



Vliv výroby z fotovoltaických elektráren na náklady na řízení přenosové soustavy ČR

Petr Havel¹⁾, Petr Horáček¹⁾, Eduard Janeček²⁾
havelp@fel.cvut.cz, horacek@fel.cvut.cz, janecek@kky.zcu.cz

- 1) České vysoké učení v Praze, Fakulta elektrotechnická**
- 2) Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta aplikovaných věd**

Obsah prezentace

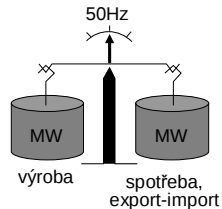
- Jak pracuje naše elektrizační soustava v propojené evropské síti
- Model chodu soustavy a její regulace
- Charakter výroby elektřiny z FVE
- Regulační zálohy vynucené výrobou FVE
- Závěry

Zajištění spolehlivého provozu ES

- jak pracuje ES
- model ES
- výroba z FVE

zajišťování rovnováhy mezi výrobou a spotřebou
garantování nasmlouvaných přeshraničních výměn
udržování systémové frekvence

výroba



spotřeba

distribuční soustava



koncový zákazník

rozvodna VVN



přenosová soustava

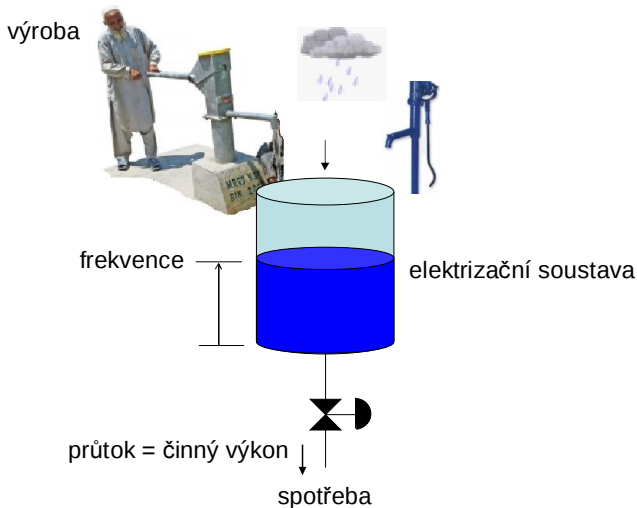


transformační stanice

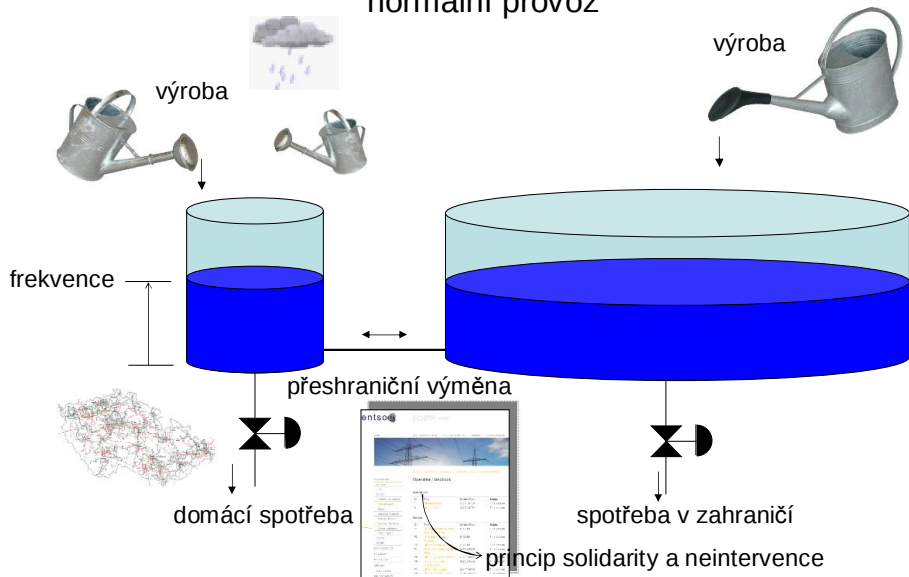


Vliv výroby z fotovoltaických elektráren na náklady na řízení přenosové soustavy ČR

