

Přenos a distribuce elektřiny trendy pro budoucnost, Smart Grids

Školení EKIS

27.10.2016

Roman Portužák

Centrum ENET

Energetické jednotky pro využití
netradičních zdrojů energie



Obsah

1. Úvod
2. Elektrizační soustava
3. Stabilita elektrizační soustavy
4. SET Plan – Smart Grids
5. Shrnutí a závěr



Úvod

Trochu filozofie na úvod



Nové skutečnosti

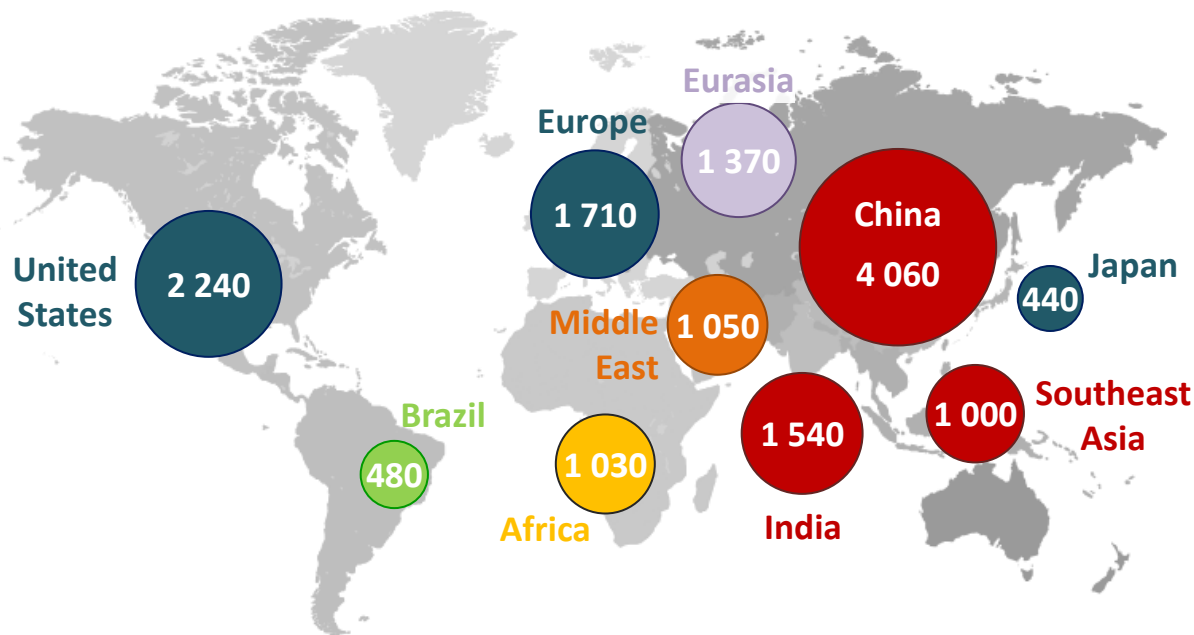


- Rozvinuté země ve stagnaci nebo pozvolném úpadku
- Spotřeba energie na hlavu stabilní nebo klesá
- Silný tlak na přechod od fosilních paliv
- Klesající podíl světové spotřeby energie
- Rozvojové země v ohromném růstu
- Spotřeba energie na hlavu prudce stoupá
- Neomezené spalování fosilních paliv
- Budoucnost světové energie diktována hlavně Čínou a Indií

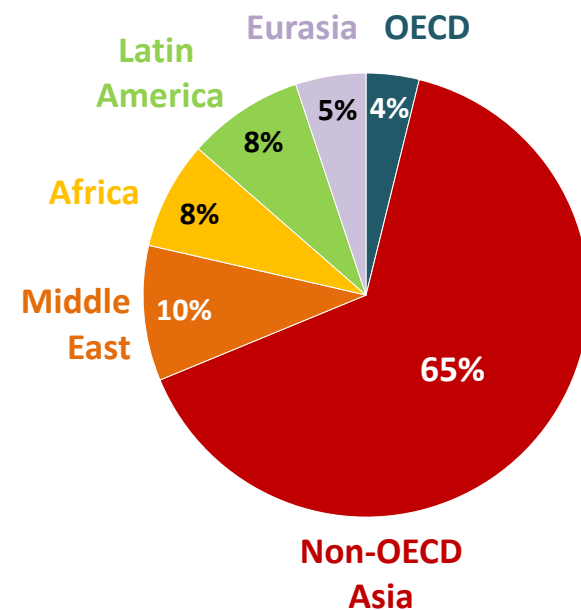
Motor růstu spotřeby se přesouvá do Jižní Asie



Spotřeba primárních energií, 2035 (Mtoe)



