

Technická univerzita v Košiciach
Fakulta elektrotechniky a informatiky



OZE a spôsoby akumulácie elektrickej energie

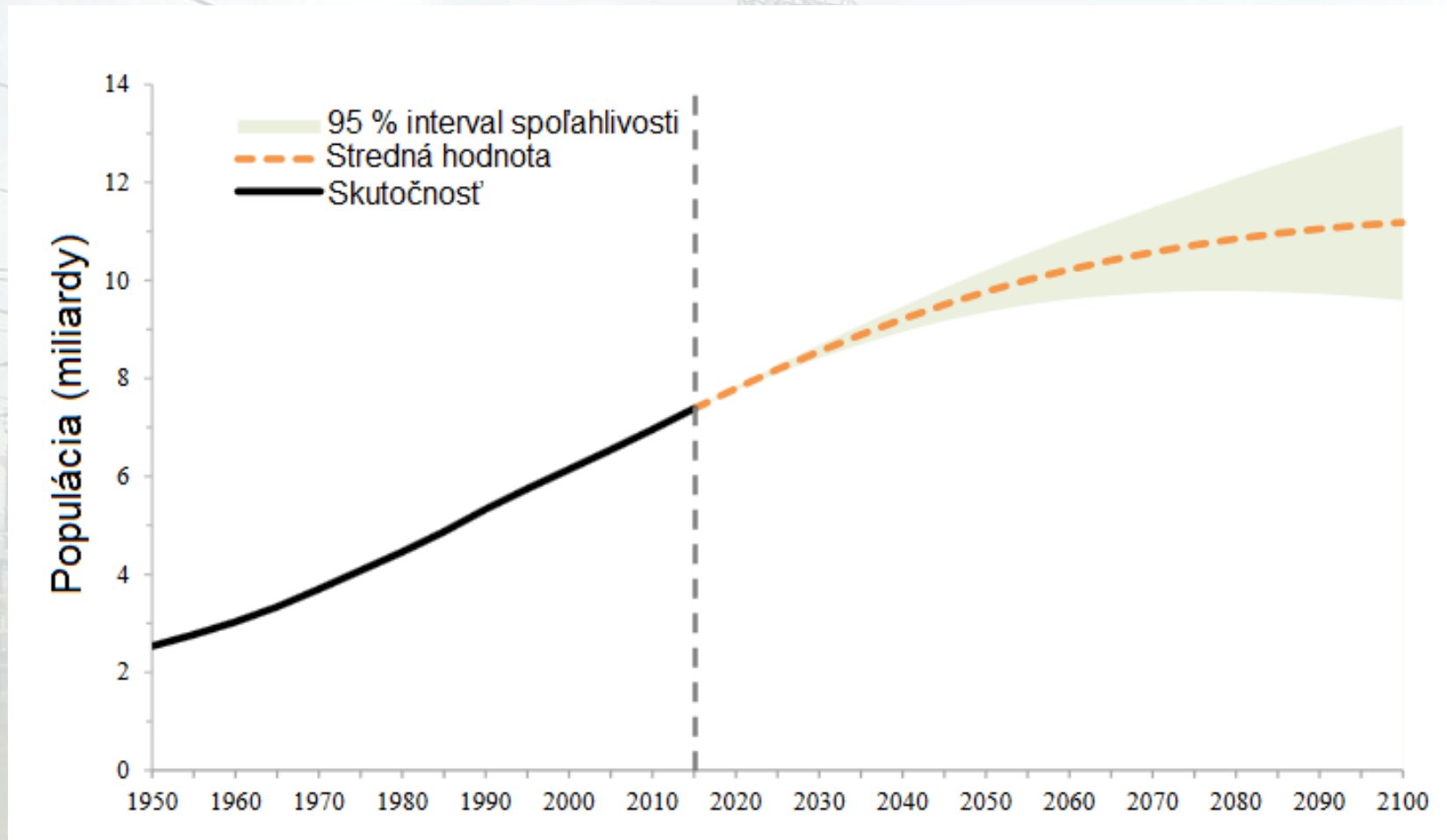


Dr. hc. prof. Ing. Michal Kolcun, PhD.
Ing. Martin Vojtek

OBSAH

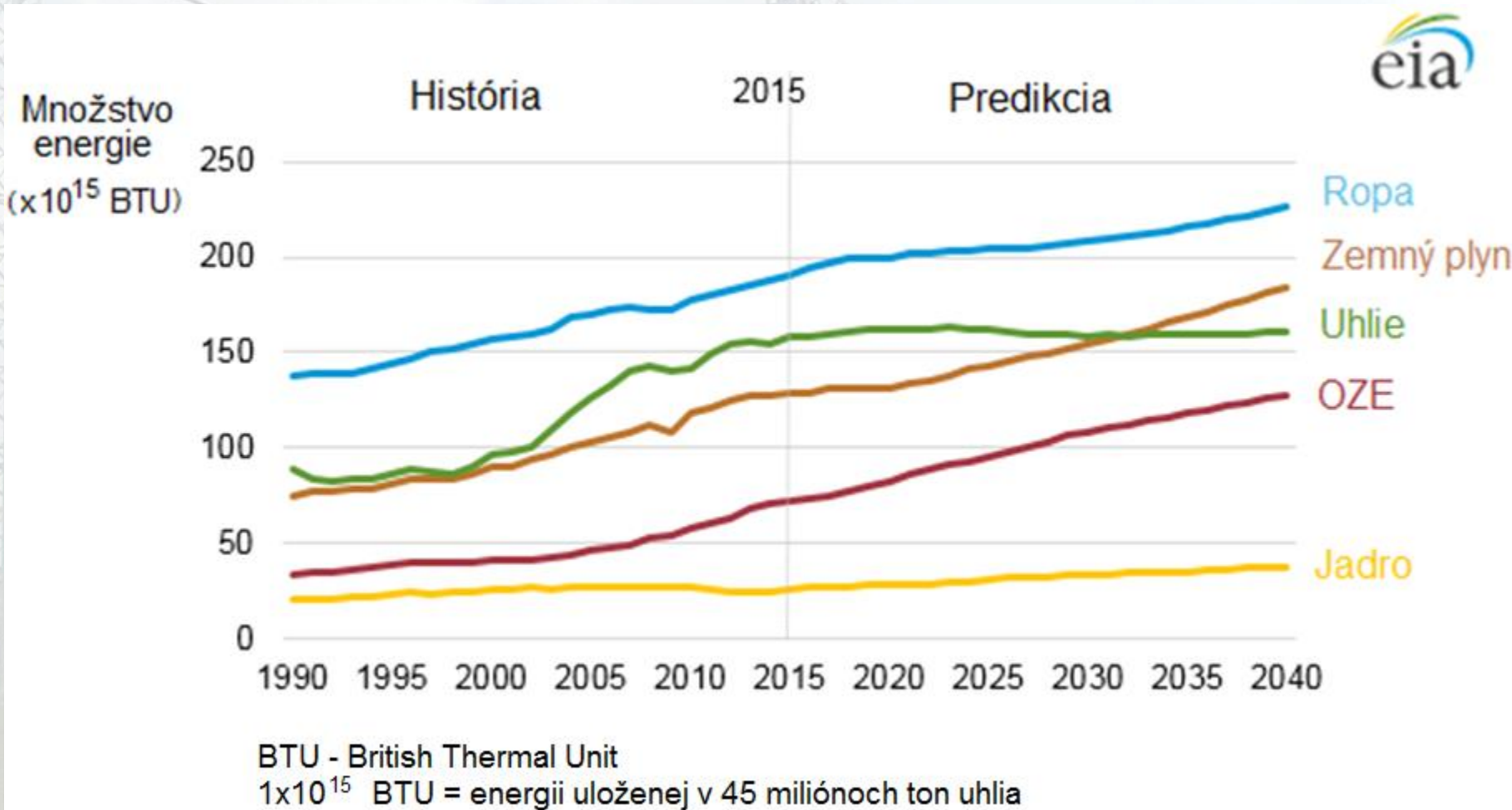
- Prečo OZE ?
- Globálne a domáce ciele v oblasti OZE
- Súčasný stav v Slovenskej Republike a vo svete
- Problémy súvisiace s vysokým podielom OZE
- Akumulácia elektrickej energie vo všeobecnosti
- Prehľad najmodernejších technológií pre akumuláciu elektrickej energie z OZE („state of art“)
- Ďalšie oblasti využitia akumuláčnych zariadení
- Projekty realizované vo svete
- Technologické a ekonomické výzvy do budúcnosti

VÝVOJ NÁRASTU POPULÁCIE VO SVETE



- Svetová populácia rastie, tempo rastu je zaznamenané hlavne v menej rozvinutých krajinách

VÝVOJ SPOTREBY ENERGIE VO SVETE

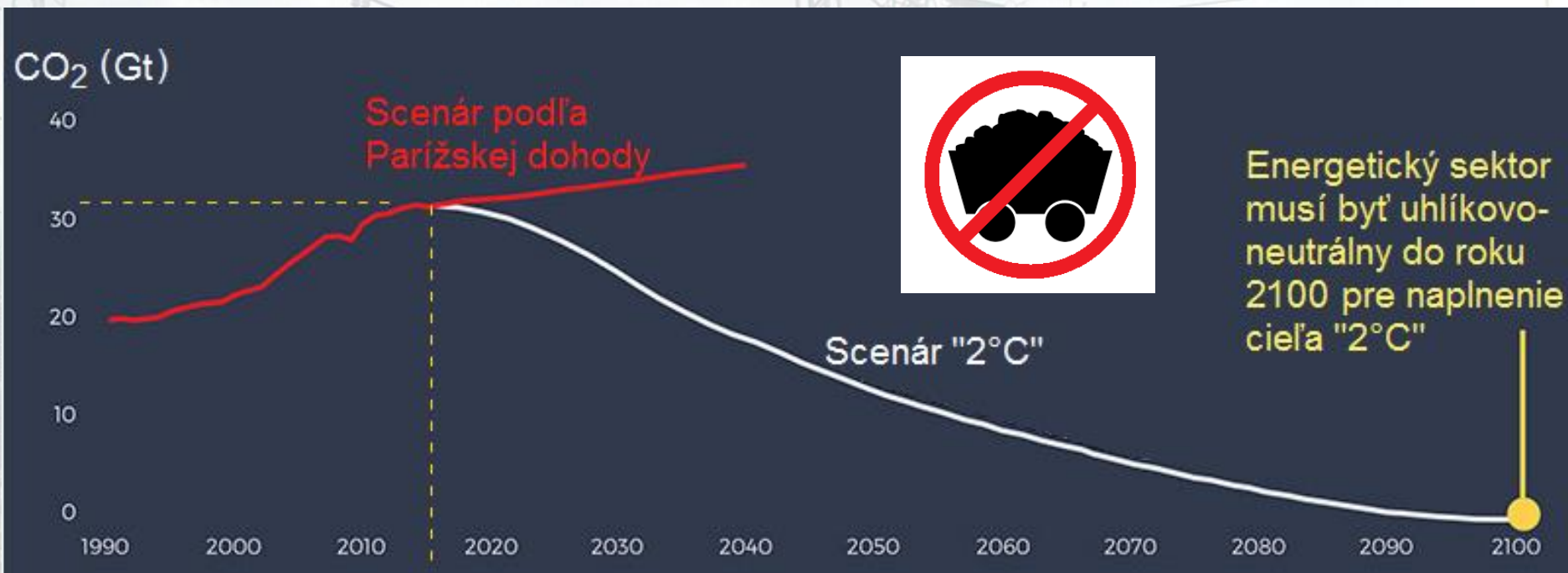


- S nárastom populácie súvisí aj nárast spotreby primárnych zdrojov energie
- V budúcnosti nárast podielu plynu, ropy a OZE na celkovej spotrebe
- **Problémy** zo zásobami fosílnych palív a produkciou emisií CO₂