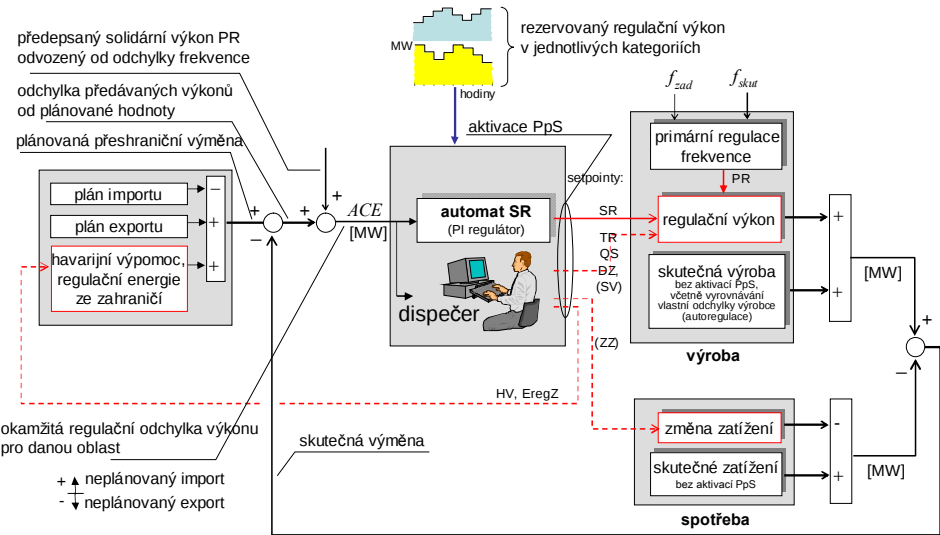
Izolovaná soustava



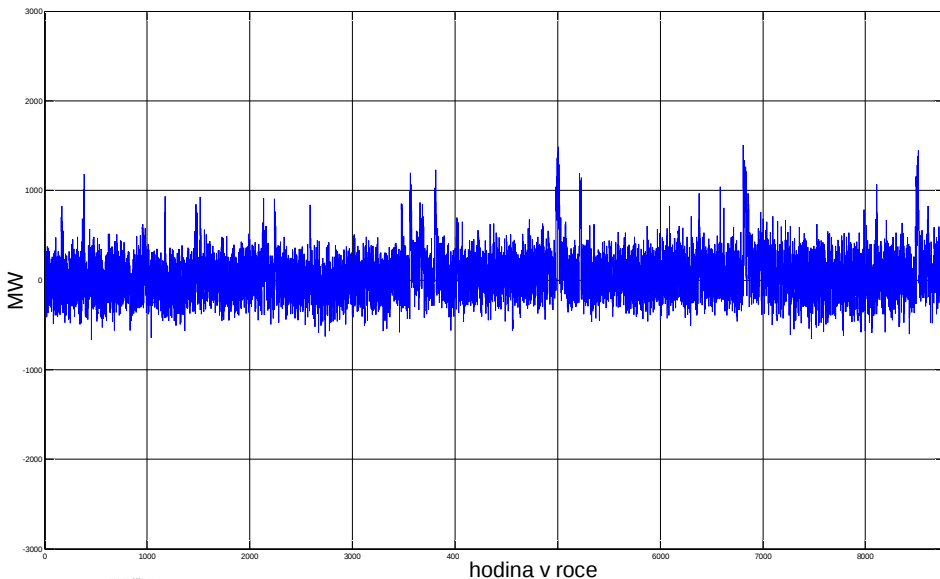
Propojené soustavy normální provoz



"Regulační" úloha provozovatele přenosové soustavy

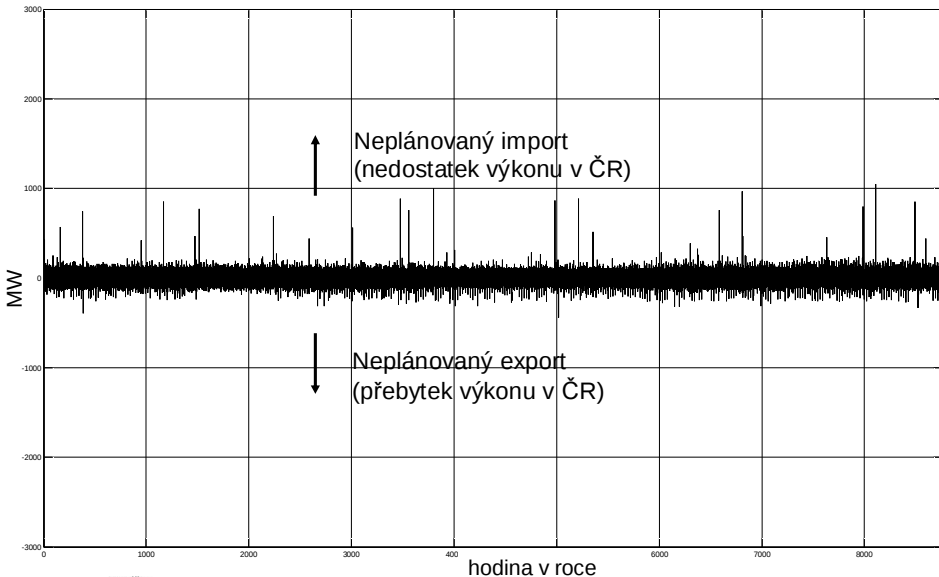


Nekompenzovaná odchylka



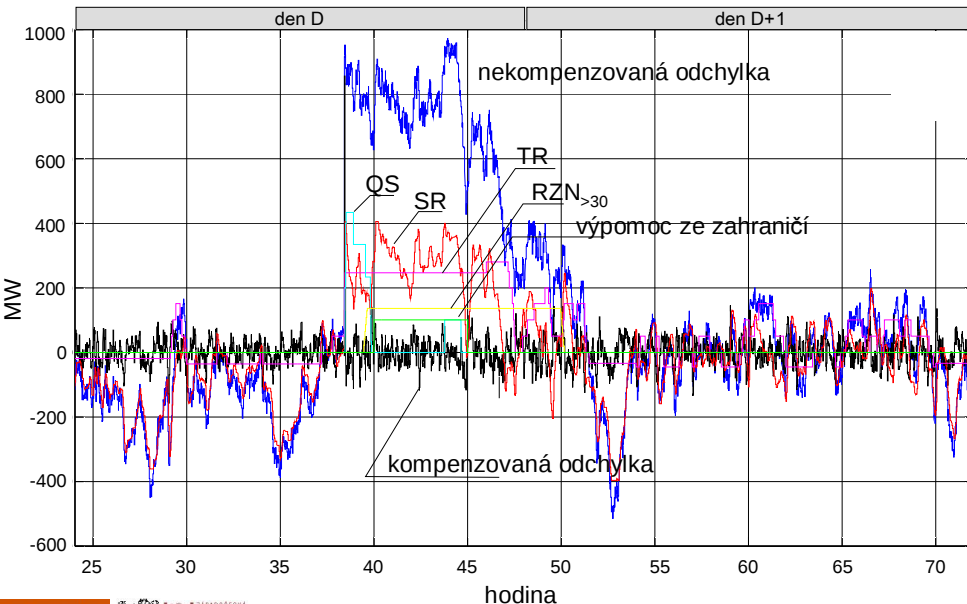
Kompenzovaná odchylka

běžné, akceptovatelné fluktuace



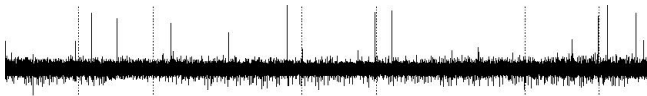
Kompenzace odchylky

- jak pracuje ES
- model ES
- výroba z FVE



Standardy spolehlivosti provozu ES požadavky kladené na regulační odchylku

- 1) Maximální počet případů (v roce), kdy minutový průměr odchylky přesáhne 100MW
- 2) Maximální počet odchylek přesahujících 20MW hodinový průměr odchylky přesáhne 20MW
- 3) Maximální počet odchylek přesahujících 100MW neodregulovaných do 15 minut (v roce)



PRÁVNÍ PRAVIDLA PROVOZU A PŘENOSOVÉ SOUSTAVY

KODEX PŘENOSOVÉ SOUSTAVY

Část II.

