

# **Aktuální stav rozvahy Energetického parku Podkrušnohoří**

**Jiří Pohl, Siemens Mobility, s.r.o.**

**Výbor pro udržitelnou dopravu rady vlády pro udržitelný rozvoj  
1.10.2019**

# Transfer oxidu uhličitého

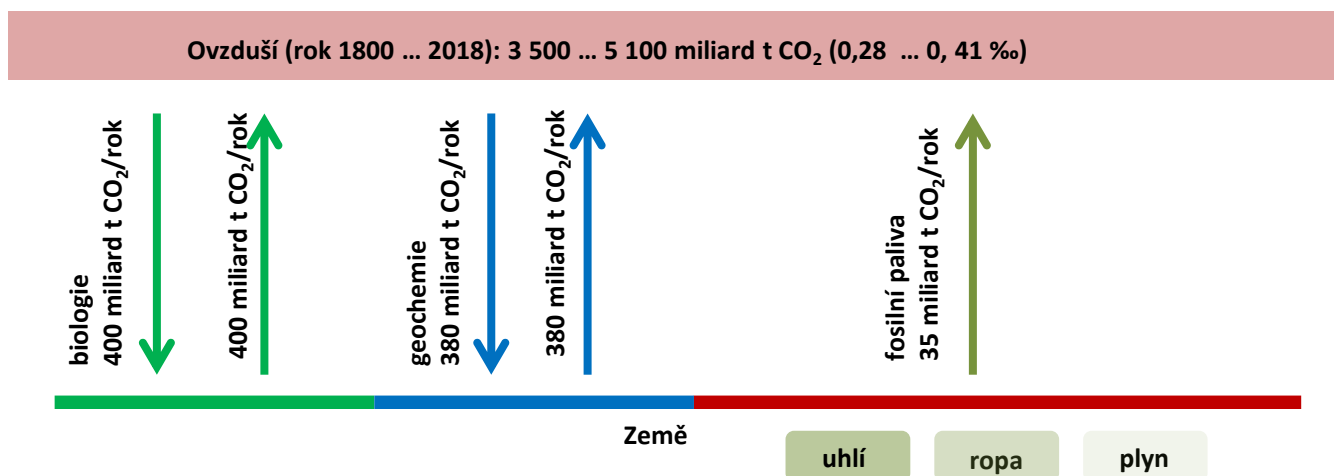
Přírodní procesy každoročně z ovzduší odebírají a do ovzduší navracejí  $400 + 380 = 780$  miliard t  $\text{CO}_2$ /rok.

Od doby objevu používání fosilních paliv (uhlí, ropa, plyn) se díky lidské (antropogenní) činnosti dostávají do ovzduší velká (a stále větší) množství  $\text{CO}_2$ , vzniklého spalováním fosilních paliv – uhlí, ropy a zemního plynu.

Oxid uhličitý, potřebný pro jejich tvorbu, byl z atmosféry pozvolna odebrán před zhruba 200 miliony let.

Nyní je s milionkrát větší intenzitou oxid uhličitý, vzniklý spalováním uhlí, ropných produktů a zemního plynu, předáván z podzemí do ovzduší (aktuálně: 35 miliard t  $\text{CO}_2$ /rok).

Spalováním fosilních paliv již bylo zvýšeno množství  $\text{CO}_2$  v ovzduší z 3 500 o 1 600 na 5 100 mil.t.



## Důsledky spalování fosilních paliv (skleníkový efekt)

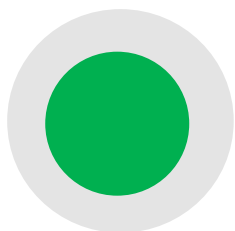
Vlivem spalování fosilních paliv stále roste koncentrace oxidu uhličitého v zemském obalu.

Zemská atmosféra má tepelně izolační schopnost. Přes noc uchovává teplo. Oxid uhličitý, podobně jako ostatní skleníkové plyny, propouštějí na zemi sluneční záření, ale absorbují tepelné záření vycházející ze země do vesmírného prostoru.

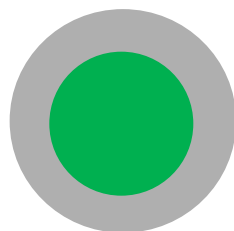
Již koncem 19. století počítal pozdější nositel Nobelovy ceny Swante Arrhenius, že zvýšení koncentrace  $\text{CO}_2$  v atmosféře povede ke zvýšení teploty ovzduší.

Nejde jen o růst střední teploty, ale o růst výkyvů.

Ilustrují to statistiky pojišťoven – roste riziko poškození věcí přírodními vlivy.



Ovzduší (rok 1800):  
3 500 miliard t  $\text{CO}_2$   
koncentrace 0,28 ‰  
výchozí teplota



Ovzduší (rok 2018):  
5 100 miliard t  $\text{CO}_2$   
koncentrace 0,41 ‰  
výchozí teplota zvýšená o 1 °C

# Energetika ČR

Obyvatelstvo Země si je vědomo negativních důsledků spalování fosilních paliv na nežádoucí změny klimatu a na poškozování zdraví lidí.

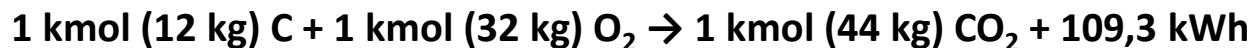
Proto téměř 200 států světa přistoupilo k Pařížské dohodě o zastavení růstu oteplení Země na hodnotě 1,5 až 2 °C. To znamená zcela přestat do roku 2050 používat uhlí, ropu i zemní plyn a nahradit je bezemisními zdroji.

Energetická bilance ČR - předpoklad roku 2020					
Vnitrostátní plán ČR v oblasti energetiky a klimatu (str. 248)					
	spotřeba energie	spotřeba energie	střední výkon	výkon na obyvatele	energie na obyvatele
	PJ/rok	TWh/rok	GW	kW/obyv.	kWh/obyv./den
uhlí	664	184	21	2,0	48
ropa	370	103	12	1,1	27
zemní plyn	288	80	9	0,9	21
fosilní paliva	1 322	367	42	4,0	95
primární spotřeba	1 813	504	57	5,4	131
konečná spotřeba	1 002	278	32	3,0	72
konečná spotřeba elektřiny	214	59	7	0,6	15

=> každému občanu ČR trvale někde hoří 4 kW ohníček fosilních paliv

# Spalování uhlíku

Exotermická reakce dokonalého spalování uhlíku:



- ⇒ spálením 1 kg uhlíku vznikne 3,67 kg oxidu uhličitého a 9,11 kWh tepelné energie
- ⇒ vytvoření 1 kWh tepelné energie spalováním uhlíku je provázeno produkováním 0,403 kg CO<sub>2</sub>.

Měrná uhlíková stopa uhlovodíkových paliv (kg/kWh) závisí na poměru uhlíku a vodíku v jejich struktuře:

- uhlík vytváří CO<sub>2</sub> (3,67 kg/kg) a spalné teplo (9,11 kWh/kg),
- vodík nevytváří CO<sub>2</sub>, vytváří spalné teplo (33,20 kWh/kg), ale snižuje výhřevnost odpařeném vody (- 5,64 kWh/kg).

Měrná uhlíková stopa vztažená k výhřevnosti paliv:

- čistý uhlík: 0,40 kg CO<sub>2</sub>/kWh<sub>t</sub>,
- uhlí: 0,36 kg CO<sub>2</sub>/kWh<sub>t</sub>,
- motorová nafta: 0,27 kg CO<sub>2</sub>/kWh<sub>t</sub>,
- automobilový benzin: 0,26 kg CO<sub>2</sub>/kWh<sub>t</sub>,
- metan: 0,20 kg CO<sub>2</sub>/kWh<sub>t</sub>.

# **Společné vnímání energetiky klimatu a ochrany zdraví**

**I. Primární spotřeba energie ČR je z velké části tvořena fosilními palivy (údaje roku 2016):**

- uhlí 634 PJ/rok
- ropné produkty 335 PJ/rok,
- zemní plyn 294 PJ/rok,
- dohromady 1 323 PJ/rok , což je 76 % z celkové primární spotřeby energie ČR 1 739 PJ/rok

**II. Spalování fosilních paliv představuje významnou produkci oxidu uhličitého, který nevratně mění klima na Zemi (globální exhalace) – údaje ČR za rok 2016:**

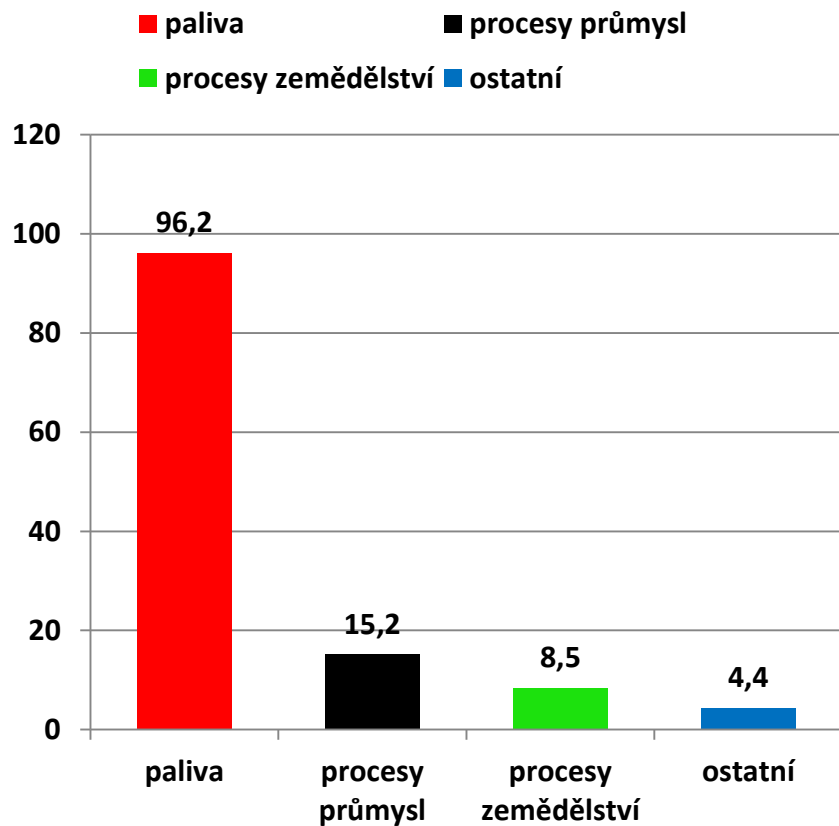
- uhlí 69 mil. t CO<sub>2</sub>/rok,
- ropné produkty 25 mil. t CO<sub>2</sub>/rok,
- zemní plyn 17 mil. t CO<sub>2</sub>/rok,
- dohromady 111 mil. t CO<sub>2</sub>/rok, což je 89 % z celkové produkce 125 mil. t CO<sub>2</sub>/rok

**III. Spalování fosilních paliv představuje též významnou produkci toxických látek, zejména prachových částic, oxidů dusíku a polyaromatických uhlovodíků, které vážně poškozují lidské zdraví (lokální exhalace).**

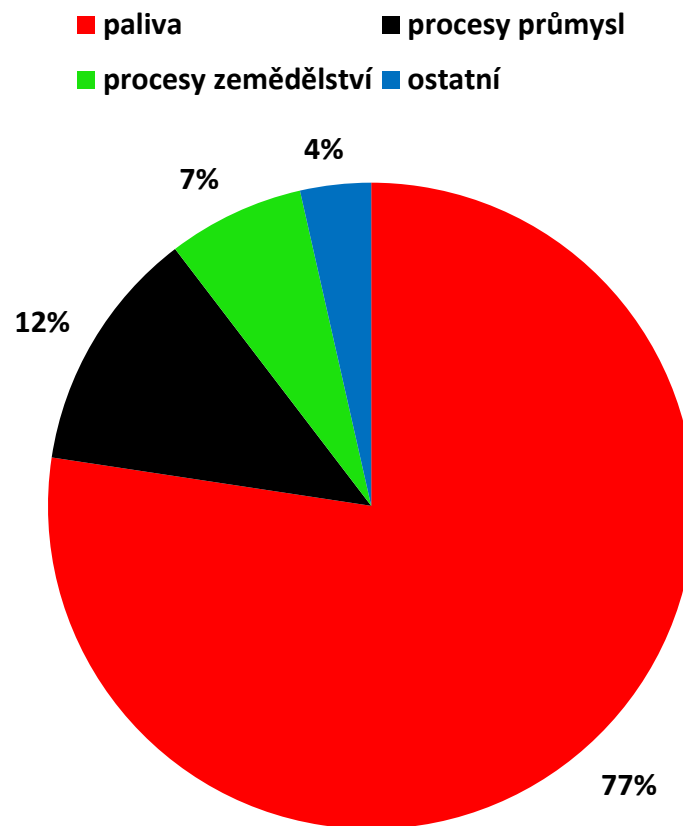
**⇒ snižování spotřeby energie a náhrada fosilních paliv obnovitelnými zdroji energie je společným řešením tří základních témat: energetiky, ochrany klimatu a zdraví**

# Produkce CO<sub>2</sub>: dominantní role fosilních paliv

struktura produkce CO<sub>2</sub> v ČR v roce 2016  
(mil. t CO<sub>2</sub> ekv./rok)



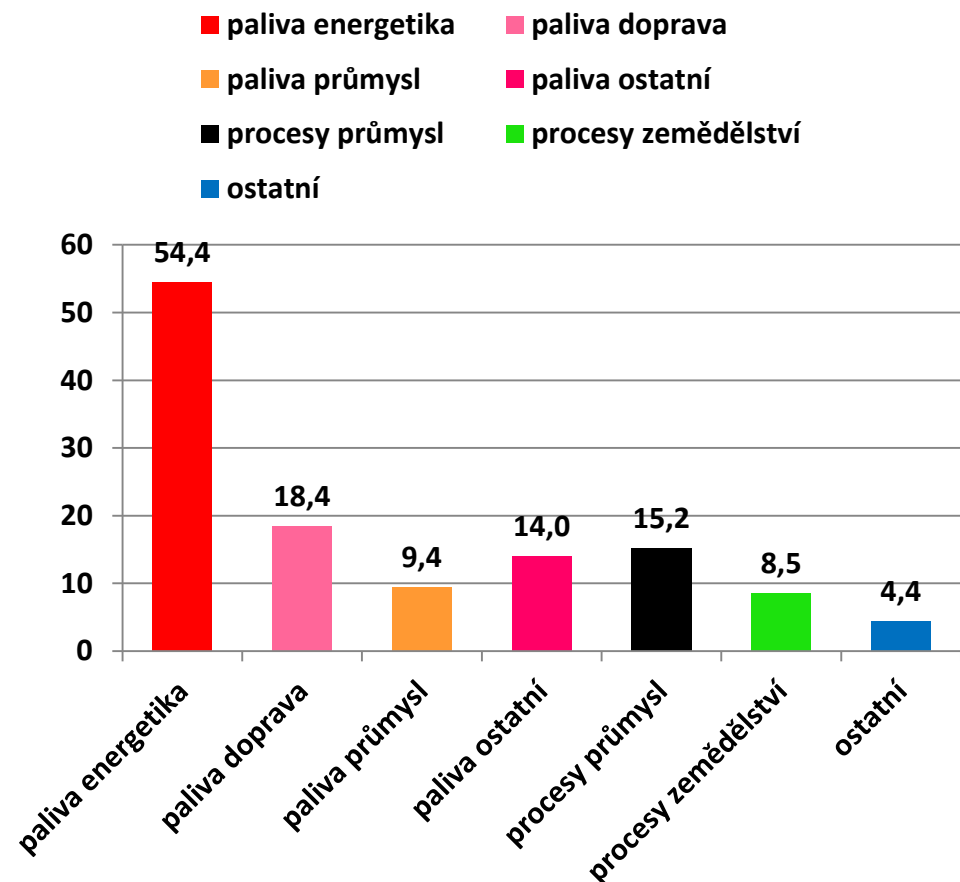
struktura produkce CO<sub>2</sub> v ČR v roce 2016



