

# Získání dat pro krátkodobou predikci výroby elektřiny z fotovoltaických elektráren

Tento příspěvek představuje jednu z možností získání dat pro krátkodobou predikci výroby elektřiny z fotovoltaických elektráren. Výkon fotovoltaické elektrárny a výroba elektřiny závisí především na aktuálním počasí, neboli na hodnotách solárního záření a teplotě. Teplota článku ovlivňuje maximální výkon, kdy se zvyšující se teplotou roste teplota článku a jeho výkon se snižuje. Dalším důležitým faktorem je oblačnost, která mění poměr mezi přímým a difúzním zářením a zásadně ovlivňuje okamžitý výkon elektrárny. Cílem tohoto článku je ukázat možnost získání hodnot dopadajícího solárního záření pomocí kombinace predikce oblačnosti ve formě obrazových map a předpokládaných hodnot solárního záření z databáze PVGIS.

V současnosti je cílem většiny evropských států zvyšovat výrobu elektřiny z obnovitelných zdrojů, ať už z důvodu klimatických změn, tak i z důvodu zmenšení závislosti na fosilních palivech. Na základě Národního akčního plánu, který respektuje direktivu 2009/28/EC, by měl být podíl vyrobené elektřiny z obnovitelných zdrojů v České republice v roce 2020 13,5% v poměru k celkové spotřebě České republiky. Z tohoto důvodu byly zvýšeny výkupní ceny z fotovoltaiky tak, aby návratnost investice do těchto elektráren byla 15 let. Prudké zvýšení výkupních cen způsobilo prudký nárůst nových instalací těchto zdrojů. Instalovaný výkon ve fotovoltaice byl v roce 2010 přibližně 50 krát větší než v roce 2008.

Predikce výroby elektřiny z fotovoltaických elektráren je možno obecně rozdělit na krátkodobou a dlouhodobou. Pro dlouhodobou predikci existuje řada výpočetních modelů, jako jsou například Metonorm, pvPlaner či online dostupná databáze PVGIS, která je použita v tomto článku. Pokud se zaměříme na krátkodobou predikci v řádech několika dní, pak okamžitý výkon a následně i výroba elektřiny závisí především na aktuálním počasí. Samotný výkon je pak závislý především na hodnotě dopadajícího solárního

záření na panel a také na teplotě panelu. Z tohoto důvodu je obtížné predikovat budoucí výrobu, která je důležitá jak pro obchod s elektřinou, tak i pro řízení soustavy. V současnosti je možno získat predikci klimatických podmínek nejvýše na několik dní dopředu, kdy se zvyšující se délkou, klesá přesnost. Dalo by se říci, že přesnost krátkodobé predikce výroby elektřiny je závislá na přesnosti předpovědních modelů počasí.

## Popis vstupních dat

Jednou z možností, jak získat hodnotu skutečného solárního záření, je využít kombinaci predikované oblačnosti a predikce solárního záření při bezoblačné obloze.

## Predikce solárního záření

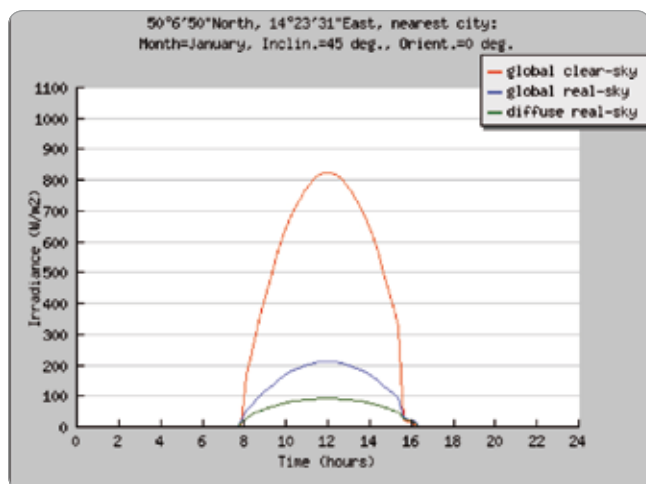
Předpokládané hodnoty slunečního záření je možné získat z databáze PVGIS [2] (Photovoltaic Geographical Information System). Jedná se o databázi, která byla vytvořena výzkumným centrem Evropské komise a umožňuje kalkulaci výroby elektřiny v konkrétním místě v Evropě a v Africe. Umožňuje také zobrazení a stažení

