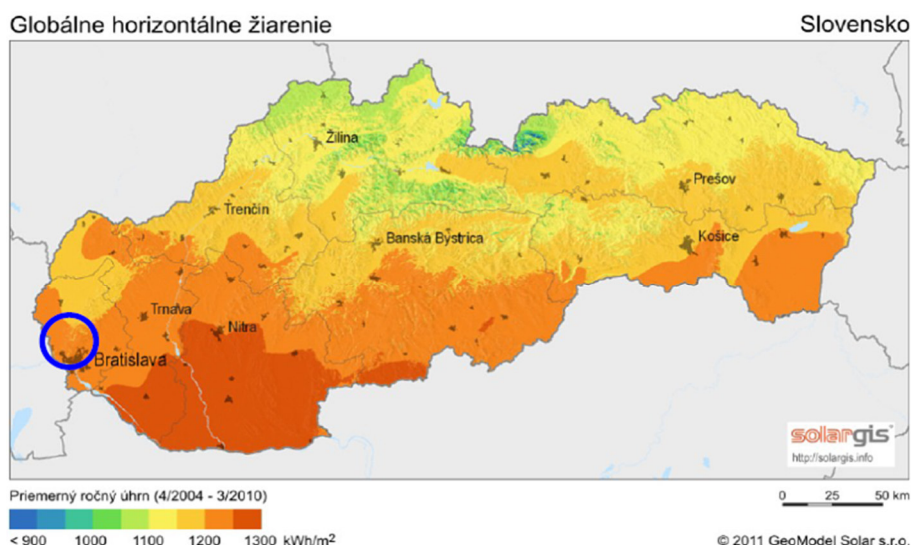
Jednou z potřebných změn na to, abychom mohli i jen začít pomýšlet na uhlíkovou neutralitu, je eliminovat transport energií, tedy do co největší míry dosáhnout lokalizaci (decentralizaci) výroby energií, ideálně z obnovitelných zdrojů.

Rozhodnutí investovat do OZE se vyplatí udělat na základě nějakých kritérií (například již zmíněné úspory na financích a energiích, redukce CO<sub>2</sub> a podobně) a analýz. Solární energie se využívá dvěma způsoby. Pro ohřev vody a na výrobu elektřiny nebo na výrobu elektřiny kombinovanou s ohřevem vody. Další možnost je výroba elektřiny s akumulací do baterie, nebo nově do elektromobilu. Toto je však zajímavé spíše při ostrovním systému, který není napojen na distribuční síť.

Podle současné legislativy, jejíž změnu můžeme naštěstí očekávat relativně brzy, už v roce 2022, je možné budovat fotovoltaické elektrárny na budovách pouze pro jejich vlastní spotřebu a přebytek není možné dodávat do sítě. Proto je třeba dimenzovat sluneční elektrárnu tak, aby pokrývala základní odběr budovy během dne a pokud by se vyskytly výpadky v odběru, aby přebytek směřovaly do elektrického ohřevu vody nebo do baterie.

### 2.2.1. Klimatické a lokální podmínky na Slovensku

Efektivita investice do fotovoltaiky závisí na lokálních a klimatických podmínkách. Jiné jsou na jihu Slovenska, jiné na severu. Pokud vezmeme například západní Slovensko, tam ročně dopadne na 1 m<sup>2</sup> povrchu cca 1360 kWh.



Obrázek 12: Globální horizontální záření (zdroj: GeoModel Solar s.r.o.)



### 2.2.2. Veřejné zakázky

Když se samospráva rozhodne investovat do fotovoltaické elektrárny, musí ji obstarat podle zákona o veřejných zakázkách. Pokud jde o malou elektrárnu, jeden až tři panely do 5 000 EUR, může po průzkumu trhu (indikativní nabídky od tří firem) zadat objednávku napřímo.

Při větší investici musí proběhnout řádné veřejné zakázky. FVE je technologicky poměrně složitá věc a technologie se rychle vyvíjí. Málokterá samospráva ví, co si má vlastně obstarat.