ZÁSoby FOSÍLNYCH PALÍV

	Neodkryté množstvo	Ročná t'ážiteľnosť	Vystačí na
Ropa	142 425 mil.t.	3 452,2 mil.t.	41 rokov
Plyn	139 104 mil.t.	2 096,8 mil.t.	66 rokov
Uhlie	656 302 mil.t.	2 103,5 mil.t.	312 rokov
Urán	3 261 tis.t.	31 065 t.	104 rokov

PRODUKCIA EMISIÍ CO₂ A PARÍŽSKA DOHODA



- Ak krajiny dodržia záväzky plynúce z Parížskej dohody, potom v roku 2040 bude:
 - 37 % elektrickej energie vyrobenej z OZE (23 % v súčasnosti)
 - na cestách 150 miliónov elektromobilov (dnes 1,3 milióna)
 - 50 % nárast v spotrebe zemného plynu
 - 0,5 % ročný rast emisií CO₂ v energetickom sektore
 - Spotreba ropy 103,5 miliónov barelov denne (v súčasnosti 92,5 miliónov barelov denne)

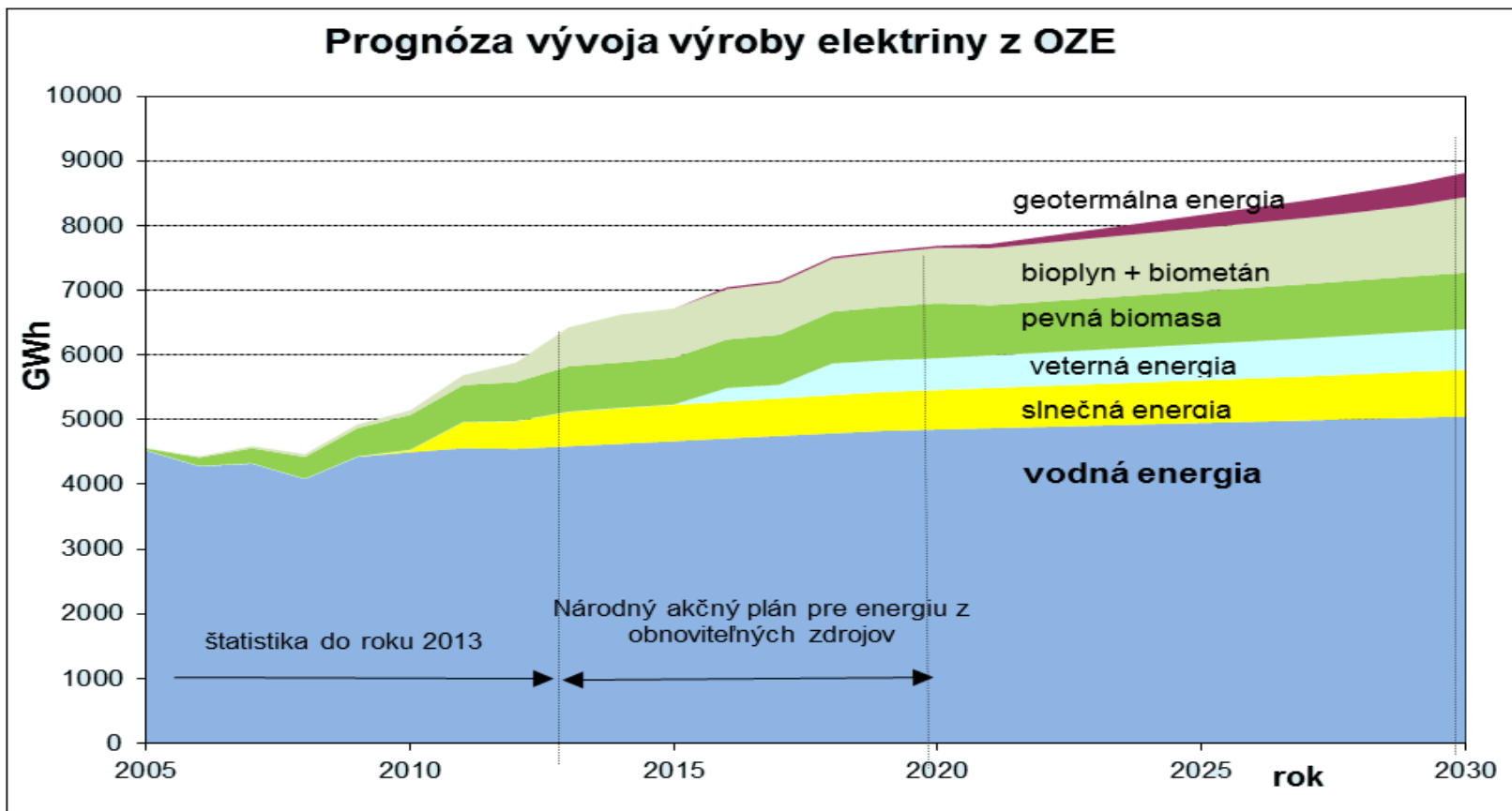


GLOBALNE CIELE V OBLASTI OZE

Krajina	Ciele
EU	20 % hrubej domácej spotreby do roku 2020
USA	Ciele definované na federálnej a lokálnej úrovni
Rusko	4,5 % celkovej výroby do roku 2020
Kanada	Ciele definované na úrovni provincií.
Austrália	20 % celkovej výroby do roku 2020
Čína	770 GW inštalovaný výkon z OZE do 2020
India	9 % výrobných kapacít z OZE do 2018
Japonsko	22-24 % celkovej výroby do roku 2030
Južná Kórea	11% hrubej domácej spotreby do roku 2030
Turecko	30 % výrobných kapacít do roku 2030



Ciele a prognóza vývoja výroby z OZE v SR

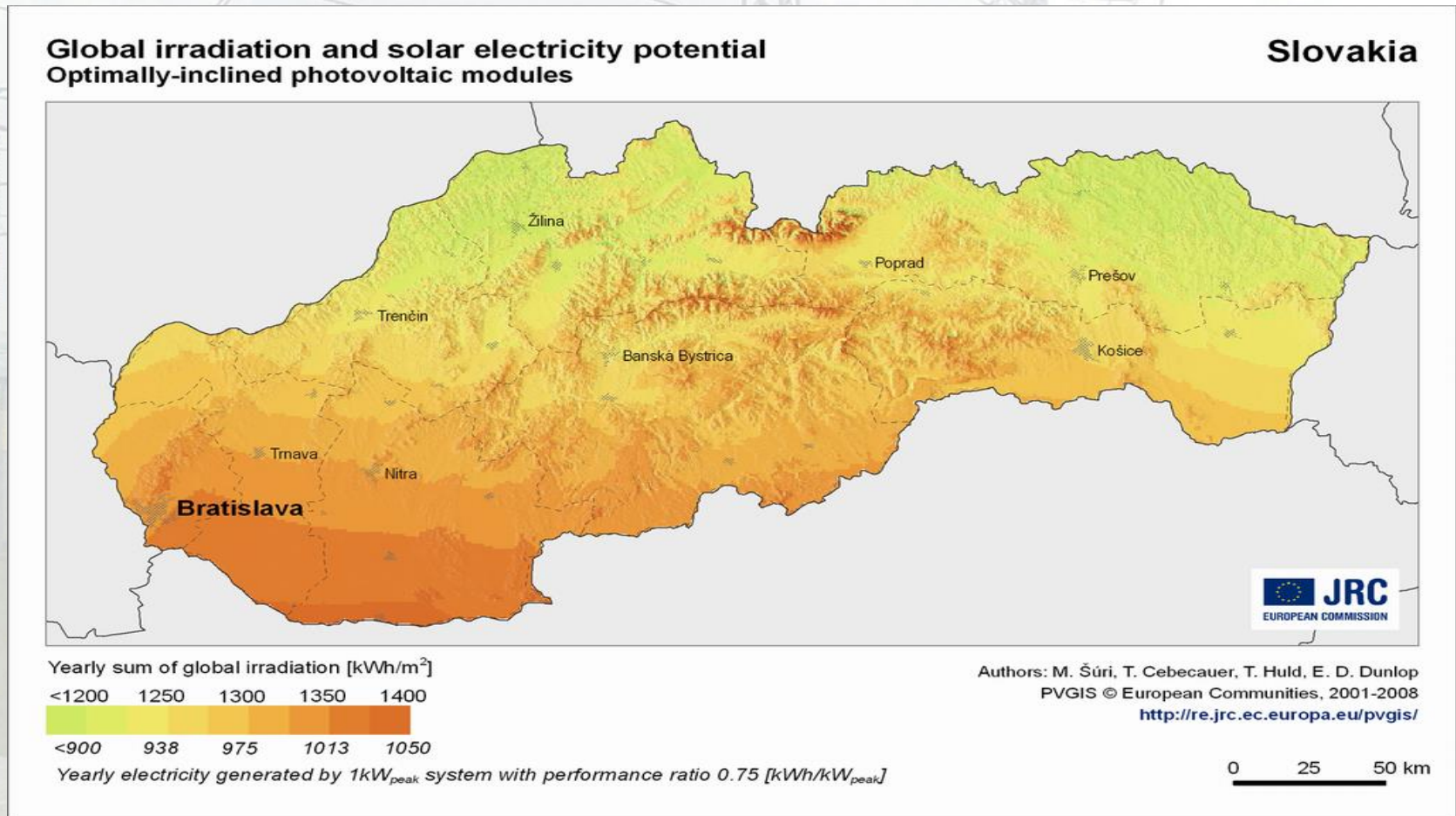


Ciele v oblasti OZE:

- zvýšiť využívanie OZE v pomere k hrubej konečnej energetickej spotrebe zo 6,7 % v roku 2005 na 14 % v roku 2020;
- dosiahnuť využívanie OZE na úrovni 80 PJ v roku 2020 a 120 PJ s výhľadom v roku 2030;
- dosiahnuť aspoň 10 % podiel OZE na spotrebe palív v oblasti dopravy.