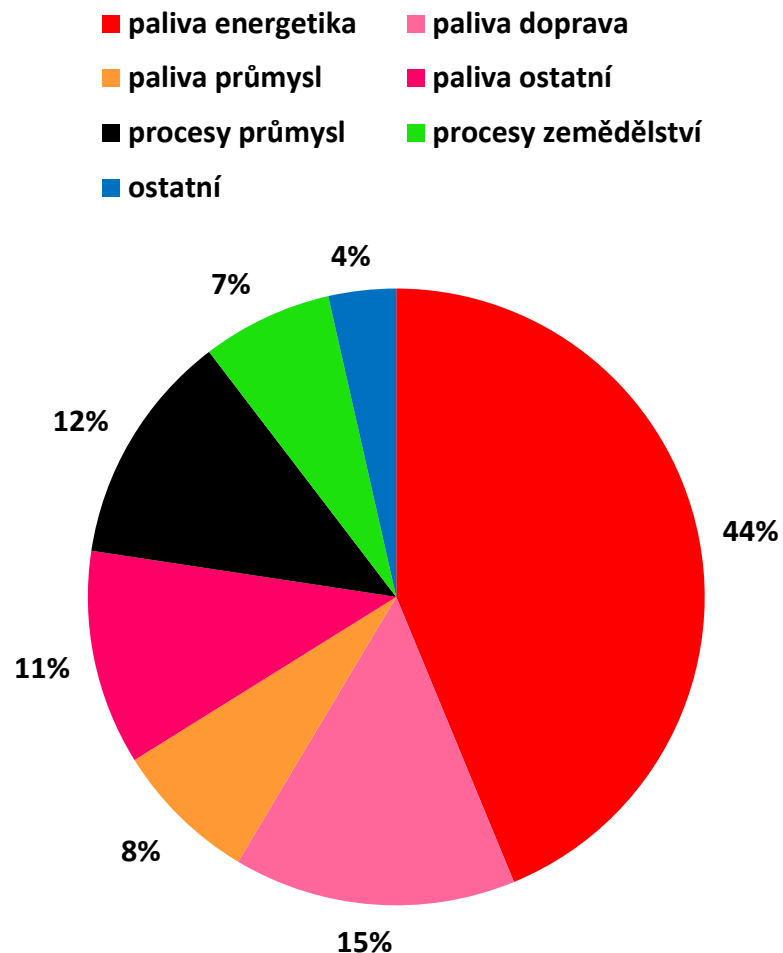
# Aktuální struktura produkce CO<sub>2</sub> v ČR

Dominantní role energetiky, ale doprava již dosahuje třetinu produkce energetiky a dvojnásobek průmyslu.

struktura produkce CO<sub>2</sub> v ČR v roce 2016  
(mil. t CO<sub>2</sub> ekv./rok)



struktura produkce CO<sub>2</sub> v ČR v roce 2016

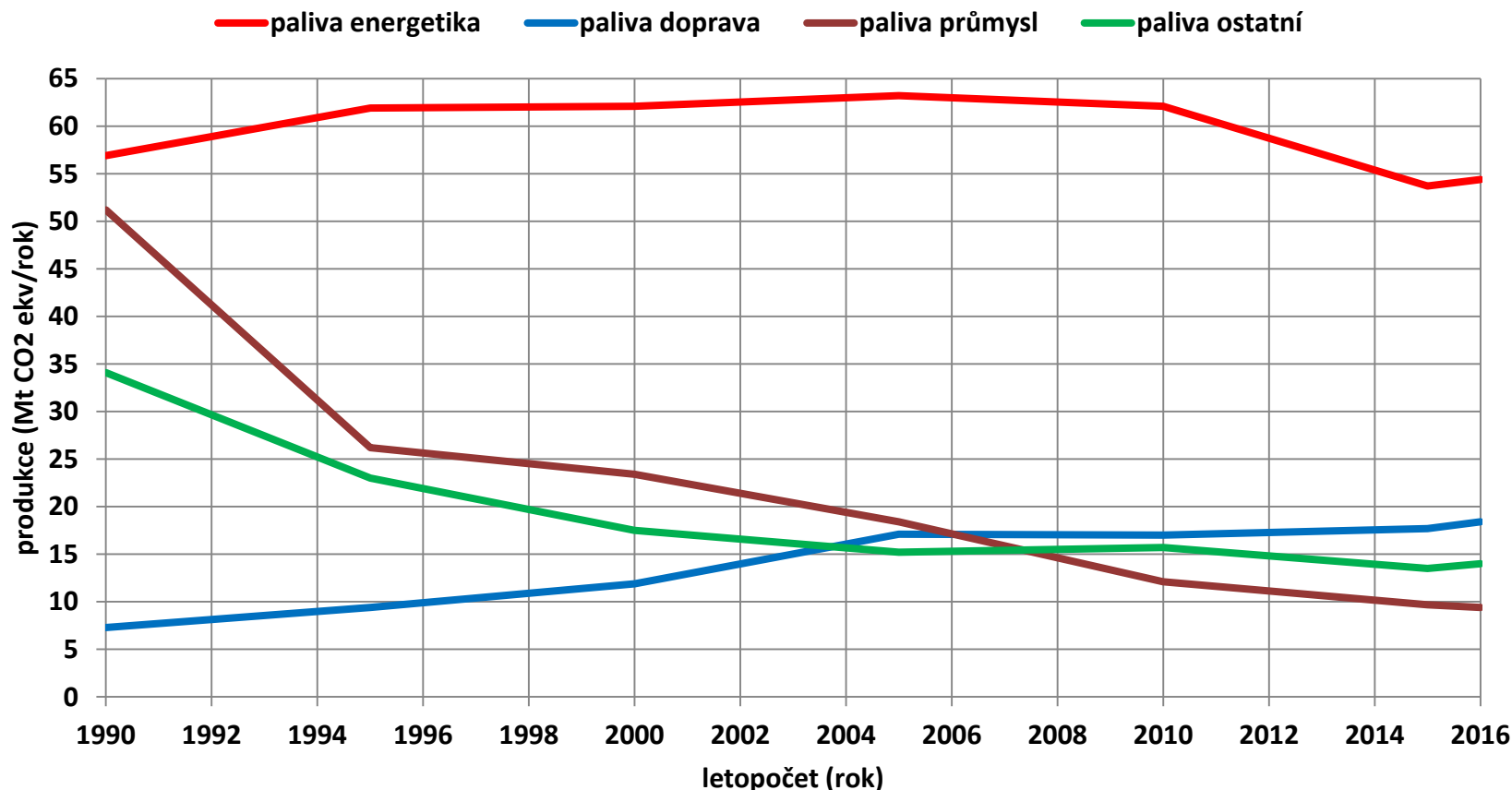




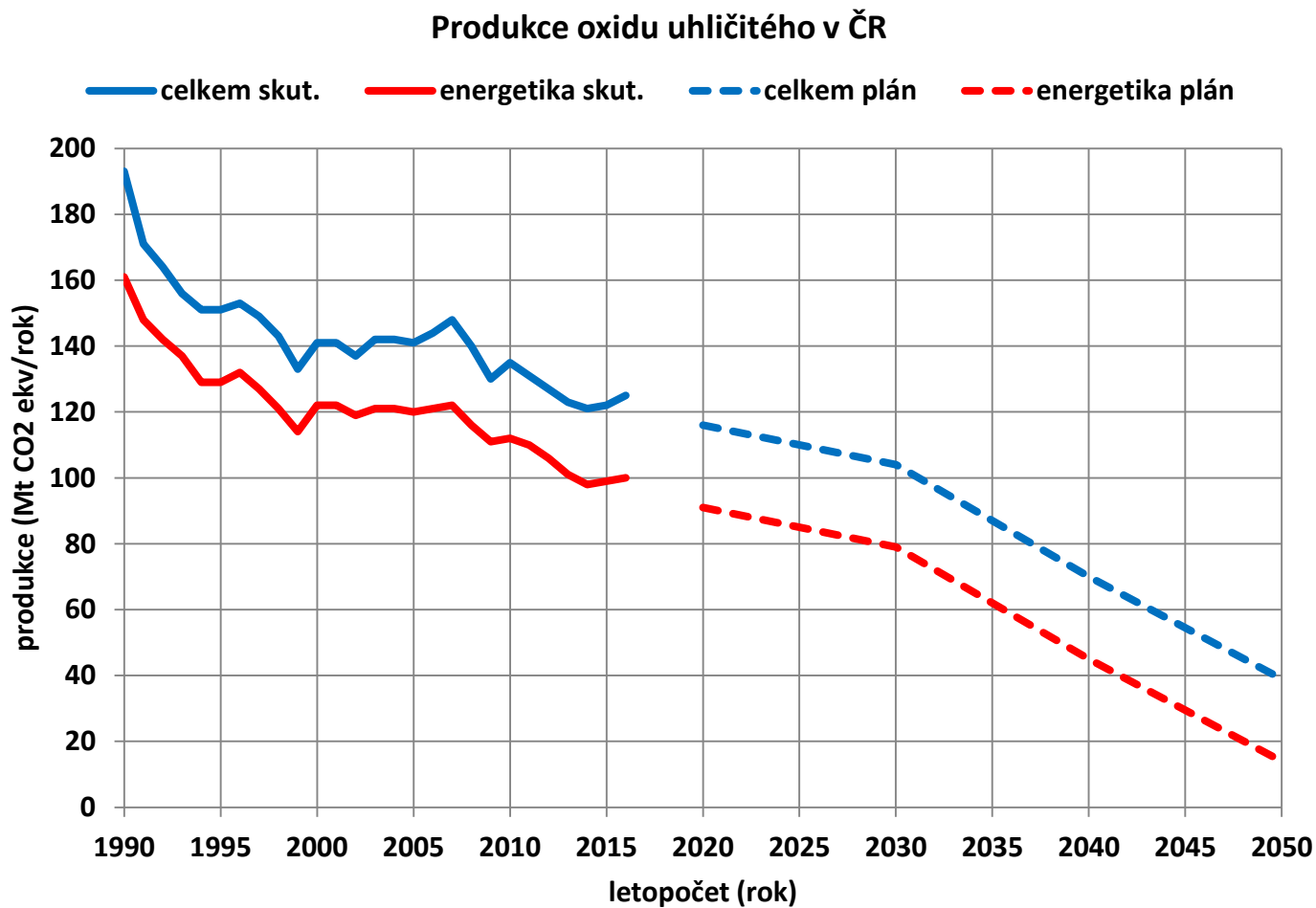
# Pokles produkce CO<sub>2</sub> podle Vnitrostátního plánu v oblasti energetiky a klimatu ČR již bude vyžadovat změny i v energetice

Dosavadní pokles produkce CO<sub>2</sub> v ČR zajistila restrukturalizace průmyslu (energeticky náročný průmysl zanikl), energetika ČR za 30let emise CO<sub>2</sub> prakticky vůbec nesnížila.

Produkce oxidu uhličitého v ČR - paliva



# Cíle ČR v oblasti produkce CO<sub>2</sub> (Vnitrostátní plán ČR v oblasti energetiky a klimatu ČR)



# Nástroje ke snižování produkce CO<sub>2</sub>

Snížení produkce CO<sub>2</sub> je dáno součinem tří opatření :

- snížení konečné spotřeby energie ( $E_k$ ), tedy zvýšením energetické účinnosti
- snížení podílu fosilních paliv ( $k_f$ ), tedy zvýšením podílu obnovitelných zdrojů ( $k_o$ ),
- zvýšení účinnost přeměny fosilního paliva konečnou formu energie.

Zjednodušeně (ve středních hodnotách) lze počítat:

$$U = E_k \cdot k_f \cdot u / \eta = E_k \cdot (1 - k_o) \cdot u / \eta$$

$U$  ... produkce oxidu uhličitého (Mt CO<sub>2</sub>)

$E_k$  ... konečná spotřeba energie (PJ),

$k_f$  ... podíl fosilních paliv,

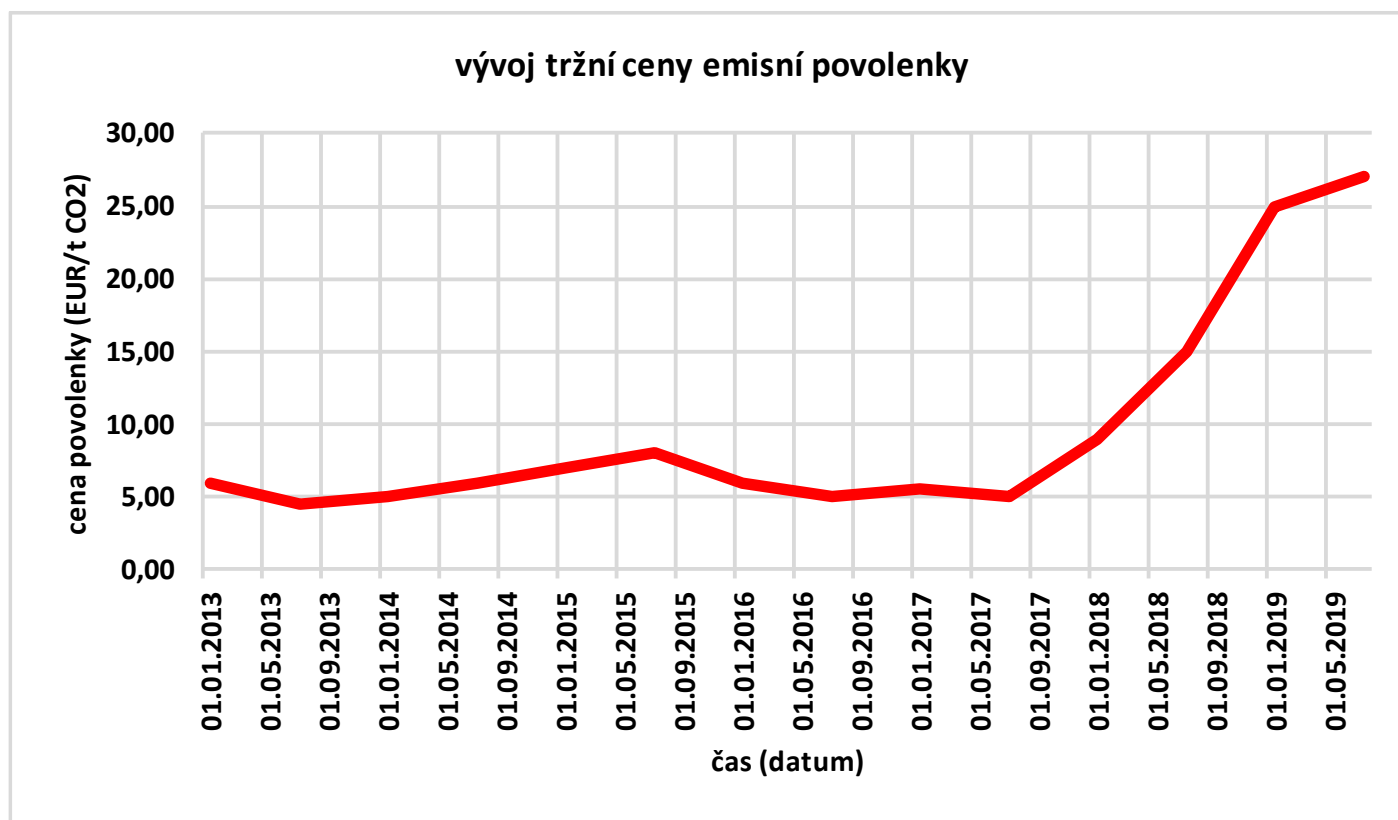
$k_o$  ... podíl obnovitelných/bezemisních zdrojů,

$u$  ... měrná uhlíková stopa fosilního paliva (Mt CO<sub>2</sub>/PJ),

$\eta$  ... účinnost přeměny fosilního paliva konečnou formu energie.