Běžná praxe je, že nejprve se obstarává projekt, v lepším případě na základě auditu. Součástí projektu je výkaz/výměr, kde jsou přesně pojmenované typy a modelové řady všech komponentů. Při takovém zadání se už jen soutěží cena předem vybrané technologie.

O tom, co se nakoupí, tedy rozhoduje projektant. Proto jsou projektanti mezi technologickými dodavateli velmi častým cílem lobbingu. Zmíněný postup není v souladu se zákonem. Přitom existují zákonné postupy, které umožňují zadávat s otevřenými podmínkami. Je to trochu zdlouhavější a existuje riziko, že v době konjunktury provázené velkou poptávkou od soukromého sektoru nepřijde žádná nabídka, ale dá se to.

První krok jsou tržní konzultace. Trvají několik dní a spočívají ve zveřejnění výzvy. Při zakázkách technologických celků, jako je fotovoltaika, se nevyplatí zvát všechny najednou, neboť konzultace budou neúspěšné. Málokdo bude otevřeně mluvit před konkurencí.

Výsledkem jsou zadávací technické podmínky. Zde je jejich příklad, dílo zahrnuje:

- Komplexní dodávku FVE v souladu s parametry obsaženými ve veřejných zakázkách. FVE bude nainstalována na budovu, na konkrétních místech na střeše, kde to statický posudek budovy umožňuje;
- Vypracování realizačního projektu;
- Inženýring – statický posudek, vybavení všech formalit potřebných k instalaci, spuštění a připojení FVE do distribuční sítě při dodržení legislativy;
- Montáž a instalaci včetně případných rozkopávek nebo průrazů a jiných narušení majetku a jejich uvedení do původního stavu, položení elektrické kabeláže v případě potřeby instalace jističů nebo rozvaděčů, zkušebního provozu a předání plně funkčního díla včetně všech povolení potřebných k provozu a užívání;
  - Uvedení FVE do provozu a připojení do distribuční sítě při dodržení legislativních podmínek;
  - Záruku na dílo v délce pěti let;
  - Záruku na výkon panelů minimálně na deset let. Pokles roční výroby nesmí být větší než 10 % za deset let, přičemž výroba v prvním roce nesmí být menší než 99 % tisícnásobku instalovaného výkonu;
  - Záruku na měniče – minimálně na deset let.
  - Omezení prostupu vyrobené přebytečné elektřiny do distribuční sítě mimo budovu v souladu s platnou legislativou v době realizace díla (spuštění do provozu);
  - Funkci umožňující bez úpravy připojit k systému akumulátor na krátkodobé ukládání přebytků elektřiny;
  - Funkci umožňující k FVE připojit inteligentní automatiku zabezpečující možnost ukládat přebytky do ohřevu vody v případě nepřítomnosti nebo stavu plného nabití akumulátoru, případně dočasně zastavit výrobu elektřiny;
- Možnost v budoucnu navýšit kapacitu FVE minimálně o 20 % bez nutnosti výměny měniče nebo instalace přídatných měničů;
- Funkci, která zajistí automatické vypnutí FVE při požáru;



- Funkci umožňující vypnutí FVE během údržby elektrické sítě v budově (automatické vypnutí dodávky při vypnutí hlavního přívodu elektřiny do budovy);
- Monitoring výroby FVE dostupný online s následujícími funkcionalitami:
  - Grafické i tabulkové zobrazení historie množství vyrobené elektřiny v kWh za aktuální den, za aktuální měsíc, za aktuální rok, za celou dobu provozu FVE.
  - Grafické i tabulkové zobrazení historie průběhů výkonu FVE v kW za aktuální den, za aktuální měsíc, za aktuální rok, za celou dobu provozu FVE.
  - Grafické i tabulkové zobrazení historie ušetřených emisí CO<sub>2</sub> za aktuální den, za aktuální měsíc, za aktuální rok, za celou dobu provozu FVE, možnost nastavení emisního faktoru CO<sub>2</sub> pro jednotlivé roky.
  - Možnost volby sledovaného období.
  - Uvedená data mají být uchována a volně přístupná online pro čtení i jako open data.
  - Zadávání emisního faktoru CO<sub>2</sub> bude možné po autorizovaném přihlášení (login ID/heslo).
- Dodávku infopanelu s úhlopříčkou minimálně 32 palců instalovaného při vstupu do budovy, který zobrazuje grafický průběh aktuálního výkonu v kW, úhrnnou výrobu elektřiny v kWh a ušetřených emisí CO<sub>2</sub> v tunách za aktuální den, měsíc a rok, možnost volby současného a střídavého zobrazení;
- Profylaktickou kontrolu díla prováděnou jednou ročně až po vypršení záruk podle této smlouvy;
- Zaškolení uživatelů v rozsahu nezbytném pro obsluhu všech prvků díla.