průměrných ročních a měsíčních dat solárního záření pro zadané souřadnice. Jak je patrné z obr. 1 a obr. 2 je možno z této databáze získat jak hodnoty globálního záření pro jasnou oblohu, tak i hodnoty reálného globálního i difúzního záření pro daný měsíc v roce.

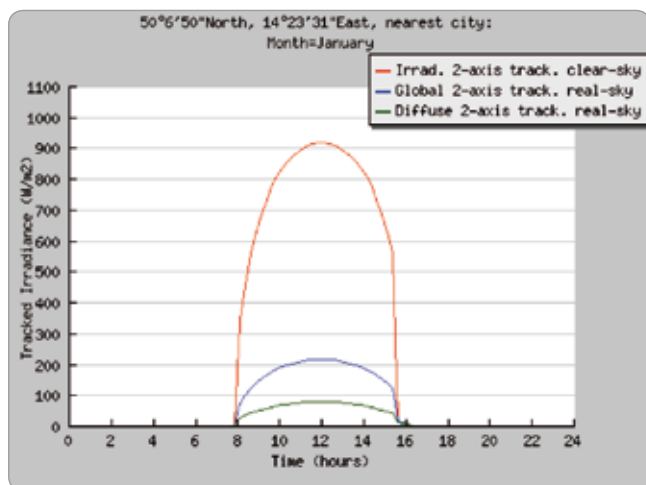
Výpočetní model využívá jak údaje ze satelitních měření, tak i z pozemních meteorostanic. Výhodou této databáze je její online dostupnost a nulová cena za použití.

Pro účely tohoto článku byly využity hodnoty globálního záření pro jasnou oblohu, aby je bylo možné zkombinovat s hodnotami oblačnosti a tím určit reálné hodnoty záření na panel.

Na obr. 1 jsou uvedeny použité hodnoty solárního záření z PVGIS. Obr. 2 zahrnuje vliv otáčení panelu za sluncem, který je možno také získat z PVGIS.



Obr. 1 Průběh solárního záření z PVGIS [2]



Obr. 2 Průběh solárního záření z PVGIS [2]

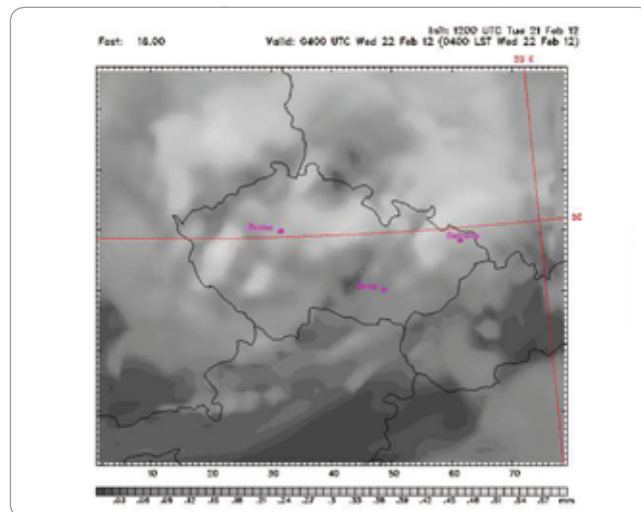
### Predikce oblačnosti

Jako další vstupní data byla použita predikce oblačnosti poskytovaná Ústavem informatiky Akademie věd České republiky [1] ve formě obrázků. Jedná se o výstupy numerického modelu atmosféry M5, který byl vyvinut na Pennsylvania State University/National Center for Atmospheric Research (PSU/NCAR) v USA a je konfigurován pro Českou republiku. Tato data byla použita z důvodu jejich hodinové aktualizace a také kvůli jejich volné dispozici v síti internet. Obrázky znázorňují celkové množství vody ve všech skupenstvích v atmosféře měřených v mm a jsou dostupné ve formátu png. Jejich barevná škála je volena tak, aby navozovaly dojem satelitních snímků. Černá barva v obraze reprezentuje minimální množství vody v atmosféře a malou oblačnost, bílá pak velkou oblačnost. Zatím model bohužel nerozlišuje střední, nízkou a vysokou oblačnost.