Podíl na globálním růstu 2012-2035

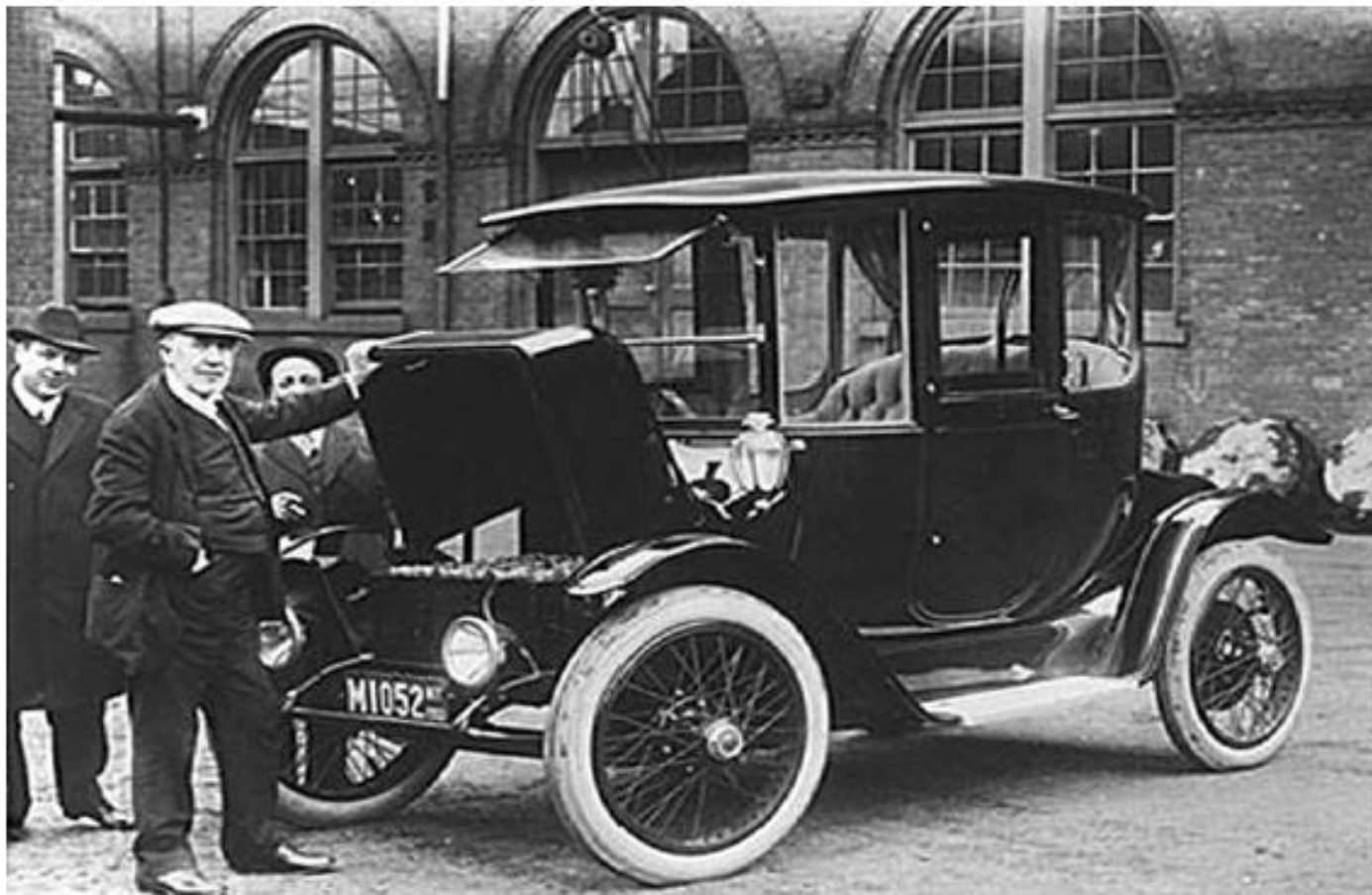


Zdroj: World Energy Outlook 2013

Čína je hnacím motorem růstu spotřeby energií v současné dekádě, ale očekává se, že to bude Indie, kdo převeze tuto roli po roce 2020

Elektromobilita (1)

Thomas Edison a jeho oblíbený automobil
v roce 1905



Elektromobilita (2)

Chevrolet Volt

prodej <10,000 aut v roce 2011, 20,000 v roce 2012



Prodej aut v USA 2012

- Celkový prodej
- 14 439 684
- Elektromobily
- 14 251

0,098%



Tesla Roadster, \$109,000

Moderní civilizace



- Od roku 2007 > 50% lidí žije ve městech
- Největší města mají vysokou hustotu všech indikátorů
- Stále rostoucí hustota průměrné spotřeby elektřiny
- Civilizace umožněna nepřetržitým tokem energie s vysokou hustotou výkonu (W/m^2)

Zdroj: Václav Smil, Energetické změny – Mýty a skutečnosti



Živá hmota šimpanzů 0,001 t/ha



Živá hmota slonů 0,03 t/ha



Tokio – živá hmota lidí 6 t/ha



Paříž – živá hmota lidí 10 t/ha



Mongkok – živá hmota lidí 20 t/ha



Hong Kong, hustota bytové spotřeby 3.000 W/m²



Energetická spotřeba a subjektivní spokojenost

<http://www.thehappinessshow.com/HappiestCountries.htm>

Subjektivní spokojenost

- **1. Puerto Rico**
- **2. Mexiko**
- **3. Dánsko**
- **4. Kolombie**
- **10. Kanada**
- **15. USA**
- **39. Japonsko**
- **40. Česká republika**