Důležitý krok je rozhodnutí, zda statický posudek střechy bude součástí zakázky; tedy realizuje ho vítěz soutěže jako první krok realizace, nebo se statický posudek vypracuje samostatně a bude součástí podkladů. Oba přístupy mají své klady a zápory.

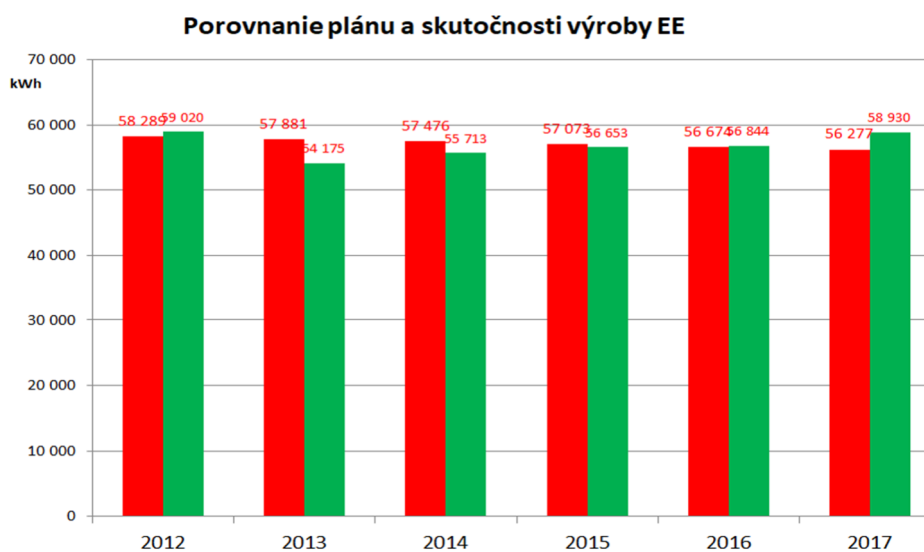
- Pořízení fotovoltaiky spolu se statikou nese pro vítěze jedno riziko, a to, že statikou celá realizace skončí. Na druhé straně on sám si stanoví a bude zodpovědný za to, že střecha jeho technologii unese.
- Úspěch druhého přístupu závisí od zadání statikovi. Ideální je udělat mapu zatížitelnosti střechy. Ale praxe je taková, že vyjádření poskytne projektant poslední rekonstrukce střechy a vyjádření směřuje většinou k únosnosti konkrétního zatížení, tedy zda například střecha unese 30 kg na metr čtvereční, ale už se nedozvíme, jestli unese tu 35 kg a jinde 28 kg.
- Doporučujeme statiku zahrnout do zakázek, ale do podkladů vložit všechny informace, jaké jsou o střeše, jejím stavu a historii oprav a rekonstrukcí k dispozici.
- Podstatnou věcí jsou cenové podmínky. Existují dva přístupy. Buď se stanoví nominální výkon a při dodržení podmínek se soutěží cena, nebo, což může být výhodnější, stanoví se částka, která je v rozpočtu a soutěží se maximální výkon, například podle následujícího kritéria:
- Nejnižší hodnota poměru cena k instalovanému výkonu. Jako úspěšný uchazeč bude vyhodnocen ten, který dosáhne poměrový koeficient (x) s nejnižší hodnotou.
- S instalovaným výkonem se dodavatel zavazuje k roční výrobě elektřiny v množství odpovídajícím nejméně tisícnásobku instalovaného výkonu v kWh, který dodavatel deklaruje ve své nabídce v kW. Dodavatel předloží předpokládanou roční produkci za jeden až 10 let provozu FVE.
- Doporučujeme zvážit možnost přidat do podmínek smlouvy klauzuli o zádržném ve výši 10 % z ceny díla, pokud podmínka minimálně 99 % tisícnásobku instalovaného výkonu nebude v prvním roce dodržena.