# Růst tržní ceny emisních povolenek

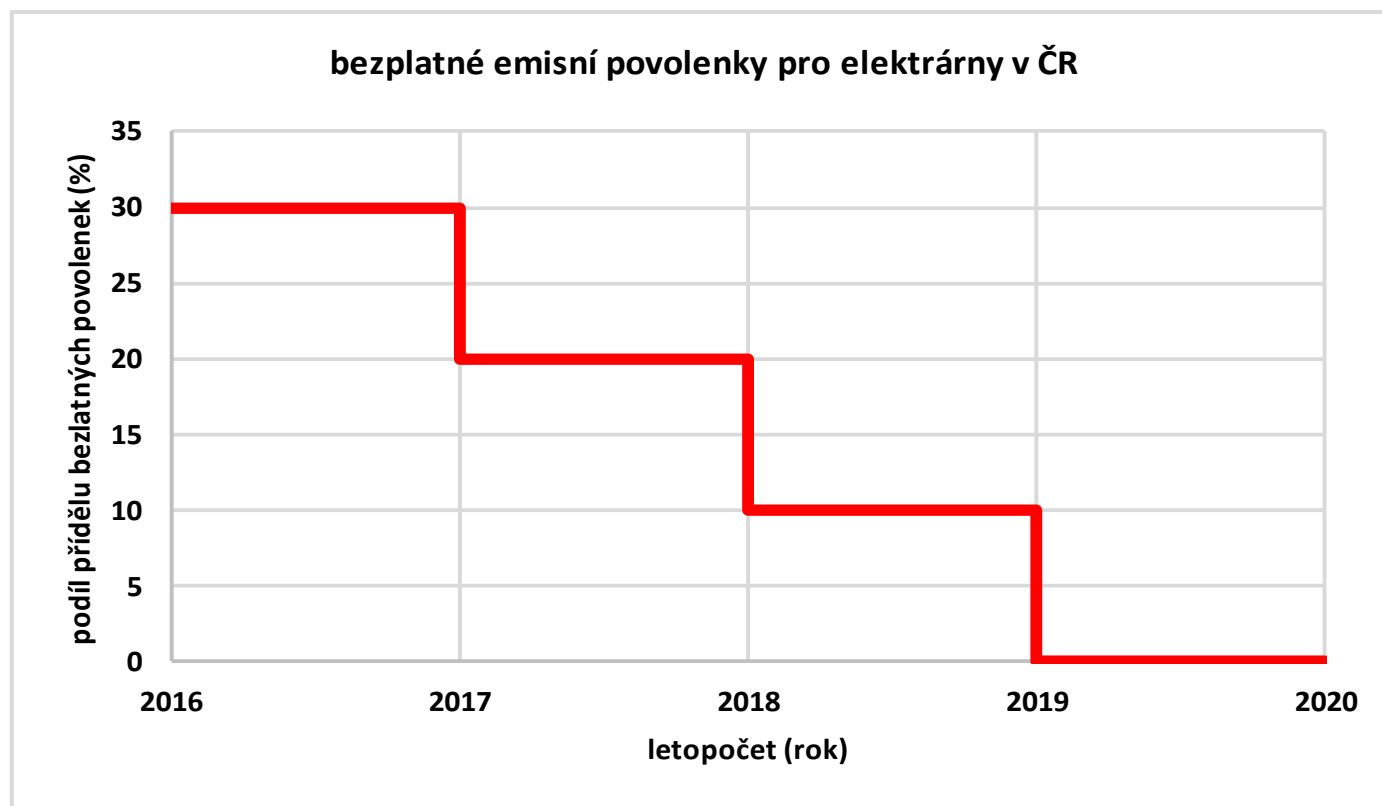
Cíleným snižováním množství emisních povolenek v oběhu došlo se zpožděním několika let k tomu, že emisní povolenky přestaly být zanedbatelně levné. To má vliv na ceny energie získávané z fosilních paliv



# Příděl bezplatných emisních povolenek uhlým elektrárnám

Programové postupné snižování přídělu bezplatných emisních povolenek uhlým elektrárnám dospěje v roce 2020 k nule.

Paradoxně v době, kdy budou emisní povolenky nejdražší.



# Dopad vývoje tržní ceny emisních povolenek

Při spalování uhlí s měrnou uhlíkovou stopou (ve vztahu k výhřevnosti)  $0,36 \text{ kg CO}_2/\text{kWh}_t$  v elektrárně s účinností 36 % je výsledná uhlíková stopa elektrické energie:

$$u_e = u_t / \eta = 0,36 / 0,36 = 1 \text{ kg CO}_2/\text{kWh}_e$$

## Rok 2017

- tržní cena silové elektrické energie cca  $40 \text{ EUR/MWh}_e$ ,
- tržní cena emisní povolenky cca  $6 \text{ EUR/t CO}_2$ , tedy cca  $6 \text{ EUR /MWh}_e$ ,
- 30 % povolenek bezplatných.

=> výnos z prodeje elektřiny po odečtení nákupu povolenek:  $40 - 0,7 \cdot 6 = 36 \text{ EUR /MWh}_e$

## Rok 2019

- tržní cena silové elektrické energie cca  $50 \text{ EUR/MWh}_e$ ,
- tržní cena emisní povolenky cca  $25 \text{ EUR/t CO}_2$ , tedy cca  $25 \text{ EUR /MWh}_e$ ,
- 10 % povolenek bezplatných.

=> výnos z prodeje elektřiny po odečtení nákupu povolenek:  $50 - 0,9 \cdot 25 = 27 \text{ EUR /MWh}_e$

Nikoliv z environmentálních či politických, ale z ekonomických důvodů zvolna končí uhelné elektrárny (zejména staré technologie s nízkou účinností: drahá spotřeba uhlí i emise)

# Budoucí podoba energetiky

Současné struktury primární i konečné spotřeby energie v ČR jsou z důvodu vysokého podílu fosilních paliv již blízském horizontu neudržitelné.

Nové jaderné elektrárny je reálné vybudovat nejdříve za 20 až 25 let.

A to spíše jako náhradu dožívajících současných jaderných zdrojů než jako nové zdroje.

Útlum používání fosilních paliv je nutno řešit dříve a ve větším rozsahu.

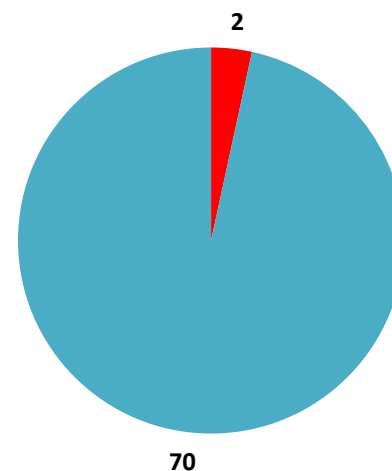
Jediné dva dostupné nástroje:

- úspory energie,
- obnovitelné zdroje elektřiny (slunce, vítr, biomasa)

Energetická bilance ČR - předpoklad roku 2020						
Vnitrostátní plán ČR v oblasti energetiky a klimatu (str. 248)						
	spotřeba energie	spotřeba energie	střední výkon	výkon na obyvatele	energie na obyvatele	
	PJ/rok	TWh/rok	GW	kW/obyv.	kWh/obyv./den	
uhlí	664	184	21	2,0	48	
ropa	370	103	12	1,1	27	
zemní plyn	288	80	9	0,9	21	
fosilní paliva	1 322	367	42	4,0	95	
primární spotřeba	1 813	504	57	5,4	131	
konečná spotřeba	1 002	278	32	3,0	72	100,0%
konečná spotřeba elektřiny	214	59	7	0,6	15	
1 jaderný blok 1 200 MW	34	9	1	0,1	2	3,4%

pokrytí konečné spotřeby energie v ČR  
(kWh/obyvatele/den)

■ 1 jaderný blok 1 200 MW ■ ostatní



Při optimálním průběhu výstavby se podaří v letech 2040 až 2045 postavit v Dukovanech 1,2 GW náhradu dosluhující jaderné elektrárny.

# Dekarbonizace dopravy

Snížení konečné spotřeby energie na 1/3, ale náhrada paliv elektřinou (nárůst spotřeby na 14 násobek)

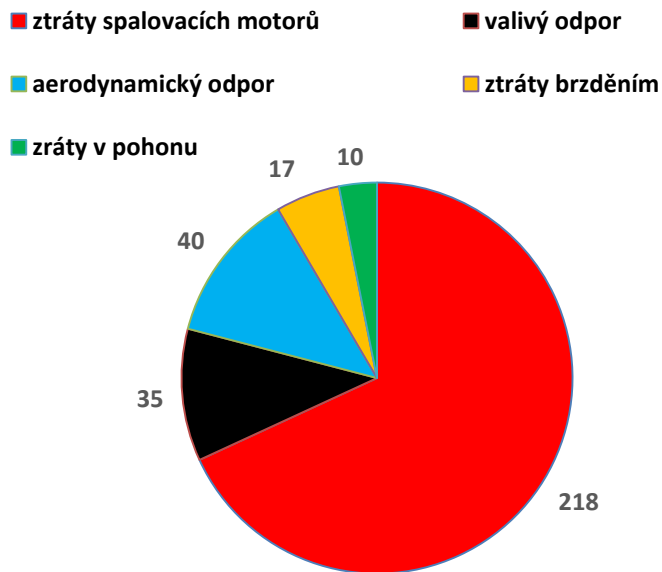
## Výchozí stav

(rok 2020: 120 mld. os km/rok, 80 mld. netto tkm/rok)

- uhlovodíková paliva 313 PJ/rok (87 TWh/rok),
- z toho 218 PJ/rok (61 TWh/rok) ztraceno ohřevem výfukových plynů a chladicí vody,
- elektřina 7 PJ/rok (2 TWh/rok),
- celkem 320 PJ/rok (89 TWh/rok)

=> ztráty tepla ve spalovacích motorech jsou 2,4 násobkem tepla dodávaného teplárnami svým odběratelům (89 PJ/rok)

energetická bilance dopravy v ČR 2020 (310 PJ/rok)

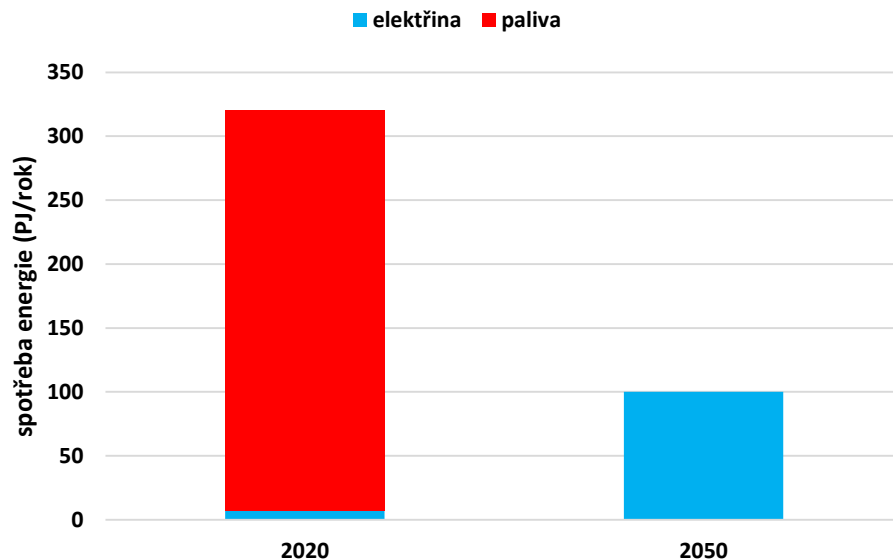


## Cílový stav

(rok 2050: 120 mld os km/rok, 80 mld. netto tkm/rok)

- uhlovodíková paliva: 0
- elektřina 100 PJ/rok (28 TWh/rok) (výhradně bezemisní zdroje),
- celkem 100 PJ/rok (28 TWh/rok)

konečná spotřeba energie pro dopravu v ČR



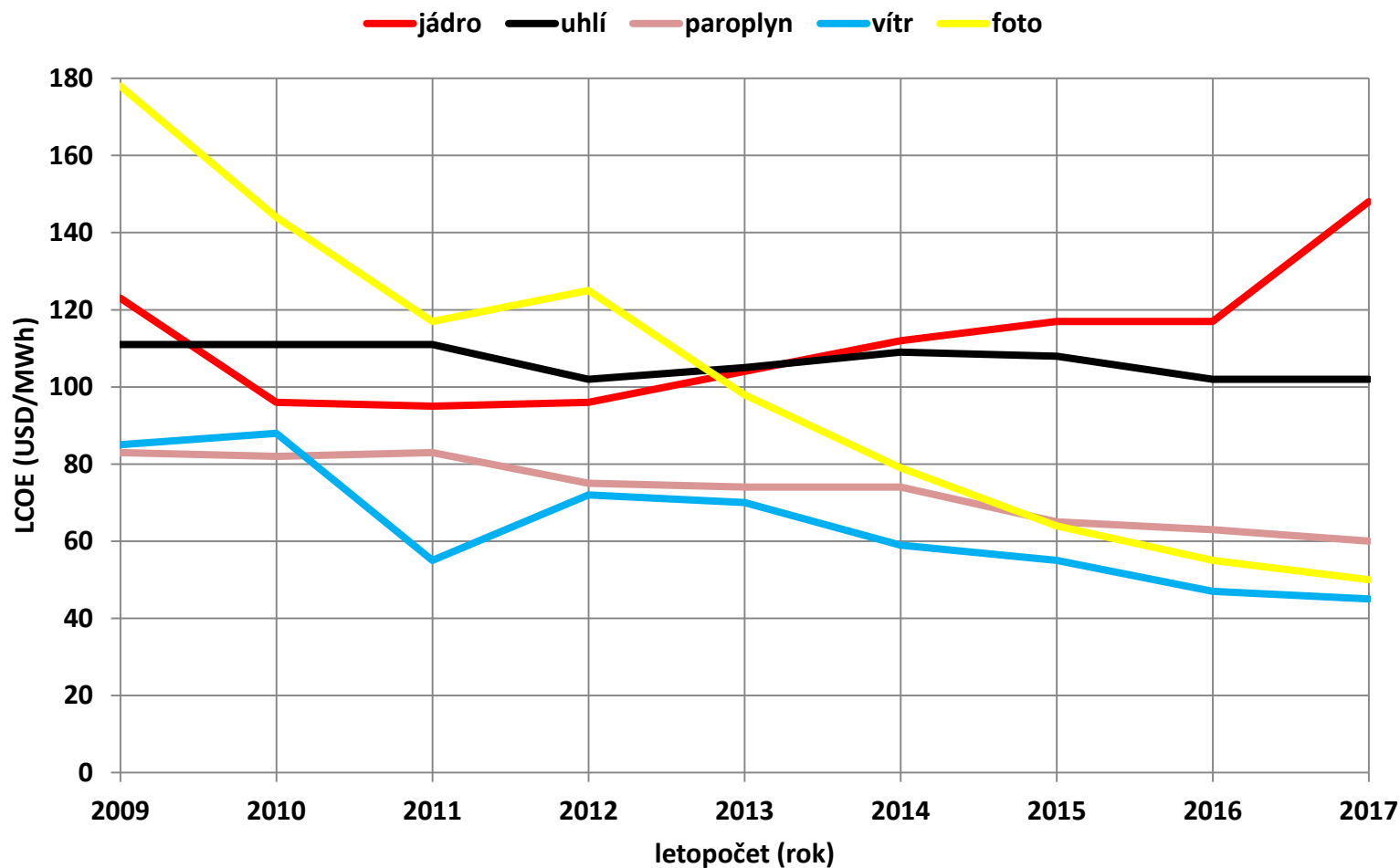


# Vývoj cen elektrické energie jednotlivých druhů zdrojů v USA

(LCOE: odpis investice je tak velký, aby došlo k úplné úhradě investice v době její životnosti)

=> je potřeba se připravit na spontánní (státem neřízený) nástup levných obnovitelných zdrojů

Lazard: Vývoj cen elektrické energie (LCOE)

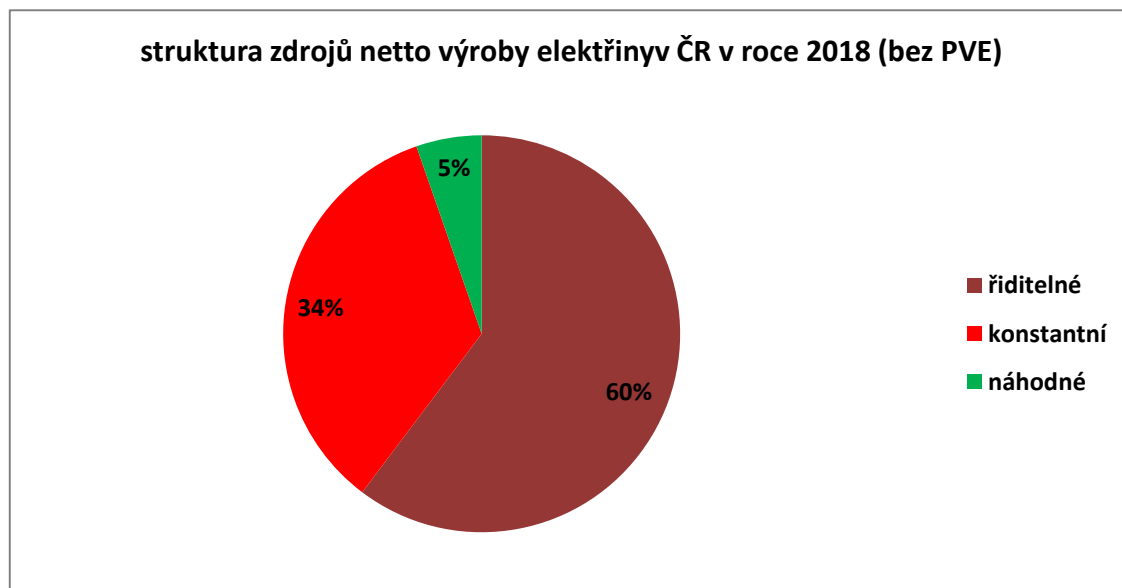


# Rovnováha okamžitých výkonů výroby a spotřeby elektřiny

Odklonem od používání uhelných elektráren (který nastane již za pár let) přijde ČR nejen o zdroje energie, ale především o regulovatelné zdroje výkonu, které umožňují řídit okamžitou rovnováhu mezi výrobou a spotřebou elektřiny.