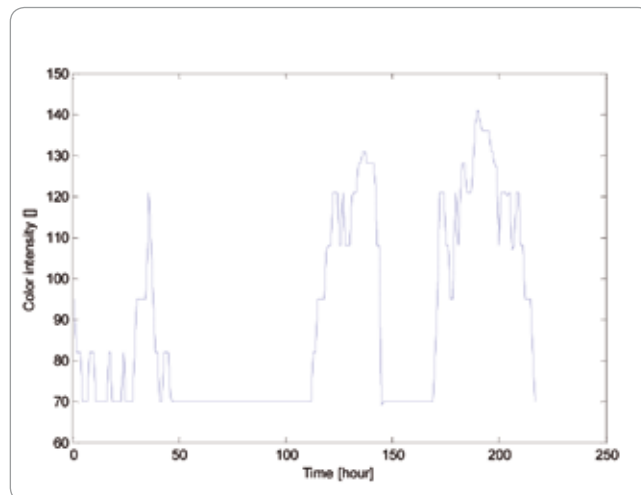
Pro zpracování obrazové předpovědi byl napsán skript v Matlabu, který umožnil ukládat index barvy vybraného pixelu v obraze.

### Verifikační data

Jako verifikační data byly použity naměřené hodnoty solárního záření z demonstrační fotovoltaické elektrárny umístěné v Praze na budově FEL ČVUT. [3] Tato data jsou poskytována s minutovým rozlišením, ale vzhledem k hodinové predikci oblačnosti byla vybrána také hodinová data.

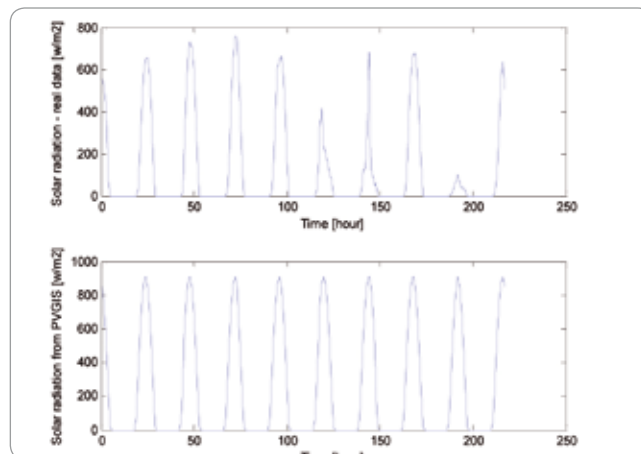


Obr. 3 Obrazová předpověď oblačnosti [1]



Obr. 4 Průběh indexu barvy

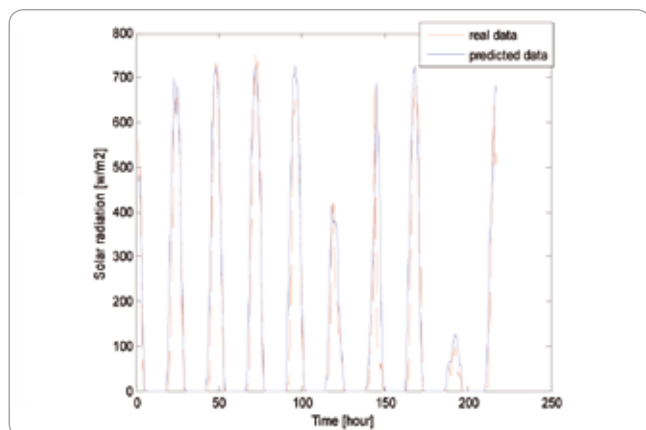
Skript zajišťoval ukládání indexu barvy vybraného pixelu, který byl umístěn na stejném místě v mapě jako demonstrační elektrárna. Na obr. 4 je znázorněn průběh indexu barvy obrazové předpovědi během 10 dní v únoru 2012. Rozsah hodnot pro černobílých obrázků je v rozmezí 0 – 255. Nicméně z obr. 4 je patrné, že jasná obloha odpovídá hodnotě 70.