Podpůrné služby (FpS)

Účel: Podpůrné služby, které jsou nezbytné pro provoz a bezpečnost přenosové soustavy.

Obsah:

1. Úvodní ustanovení
2. Podpůrné služby (FpS)
3. Podpůrné služby (FpS)
4. Podpůrné služby (FpS)
5. Podpůrné služby (FpS)
6. Podpůrné služby (FpS)

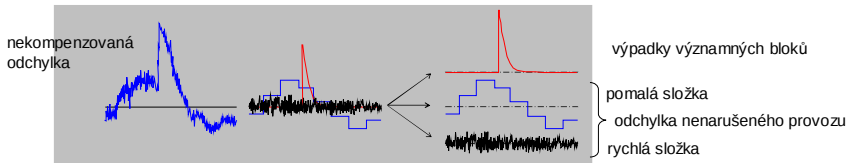
Č. 1/2015, v. 1. vydání

Tento kodex je součástí právního předpisu, který stanoví podmínky pro provoz a bezpečnost přenosové soustavy.

Určuje se z provozu soustavy v minulých letech, kdy byl provoz považován za bezproblémový (případné stavy nouze vyloučeny z vyhodnocení)

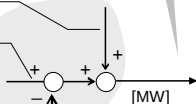
Statistický model regulační odchylky

- jak pracuje ES
- **model ES**
- výroba z FVE



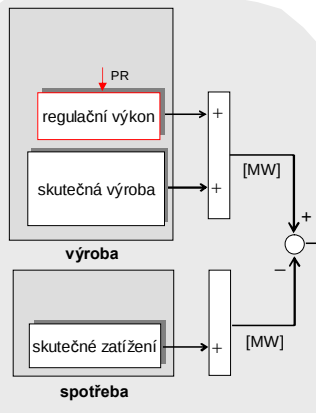
předepsaný solidární výkon PR
odvozený od odchylky frekvence