SÚČASNÝ STAV OZE V SR - FOTOVOLTIKA

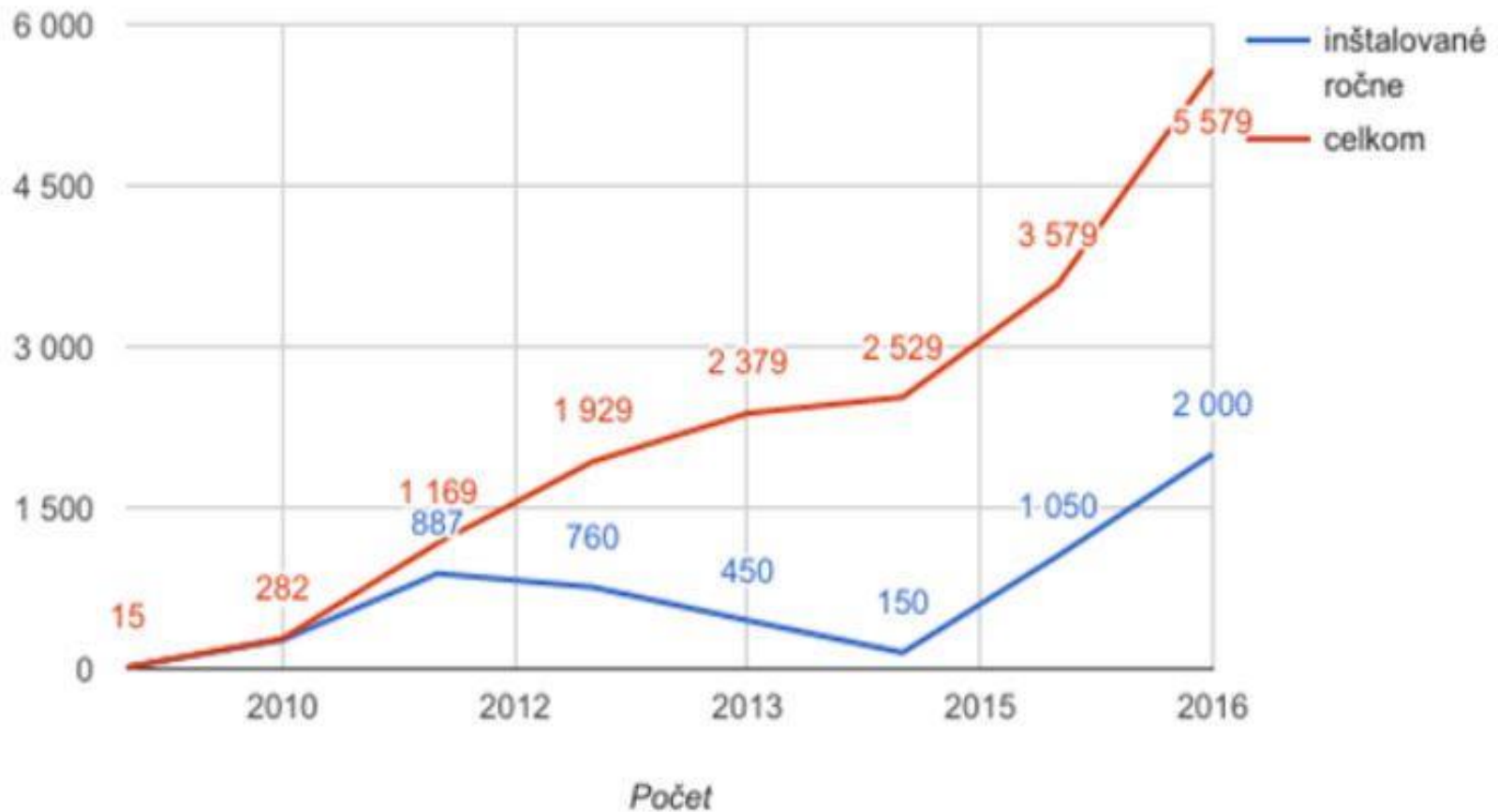
- Inštalovaný výkon 544 MW (koniec roka 2016)
- Za rok 2016 pribudlo + 5 MW (asi 2000 malých zdrojov do 10 kW v rámci projektu zelená domácnostiam)



SÚČASNÝ STAV OZE V SR - FOTOVOLTIKA

Priebeh nárastu počtu FV inštalácií na Slovensku

Inštalované FVE/Z ročne a celkom



SÚČASNÝ STAV OZE V SR - FOTOVOLTIKA

Mapa FV elektrárni nad 100 kW na Slovensku



SÚČASNÝ STAV OZE V SR – VETERNÉ ELEKTRÁRNE

Názov	Lokalita	Inštalovaný výkon (kW)	Prevádzkovateľ	Poznámka
Cerová	Cerová	4x660	Green energy Slovakia	V prevádzke
Ostrý vrch	Ostrý vrch	0,5	Green energy Slovakia	V prevádzke
Skalité	Skalité	4x500	Green energy Slovakia	Demontovaná



VE Cerová

- 1. VE na Slovensku – Cerová
- VE Skalité postavená v roku 2004 a demontovaná v roku 2008

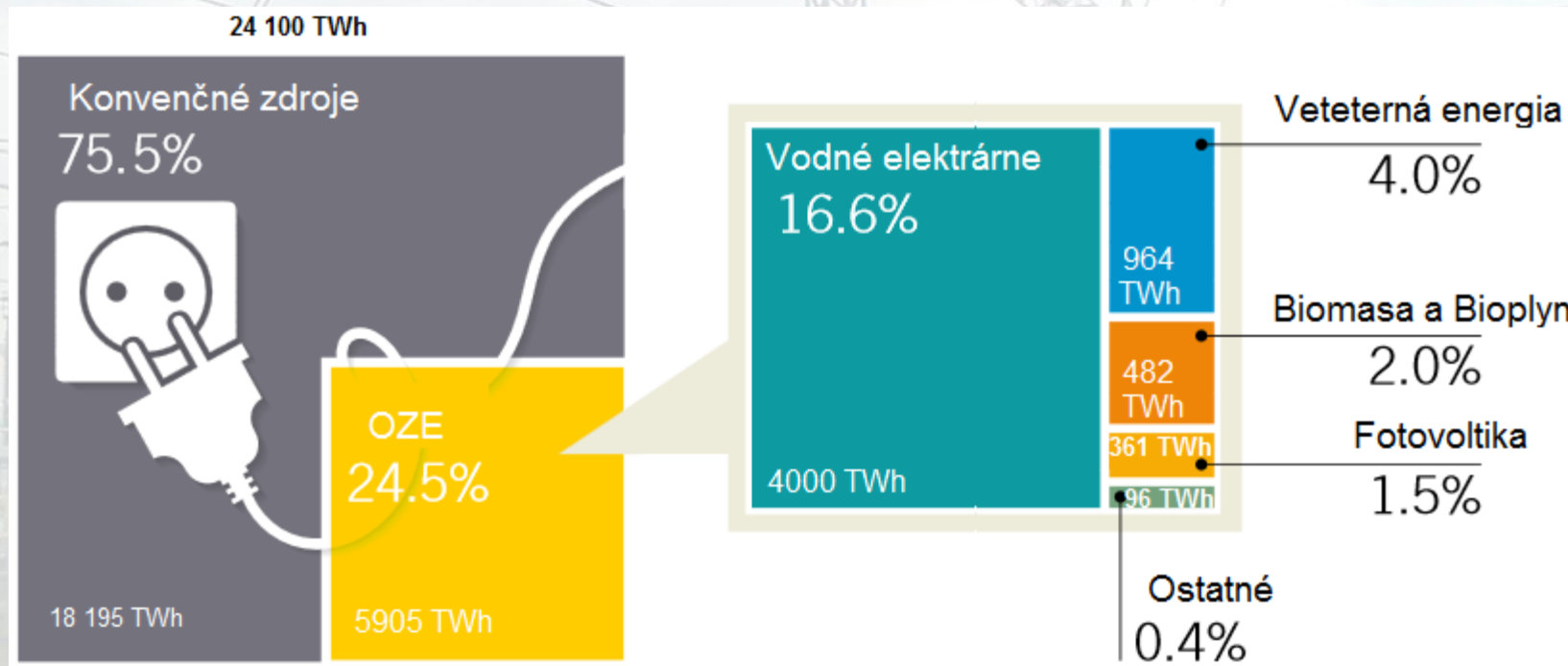
SÚČASNÝ STAV OZE V SR

Využitelný potenciál OZE a výroba v SR

Druh	Technicky využitelný potenciál		Výroba elektrickej energie
	GWh/rok	TJ/rok	GWh/rok
Geotermálna energia	6 300	22 680	60
Veterná energia	605	2 178	605
Slničná energia	5 200	18 720	1 537
Malé vodné elektrárne	1 034	3 722	1 034
Veľké vodné elektrárne > 10 MWe	5 573	20 063	5 573
Biopalivá	2 500	9 000	
Biomasa	11 237	40 453	1 270
Spolu (bez veľkých vodných elektrární)	26 876	96 753	4 506
Spolu	32 449	116 816	10 079

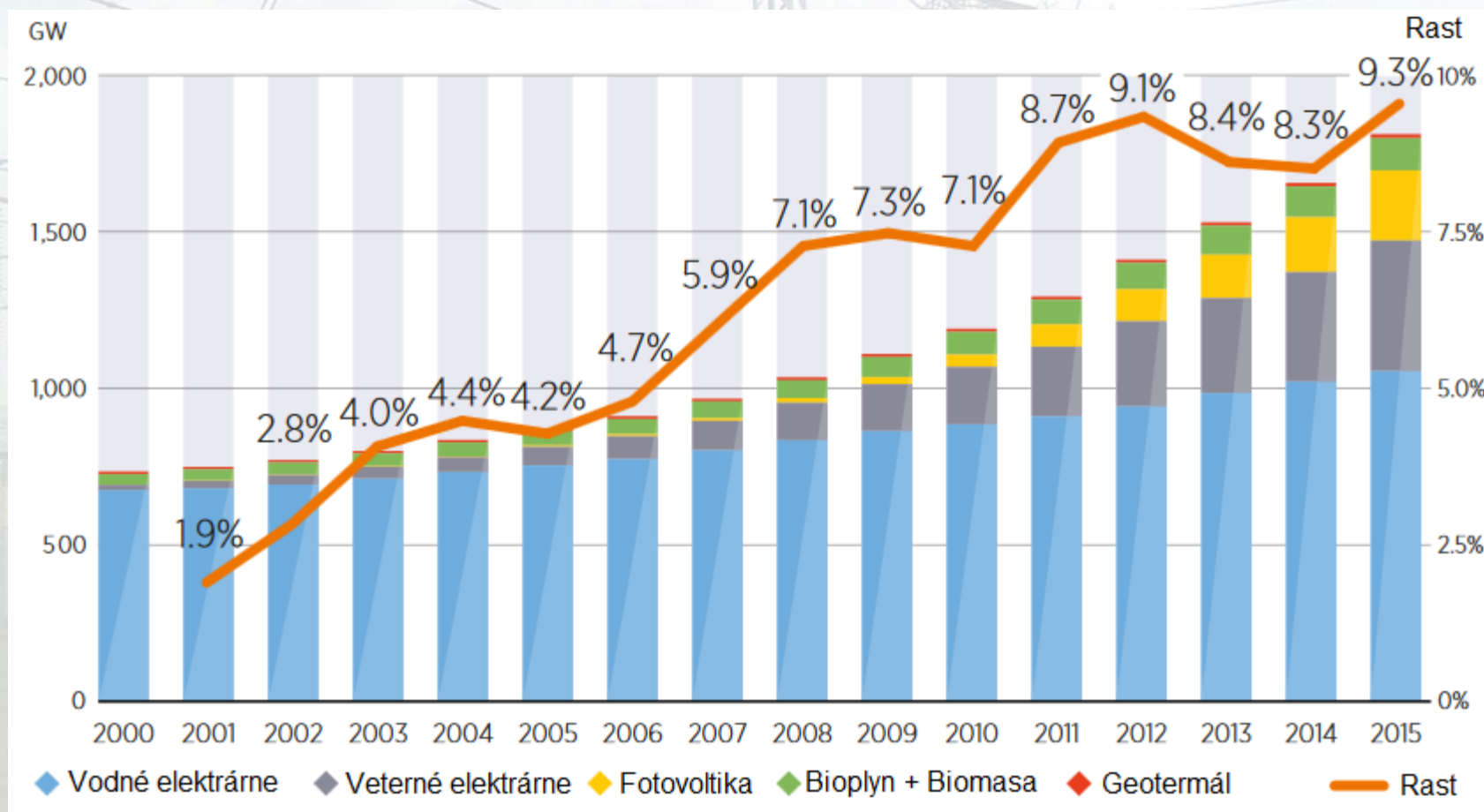
SÚČASNÝ STAV OZE VO SVETE

Podiel na globálnej výrobe (%) a ročná výroba jednotlivých zdrojov (TWh)
(2016)