Spotřeba na obyvatele (GJ/hlavu v roce 2010)

100
70
160
35
390
345
170
168

% happy

consumption (GJ/capita)

1950

1960

1970

1980

1990

2000

2010



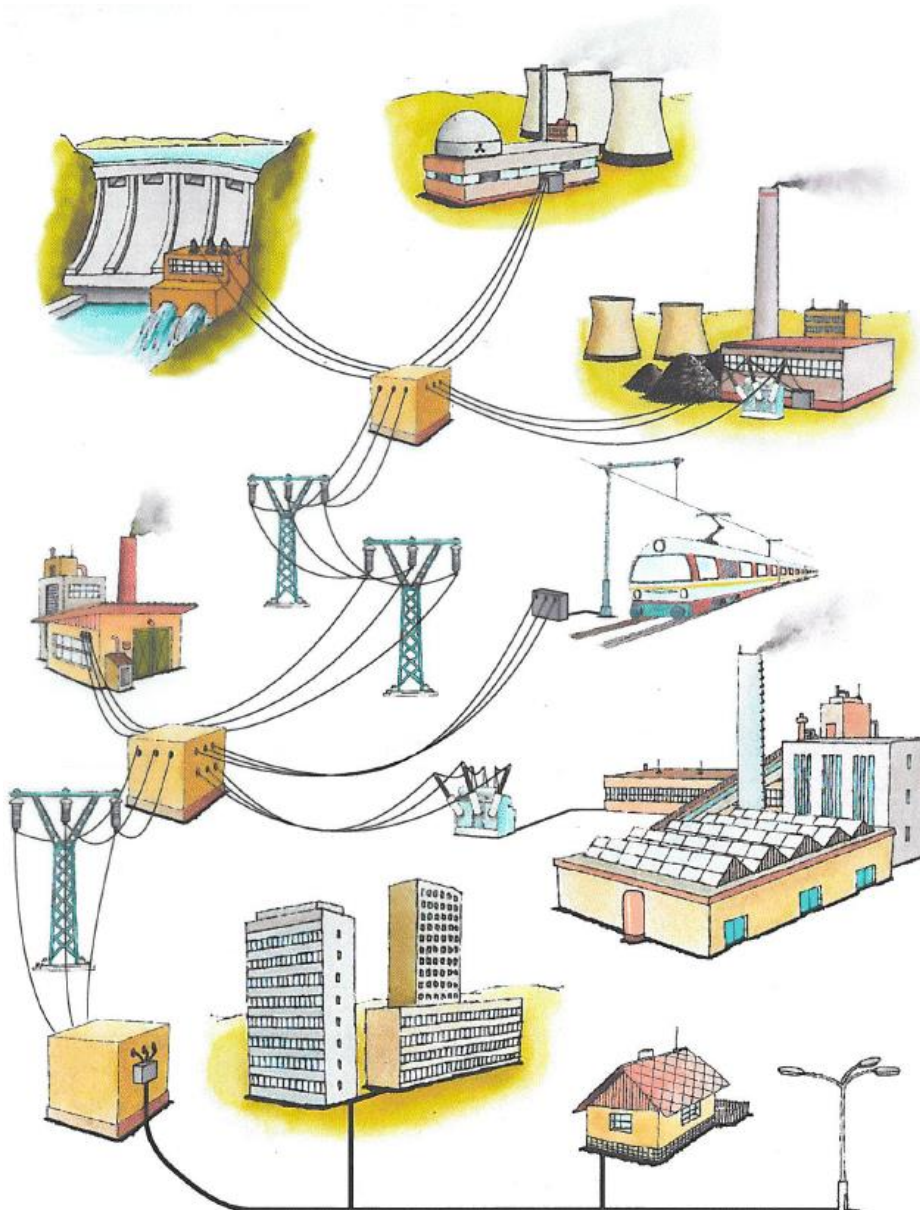


Elektrizační soustava