plánovaná výměna



okamžitá regulační odchylka výkonu
neregulované soustavy

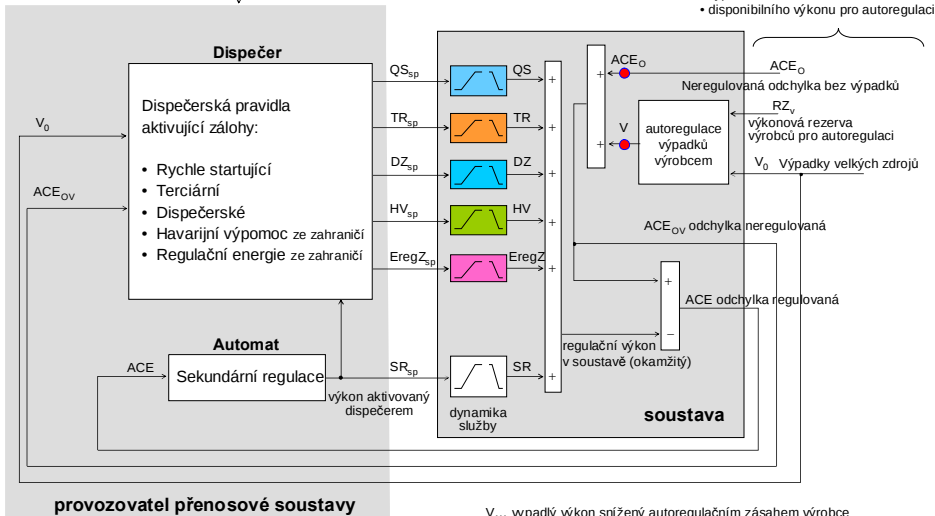
skutečná výměna neregulované soustavy



Simulátor regulační oblasti

- jak pracuje ES
- **model ES**
- výroba z FVE

Regulační zálohy: RZSR,RZTR*,RZTR-, RZQS, RZN30+



V... vypadlý výkon snížený autoregulačním zásahem výrobce

ACE_{OV} ... okamžitá regulační odchylna výkonu bez aktivací PpS

Modelování spolehlivosti a ekonomie systémových služeb

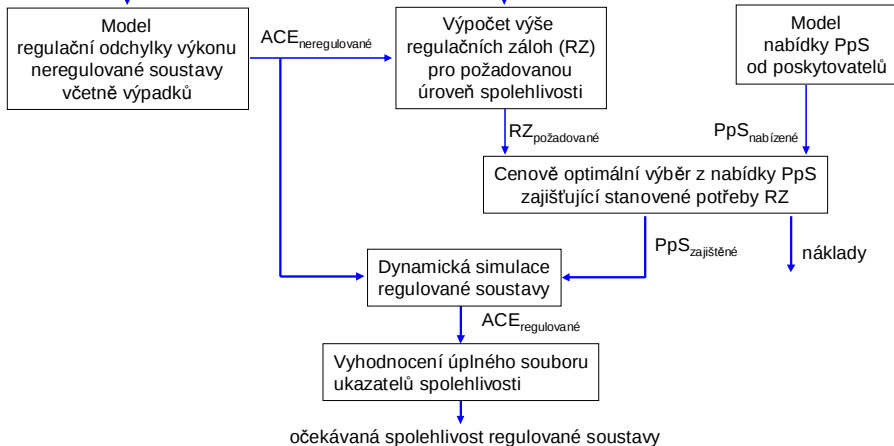
- jak pracuje ES
- model ES
- výroba z FVE

Historie:

regulační odchylka výkonu (ACE)
regulační výkon (PpS)
výpadky bloků s výkonem $\geq 200\text{MW}$

Požadovaná (historicky přijatelná) spolehlivost:

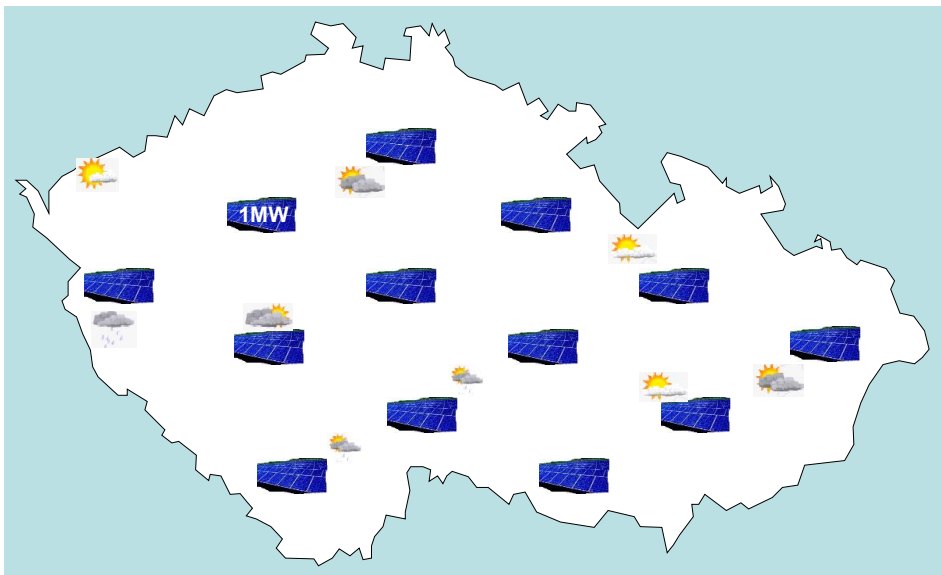
$|\text{minutový průměr ACE}| > 100\text{MW}$
 $|\text{hodinová energie ACE}| \geq 20\text{MWh/h}$