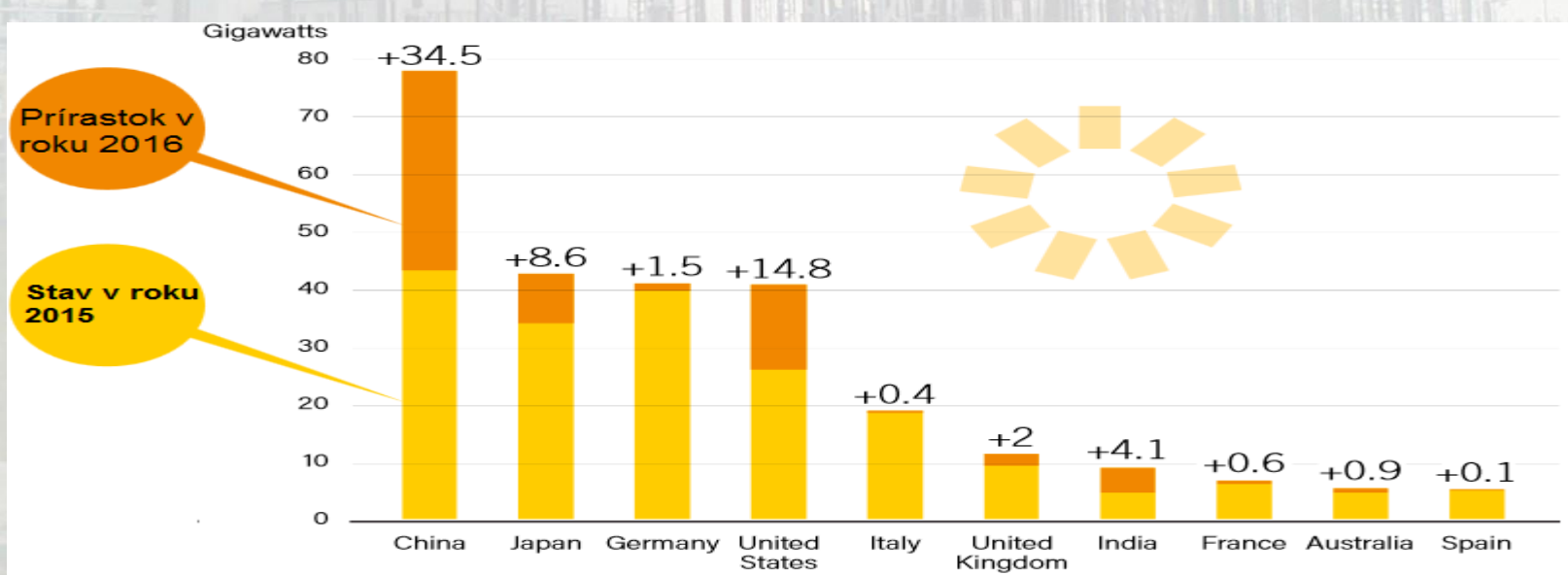
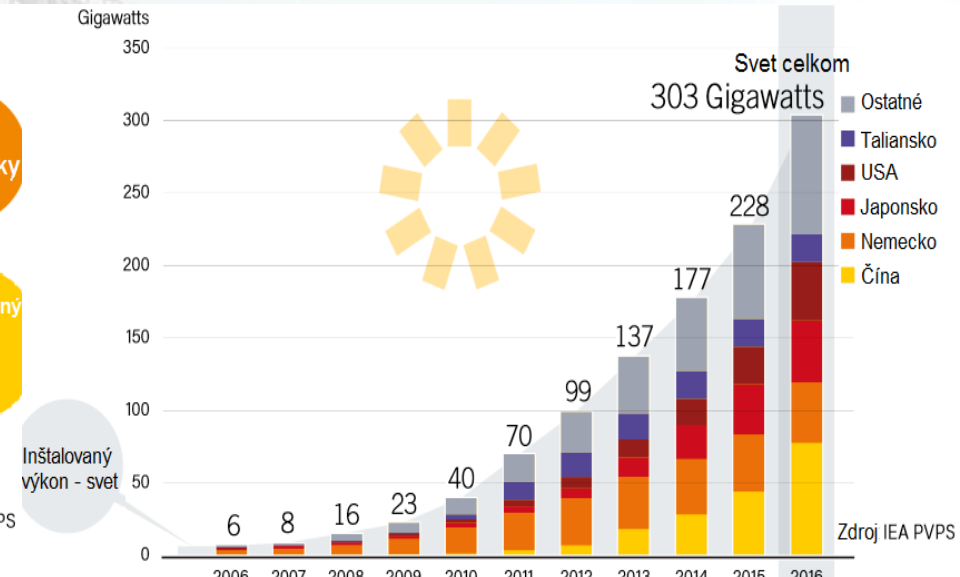
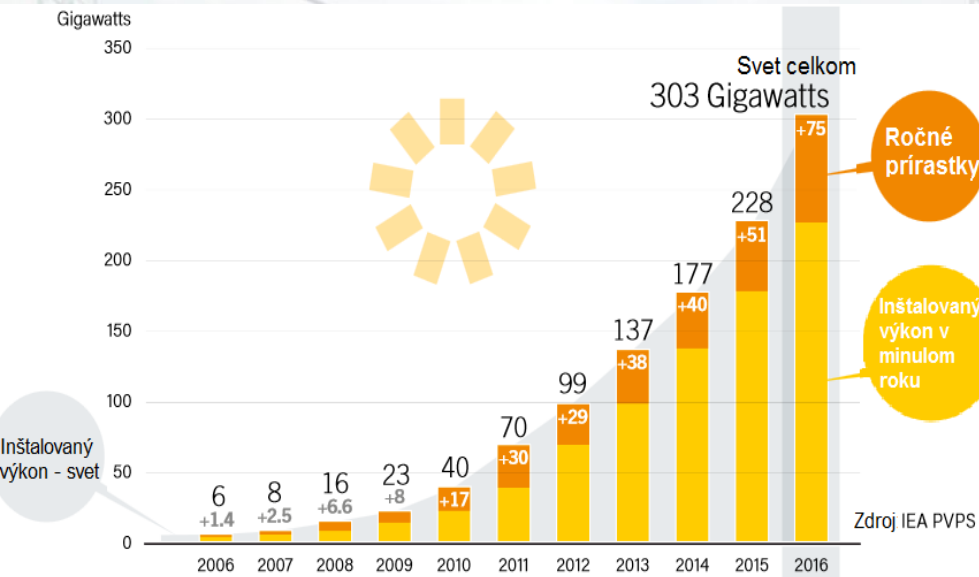
SÚČASNÝ STAV OZE VO SVETE

Inštalovaný výkon (GW) a ročné prírastky (%) OZE



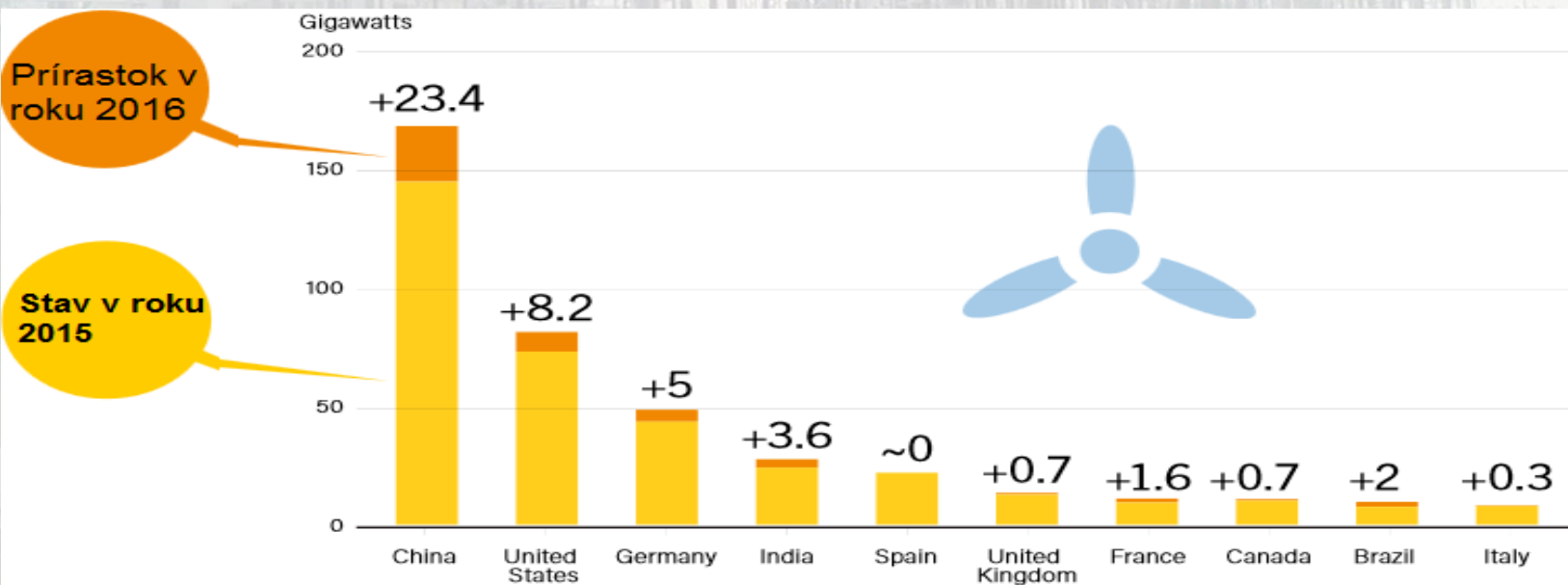
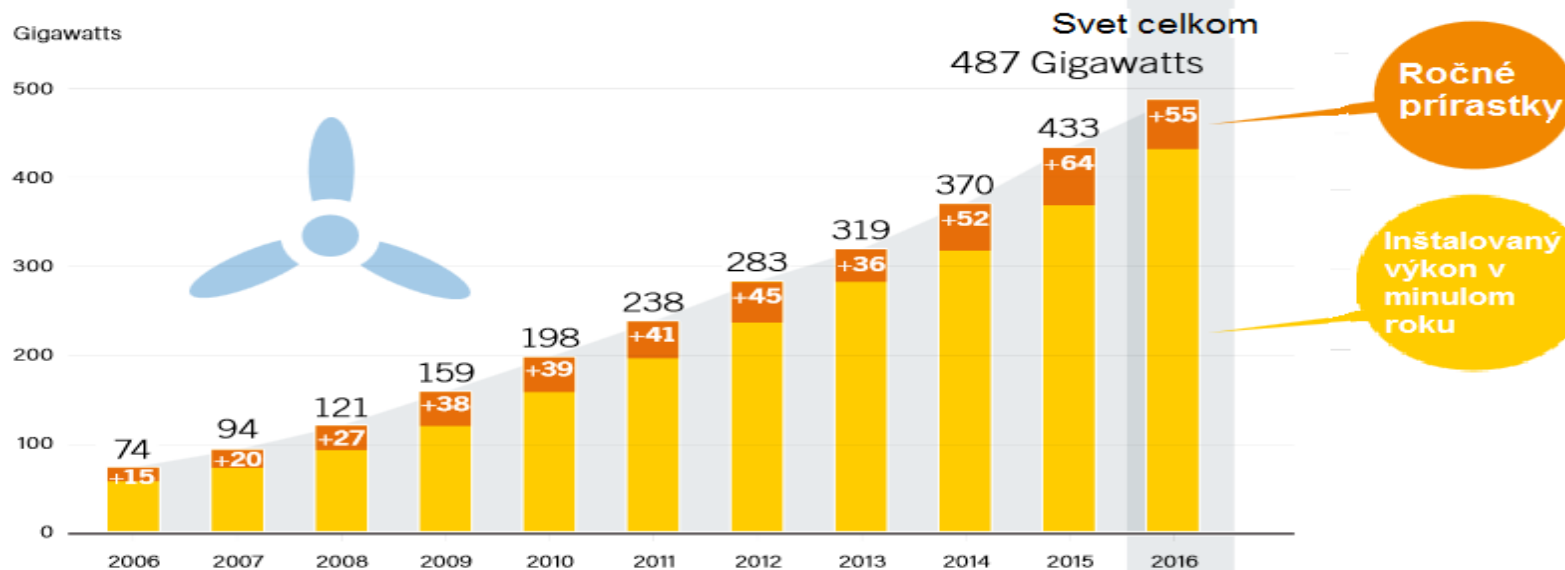
SÚČASNÝ STAV OZE VO SVETE