Následující graf je příkladem fotovoltaické elektrárny s instalovaným výkonem 55 kWp uvedené do provozu koncem roku 2011. Červené sloupce zobrazují plánovanou výrobu, která každý rok klesá o 1 % oproti předchozímu roku.





based on a decision of the German Bundestag



Obrázek 13: Porovnání plánu a skutečnosti výroby elektrické energie (zdroj: Matúš Škvarka)

Zelené sloupce jsou reálná výroba během šesti let provozu. Jak je patrné, degradace panelů se nepotvrdila, respektive byla kompenzována slunečním počasím.



### 3. Příklady praxe

#### 3.1. Instalace fotovoltaické elektrárny na veřejné budově, Městský úřad Chrudim

Jedná se o budovu, kde sídlí Odbor sociálních věcí – oddělení sociálně-právní ochrany dětí v Pardubické ulici 53, v Chrudimi. Plocha střechy nemovitosti činí 370 m<sup>2</sup> a střešní fotovoltaika pokrývá střechu ze 3/4 z této plochy s počtem 74 solárních panelů.

V rámci realizace FVE došlo i ke sloučení jističů na patě domu a tím ke snížení platby na rezervovaný výkon. Energetické opatření se opírá o městem schválenou Energetickou politiku a zavedený Systém managementu hospodaření s energií. Celý projekt tak spadá do dlouhodobého úsilí o dodržování zásad hospodaření a snižování energetické náročnosti.

<b>OKRAJOVÉ PODMÍNKY</b>	Zásadní je způsob odběru elektrické energie v případě sloučení odběrných míst. Z pohledu ukazatele prosté doby návratnosti je zcela zásadní, aby v českém prostředí nedošlo ke změně tarifního systému. Přechod na podnikatelské tarify je pro ekonomické hodnocení negativní.
<b>POSTUP REALIZACE</b>	Ve všech uvažovaných projektech FVE je zapotřebí pokusit se umístit solární panely s orientací na jih. Optimální sklon takto umístěných panelů je pod úhlem 35 stupňů a je tedy zapotřebí před započítáním projektu uvažovat, jak tohoto sklonu dosáhnout. Těchto požadovaných parametrů bylo v maximální míře dosaženo i v instalované FVE v Chrudimi, kde se ke všemu jedná o zcela rovnou střechu a nastavení optimálního sklonu bylo snadné.
<b>VÝSLEDKY PROJEKTU</b>	Výroba uvedené FVE je 21,69 MWh/rok. Projekt FVE je navržen energetickým manažerem města Chrudim tak, aby vyrobená elektrická energie byla okamžitě spotřebována a nedocházelo tak k případným přetokům elektrické energie do distribuční sítě, které by ji tímto způsobem zatěžovaly. Dodávka elektrické energie do distribuční sítě v letních měsících tak nepřesáhne hodnotu 0,5 MWh za celý měsíc. Uvedená FVE pokrývá spotřebu elektrické energie na administrativní budově přes pracovní dobu, tedy v době od 07:00 do 18:00 a je energeticky racionálně využita, kdy dochází ke spotřebě vyrobené elektrické energie FVE v daném místě realizace. Pokud není elektrická energie spotřebována budovou, například o víkendu, je prodávána do distribuční sítě za předem smluvně dohodnutou cenu s obchodníkem s energií.
<b>EKONOMIKA – NÁKLADY, PŘÍNOSY, DOTACE</b>	Investice do FVE město vyšla na částku v rozmezí 600 000 až 700 000 Kč a počítá s návratností do 7 let od uvedení instalace do provozu. Město tímto realizovalo další opatření, které zavádí energetické úspory. Projekt je hrazen z Fondu obnovy majetku města, ve kterém se finanční prostředky pro další roky získávají z výnosů ze zavedených energetických úspor a v menší části z prodeje nepotřebného majetku města. Finanční prostředky musí být pouze použity pro projekty zajišťující energetické úspory a investice v oblasti reprodukce majetku pro snižování energetické náročnosti města.
<b>POUČENÍ / CO BY MOHLO BÝT LÉPE</b>	V rámci daných možností nelze uvést žádné doporučení. Střecha byla využita plně a došlo i ke sloučení jističů na patě objektu.