Tedy jsou dvě aktuální úlohy:

- zajistit energii (TWh) – řešením jsou obnovitelné zdroje (slunce u nás a vítr u moře),
- zajistit výkon (GW) – řešením je kombinace zásobníků energie (rychlých a pomalých) a řízení spotřeby (smart grids)



# Rovnováha okamžitých výkonů výroby a spotřeby elektřiny

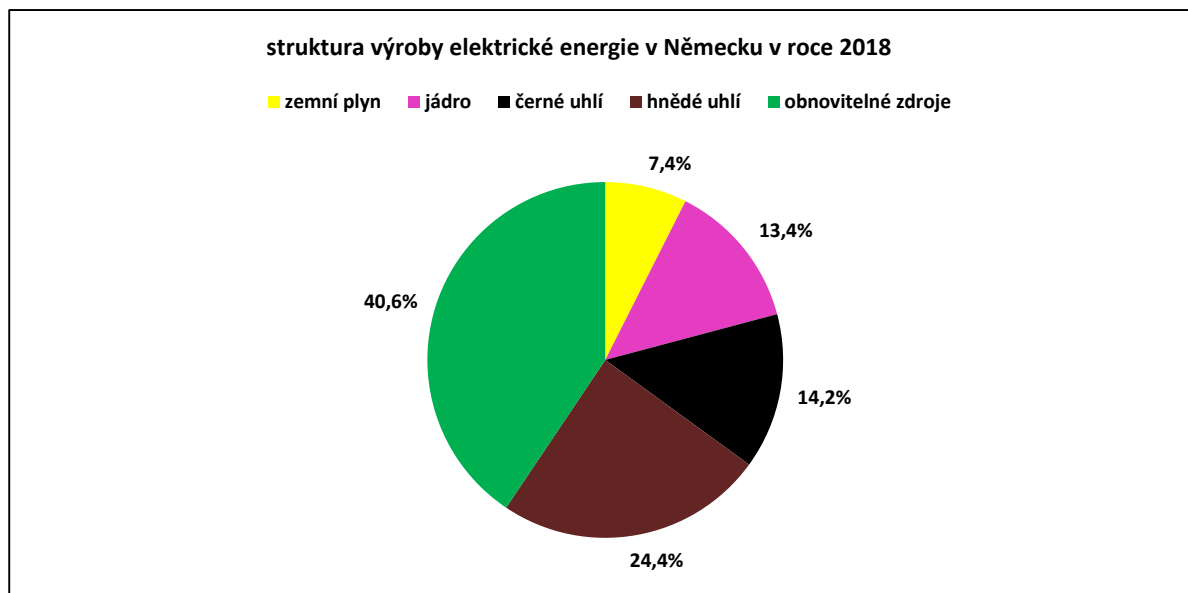
Teritoriálně nastane v ČR nerovnováha mezi výkonem a příkonem za pár let.

Ve střeoevropské elektrické síti již tato situace nastala. Nikoliv zásluho ČR, ale trvale rostoucím podílem obnovitelných zdrojů v jiných zemích

Trh je propojen komoditou i její cenou:

- téměř každý den lze v druhé polovině noci levně nakoupit energii elektrickou energii z větrných elektráren na moři,
- za slunných dnů bývají přebytky výkonu řádu GW i přes den.

Je rozumné tuto příležitost využít a levnou elektrickou energii nakupovat a skladovat jak v denním cyklu, tak v ročním cyklu.



# **Rovnováha okamžitých výkonů výroby a spotřeby elektřiny**

**K dispozici je více nástrojů k vytvoření okamžité výkonové rovnováhy v elektrické síti, je rozumné je všechny kombinovat:**

- řízení zdrojů,**
- řízení spotřeby,**
- velké územní celky s pestrým spektrem spotřebitelů,**
- velké územní celky s pestrým spektrem zdrojů,**
- zásobníky energie.**

**K dispozici je více principů zásobníku elektrické energie, je rozumné je kombinovat:**

- okamžitě působící (sekundy až desítky minut) k zálohování výpadku jakýchkoliv jiných zdrojů – elektrochemické akumulátory,**
- k vyrovnání denního cyklu výroby a spotřeby (vodní přečerpávací, průtočné elektrochemické akumulátory),**
- k vyrovnání ročního cyklu výroby a spotřeby (ukládání elektřiny do metanu).**

**Všechny tři typy zásobníků potřebují vysoce výkonná přenosová vedení. Proto je rozumné je vbudovat tam, kde taková vedení existují, tedy v lokalitách současných uhelných elektráren.**

**Plus potřebují spolčené řízení (Energetika 4.0)**

# **Snížení konečné spotřeby energie**

**Snížení produkce CO<sub>2</sub> cestou snížení konečné spotřeby energie je velmi vhodným nástrojem pro uplatnění investic do technických inovací.**

**Takto dosažené úspory nejsou jednorázové, ale působí trvale po dobu technické životnosti investice.**

**Charakter investic do snížení spotřeby energie je stejný, jako charakter investic do budování nových zdrojů energie:**

**=> úspory energie jsou zdrojem energie,**

**Úspory energie nejsou provázeny emisemi:**

**=> úspory energie jsou bezemisním zdrojem energie,**

**Úspory energie působí trvale:**

**=> úspory energie jsou obnovitelným zdrojem energie,**

# **Téma: zvýšení energetické účinnosti využít fosilních paliv**

**Zvýšení energetické účinnosti a tím snížení produkce oxidu uhličitého:**

- **při konečné spotřebě energie,**
- **při přeměně (transformaci) primární formy energie na konečnou formu energie**

**Tepelné stroje: nízká účinnost tepelného (Carnotova) cyklu – na mechanickou práci se přemění jen 30 až 40 %**

**⇒ 60 až 70 % energie paliva se mění ve ztrátové teplo.**

**Při nevyužití ztrátového tepla:**

- **30 až 40 % energie pracuje,**
- **100 % energie paliva je nutno zaplatit,**
- **100 % paliva se promění CO<sub>2</sub> a mění klima,**
- **100 % produkuje toxické látky (NO<sub>x</sub>, PM, PAH, ...) a poškozuje lidské zdraví.**

**⇒ nepoužívat tepelné stroje tam, kde nelze využít ztrátové teplo:**

- **v dopravních prostředcích (náhrada elektrickým pohonem),**
- **ve velkých centrálních elektrárnách (náhrada malými decentrálními)**

# Základní energetická bilance ČR (rok 2015 podle SEK MPO ČR)

primární spotřeba energie ..... 1 854 PJ/rok (100 %)  
spotřeba energie fosilních paliv ..... 1 415 PJ/rok (76 %)

spotřeba energie fosilních paliv pro výrobu elektřiny ..... 500 PJ/rok (100 %)  
elektrická energie vyrobená z fosilních paliv..... 187 PJ/rok (37 %)  
**ztrátové teplo při výrobě elektřiny z fosilních paliv..... 313 PJ/rok (63 %)**

spotřeba energie fosilních paliv v dopravě ..... 335 PJ/rok (100 %)  
energie pro pohon vozidel z fosilních paliv ..... 100 PJ/rok (30 %)  
**ztrátové teplo v dopravě z fosilních paliv..... 235 PJ/rok (70 %)**

⇒ uhlovodíková paliva používat (dočasně do jejich náhrady obnovitelnými zdroji) k výrobě elektřiny jen v decentrálních zdrojích v místě poptávky po teple,

⇒ uhlovodíková paliva nepožívat v dopravních prostředcích (nelze využít ztrátové teplo)

# Potenciál energie slunečního záření

**maximální měrný výkon slunečního záření na povrchu ČR ..... 1,05 kW/m<sup>2</sup>**

**poměr středního a maximálního výkonu slunečního záření .... 12 %**

**střední měrný výkon slunečního záření na povrchu ČR ..... 0,126 kW/m<sup>2</sup>**

**střední měrná energie slunečního záření na povrchu ČR ..... 1 105 kWh/m<sup>2</sup>/rok**

**plocha ČR ..... 78 865 km<sup>2</sup>**

**energie slunečního záření na povrchu ČR..... 87 108 miliard kWh/rok (100 %)**

**konečná spotřeba energie ČR ..... 318 miliard kWh/rok (0,37 %)**

**střední výkon slunečního záření dopadajícího na ČR .....9 937 mil. kW (100 %)**

**jmenovitý výkon JE Temelín ..... 2 mil. kW (0,02 %)**

⇒ **energie slunečního záření, která je základem aktivit všech obnovitelných zdrojů energie, dopadajícího povrch na území ČR, je 274 násobkem konečné spotřeby energie ČR,**

⇒ **střední výkon slunečního záření, která je základem aktivit všech obnovitelných zdrojů energie, dopadajícího povrch na území ČR, je téměř 5 000 násobkem výkonu JE Temelín.**



# Transformace energie slunce pěstováním řepky olejné

Velmi v ČR rozšířeným (pěstební plocha 400 000 ha) obnovitelným zdrojem energie je pěstování řepky olejné, ze které je vyráběn metylester řepkového oleje. Ten je používán pro spalovací motory náhradou za ropnou naftu.

pěstební výnos plodiny .....	3 200 kg/ha/rok
výtěžnost metylesteru z plodiny .....	39 %
výhřevnost metylesteru .....	12 kWh/kg
hrubá měrná tepelná energie metylesteru.....	1,5 kWh/m <sup>2</sup> /rok
vlastní spotřeba .....	30 %
čistá měrná tepelná energie metylesteru.....	1,05 kWh/m <sup>2</sup> /rok
účinnost automobilového spalovacího motoru .....	30 %
využitelná čistá měrná tepelná energie metylester.....	0,31 kWh/m <sup>2</sup> /rok
střední měrná energie slunečního záření na povrchu ČR .....	1 105 kWh/m <sup>2</sup>
výsledná účinnost pěstování a použití metylesteru .....	0,028 %
primární spotřeba energie v ČR .....	515 miliard kWh/rok
plocha polí pro pokrytí primární spotřeby metylesterem .....	491 262 km <sup>2</sup>
plocha území ČR .....	78 865 km <sup>2</sup>
poměr potřebné plochy řepkových polí k ploše ČR .....	620 %

⇒ energie slunečního záření je k pohonu vozidel spalovacími motory transformací přes pěstování řepky využívána jen z 0,028 %,

⇒ pěstování řepky není cestou k pokrytí energetických potřeb obnovitelnými zdroji, pro úplné pokrytí spotřeby by potřebovalo 6,23 krát větší rozlohu polí, než je plocha ČR

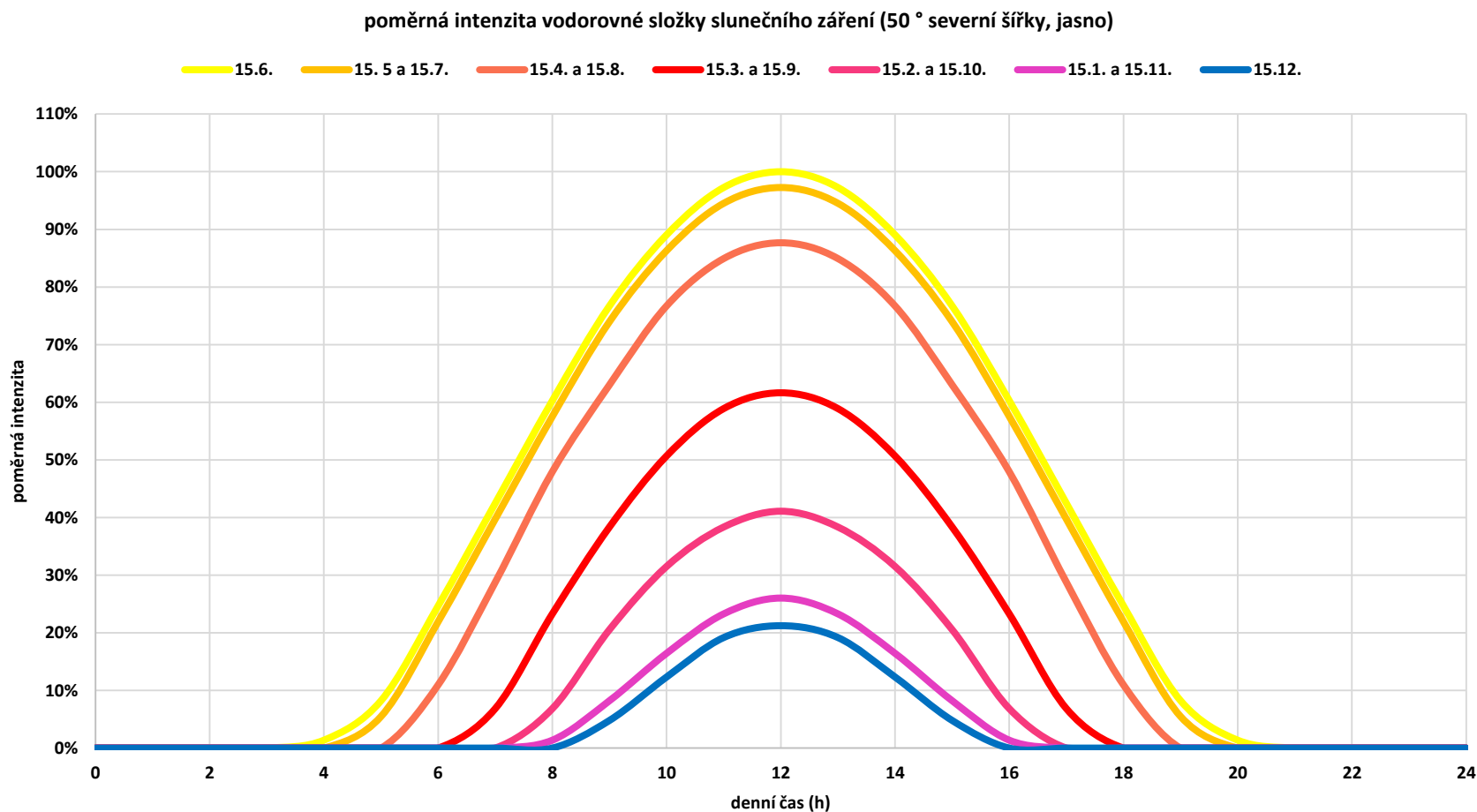
# Transformace energie slunce fotovoltaickou přeměnou na elektřinu

účinnost FV článků .....	20 %
účinnost rozvodu měničů .....	94 %
účinnost rozvodu měničů .....	95 %
výsledná účinnost FV elektrárny .....	18 %
maximální měrný výkon slunečního záření na povrchu ČR .....	1,05 kW/m <sup>2</sup>
poměr středního a maximálního výkonu slunečního záření .....	12 %
střední měrný výkon slunečního záření na povrchu ČR .....	0,126 kW/m <sup>2</sup>
střední měrná energie slunečního záření na povrchu ČR .....	1 105 kWh/m <sup>2</sup> /rok
hrubá spotřeba elektrické energie ČR.....	72 GWh/rok
potřebná plocha FV panelů .....	36 500 ha
maximální výkon FV elektrárny .....	68 GW
střední výkon FV elektrárny .....	8,2 GW
součinitel využití pozemku .....	67 %
potřebná plocha FV .....	54 000 ha
délka hrany čtvercové FV elektrárny .....	23 km
plocha ČR .....	78 865 km <sup>2</sup>
poměrná plocha FV .....	0,7 %

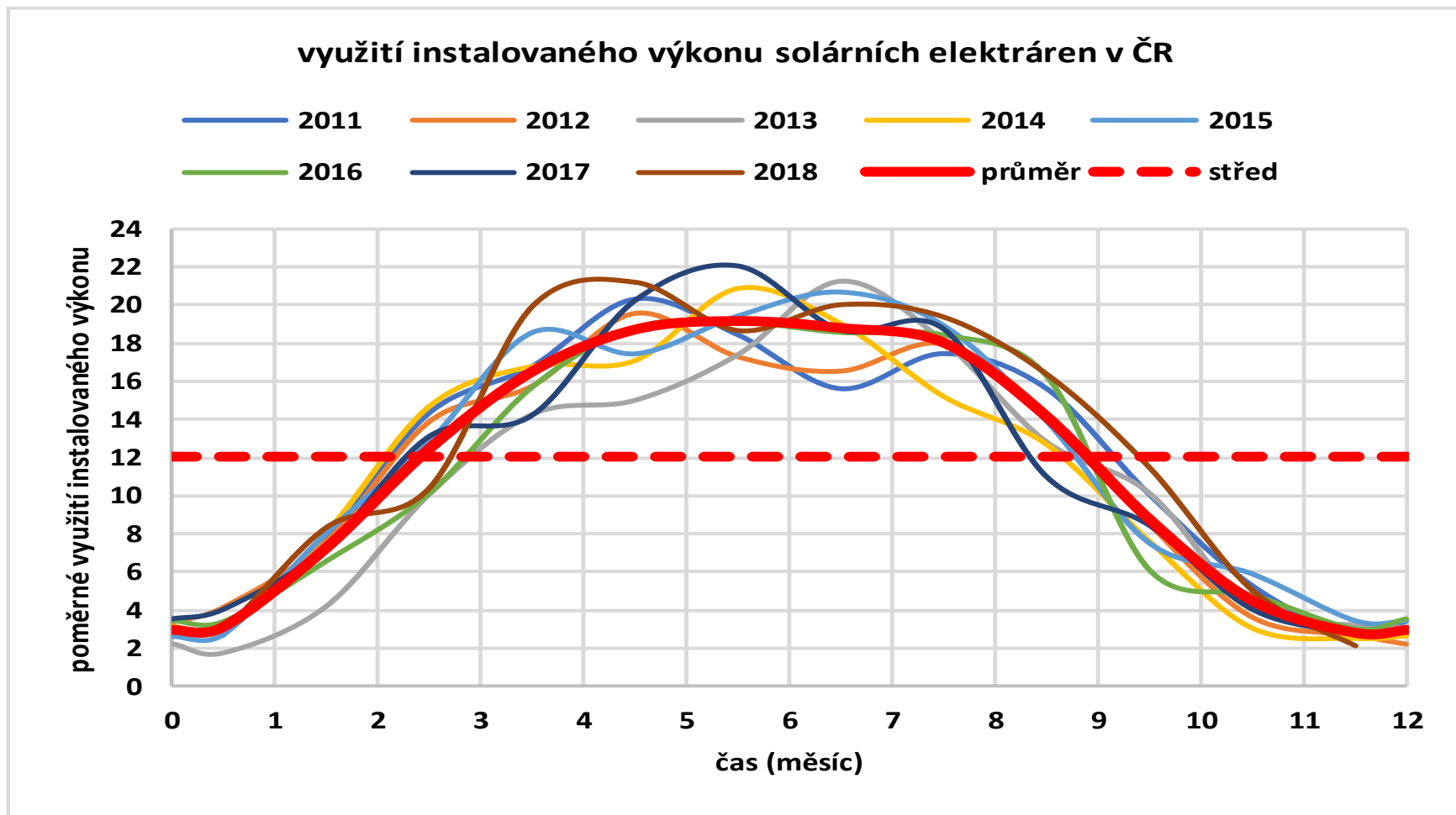
- ⇒ FV proces má 600 vyšší účinnost, než řepka v kombinaci se spalovacím motorem,
- ⇒ hrubou spotřebu elektrické energie v ČR je schopna pokrýt fotovoltaická elektrárna na ploše 0,7 % území.