Přenos a distribuce elektřiny



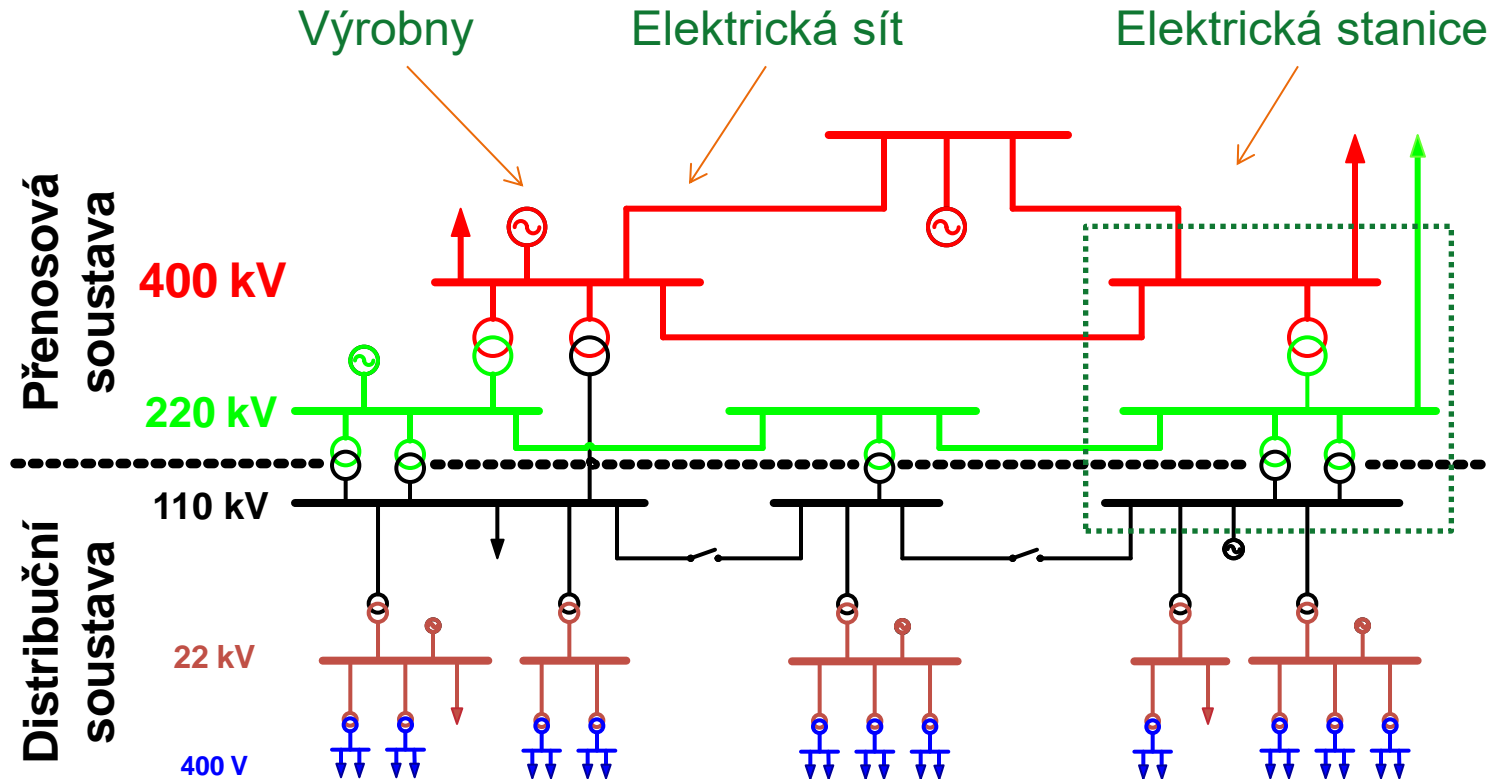
Struktura elektrizační soustavy



Struktura elektrizační soustavy



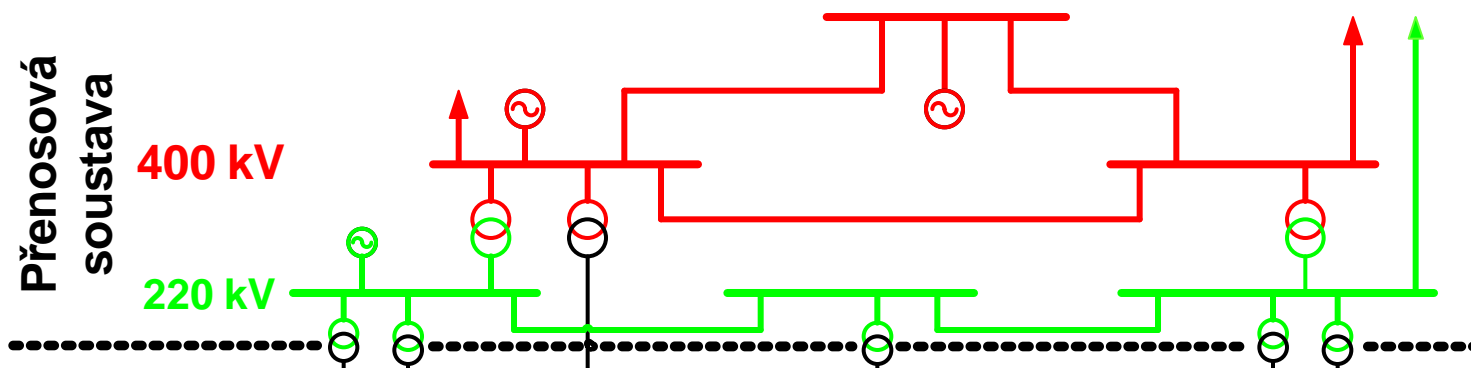
- Slouží k přenosu a rozvodu elektrické energie