Inštalovaný výkon vo fotovoltaikách (GW) a ročné prírastky (%) podľa krajín



SÚČASNÝ STAV OZE VO SVETE

Inštalovaný výkon vo VE (GW) a ročné prírastky (%) podľa krajín



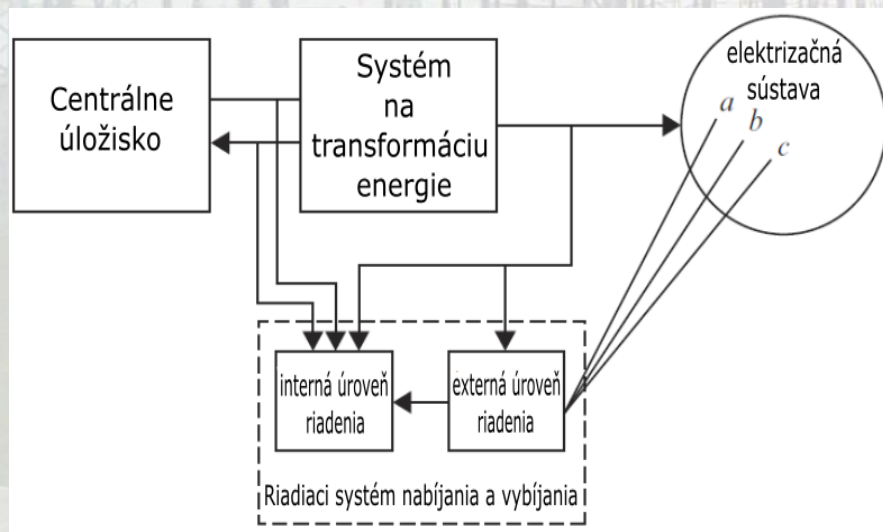
PROBLÉMY SÚVISIACE S VYSOKÝM PODIELOM OZE

- Nerovnováha medzi výrobou a spotrebou
- Toky výkonov do nadradených elektrických sietí
- Kolísanie napätia
- Blackout

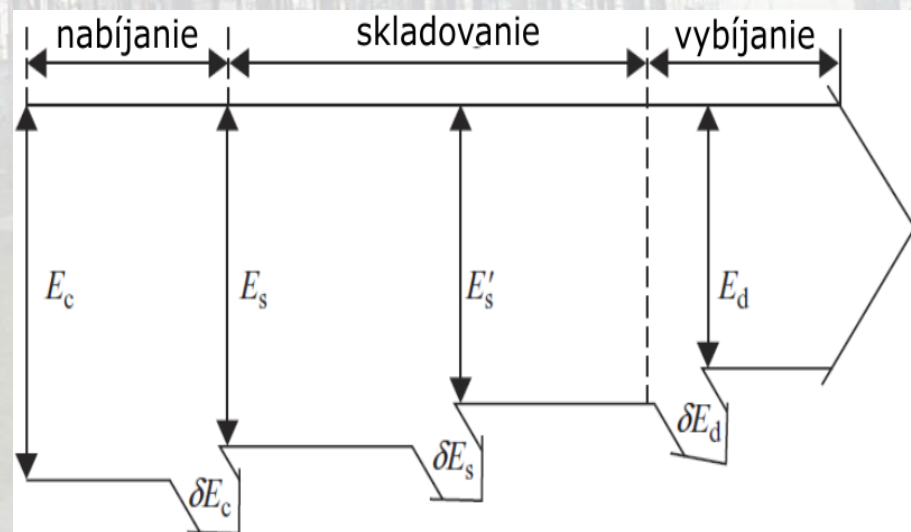
Možné riešenie → Akumulácia elektrickej energie

AKUMULÁCIA ELEKTRICKEJ ENERGIE VŠEOBECNE

- Akumulácia = proces ukladania elektrickej energie jej premenou do inej formy a samotné uskladnenie za účelom využitia v čase potreby pomocou energetického úložiska
- Elektrickú energiu nie je možné ukladať priamo, je potrebná premena na inú formu energie