Avšak je nutno akumulací vyrovnat okamžitý výkon s okamžitým příkonem.

# Výkon slunečního záření

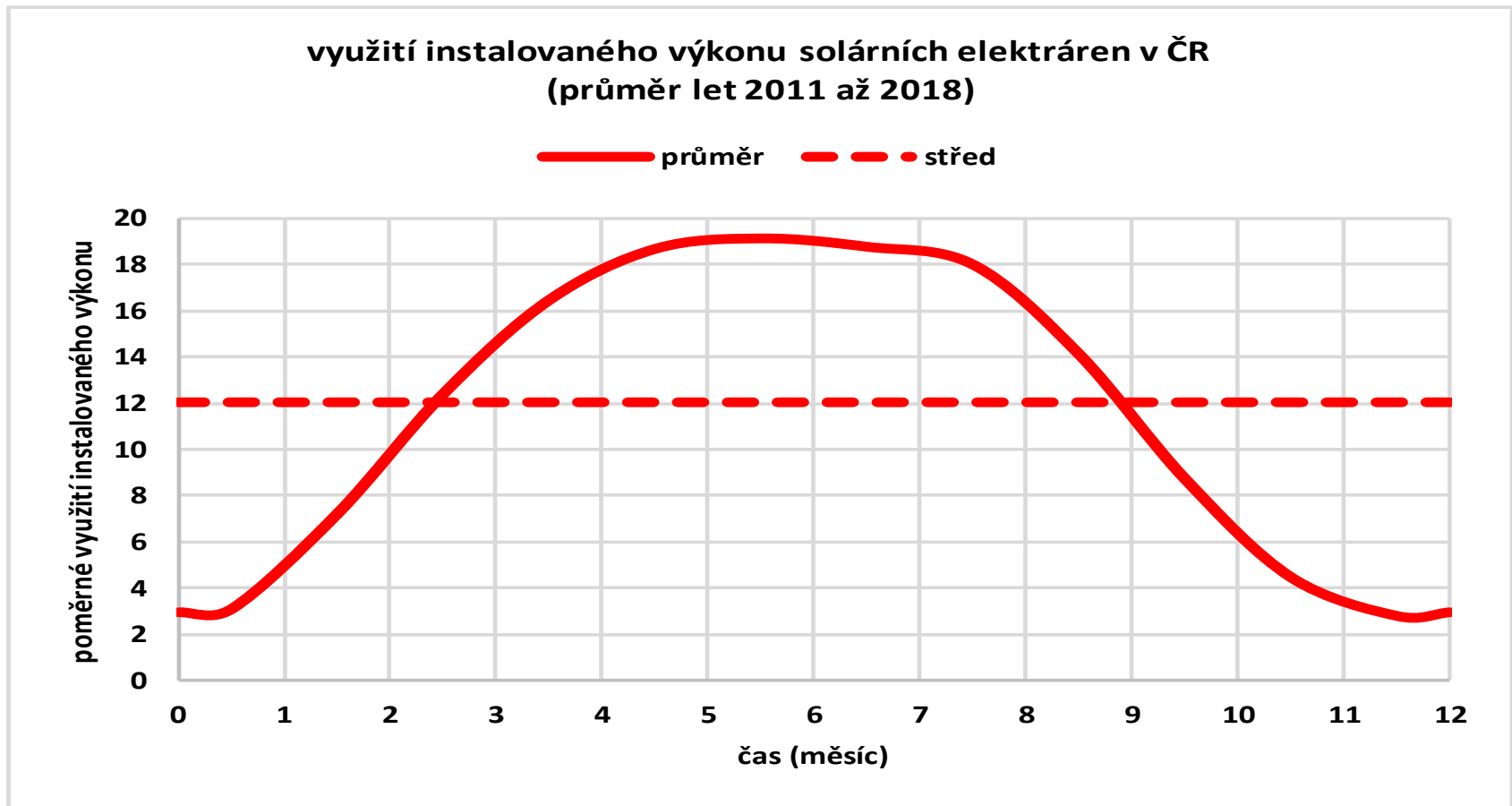


# Využití instalovaného výkonu FV elektráren v ČR

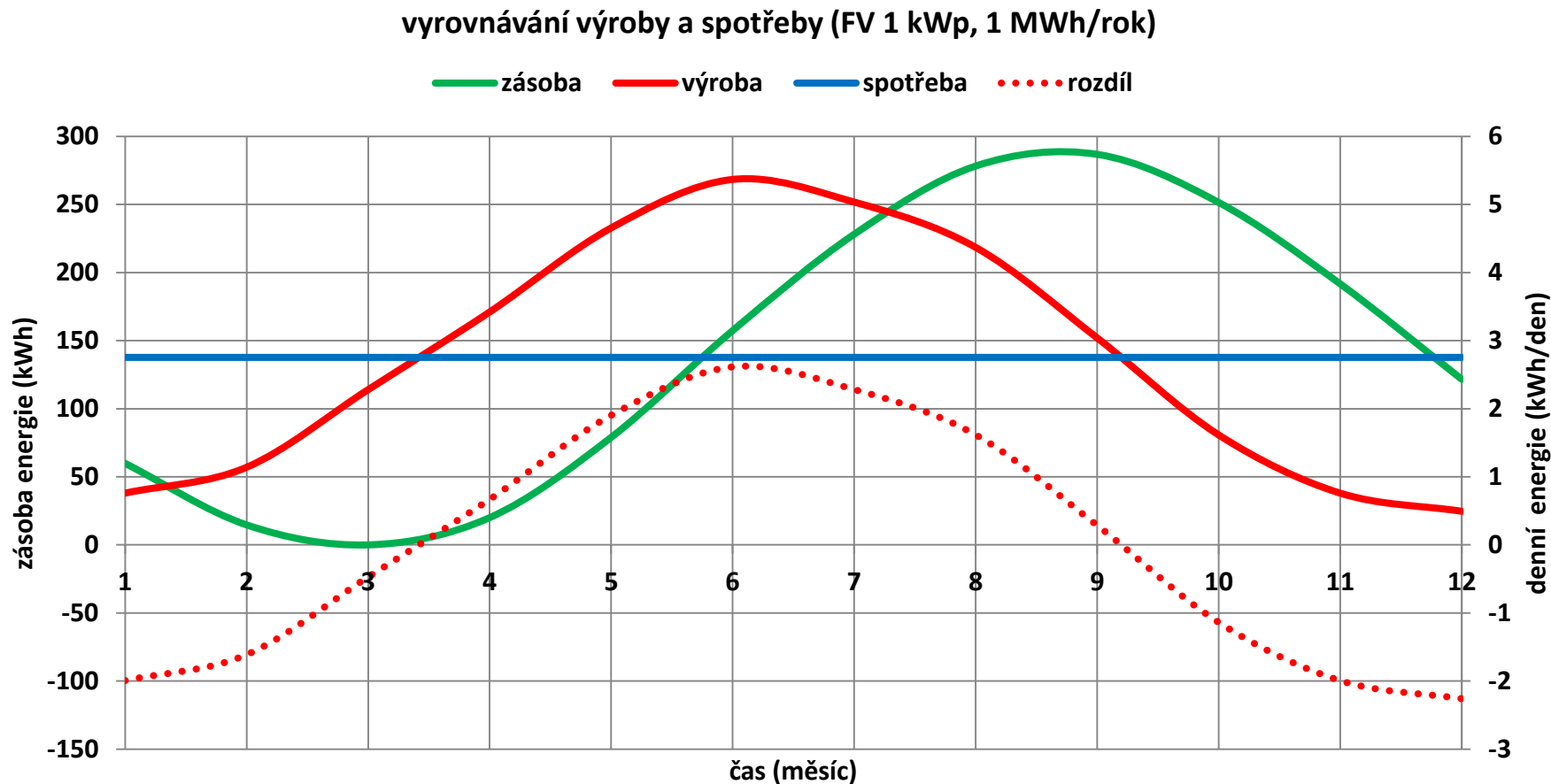


# Využití instalovaného výkonu FV elektráren v ČR

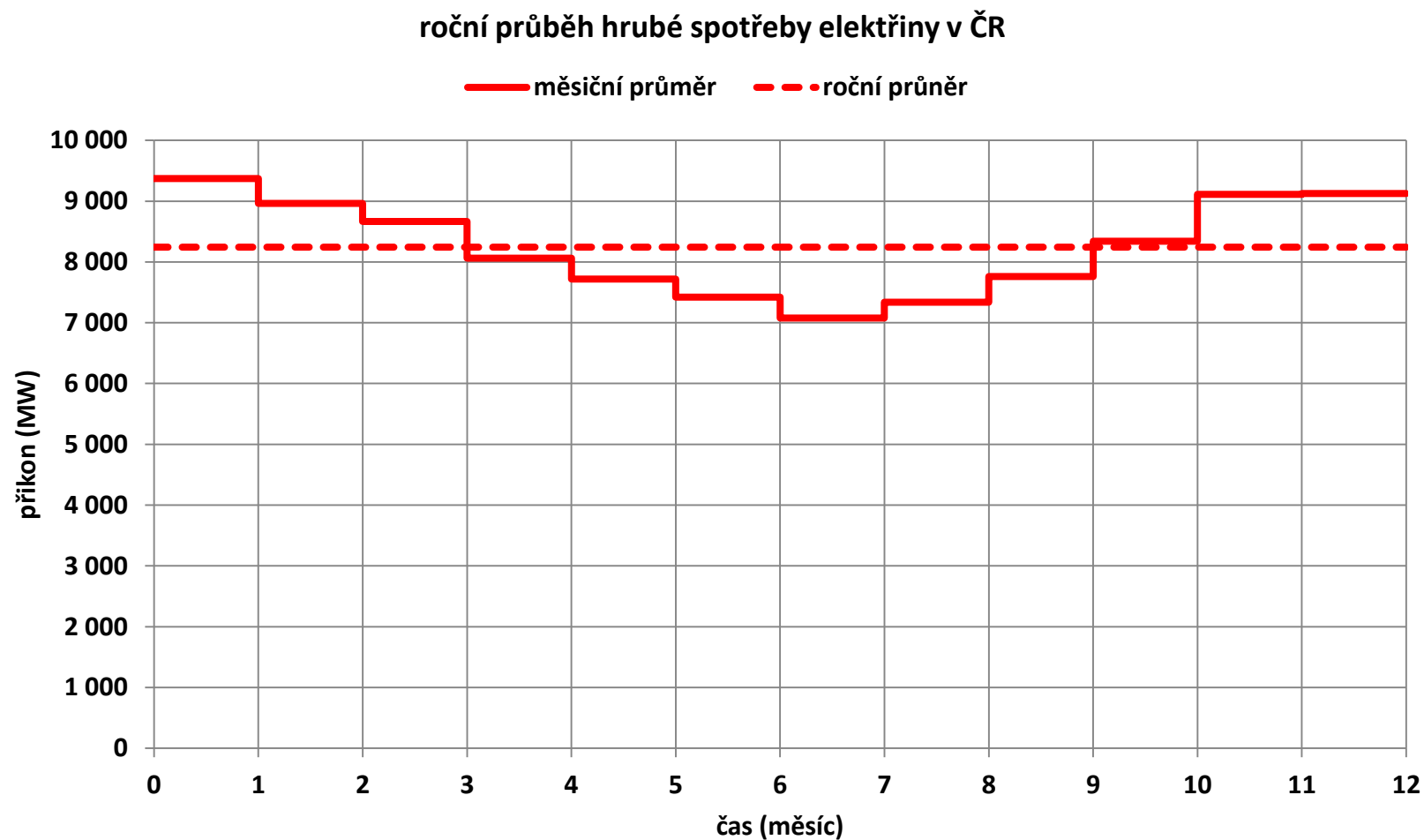
Vyrovňávat roční cyklus slunečního záření ukládáním fotosyntézou vytvořené energie zvládalo lidstvo až do 18. století. Akumulátor v podobě stodoly byl největším objektem každé selské usedlosti. Je potřebné se opět naučit ukládat letní energii na zimu.



# Dimenzování zásobníku energie pro vyrovnání v čase proměnné výroby a stálé spotřeby: FV 5 m<sup>2</sup> / 1 kWp (1 000 kWh/rok) zásobník 287 kWh k vyrovnání konstantní roční spotřeby 0,115 kW