Obr. 5 Srovnání naměřených dat s hodnotami z PVGIS

## Srovnání predikovaných a reálných dat

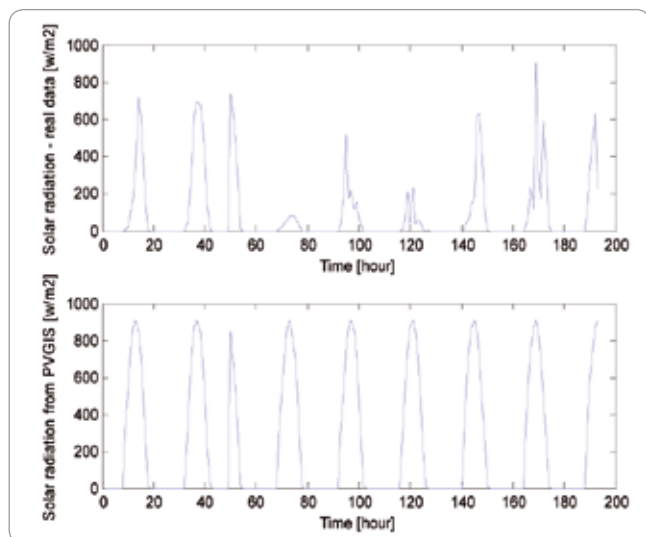
Pro srovnání predikovaných a reálných dat byly použity predikce oblačnosti vždy následujících 24 hodin pro každý den. Hodnota indexu barvy byla odečtena od maximální možné hodnoty indexu barvy v obrázcích a zkombinována s hodnotami předpokládaného solárního záření při bezoblačné obloze z databáze PVGIS.



Obr. 6 Srovnání naměřených a predikovaných dat

Grafy jsou rozděleny do dvou částí. Na obr. 5 a obr. 6 je zachyceno rozmezí dat 30. 1. 2012 až 8. 2. 2012. Jak je patrné z grafů, predikované hodnoty tvořené kombinací indexu barvy z obrazové předpovědi a predikovanými hodnotami solárního záření z databáze PVGIS, poměrně věrně kopírují skutečně změřené hodnoty. Oproti tomu hodnoty vynesené na obr. 7 a obr. 8 pro rozmezí dat 8. 2. 2012 až 14. 2. 2012 již korelují výrazně méně. Tento stav je způsoben především obtížnou predikcí samotné oblačnosti, která nerespektuje pohyb jednotlivých mraků a jejich výšku.

Jak již bylo řečeno, přesnost predikce závisí na přesnosti předpovědního numerického modelu počasí. Dalším možným zdrojem chyb je samotná metoda, kdy jsou pro predikci solárního záření použity vypočtené hodnoty z databáze PVGIS. Neméně důležitým zdrojem chyb je také znečištění atmosféry v místě instalace elektrárny.