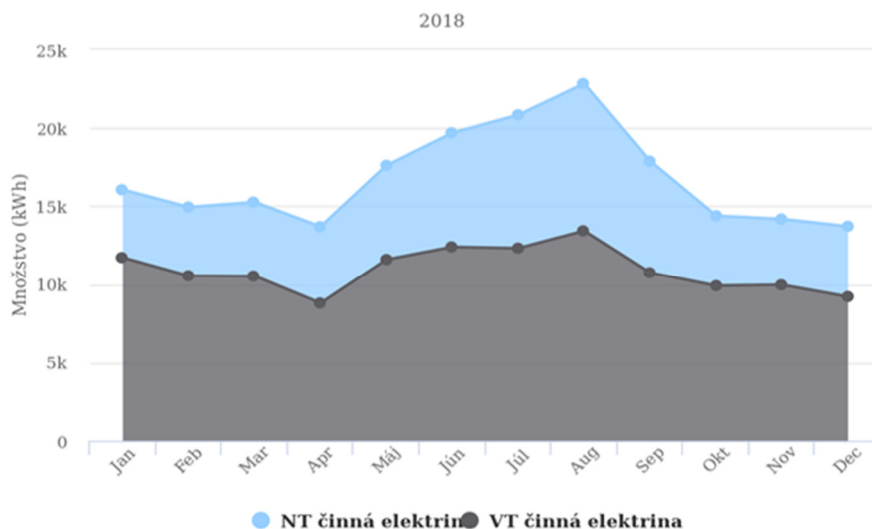
Obrázek 14: Střešní instalace (zdroj: PORSENNA o.p.s.)

### 3.2. Příklady dimenzování sluneční elektrárny

Současná legislativa (aktualizace proběhne v roce 2022) umožňuje budovat fotovoltaické elektrárny na budovách pouze pro jejich vlastní spotřebu a přebytky se nemohou dodávat do sítě. Je nutné nadimenzovat sluneční elektrárnu takovým způsobem, aby pokrývala základní odběr budovy během dne. Případné přebytky musí být využity pro elektrický ohřev vody nebo uloženy do baterie. Abychom mohli nadimenzovat fotovoltaickou elektrárnu, musíme mít k dispozici odběrový diagram budovy.

Ukážeme si tři varianty.

- Administrativní budova, během léta chlazená elektricky:  
Budova má odběr minimálně 10 kW a během celého roku zhruba stabilní spotřebu, která je během léta navýšena kvůli chlazení. Takže fotovoltaická elektrárna s nominálním výkonem 10 kW by se zde dala realizovat.