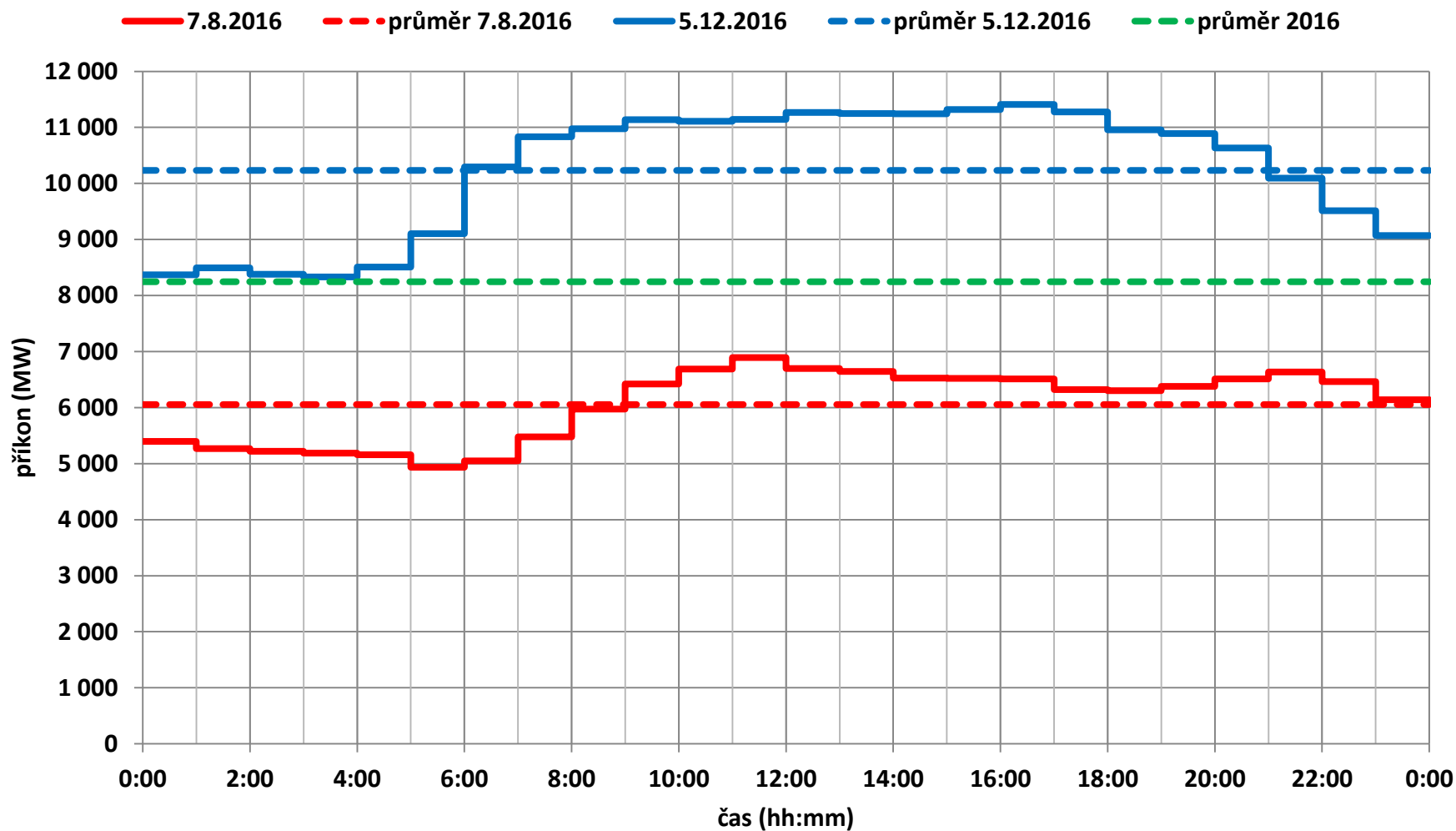


# Roční průběh spotřeby – střední příkon 8,2 GW (podle EGU)



# Denní průběh hrubé spotřeby elektrické energie v ČR (minimální letní den a maximální zimní den, podle EGU)

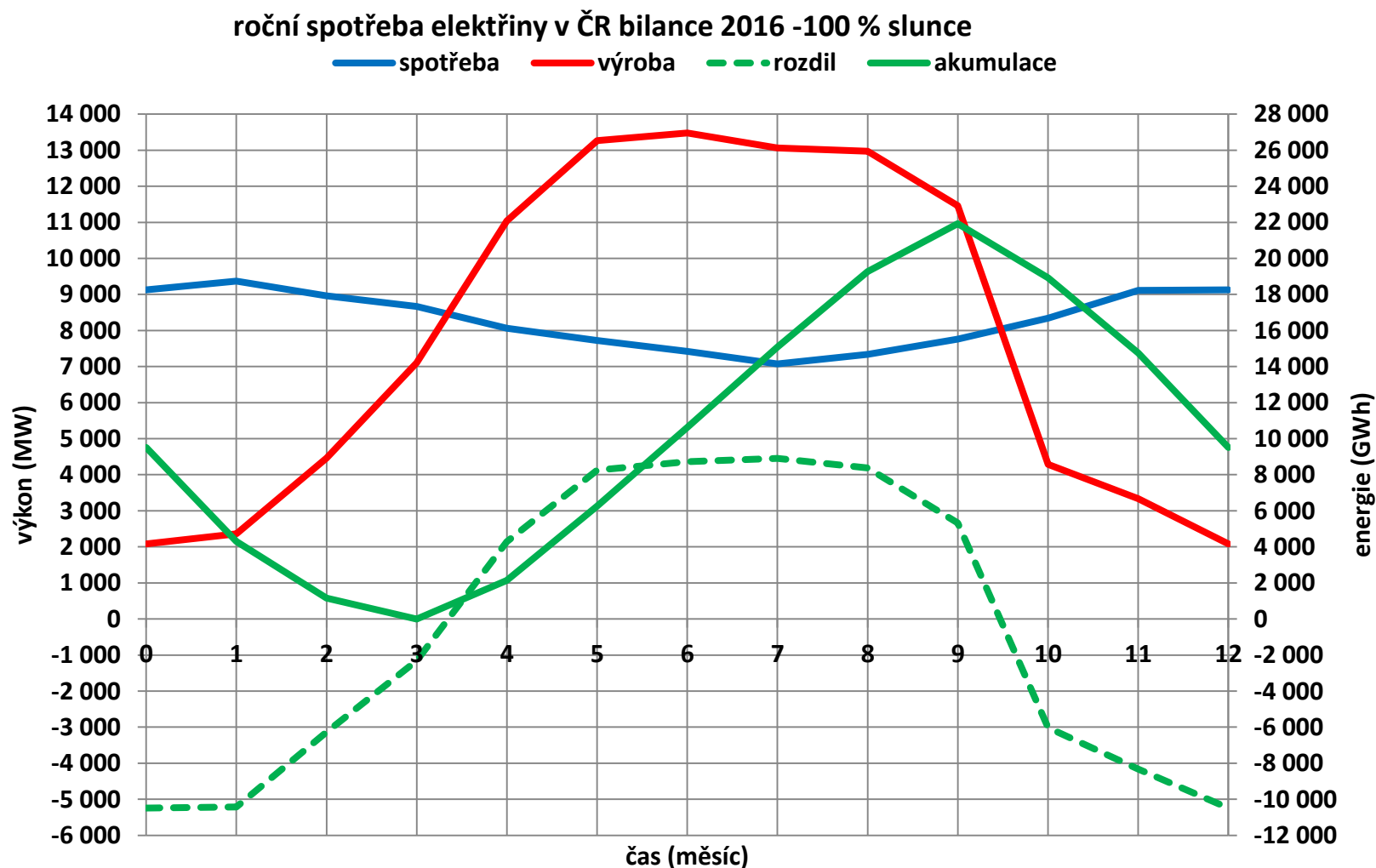
denní průběh hrubé spotřeby elektřiny v ČR





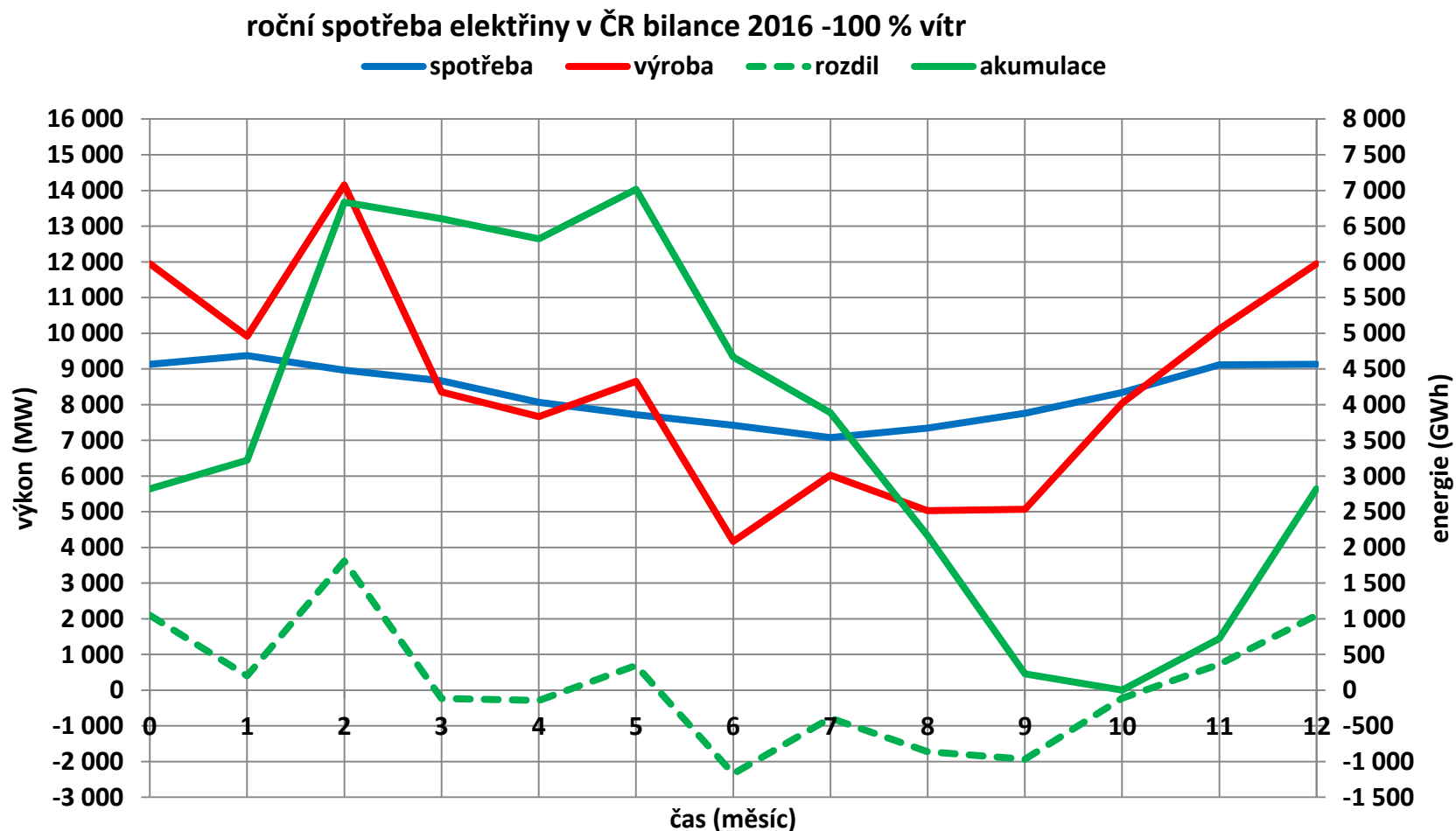
# Výhradní pokrytí spotřeby elektrické energie ČR FV elektrárnami

## Vyrovnávání roční bilance proměnlivého slunečního výkonu a proměnného příkonu (střední hodnota 8,2 GW) akumulací 22 TWh



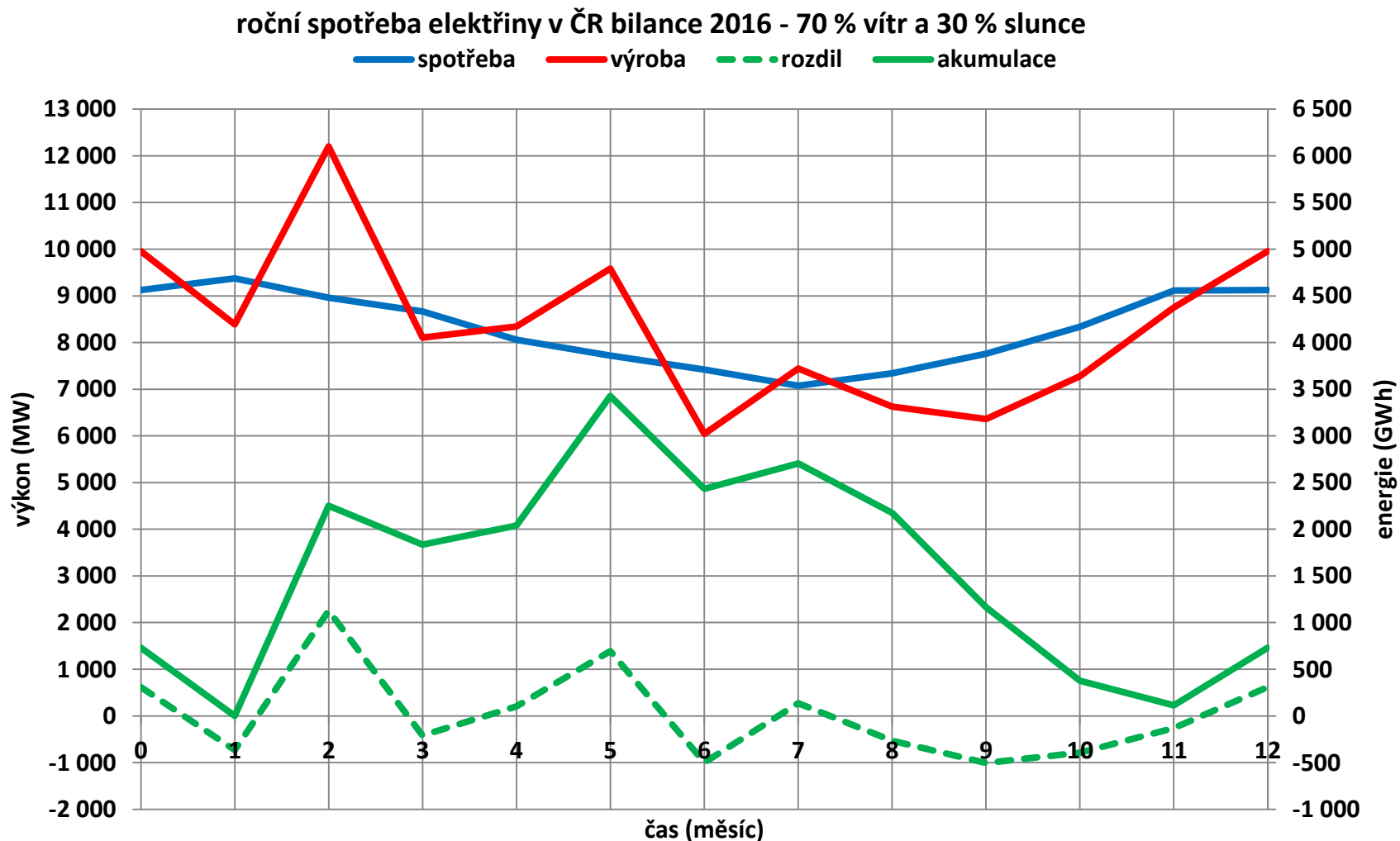
# Výhradní pokrytí spotřeby elektrické energie ČR větrnými elektrárnami