Přenosová soustava



- Sítě 400 kV a 220 kV

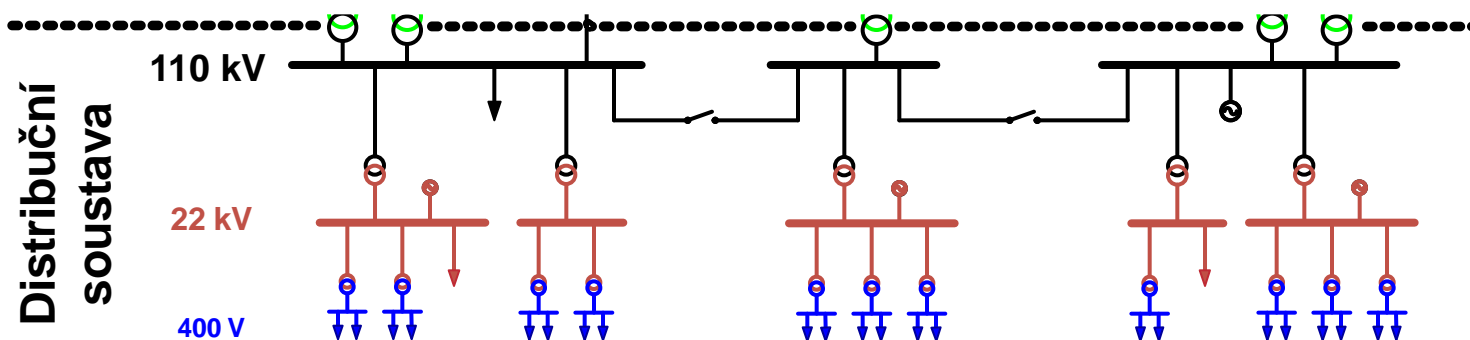


- Přenos výkonů na velké vzdálenosti
- Propojení se zahraničím
- Vyvedení výkonu velkých elektráren
- Tvoří páteř elektrizační soustavy

Distribuční soustava

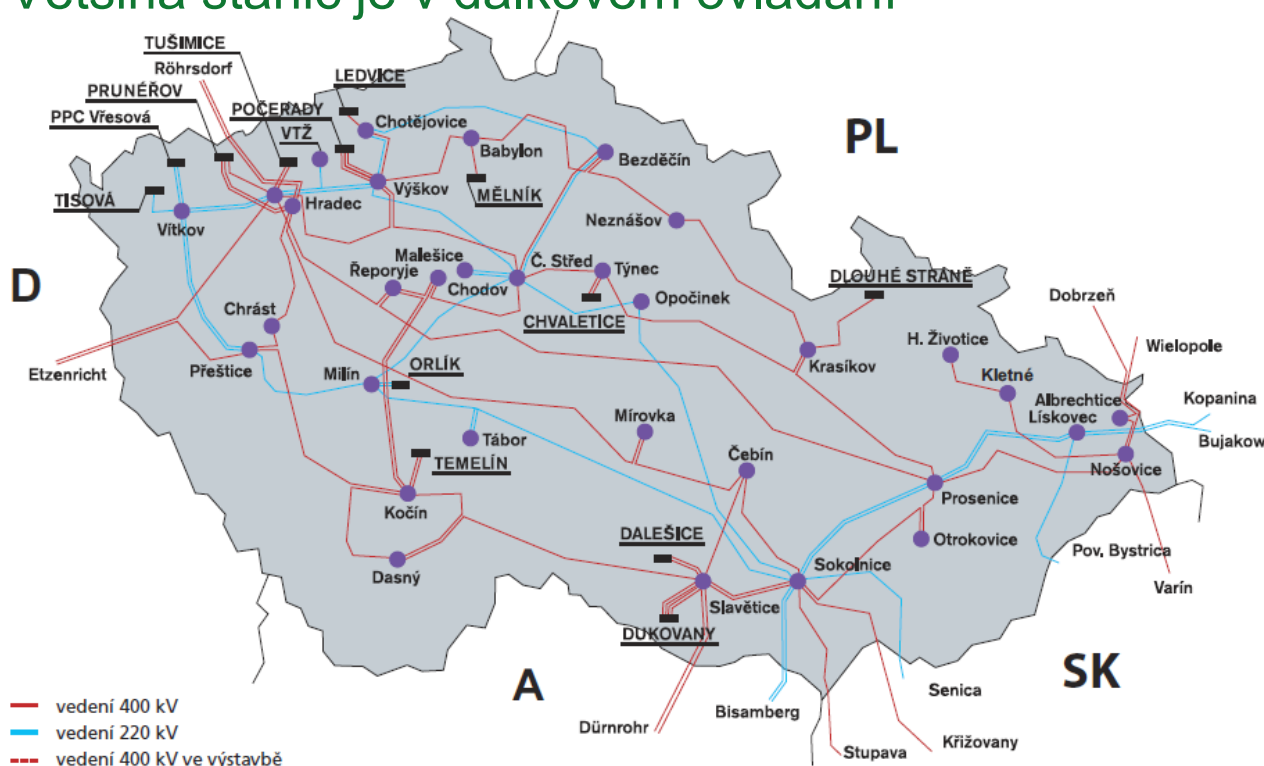


- Sítě 110 kV a nižšího napětí
- Slouží k distribuci elektřiny k odběratelům
- Přenos výkonu na kratší vzdálenosti
- Jsou do ní připojeny menší elektrárny