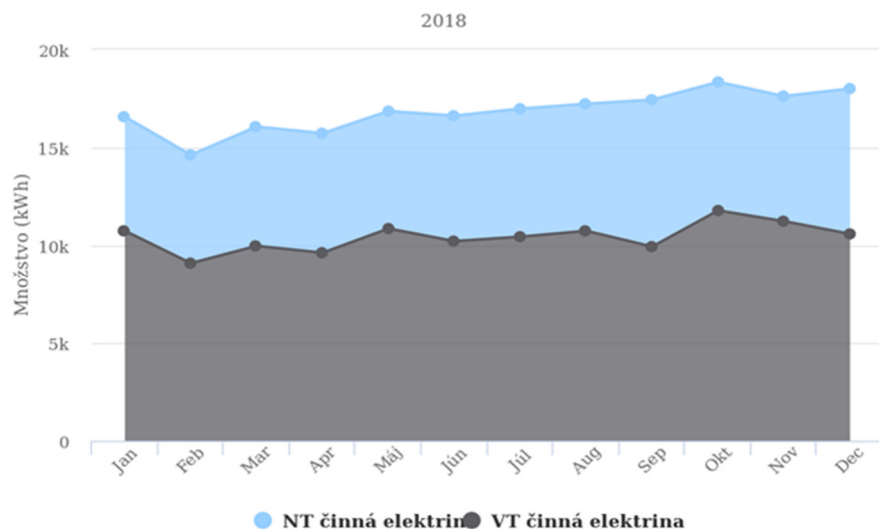
Obrázek 15: Odběr elektřiny v administrativní budově v průběhu roku (zdroj: diportal ZSDIS)



Obrázek 16: Maximální a minimální odebírané příkony v administrativní budově (zdroj: diportal ZSDIS)

- Domov sociálních služeb:  
Tento typ budovy je prakticky nepřetržitě obsazen, proto je tam po celý den spolehlivý minimální odběr na úrovni 20 kW, maximum překračuje 30 kW; V noci odběr klesá, ale noc je pro fotovoltaiku irelevantní.





Obrázek 17: Odběr elektřiny v domově sociálních služeb v průběhu roku (zdroj: diportal ZSDIS)

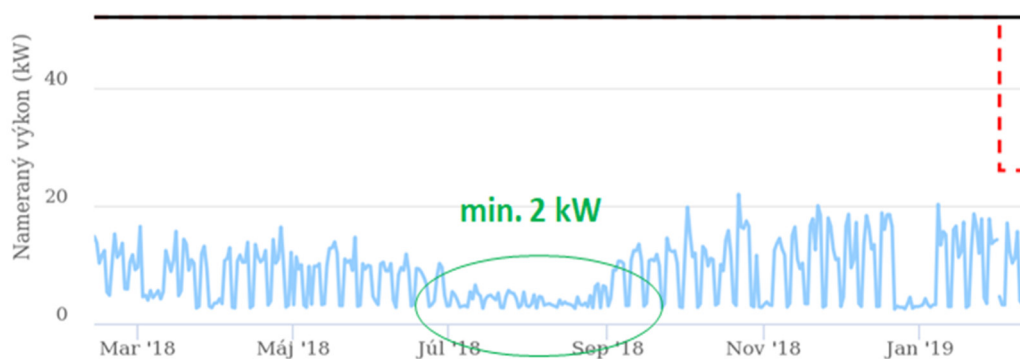


Obrázek 18: Maximální a minimální odebírané příkony v domově sociálních služeb (zdroj: diportal ZSDIS)

- Škola:  
Školy jsou během letních prázdnin, tedy během nejsilnějšího období, zavřeny. Proto pokud nebude možné přebytky prodat do sítě nebo alespoň jejich část přenést nebo přeúčtovat na jinou veřejnou budovu, bude rentabilní budovat jen velmi malé fotovoltaické elektrárny na úrovni do 2 kW.



Obrázek 19: Odběr elektřiny ve škole v průběhu roku (zdroj: diportal ZSDIS)



Obrázek 20: Maximální a minimální odebírané příkony ve škole (zdroj: diportal ZSDIS)



## 4. Financování

### 4.1. Financování v ČR

#### 4.1.1. Možnosti využití podpory z aktuálních dotačních programů

Na realizaci fotovoltaického systému (dále FV systému) pro veřejné budovy je možné čerpat podporu z programu OP ŽP, prioritní osy 5, SC. 5.1, která si klade za cíl snížení energetické náročnosti veřejných budov a zvýšení využití OZE.