## Vyrovnávání roční bilance proměnlivého větrného výkonu a proměnného příkonu (střední hodnota 8,2 GW) akumulací 7 TWh

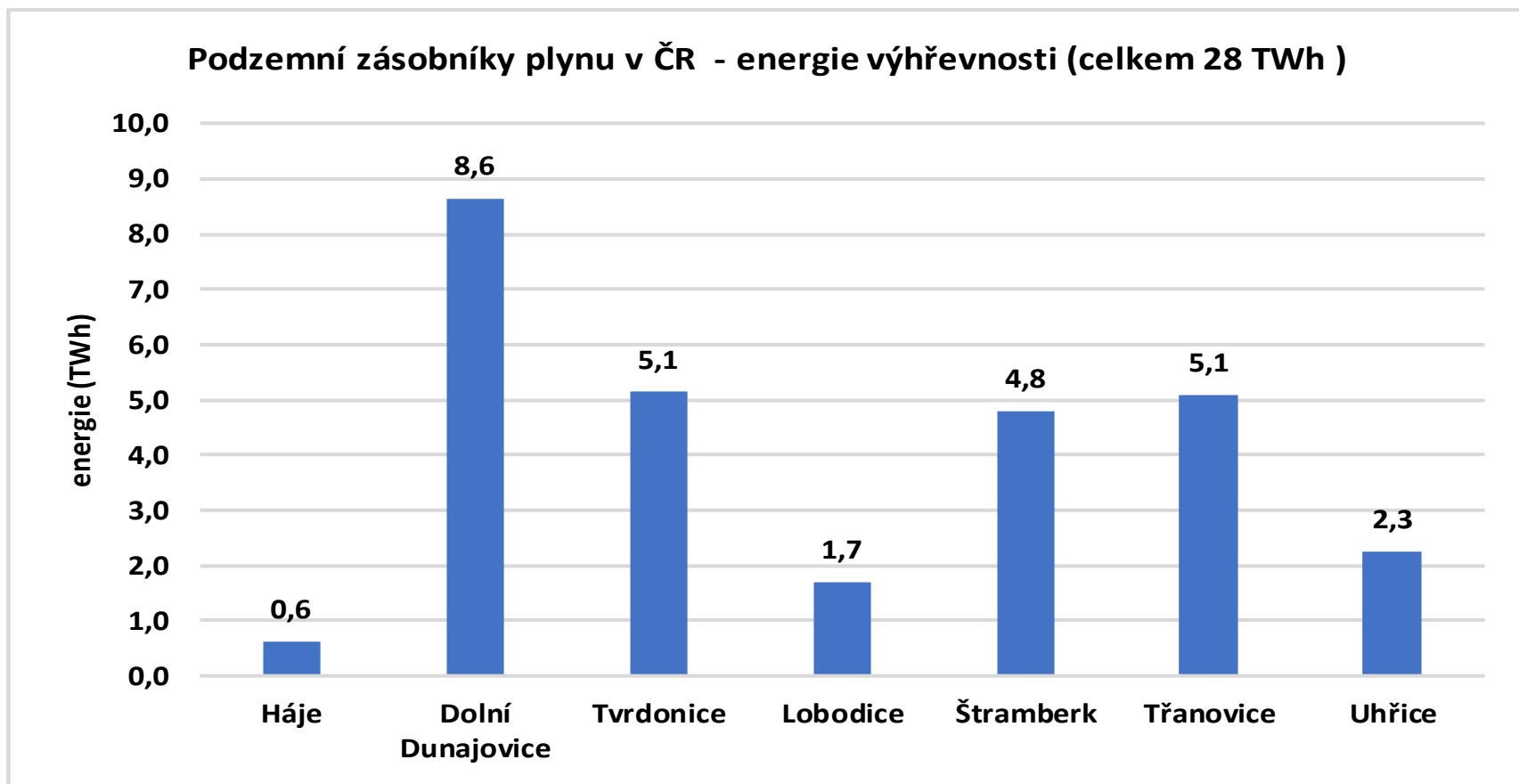


# Pokrytí spotřeby elektrické energie ČR mixem 70 % vítr plus 30 % slunce

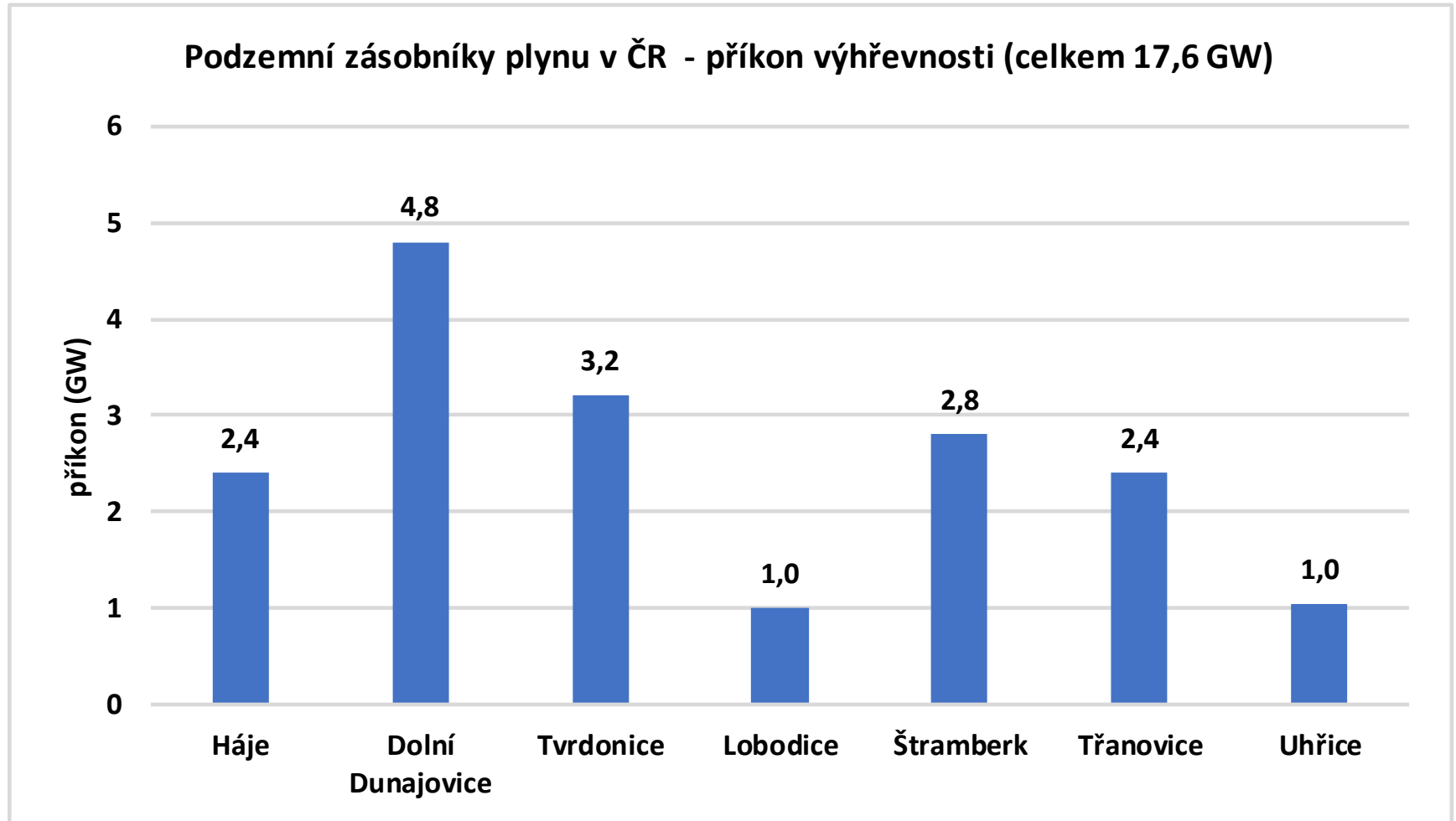
## Vyrovnávání roční bilance mixu proměnl. větrného a slunečního výkonu a proměnného příkonu (střední hodnota 8,2 GW) akumulací 3,4 TWh



# Ukládání energie metanu



# Ukládání výkonu metanu



# Dvě energetické infrastruktury

**ČR má dvě vybudované energetické infrastruktury: elektrickou a metanovou.**

**Obě jsou si z části podobné:**

- **mají přenosovou soustavu (vnitrostátní a mezistátní) schopnou přenášet výkony v součtu kolem 10 GW (fungující tam i zpět),**
- **mají distribuční síť (fungující tam i zpět) schopnou distribuovat výkon kolem 10 GW do měst a vesnic.**

**Dosud si spíš konkurují. Ve snaze získat zákazníka využívá každá své přednosti: elektrická:**

- **vyšší univerzálnost využití (široký sortiment spotřebičů),**
- **vyšší účinnost přeměny na mechanickou práci a na světlo,**
- **snadnější technologie obnovitelných zdrojů (slunce, vítr, voda),**
- **méně snadné skladování energie (přečerpávací elektrárny, elektrochemické akumulátory).**

**metanová:**

- **snadné skladování (zásobníky stlačeného plynu – domácí i centrální)**

# Součinnost elektrické a metanové infrastruktury

**K součinnosti elektrické a metanové infrastruktury je potřebné:**

- **kooperace (schopnost spolupracovat) => společné řízení (Energetika 4.0),**
- **komplementárnost (schopnost se doplňovat) => být každý trochu jiný a ve spojení využívat výhody odlišnosti („muž a žena“),**
- **konvertibilita (schopnost se proměňovat jeden v druhého).**

**Zásadní podmínkou k využití potenciálu kooperace a komplementárnosti je zvládnutí konverze (proměňování). A to jak na centralizované, tak i na decentralizované úrovni:**

**metan -> elektřina**

- **zvládnuto na centralizované úrovni: paroplynová elektrárna, účinnost 55 %,**
- **zvládnuto na decentralizované úrovni: kogenerační jednotka se spalovacím motorem nebo s palivovým článkem, účinnost 35 % plus benefit využitelnosti ztrátového tepla**

**elektřina -> metan**

- **zvládnut první krok, přeměna elektřiny na vodík elektrolýzou (centralizovaná i decentralizovaná úroveň), účinnost 60 %,**
- **je potřebné komerčně zvládnout druhý krok, přeměna vodíku na metan (Sabatierova reakce).**

# Metan nebo vodík?

Na straně metanu je výhodou vybudovaná infrastruktura a vyšší objemová koncentrace energie. Metan bude více ceněn, než vodík.

látko		vodík	metan	poměr
měrné spalné teplo	kWh/kg	33,2	15,06	2,20
měrná výhřevnost	kWh/kg	27,56	13,72	2,01
měrná hmotnost při atmosférickém tlaku	kg/m <sup>3</sup>	0,09	0,7	0,13
měrný objem při atmosférickém tlaku	m <sup>3</sup> /kg	11,11	1,43	7,78
měrné spalné teplo v přepočtu na objem při atm. tlaku	kWh/m <sup>3</sup>	2,99	10,54	0,28
atmosférický tlak	bar	1	1	1,00
skladovací přetlak	bar	350	200	1,75
stlačený objem	m <sup>3</sup>	0,032	0,007	4,45
měrná hmotnost při skladovacím tlaku	kg/m <sup>3</sup>	31,59	140,7	0,22
měrné spalné teplo v přepočtu na objem při skl. tlaku	kWh/m <sup>3</sup>	1 049	2 119	0,49
materiál nádoby		ocel	ocel	
měrná hmotnost nádoby	kg/m <sup>3</sup> /bar	4,5	4,5	1,00
gradient hmotnosti nádoby	kg/m <sup>3</sup>	1 575	900	1,75
poměr hmotnosti nádoby k hmotnosti paliva		50	6	7,79
měrné spalné teplo včetně hmotnosti nádoby	kWh/kg	0,65	2,04	0,32
měrná výhřevnost včetně hmotnosti nádoby	kWh/kg	0,54	1,85	0,29



# Účinnost konverze

**Snadná skladovatelnost metanu je motivem ke konverzi elektřiny na metan a zpět.**

**Účinnost dvojité konverze elektřina / metan / elektřina je cca  $50 \% \cdot 60 \% = 30 \%$ .**

- **to je málo ve srovnání s lithiovými akumulátory (cca 85 % včetně měničů),**
- **to je málo ve srovnání s přečerpávacími vodními elektrárnami (cca 85 %),**
- **to je srovnatelné s uhelnými elektrárnami (cca 40 %),**
- **to je srovnatelné s jadernými elektrárnami (cca 35 %),**
- **to je srovnatelné se spalovacími motory ve vozidlech (cca 35 %).**

**K uskladnění bude potřeba vyrobit 3 krát tolik elektrické energie.**

**Při orientaci na obnovitelné zdroje je to reálné, FV elektrárny pro ČR nebudou na ploše 54 000 ha, ale na ploše 162 000 ha (řepku pěstujeme na ploše 400 000 ha)**

# **přednosti Podkrušnohoří**

**Oblast pod Krušnými horami má pro moderní energetiku řadu předností:**

- investiční výstavba na těžbou znehodnoceném území není komplikována spory o vlastnictví, přírodními rezervacemi a zájmy developerů,**
- zbydou zde po opuštěných uhelných elektrárnách vysoce výkonná elektrická distribuční a přenosová vedení,**
- je zde tradice pracovních míst a kvalifikace lidí v oblasti energetiky,**
- je zde hustá železniční i silniční dopravní síť,**
- blízkost Německa a tím snadná dostupnost přebytků elektrické energie (velmi levné či za zápornou cenu, a to o výkonech i vyšších než je celková spotřeba ČR),**
- podél nově budované vysokorychlostní železnice je možno postavit vysoce výkonné (10 GW) elektrické dálkové vedení (HV DC) evropského významu, spojující větrné parky v pobřežních mělčinách Severního moře s centrální oblastí Evropy,**
- přirozený reliéf krajiny vytváří velké výškové rozdíly, další výškové rozdíly vznikly těžbou uhlí,**
- oblast je bohatá na vodní zdroje (horská prameniště),**
- v krajině jsou k dispozici stroje k přemísťování velkého množství zemin i lidé se znalostí jejich obsluhy,**
- v krajině chybí pracovní příležitosti pro živitele mladých rodin.**

# USNESENÍ VLÁDY ČESKÉ REPUBLIKY

ze dne 17. června 2019 č. 421

## k návrhu postupu v oblasti provozování a správy dokončených a plánovaných hydrických rekultivací zbytkových jam po ukončení těžby hnědého uhlí v Ústeckém kraji

### Vláda

- I. **bere na vědomí** návrh postupu v oblasti provozování a správy dokončených a plánovaných hydrických rekultivací zbytkových jam po ukončení těžby hnědého uhlí v Ústeckém kraji, obsažený v části III materiálu čj. 38/19;

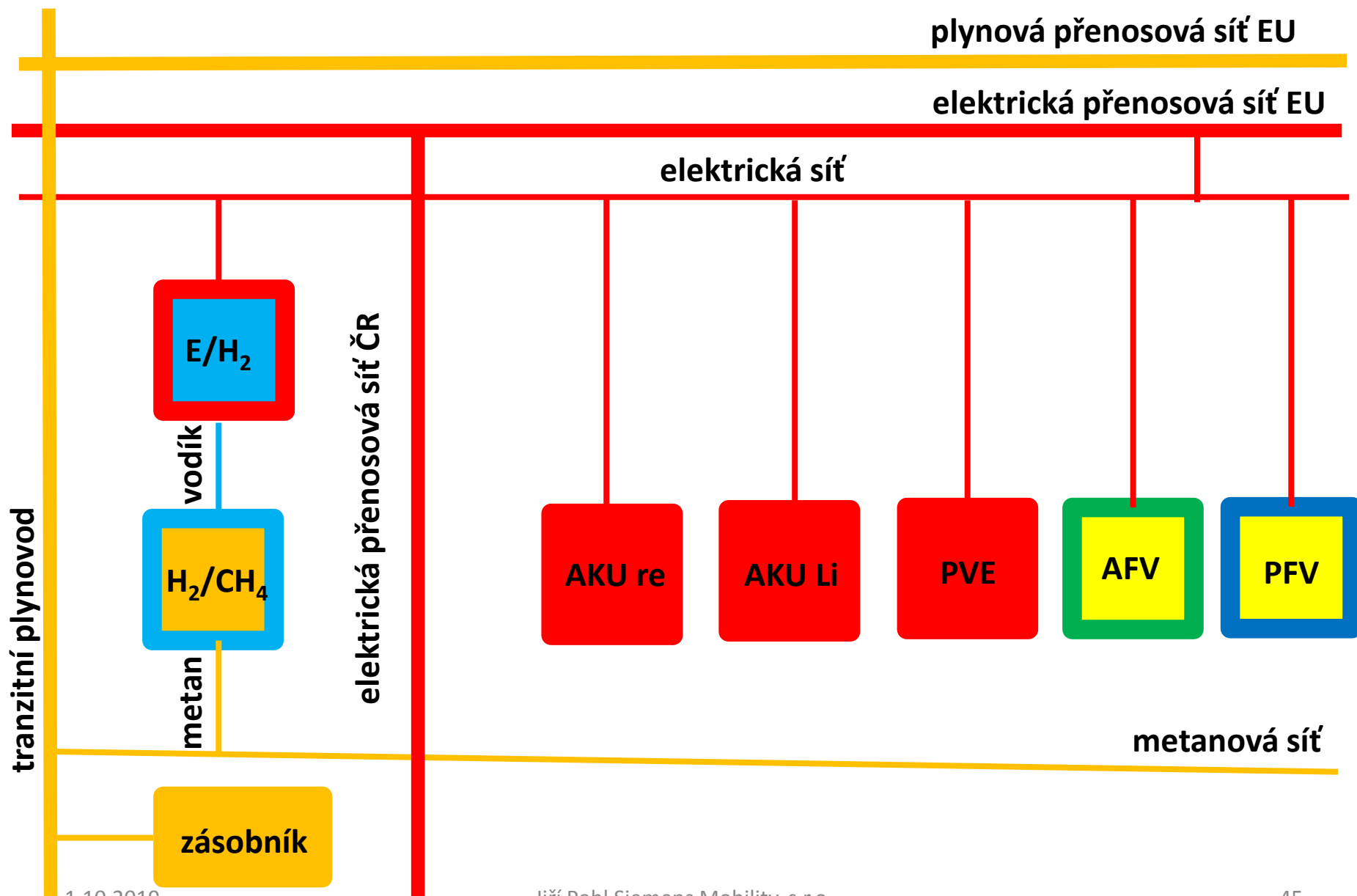
### II. ukládá

1. místopředsedovi vlády a ministru průmyslu a obchodu navrhnout do 31. března 2021 parametry technických opatření souvisejících s ochranou nevytěžené části ložiska na lomu ČSA, v rámci možných variant plánované hydrické rekultivace, včetně vyjádření jejich ekonomické náročnosti a výsledné efektivnosti,
2. ministru zemědělství ve spolupráci s místopředsedou vlády a ministrem průmyslu a obchodu
  - a) na základě získaných zkušeností z realizace hydrických rekultivací zpracovat do 30. června 2020 komplexní aktualizaci vodohospodářských bilancí již dokončených a plánovaných hydrických rekultivací zbytkových jam, včetně vyhodnocení dopadů do zpracovaných projektů a projektových záměrů,
  - b) zpracovat do 31. prosince 2020 posouzení realizovatelnosti vytvoření propojené vodohospodářské soustavy u již dokončených a plánovaných hydrických rekultivací zbytkových jam po úplném ukončení těžby hnědého uhlí v Ústeckém kraji,
3. místopředsedovi vlády a ministru průmyslu a obchodu ve spolupráci s ministry zemědělství a životního prostředí na základě výstupů z bodu II/1 a II/2 tohoto usnesení zpracovat a vládě do 30. června 2021 předložit návrh technicky nejefektivnějšího způsobu budoucího provozování a správy zatápěných zbytkových jam v Ústeckém kraji.