Stanice přenosové soustavy

- V České republice je 33 stanic přenosové soustavy
 - 4 propojují síť 400 a 220 kV
 - 32 stanic propojuje přenosovou a distribuční síť
 - 10 stanic zajišťuje vyvedení výkonu z elektráren
 - V 8 stanicích jsou současně rozvodny 400 a 220 kV
 - Většina stanic je v dálkovém ovládní



Dasný 10. září



protáhne se ?

Dasný 10. září

trefí se ?

Schéma sítě ES ČR

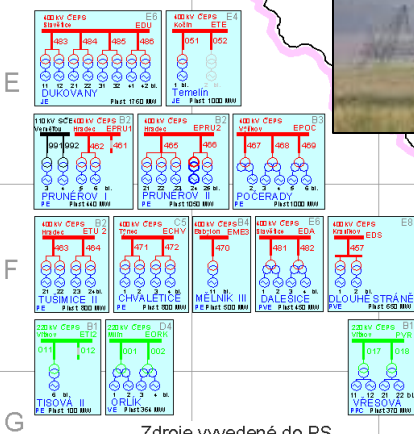
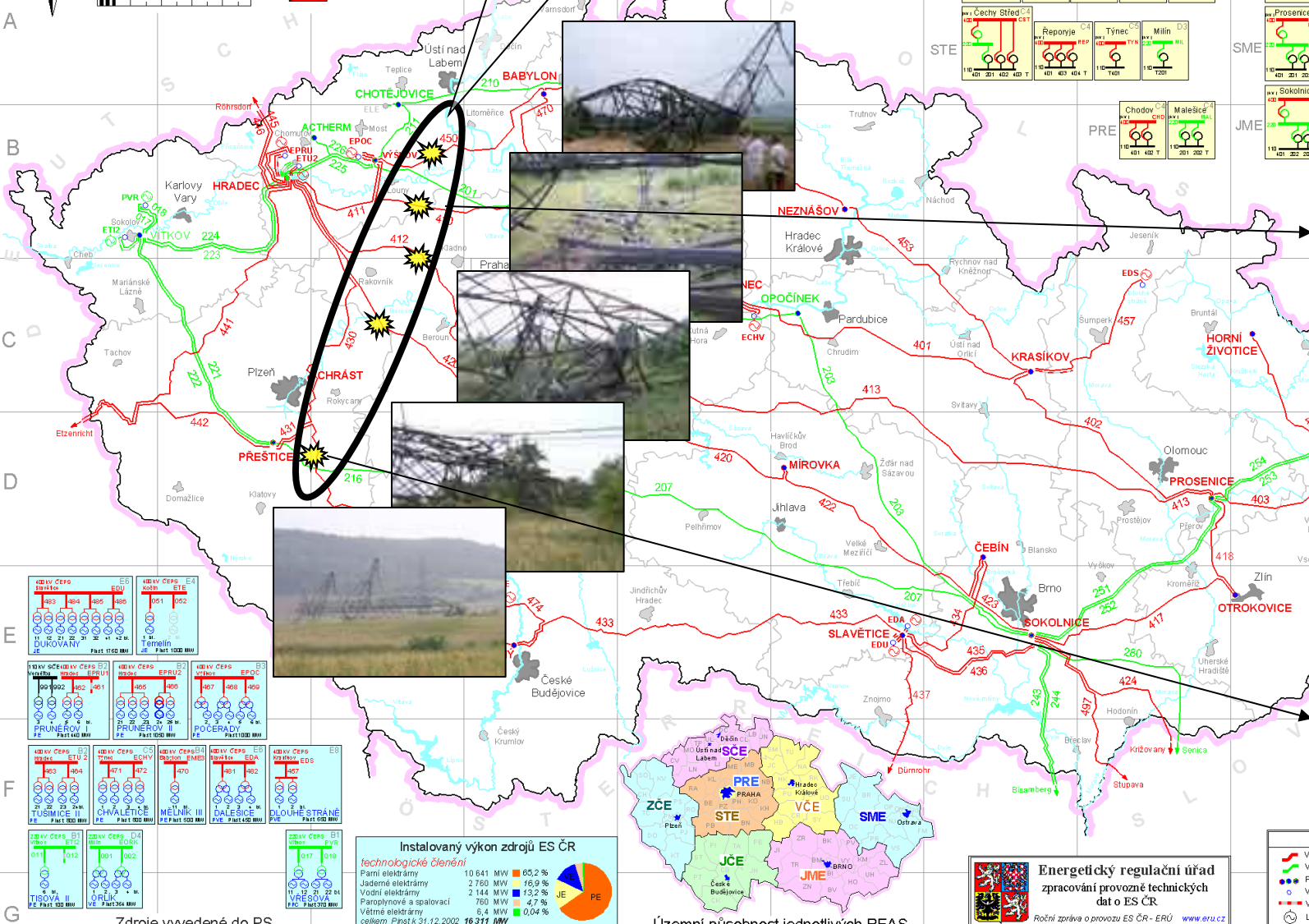
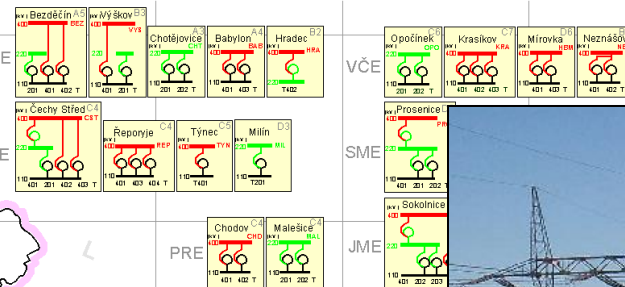
Přenosová síť 400 a 220 kV
stav k 31.12.2002