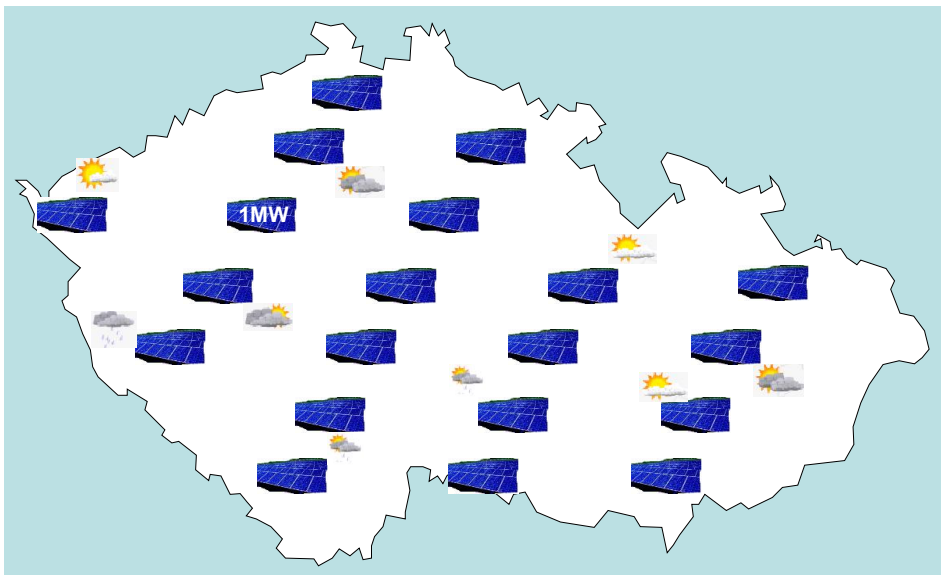
Předpoklady pro výpočty

- výpočet se současnými standardy, chceme aby se chování odchylky oproti minulým letům nezhoršovalo
- soudobost odchylek výroby od predikce nezávislá na lokalitě
- jednotková fotovoltaická farma 1MW
- predikce vyrobené elektrické energie z FVE je celá prodána (odregulovává se tedy pouze odchylka výroby z OZE od predikce)

Model distribuované výroby ze slunce



Model distribuované výroby ze slunce



Model distribuované výroby ze slunce



Data použitá pro analýzy vlivu výroby z větru a slunce

- **Historie chodu soustavy bez regulací**

do konce roku 2008 včetně již tehdy instalované výroby z OZE

- Regulační odchylka minutová
- Regulační odchylka hodinová

- **FV systémy**

- ČVUT Praha (minutová data)
- Solartec, s.r.o. (10-ti minutová data celé ČR)

Měření výroby elektřiny ze slunce v jedné lokalitě

- jak pracuje ES
- model ES
- výroba z FVE

Pro **model výroby z jedné lokality**: minutová data dodávaného výkonu z let 2006 až 2009

Zdroj dat: ČVUT FEL Praha <http://andrea.feld.cvut.cz/fvs/>



Měření distribuované výroby elektřiny ze slunce

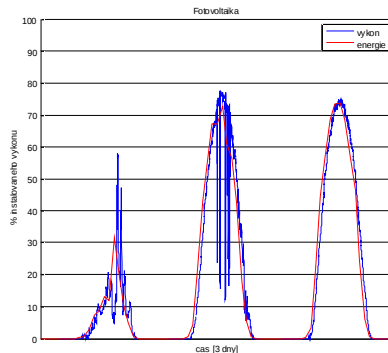
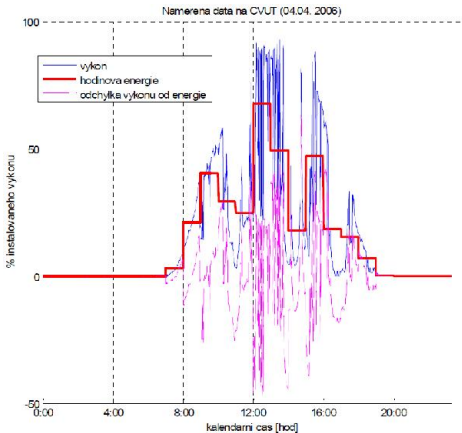
- jak pracuje ES
- model ES
- výroba z FVE

Pro **plošné korelace** (model vzájemné závislosti výroby z různých lokalit)

Zdroj dat: <http://www.solartec.cz/cs/projekty/vliv-znecisteni/on-line-data.html>

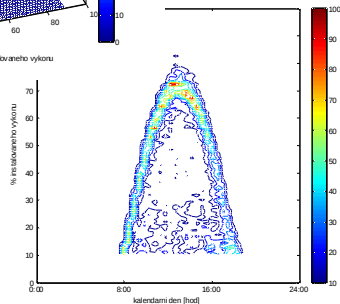
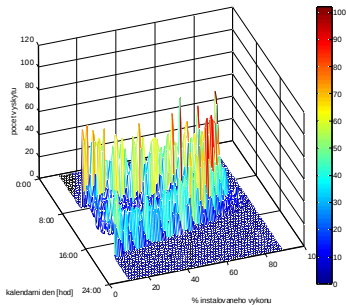
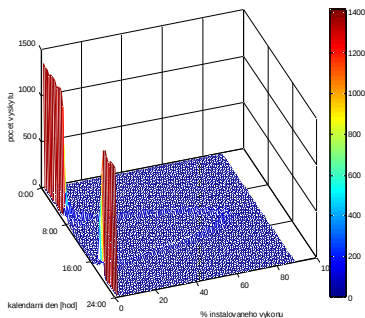