- V těchto případech je však podpora možná pouze za splnění průměrného součinitele prostupu tepla obálkou budovy  $U_{em} < U_{em,N}$ ;
- Zároveň může být často dotace realizována v rámci veřejné podpory. V případě vyčerpané podpory de minimis (200 000 EUR) by bylo možné žádat o blokovou výjimku podle článku 38 a čerpat v maximální výši dotace 45 % z užitelných nákladů;
- Maximální výše podpory v tomto programu na instalaci pouhého FV systému je rovna 60 % užitelných nákladů. V případě současné realizace systému nuceného větrání se zpětným získáváním tepla (dále ZZT) by bylo možné obdržet na tento celek zvýšenou podporu ve výši 70 %.

Poznámka: Na případné stavební úpravy lze čerpat podporu ve výši až 50 %, čímž by bylo možné značně pokrýt celkové investiční náklady. Protože je však budova zateplená, nepředpokládáme toto řešení.

#### 4.1.2. Operační program Životní prostředí 2021–2027

Podpora FVE je zahrnuta v rámci specifického cíle 2.A.3 Specifický cíl 1.2 Podpora energie z obnovitelných zdrojů.

V rámci specifického cíle budou podporovány aktivity spojené se zvyšováním využití obnovitelných zdrojů energie. Jedná se především o:

- Výstavbu a rekonstrukci obnovitelných zdrojů energie pro veřejné budovy;
- Výstavbu a rekonstrukci obnovitelných zdrojů energie pro zajištění dodávek systémové energie ve veřejném sektoru (MŽP ČR, 2020).

V současné době nejsou známy přesné podmínky programu. Více se můžete dozvědět zde: <https://www.opzp.cz/opzp-2021-2027/>

### 4.2. Financování na Slovensku

Fotovoltaické elektrárny byly na Slovensku vícekrát dotované, naposledy prostřednictvím programu Zelená domácnosti. Tento program byl distribučními firmami omezen na rodinné domy ze zjištěných důvodů. V roce 2009 následkem špatných subvenčních rozhodnutí vlády ohledně fotovoltaických elektráren s vysokou garantovanou odkupní cenou vznikl systémový dluh, který se přenesl na distribuční firmy, které pak odmítly připojovat nové fotovoltaiky do sítě.

- Vznikl tzv. stop-stav, který platí dodnes (konec 2020) a týká se podnikatelských subjektů a veřejných budov;
- Výjimkou jsou právě rodinné domy, protože ty přes den produkují přebytek, který si distribuční firmy zdarma odvedou do sítě. Za tento benefit pomohou s administrací a instalací fotovoltaiky na střeche;
- Jelikož ceny fotovoltaických panelů a komponentů kontinuálně klesají, přičemž účinnost narůstá, je nyní návratnost optimálně dimenzované fotovoltaické elektrárny 5 až 7 let, což už je zajímavé pro ESCO firmy, které jsou poskytovateli garantované energetické služby (GES), známé také pod názvem EPC – Energy Performance Contracting.

Zajímavou změnou bude implementace Zimního balíčku (Winter Package), který připravila Evropská komise pod vedením Maroše Šefčoviče.

Supported by:



Federal Ministry  
for the Environment, Nature Conservation  
and Nuclear Safety



European  
Climate Initiative  
EUKI

based on a decision of the German Bundestag

- Zjednodušeně v našem případě jde o to, umožnit výrobcům solární elektřiny využít distribuční síť jako virtuální baterii. Když mají přebytek, předají ho do sítě. Když mají nedostatek, odeberou ze sítě. Elektroměr na vstupu eviduje přivedenou a odvedenou elektřinu, přičemž prosumer (termín pro duální funkci producer/consumer, tj. výrobce/spotřebitel) platí jen finální rozdíl za období.
- V tomto případě návratnosti fotovoltaiky budou mnohem kratší (cca dva roky).



Supported by:



Federal Ministry  
for the Environment, Nature Conservation  
and Nuclear Safety



European  
Climate Initiative  
EUKI

based on a decision of the German Bundestag

## 5. Literatura

Ing. Milan Jarás: Opatrenie-Inštalácia strešnej FVE

Isofen Energy s.r.o. Legislativa upravující provozování fotovoltaických elektráren, 2020 [cit. 22. 10. 2020]. Dostupné z: <http://www.isofenenergy.cz/Zakony-fotovoltaika.aspx>