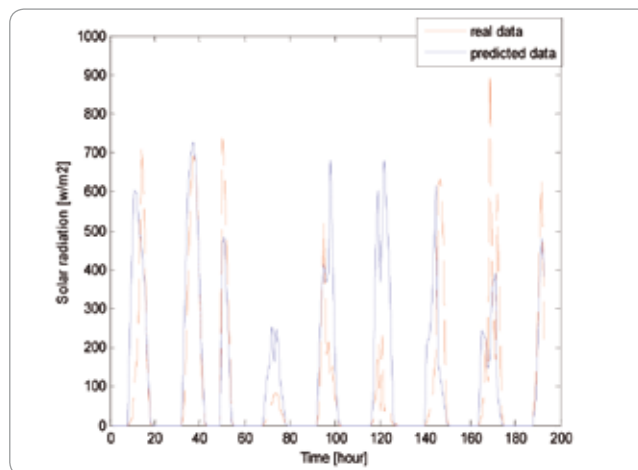


Obr. 7 Srovnání naměřených dat s hodnotami z PVGIS

## Závěr

Pro řízení, regulaci energetických systémů a obchod s elektřinou je nutno dopředu správně určit množství vyrobené elektřiny. Ve vztahu k prudkému nárůstu instalací fotovoltaických elektráren v České republice v posledních letech se objevuje potřeba predikovat výkon i z těchto zdrojů, přičemž jejich výroba se vyznačuje značnou proměnlivostí.

Okamžitý výkon fotovoltaické elektrárny a následná výroba elektřiny je určena převážně hodnotou dopadajícího solárního záření a



Obr. 8 Srovnání naměřených a predikovaných dat

také teplotou panelu. Ta je poměrně obtížná určit, protože je závislá nejenom na dopadajícím slunečním záření, ale i na teplotě okolí, tepelné setrvačnosti panelu, větru a i případným srážkám.

Hodnota solárního záření dopadající na panel je pak především ovlivněna oblačností, jejíž předpověď je možné získat na základě numerických předpovědních modelů počasí. Poměrně důležitou roli hraje také znečištění atmosféry.

Cílem tohoto článku bylo ukázat jednu z možností, jak určit hodnotu solárního záření jako kombinaci předpovědi oblačnosti ve formě obrázků a hodnot solárního záření z databáze PVGIS. Výsledky této metody byly prezentovány pro krátký časový úsek na začátku roku 2012. Pro širší zhodnocení použitelnosti této metody je nutno využít data za větší časový úsek a provést důkladnou analýzu možných zdrojů chyb.

## Poděkování

Tento článek byl připraven jako část projektu SGS 2012-047.

## Literatura

- [1] Ústav Informatiky AV ČR, Předpověď oblačnosti [online], [cit. 2012-03-26], dostupné na: <<http://www.medard-online.cz/>>
- [2] European Commission, Joint Research Centre Institute for Energy, Renewable Energy Unit, Databáze PVGIS [online]. [cit. 2012-03-26] dostupná na: <<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>>
- [3] HAVLÁK, O.: Web pages of demonstration photovoltaic power plant [online]. [cit. 2012-03-26], dostupné na: <<http://andrea.feld.cvut.cz/fvs/>>.
- [4] Soukup, M.: Řízení provozu mikro-sítí napájených OZE – diplomová práce, FEL ŽČU Plzeň, 2006.
- [5] Veleba, J., Martínek, Z.: Flicker Perceptibility Analysis for Photovoltaic Power Sources in Distribution Networks. Proceedings of the 12th international Scientific Conference EPE 2011, 17.- 19.5. 2011 hotel Dlouhé Stráně, Kouty nad Desnou, Czech Republic, VSB – Technical University of Ostrava, IEEE, ISBN 978-80-248-2393-5
- [6] Skorpil, J., Dvorsky, E., Hejtmankova, P.: Monitoring and analysis of research PV Modules at University of West Bohemia in Pilsen and in the Czech Republic, Transmission and Distribution Conference and Exposition: Latin America, 2008, ISBN: 978-1-4244-2217-3
- [7] Dvorsky, E., Hejtmankova, P., Scerba, E., Skorpil, J.: Modelling of PV systems, Solar World Congress of the International-Solar-Energy-Society Location: Beijing, China, 2007, VOLS I-V Pages: 1454-1458, ISBN: 978-7-302-16146-2

Ing. Viktor Majer

Doc. Ing. Pavla Hejtmánková

Západočeská Univerzita v Plzni, Fakulta elektrotechnická,  
Katedra elektroenergetiky a ekologie