Typický průběh výroby ze slunce



Histogram výroby ze slunce

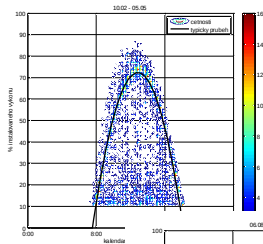
Letní období 2006, 2007, 2008 a 2009, jedna lokalita



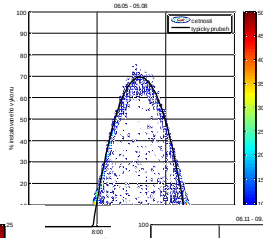
Čtvrtletní diagram očekávané výroby ze slunce

- jak pracuje ES
- model ES
- výroba z FVE

Modus - hodnota s nejvyšší četností výskytu

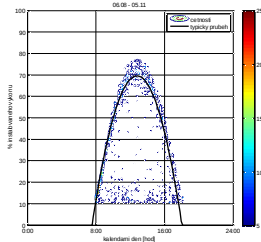


jaro

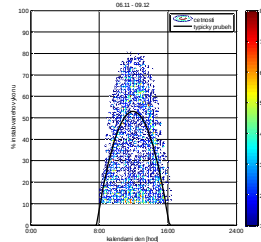


léto

podzim



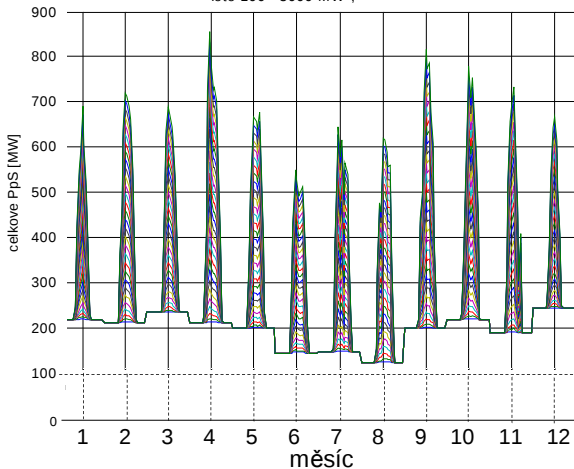
zima



Kolik potřebuje mít provozovatel soustavy, ČEPS, a.s., smlouveného rezervního výkonu pro regulaci výkonu, aby odchylku snížil na únosnou míru a kolik to bude stát?

Požadovaná záloha terciární regulace (+) denní profil v jednotlivých měsících

technická potřeba kladné terciální regulace
foto 100 - 3000 MW ,



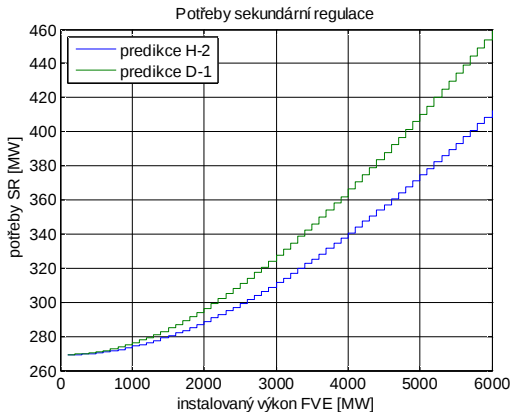
pouze s FVE (100 – 3000 MW)