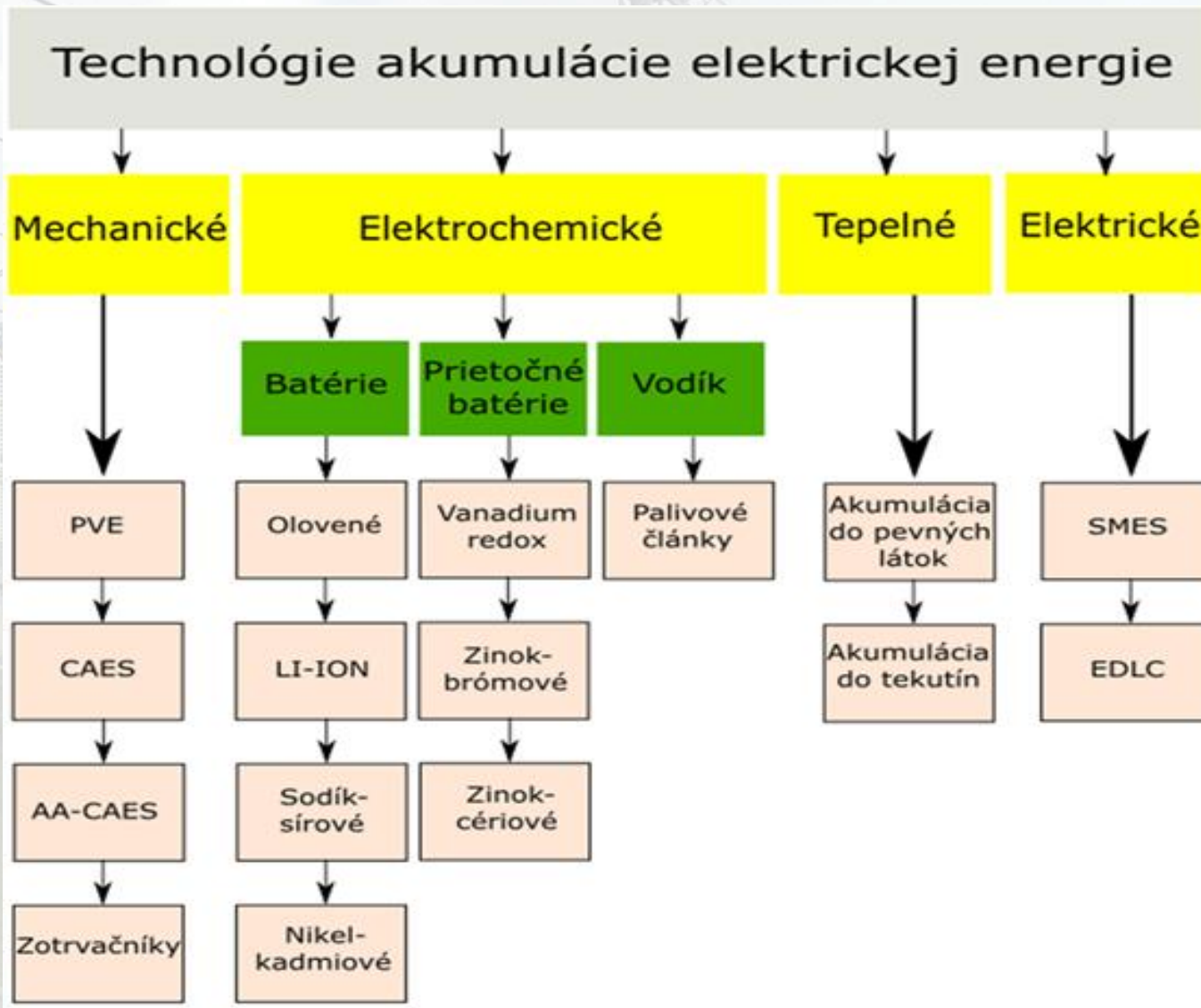


Energetické úložisko



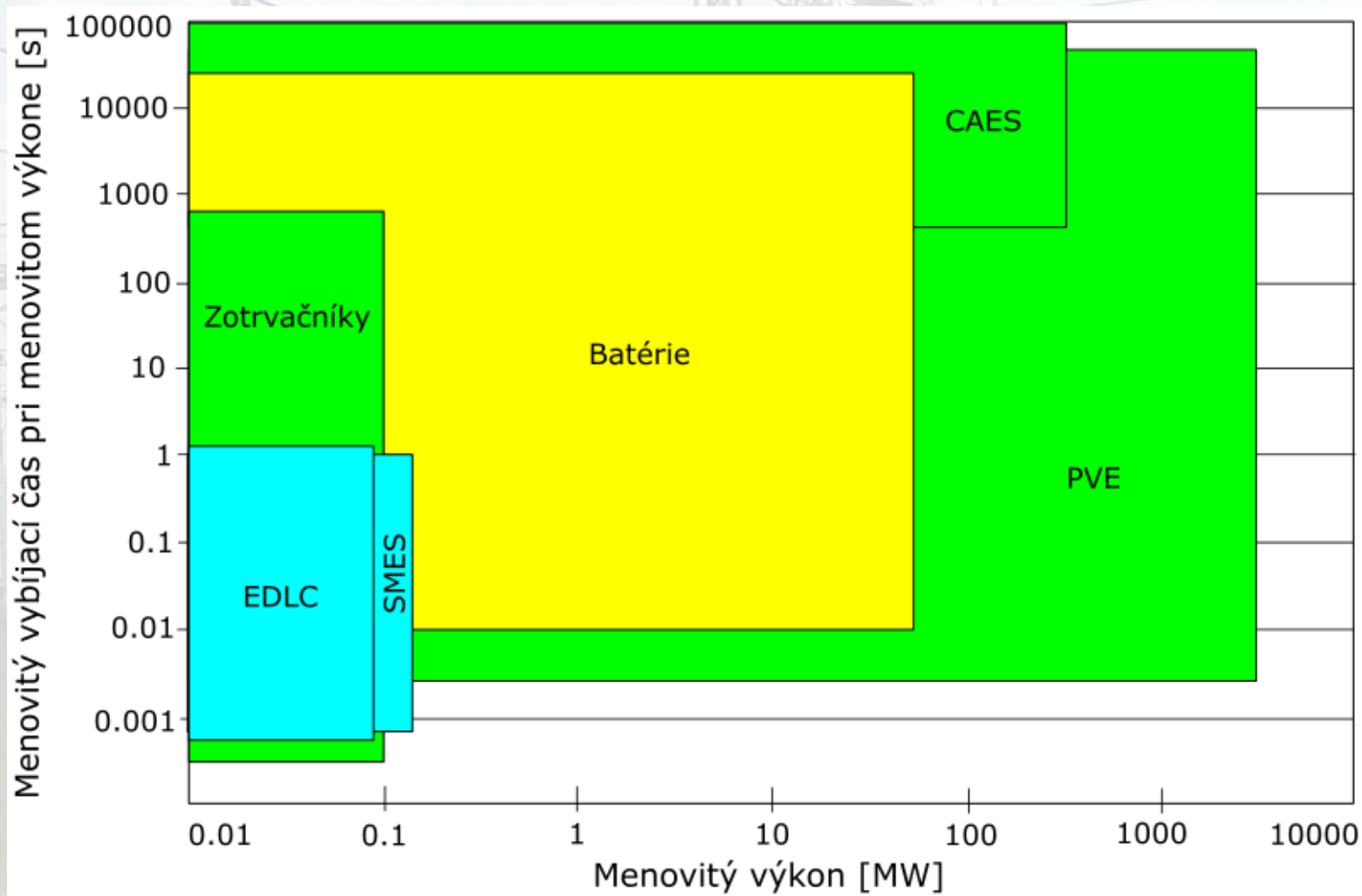
Prevádzkové stavy

AKUMULÁCIA ELEKTRICKEJ ENERGIE VŠEOBECNE



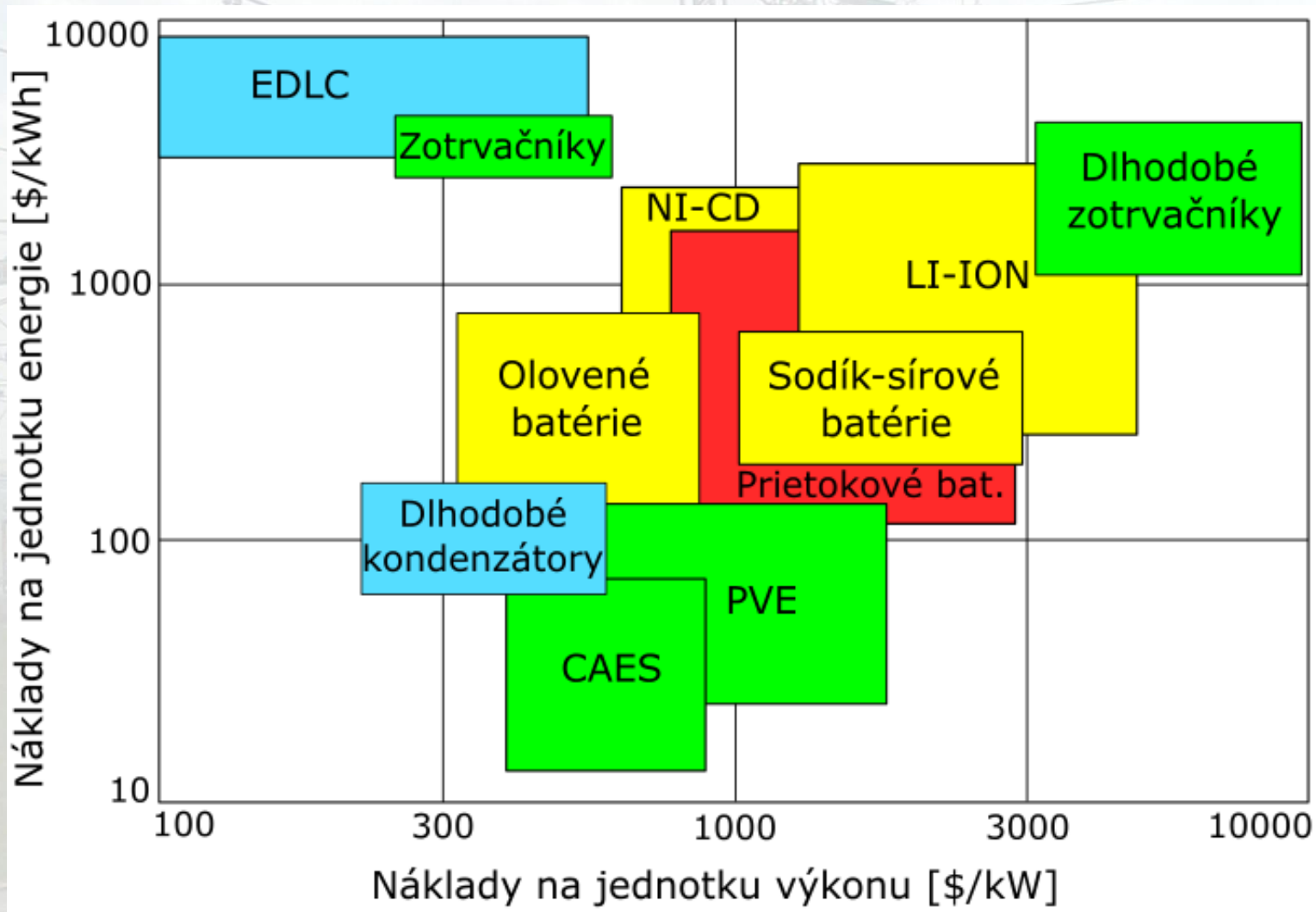
Rozdelenie akumuláčnych zariadení podľa formy, v ktorej je energia skladovaná

AKUMULÁCIA ELEKTRICKEJ ENERGIE VŠEOBECNE



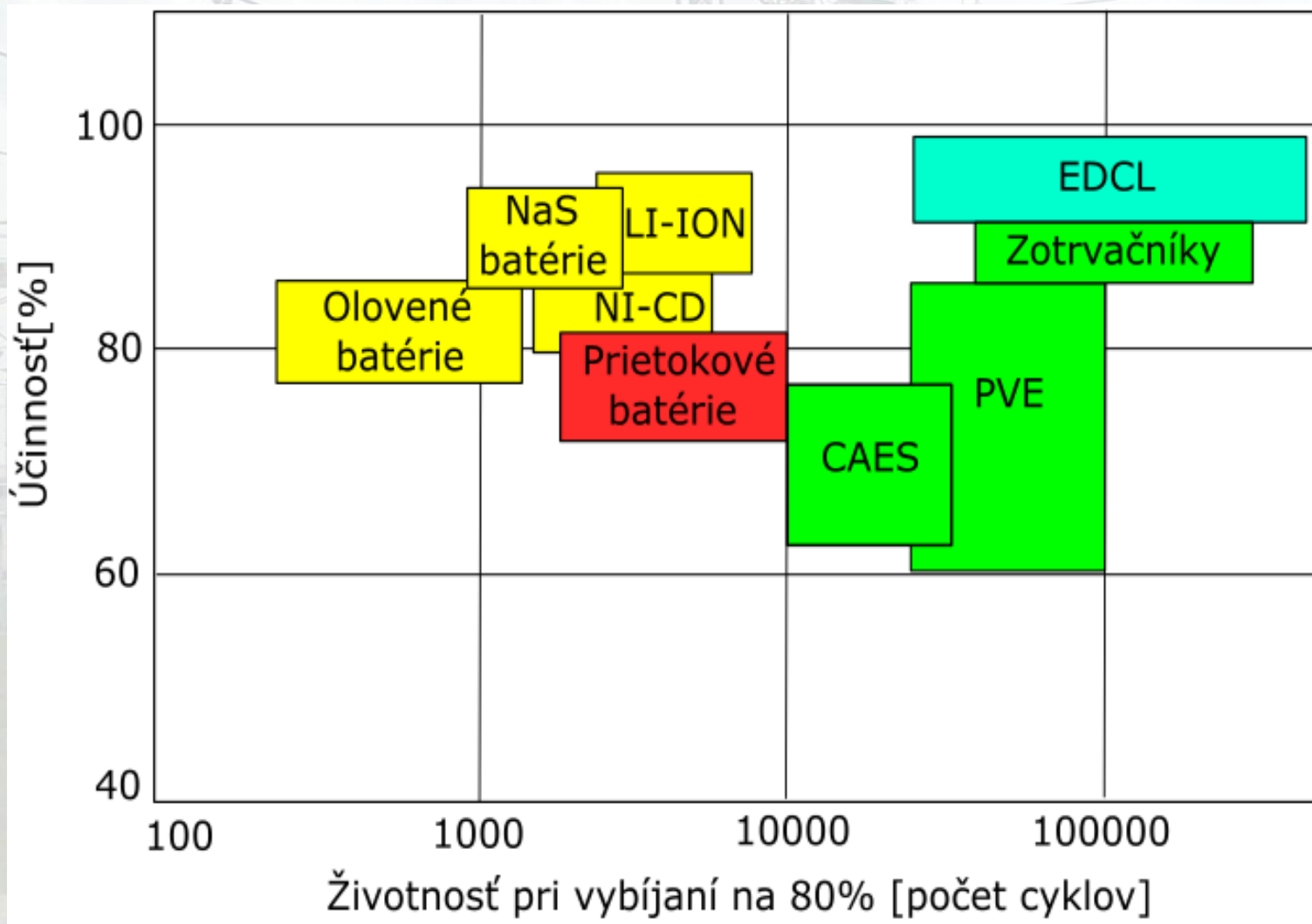
Porovnanie akumuláčnych z hľadiska menovitého výkonu a vybíjacích časov

AKUMULÁCIA ELEKTRICKEJ ENERGIE VŠEOBECNE



Porovnanie akumuláčnych z hľadiska nákladov na jednotku výkonu a energie

AKUMULÁCIA ELEKTRICKEJ ENERGIE VŠEOBECNE

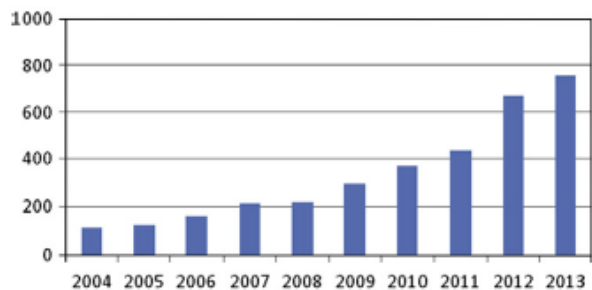


Porovnanie akumuláčnych z hľadiska životnosti a účinnosti

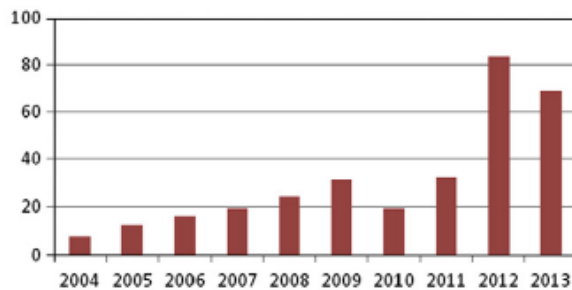
AKUMULÁCIA ELEKTRICKEJ ENERGIE VŠEOBECNE

- v posledných rokoch je zvýšený záujem o všetky oblasti súvisiace s touto problematikou