# Energetický park Podkrušnohoří (výchozí idea červen 2019)

- přečerpávací vodní elektrárna dimenzovaná na záskok za náhlý výpadek celého Temelína (2 GW). To je schopna přenosová soustava z dané lokality přenést (uhelná elektrárna Ledvice 0,8 GW, uhelné Počerady 1,2 GW, ...). Při dimenzování zásroku na 8 hodin, tedy 16 GWh, je potřebný hydraulický potenciál ( $V \cdot H$ ) kolem 6 750 mil. m<sup>4</sup>vody. Například jezera pro transfer 67,5 mil. m<sup>3</sup>vody (například plocha 7,5 km<sup>2</sup> a využitá hloubka 9 m) při 100 m rozdílu výšek hladin mezi jezery.
- pro využití elektrického přenosového vedení s přenosovou schopností 2 GW (respektive více) má smysl v této lokalitě zřídit také výkonný elektrochemický lithiový akumulátor pro velmi rychlé reagování, též dimenzovaný na 2 GW, tedy například  $2 \text{ GW} \cdot 0,25 \text{ h} = 0,5 \text{ GWh}$ ,
- v úvahu přichází i rodoxní průtočný elektrochemický akumulátor pro denní cyklus (podobně jako PVE),
- pro dlouhodobé skladování levné nadbytečné elektrické energie z tuzemska i z ciziny zde zřídit též elektrolyzátor, taktéž o výkonu 2 GW. Plus k tomu konverzi z vodíku na metan (významné výzkumné téma) a ten vtlačovat do tranzitního plynovodu, který jde kolem (Hora Svaté Kateřiny), a ukládat jej v podzemních zásobnících plynu (k dispozici jsou v ČR zásobníky pro uložení 28 TWh energie stlačeného metanu,
- v této lokalitě též zřídit 2 000 ha (20 km<sup>2</sup>) agrofotovoltaiky (50 % plochy pro agro a 50 % pro foto). 1 000 ha FV panelů dá při intenzitě slunečního záření 1 kW/m<sup>2</sup> a 20 % účinnosti špičkový výkon 2 GW. Provéřit i plovoucí FV elektrárny na hladině jezer (snížení odparu vody)

# Energetický park Podkrušnohoří (výchozí idea červen 2019)



# **Energetický park Podkrušnohoří (stav 1.10. 2019)**

## **1) Palivový kombinát Ústí nad Labem zadává dvě studie proveditelnosti:**

- **soustava jezer (zatopené důlní jámy) a její energetické využití,**
- **soustava fotovoltaických elektráren (plovoucí i pevné – agrofotovoltaika)**

## **2) ČVUT Praha požádala TAČR o grant „Energetický rezervoár Podkrušnohoří“, zahrnující výrobu, akumulaci a konverzi elektrické energie**

## Úroveň o stupeň výše - evropská energetika

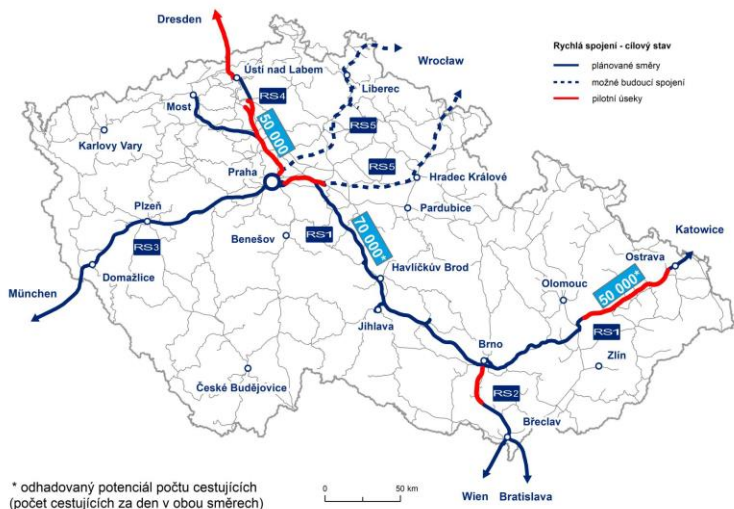
Budování společných evropských dopravních a energetických koridorů (viz nařízení EU č. 1316/2013)

Vysokorychlostní železnice stavěné v ČR ve směrech severozápad – jihovýchod (DE – CZ – AT/SK) a sever – jih (PL – CZ – AT/SK) podle usnesení vlády ČR č. 389/2017 odpovídají nejen transevropským přepravním proudům, ale i transevropským přeshraničním tokům elektrické energie.

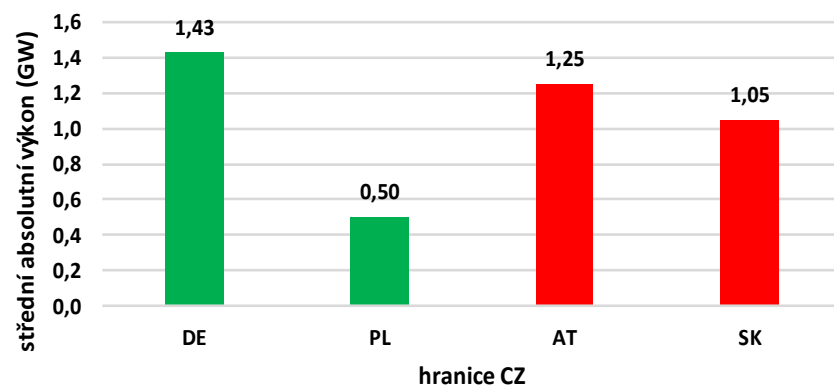
Ukazuje se rozumné využít ochranu území pro stavbu vysokorychlostní železnice též pro stavbu dálkových přenosových vysokonapěťových stejnosměrných elektrických vedení (HV DC 1 200 000 V) o výkonu cca 10 GW.

Například v červenci 2019 byl po několik dnů na severozápadě EU přebytek elektrického výkonu na úrovni spotřeby ČR (8 GW),

po kterém by byla poptávka na jihovýchodě EU. Tento trend bude s pokračujícím budováním obnovitelných zdrojů růst.



ČR 2018: absolutní hodnoty středního výkonu přeshraničního toku elektřiny  
(zelená - převážující import, červená převážující export)



# Úroveň o stupeň níž: lokální (decentralizovaná energetika)

## Časová flexibilita zdrojů

**Zásadní problémem dekarbonizace elektroenergetiky je odklon od používání regulovatelných zdrojů, kterým jsou tepelné elektrárny.**

**Proto je potřebné kromě vytváření mezistátních sítí s diverzifikací zdrojů, úspor energie, akumulace elektrické energie a řízení spotřeby též hledat a budovat flexibilní zdroje elektřiny.**

**Tuto roli mohou plnit kogenerační jednotky (kombinovaná výroba elektřiny a tepla). Jejich zásadní výhodou je, že poptávka po elektřině má v ročním i v denním cyklu podobný průběh, jako poptávka po teple a tedy i po plynu.**



# Kombinovaná výroba tepla a elektřiny

Každopádně bude potřeba energií šetřit, tedy:

- Nepoužívat tepelný cyklus tam, kde není možnost využít jeho (60 %) ztrátové teplo (mobilní prostředky, velké centrální zdroje),
- nepoužívat uhlovodíková paliva jakéhokoliv skupenství (pevné, kapalné i plynné) a jakéhokoliv původu (obnovitelného a dočasně ještě i fosilního) pouze jako zdroje tepla, ale vždy zároveň i jako zdroje elektřiny

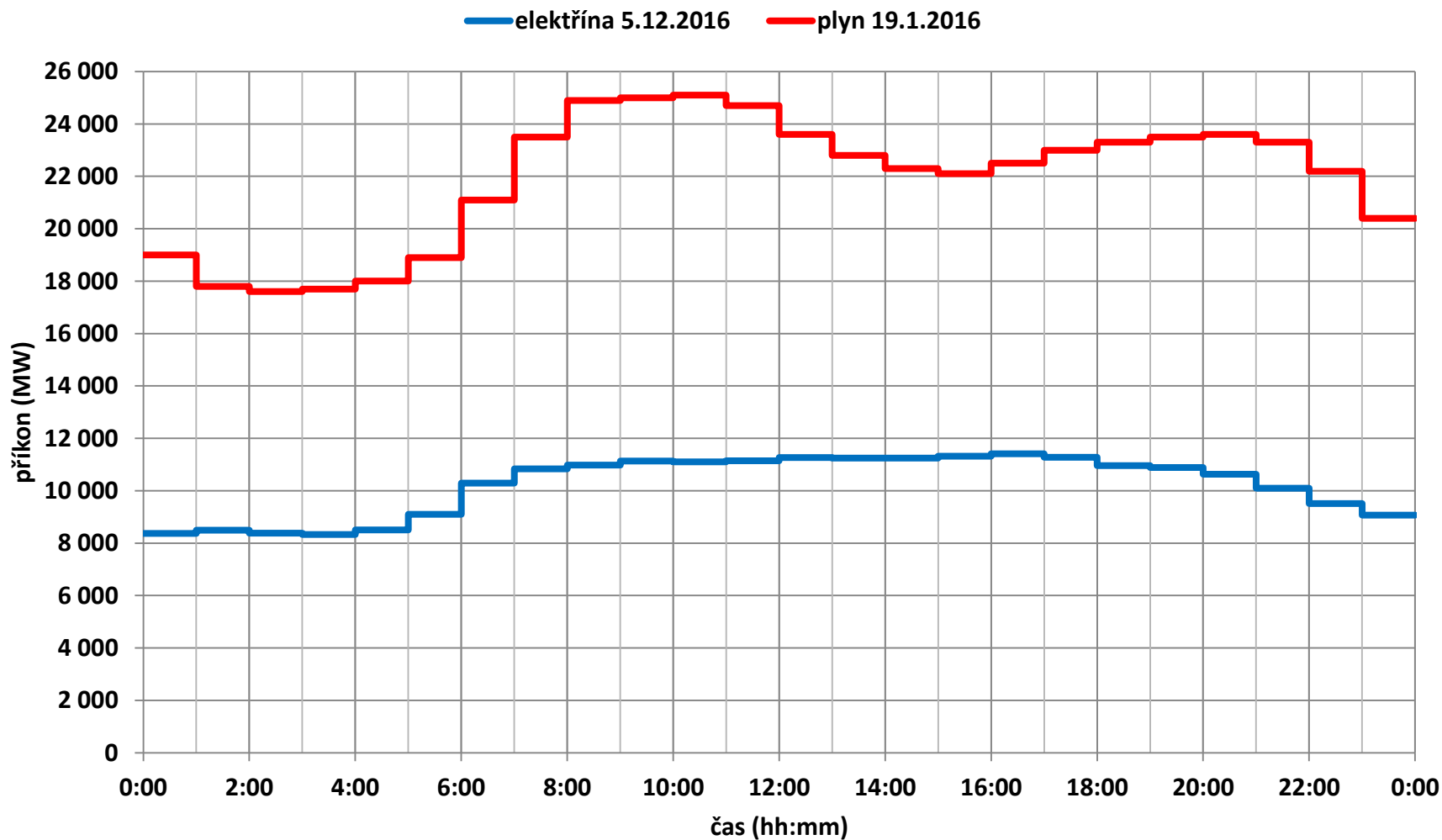
Zásadním tématem je hromadné zavedení malých (domácích) kogeneračních jednotek náhradou za tradiční plynové kotle (výroba zhruba 30 % elektřiny a 70 % tepla) a to na principu:

- a) spalovacího motoru s elektrickým generátorem (výroba zhruba 30 % elektřiny a 70 % tepla)
- b) metanového palivového článku (výroba zhruba 50 % elektřiny a 50 % tepla)

Palivem bude v první fázi dočasně zemní plyn a následně v druhé fázi syntetický metan (vyráběný v nočním odběrovém sedle elektřiny v mořských větrných farmách v řetězci větrná turbína – elektrolýza – metanizace – vtlačování do plynové sítě.

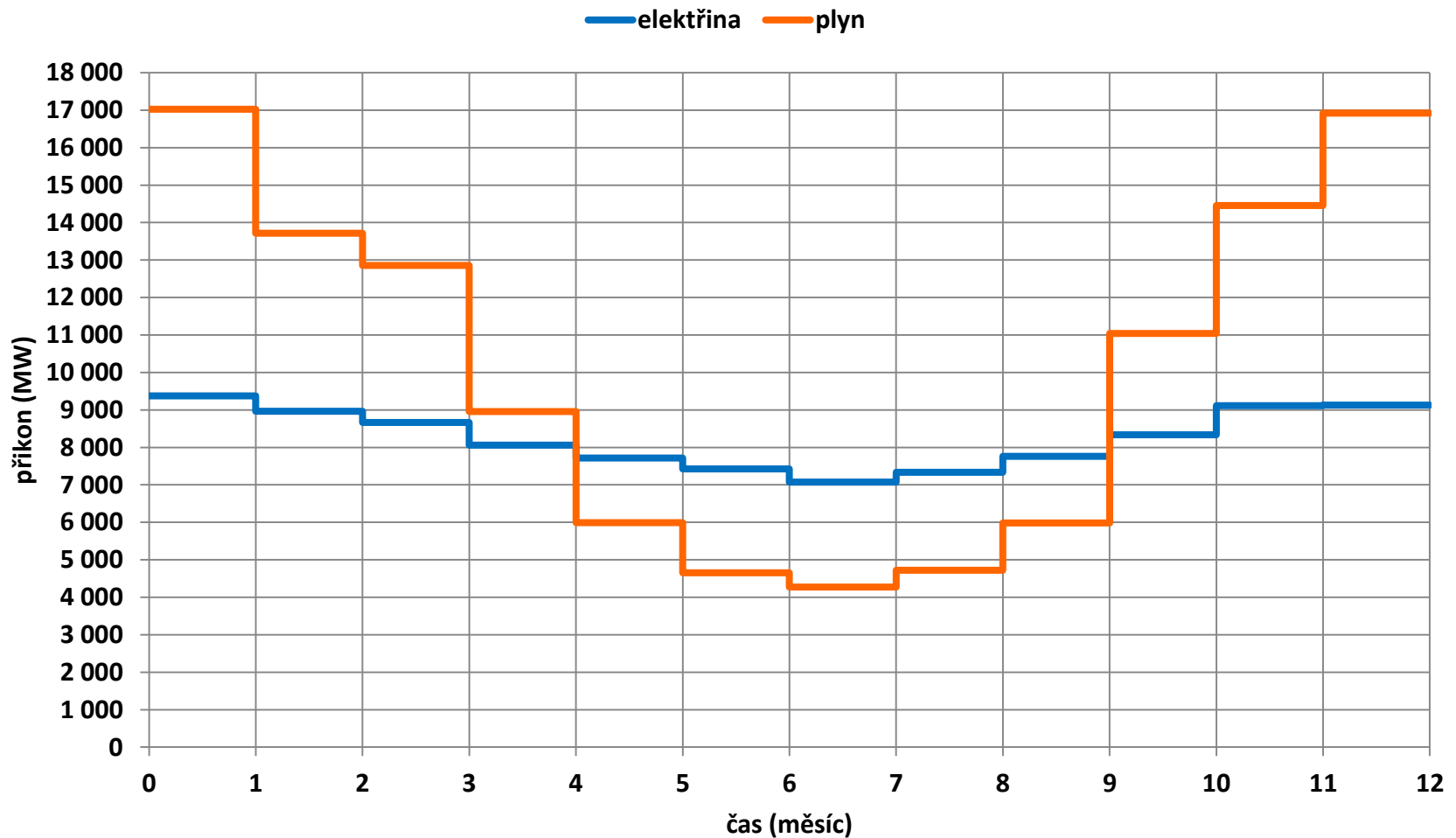
# Denní průběh spotřeby plynu a elektřiny v zimě

denní průběh hrubé spotřeby elektřiny a plynu v ČR v chladném zimním dnu



# Roční průběh spotřeby plynu a elektřiny

roční průběh hrubé spotřeby elektřiny a plynu v ČR



## **2 x 1 000 000 kW bez využití odpadního tepla, nebo 1 000 000 x 2 kW s využitím odpadního tepla?**

**Téma: posoudit z technického, ekonomického i provozního hlediska proveditelnost malých plynových domovních kogeneračních jednotek (zhruba ve velikostní řadě elektrického výkonu 1 kW – 2 kW – 5 kW – 10 kW) určené pro výrobu elektřiny (jak pro místní spotřebu, tak pro distribuční síť) a pro výrobu tepla pro vytápění a pro teplou užitkovou vodu. Tedy v zásadě náhrada za současné plynové kotle pro domovní ústřední topení a pro uhřev teplé užitkové vody. Jednalo by se o vytvoření centrálně koordinované energetické sítě v ČR se zhruba milionem domovních zdrojů.**

**Alternativně je možno (podle vývoje stavu techniky) možno uvažovat i metanové palivové články. Cíl je společný – poskytnou občanům ČR dvě distribuční energetické sítě (elektrickou a plynovou), které jsou díky možným přeměnám plyn – elektřina (spalovací motor nebo palivový článek) a elektřina – plyn (elektrolýza plus metanizace) navzájem redundantní a propojují centralizovanou a decentralizovanou energetiku (zdroje, přenosová vedení, úložiště, spotřebiče).**

**Děkuji Vám za Vaši pozornost !**