plánované rezervy
pro podmínky roku 2009
s FVE existujícími do roku 2008

Dva uvažované scénáře

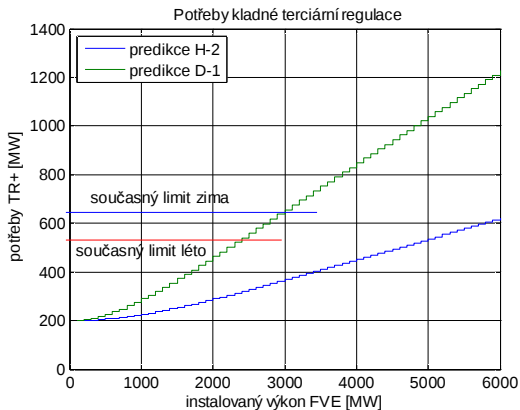
- Společný předpoklad
 - predikce výroby z FVE je předem zobchodována
- Optimistický scénář
 - relativně přesná predikce výroby z FVE na základě měřených hodnot v H-2
- Pesimistický scénář
 - relativně nepřesná predikce výroby z FVE na základě měřených hodnot v D-1

Potřeby rezerv výkonu v sekundární regulaci



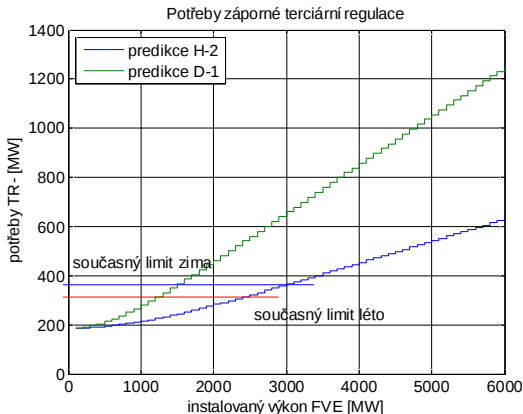
Při vyšších instalacích FVE roste potřeba regulačního výkonu o 3 MW (4 MW) na 100MW nově instalovaného výkonu

Potřeby rezerv výkonu v terciární regulaci kladné



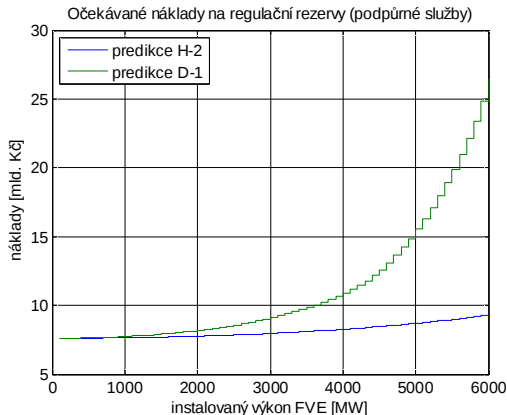
Při vyšších instalacích FVE roste potřeba regulačního výkonu o 8 MW (19 MW) na 100MW nově instalovaného výkonu

Potřeby rezerv výkonu v terciární regulaci záporné



Při vyšších instalacích FVE roste potřeba regulačního výkonu o 8 MW (20 MW) na 100MW nově instalovaného výkonu

Očekávané náklady



Otázkou je, jak přesně by se choval trh (elasticita nabídky a poptávky) ...

Závěr

- Instalace zdrojů provozovaných v režimu negarantovaných dodávek nutně vede ke zvyšování objemů regulačních záloh a s tím souvisejících nákladů
- Poptávka po regulačních zálohách poroste rychleji než jejich nabídka a s tím poroste i cena za rezervaci 1MW
- Kapacita regulačních záloh v ČR je omezená, při jejím překročení
 - nebude garantován chod soustavy na který jsme zvyklí
 - nebude garantováno plnění podmínek provozu pro propojenou evropskou síť
- Podmínky provozování FVE dnes = nedomyšlený způsob užití perspektivního zdroje

Možné cesty omezení rizik

- Zvýšení regulačních rozsahů stávajících regulovatelných zdrojů a jejich větší zatěžování
- Postavení nového regulovatelného zdroje s rychlou dynamikou
- Využití možnosti ovládání spotřeby
- Ovládání výroby z OZE
- Preferovat FVE malého výkonu a nekoncentrovat je v jednom místě
- Instalace "akumulátorů", např. nové vodní přečerpávací elektrárny (ideální řešení)
- Nepřipojovat FVE, resp. neřiditelné zdroje do elektrizační soustavy (extrémní řešení)