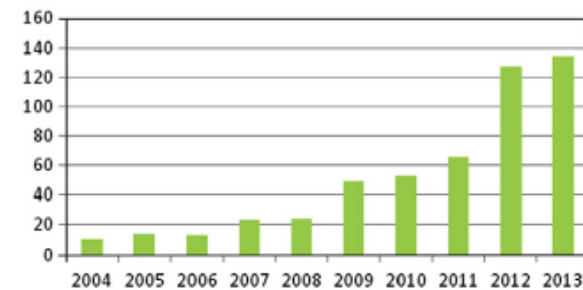
Elektrické úložiska



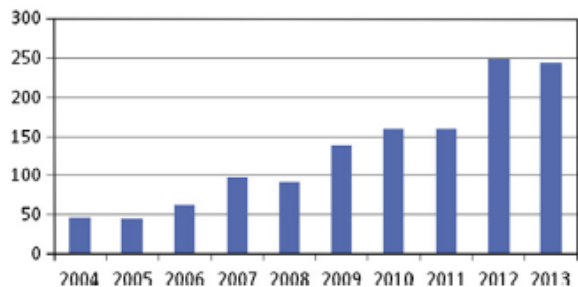
Úložiska stlačeného vzduchu



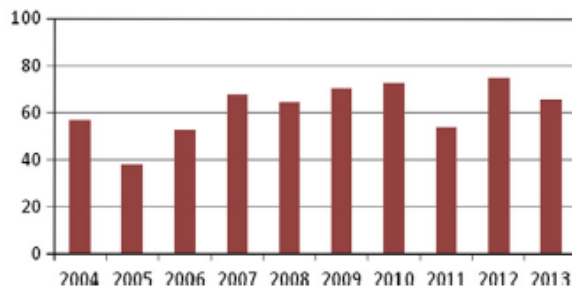
OZE a akumulácia



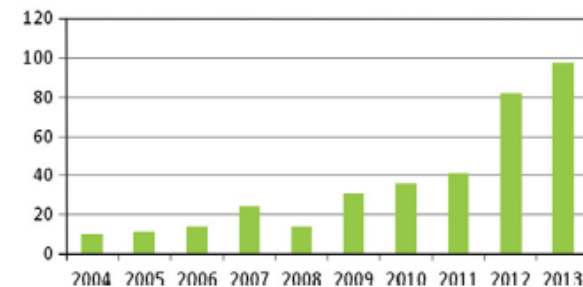
Akumulácia a elektrizačná sústava



Supravodivé elektromagnetické úložiska



Energetický manažment a akumulácia

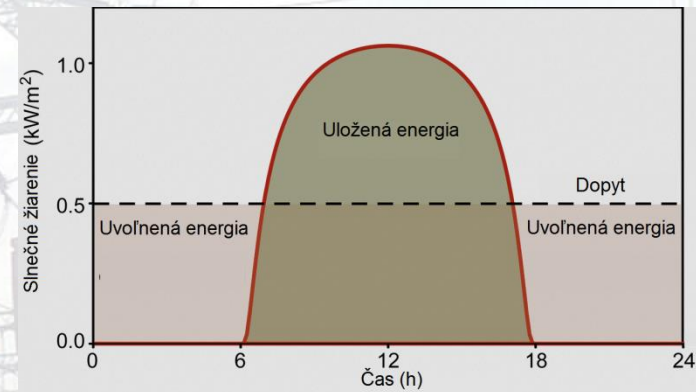


Štatistická štúdia trendu výskumu v oblasti akumulácie elektrickej energie

„STATE OF ART“ V OBLASTI AKUMULÁCIE

- V kontexte integrácie väčšieho množstva OZE sa najviac diskutuje využívanie nasledovných akumulačných zariadení:

- Statické batérie
- Prietokové batérie
- Zotrvačníky
- Super kondenzátory
- Supravodivé elektromagnetické úložiska

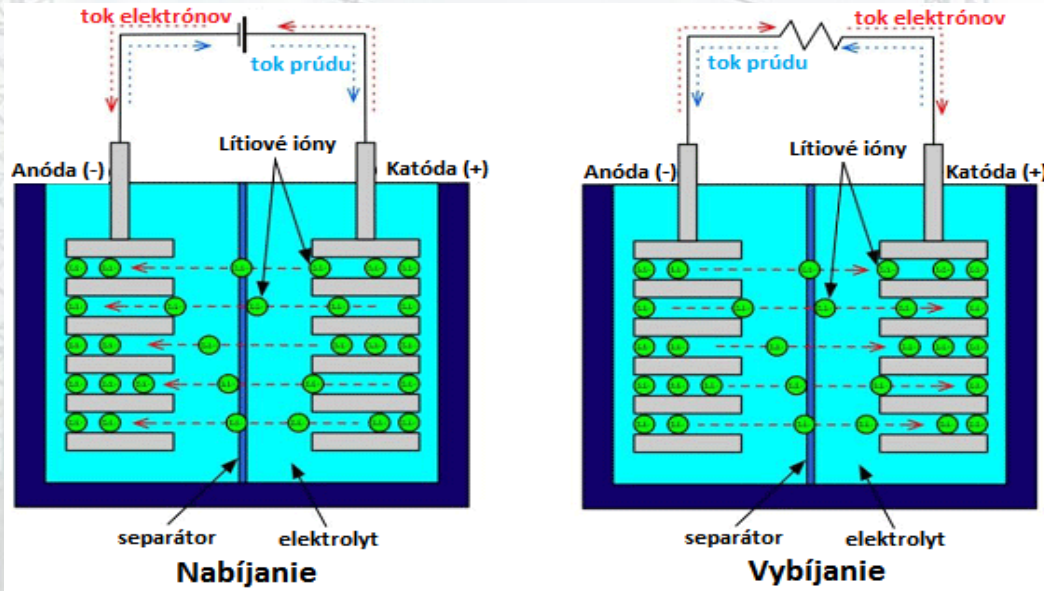


- Žiadne z týchto zariadení nedokáže spĺňať požiadavky kladené na všetky aplikácie
- Výber záleží na posúdení rozličných možností a obmedzení úložísk naproti požiadavkám konkrétnej aplikácie

„STATE OF ART“ V OBLASTI AKUMULÁCIE

Statické batérie

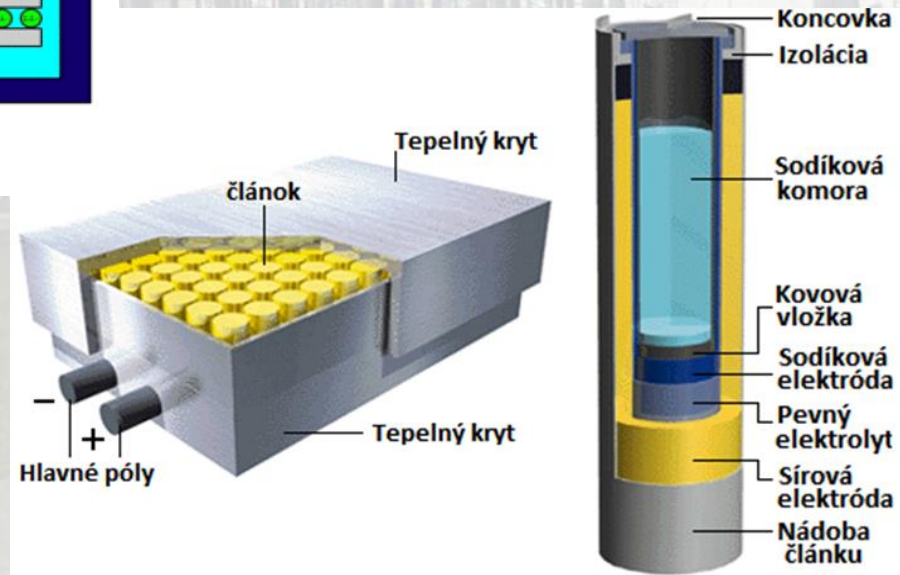
- Najviac využívané v súčasnosti sú olovené, nikel-kadmiové, litium-ionové a sodno-sírové batérie



LI-ION

Prevádzková teplota 300 °C
Vyžaduje prídavný zdroj tepla →
Vysoká účinnosť

Zanedbateľné samovybíjanie
← Vysoká účinnosť
Nevyžaduje údržbu



NaS

„STATE OF ART“ V OBLASTI AKUMULÁCIE

Prietokové batérie

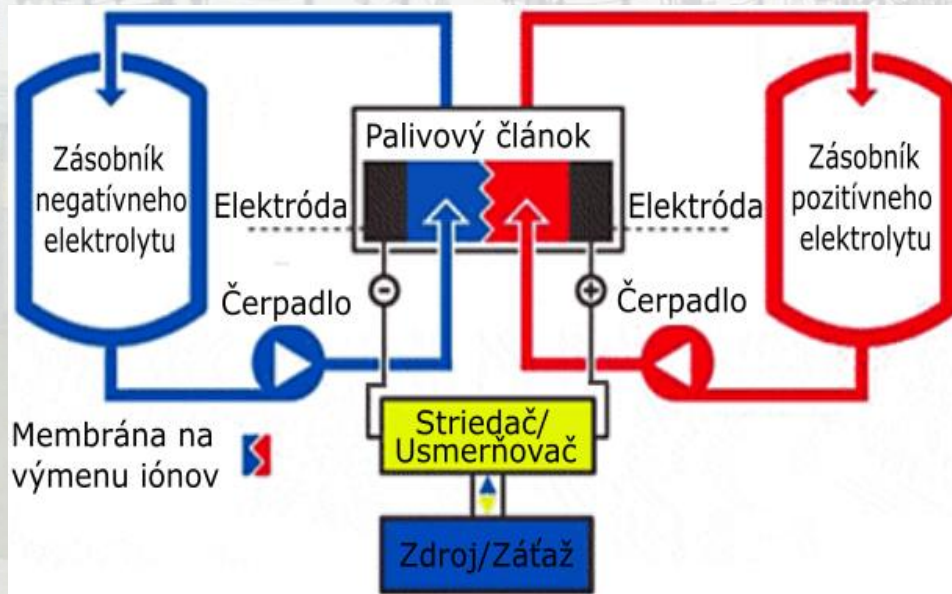
- Typ batérií, ktorých nabíjateľnosť je zabezpečená dvomi chemickými zložkami
- V systéme sa nachádzajú kvapaliny oddelené membránami, ktoré pri nabíjaní a vybíjaní pretekajú cez regeneratívny palivový článok
- Účinnosť 60-80%



System s rozsahom jednotiek MW



Tekutá batéria s výkonom 5 kW

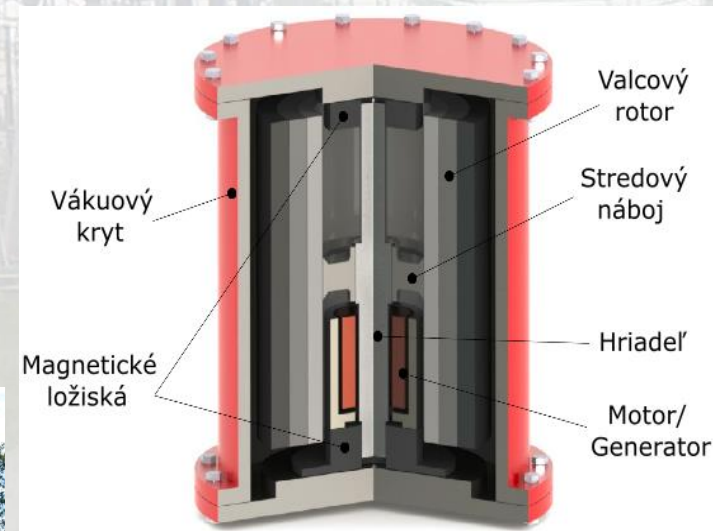


Princíp činnosti

„STATE OF ART“ V OBLASTI AKUMULÁCIE

Zotrvačníky

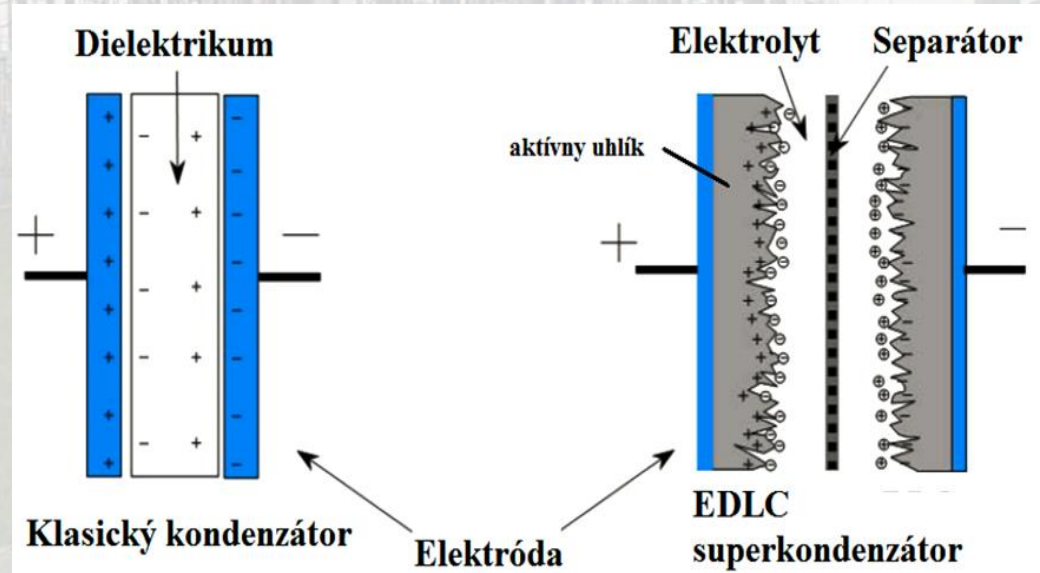
- mechanické rotačné zariadenia, ktoré premieňajú elektrickú energiu na kinetickú energiu rotujúcich častí, ktorú následne uchovávajú
- Rotujúca hmota, ktorá je poháňaná motorom pri nabíjaní a brzdená generátorom pri vybíjaní sa nachádza v strede
- Je vyrobená z ocele alebo karbónových vlákien a uložená na vzduchových alebo magnetických ložiskách vo vákuu
- Množstvo elektrickej energie závisí od otáčok
- Typicky 60 000 – 100 000 / min
- Okamžitá reakcia
- vysoká hustota energie
- Vysoká účinnosť – 90%
- nízke straty v pohotovostnom režime (minúty až hodiny)



„STATE OF ART“ V OBLASTI AKUMULÁCIE

Super kondenzátory

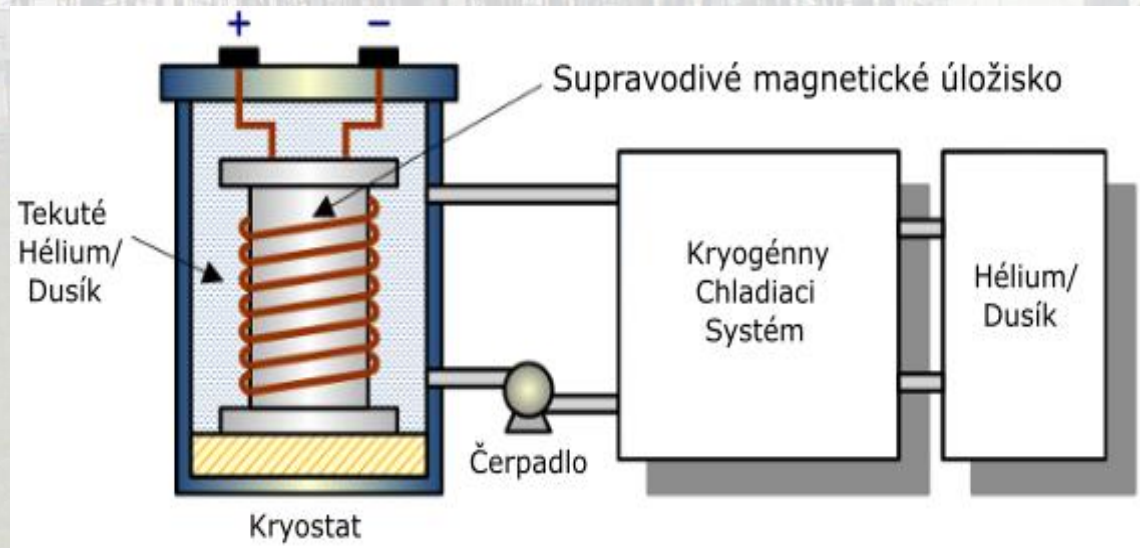
- Energia je ukladaná v elektrostatickom poli kondenzátora
- Aktívny uhlík vo forme prášku je tvorený malými časticami, ktoré v celom objeme vytvárajú pórovitý povrch, ktorého plocha je obrovská (až 3000 m²/g),
- hrúbka dielektrika je malá (rádovo 10⁻¹⁰m)
- Veľká plocha elektród + malá hrúbka dielektrika = veľká kapacita (rádovo 100-1000 F)
- Vysoká účinnosť – až 98 %



„STATE OF ART“ V OBLASTI AKUMULÁCIE

Supravodivé magnetické úložiska (SMES)

- Energia je ukladaná v magnetickom poli, ktoré vytvára prúd tečúci supravodivou cievkou
- Cievka je počas celej doby držaná pod kritickou teplotou supravodivosti
- V minulosti bola pre tento jav potrebná teplota 4°K, v súčasnosti vysokoteplotné supravodiče vykazujú supravodivosť pri 100 °K
- Skladajú sa supravodivého magnetického úložiska tvoreného supravodivou cievkou a pomocnými zariadeniami
- Vysoká účinnosť – 90%
- Rýchla doba odozvy



ĎALŠIE MOŽNOSTI VYUŽITIA AKUMULAČNÝCH ZARIADENÍ

- Okrem spolupráce s obnoviteľnými zdrojmi, je možné akumulačné zariadenia využiť pre poskytovanie ďalších unikátnych služieb, prierezovo v celej elektrizačnej sústave

Hromadné energetické služby

Presúvanie elektrickej energie (arbitráž)

Schopnosť dodávky elektrickej energie

Podporné služby

Regulácia činného výkonu

Regulácia napätia

Točivá, netočivá rezreva, doplnkové služby

Čierny štart

Ďalšie súvisiace využitie

Služby prenosovej infraštruktúry

Odklad modernizácie siete

Zmiernenie preťaženia vedení

Služby distribučnej infraštruktúry

Odklad modernizácie siete

Regulácia napätia

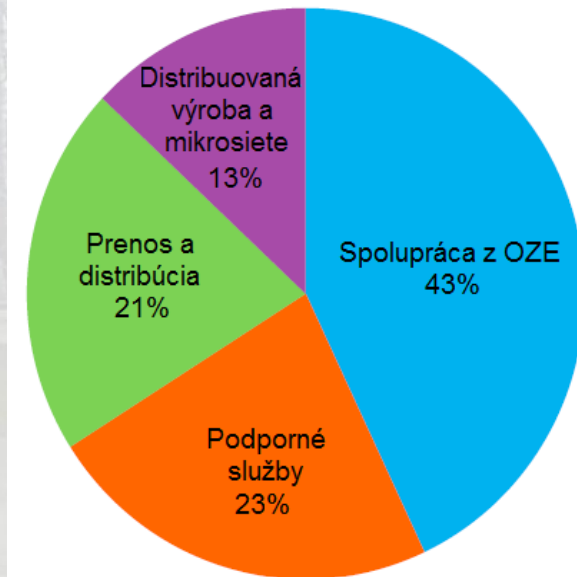
Služby pre energetický manažment zákazníka

Kvalita elektrickej energie

Spôhlivosť dodávky el. energie

Maloobchodné presúvanie el. energie

Manažment dopytu



PROJEKTY REALIZOVANÉ VO SVETE

Escondido, California – San Diego Gas & Electric (SDG&E)

- Uvedený do prevádzky v roku 2017
- Najväčšia inštalácia technológie LI-ION
- Inštalovaný výkon 30 MW s kapacitou 120 MWh
- Využitie pre akumuláciu energie z OZE a vykrývanie denných špičiek
- Dokáže zásobovať 20 000 domácností počas 4 hodín



PROJEKTY REALIZOVANÉ VO SVETE

West Virginia, USA

- Uvedený do prevádzky pred v roku 2012
- Inštalovaný výkon 32 MW s kapacitou 8 MWh
- Využitie pre akumuláciu energie z VE a podporné služby
- Spolu s 92 MW VE slúži ako alternatíva ku klasickým zdrojom kvôli schopnosti regulácie výstupného výkonu veternej farmy



PROJEKTY REALIZOVANÉ VO SVETE

Aljaška, USA

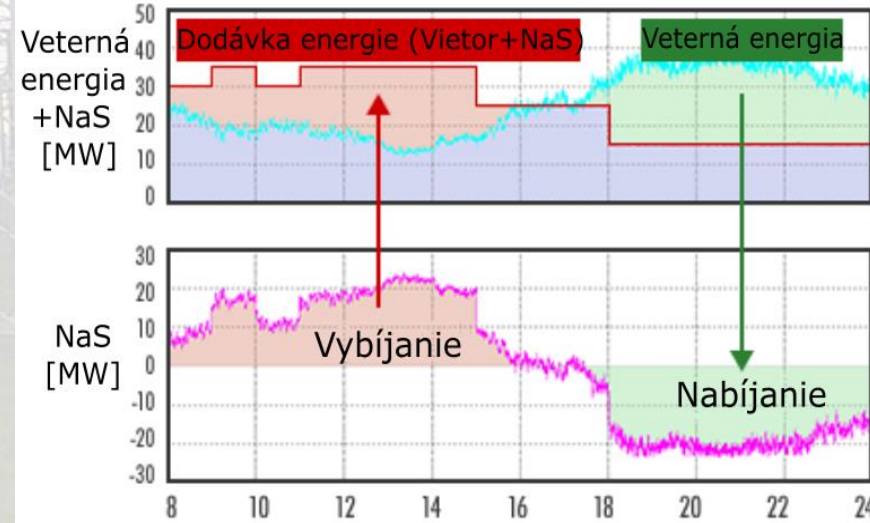
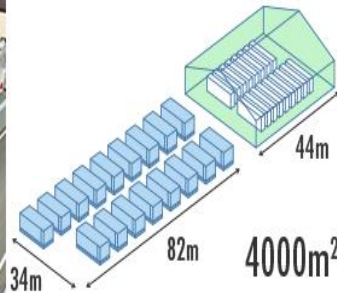
- Uvedený do prevádzky v roku 2012
- Úložisko tvoria NiCd batérie
- Inštalovaný výkon 27 MW s kapacitou 6,75 MWh
- Využitie pre zvýšenie spoľahlivosti dodávky v odľahlých lokalitách



PROJEKTY REALIZOVANÉ VO SVETE

Rokkasho, Japonsko

- Systém pozostáva zo sodík – sírových batérií o výkone 34 MW (238 MWh) a 34 veterných turbín s výkonom 1,5 MW
- Menovitý výkon dokáže dodávať počas 7 hodín
- Je využívaný na presúvanie elektrickej energie v čase – plynulá dodávka bez ohľadu na výkyvy v rýchlosti vetra



PROJEKTY REALIZOVANÉ VO SVETE

Ontario, Kanada

- Menovitý výkon 2 MW po dobu 15 minút
- Akumulačný systém sa skladá z 10 kusov zotrvačnícov zabetónovaných do zeme, každý o hmotnosti 4000 kg
- Systém je pripojený do miestnej distribučnej sústavy a je primárne určený reguláciu činného výkonu a frekvencie aby rapídne rýchlym nabíjaním a vybíjaním napomáhal udržiavať rovnováhu medzi výrobou z OZE a spotrebou



VÝZVY DO BUDÚCNOSTI

Technologické výzvy

- Vývoj technológií vyžaduje inovácie a prielom v možných kapacitách, životnosti a cene.
- Potreba sústrediť výskum na simulácie úložísk a optimalizáciu akumulácie elektrickej energie v rôznych aplikáciách, čo môže podporiť ich rýchlejšie nasadzovanie a realizáciu demonštračných projektov spolu s komplexným vyhodnotením pre podporu industrializácie a komercializácie energetických úložísk
- Štandardy pre energetické úložiska, ich otvorenosť a transparentnosť

VÝZVY DO BUDÚCNOSTI

Ekonomické výzvy

- Nejasná legislatíva, slabá podpora zo strany štátu
- Nejasná aplikačná hodnota, benefity
- Vysoká cena
- Stanoviť model udržateľného rozvoja
- Komerčná prevádzka úložísk
- Potreba nájsť vhodný trhový mechanizmus





Ďakujem za pozornosť