n-5 spolehlivě
„zhasne“ na 2-3
týdny republiku

Transformační výkon v PS
Tr. 400 / 220 kV 2 030 MVA / 4 jedn.
Tr. 400 / 110 kV 11 090 MVA / 41 jedn.
Tr. 220 / 110 kV 4 000 MVA / 20 jedn.

Transformace PS 400/220, 400/110 a 220/110 kV



Územní působnost jednotlivých REAS

Energetický regulační úřad
zpracování provozních technických
dat o ES ČR
Roční zpráva o provozu ES ČR - ERÚ www.eru.cz





Stabilita elektrizační soustavy

Vlivy na stabilitu ES

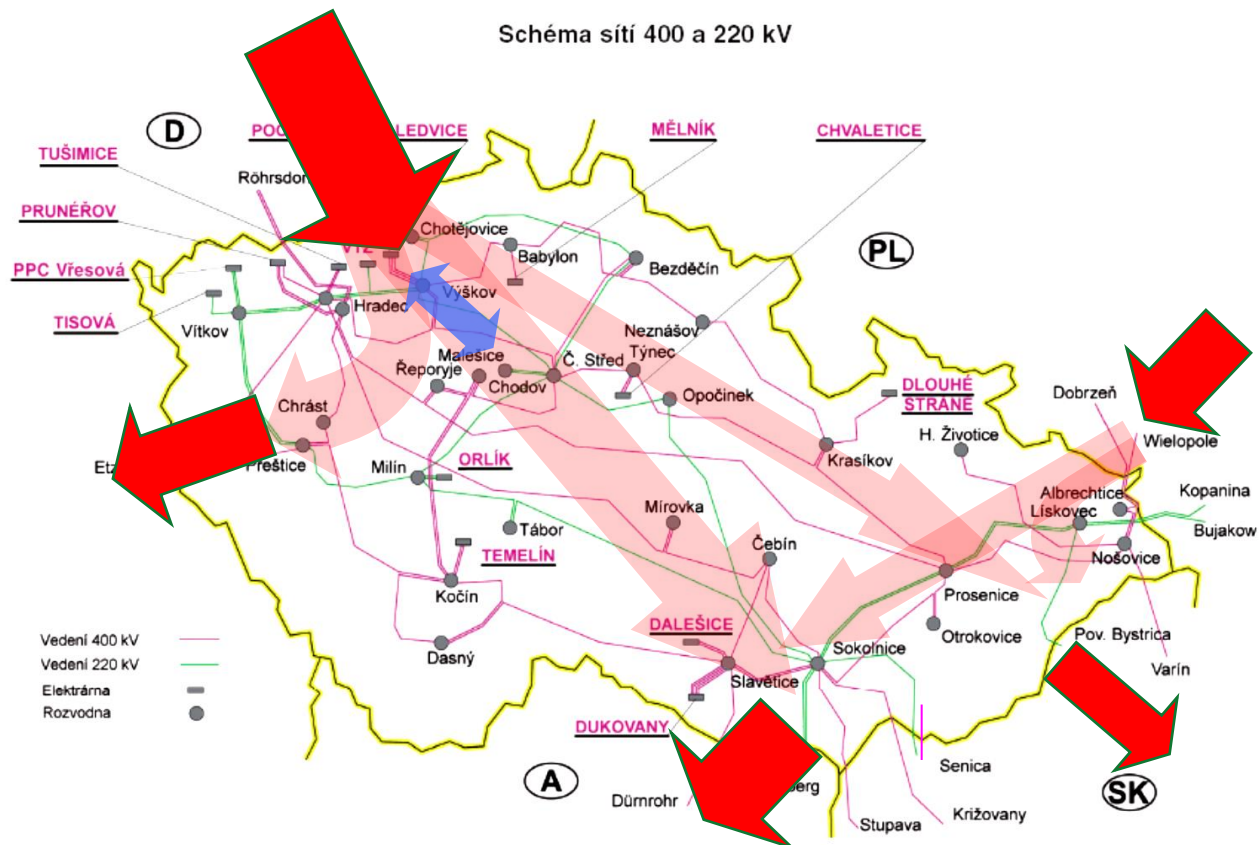




Větrné elektrárny

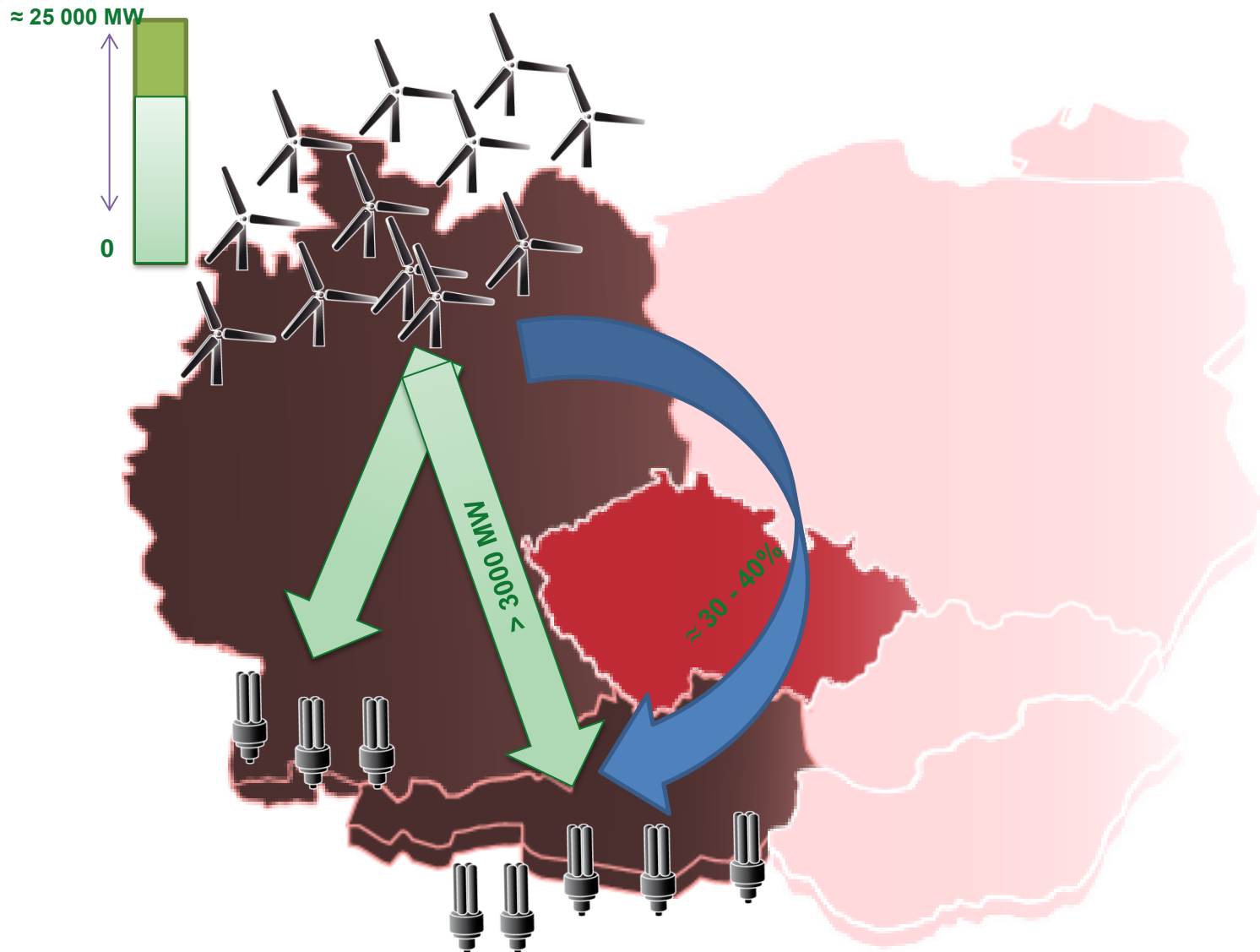
Vliv okolních zemí na ES ČR

- Podpora evropského energetického trhu s elektřinou
- Integrace obnovitelných zdrojů – Německo, proměnlivost toků
- PL - změna portfolia, instalace PST na hranice s DE



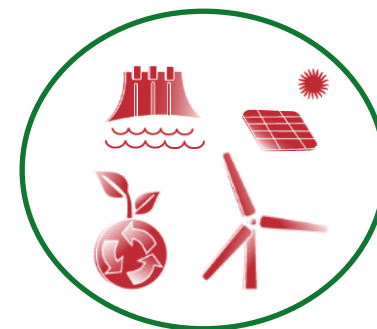
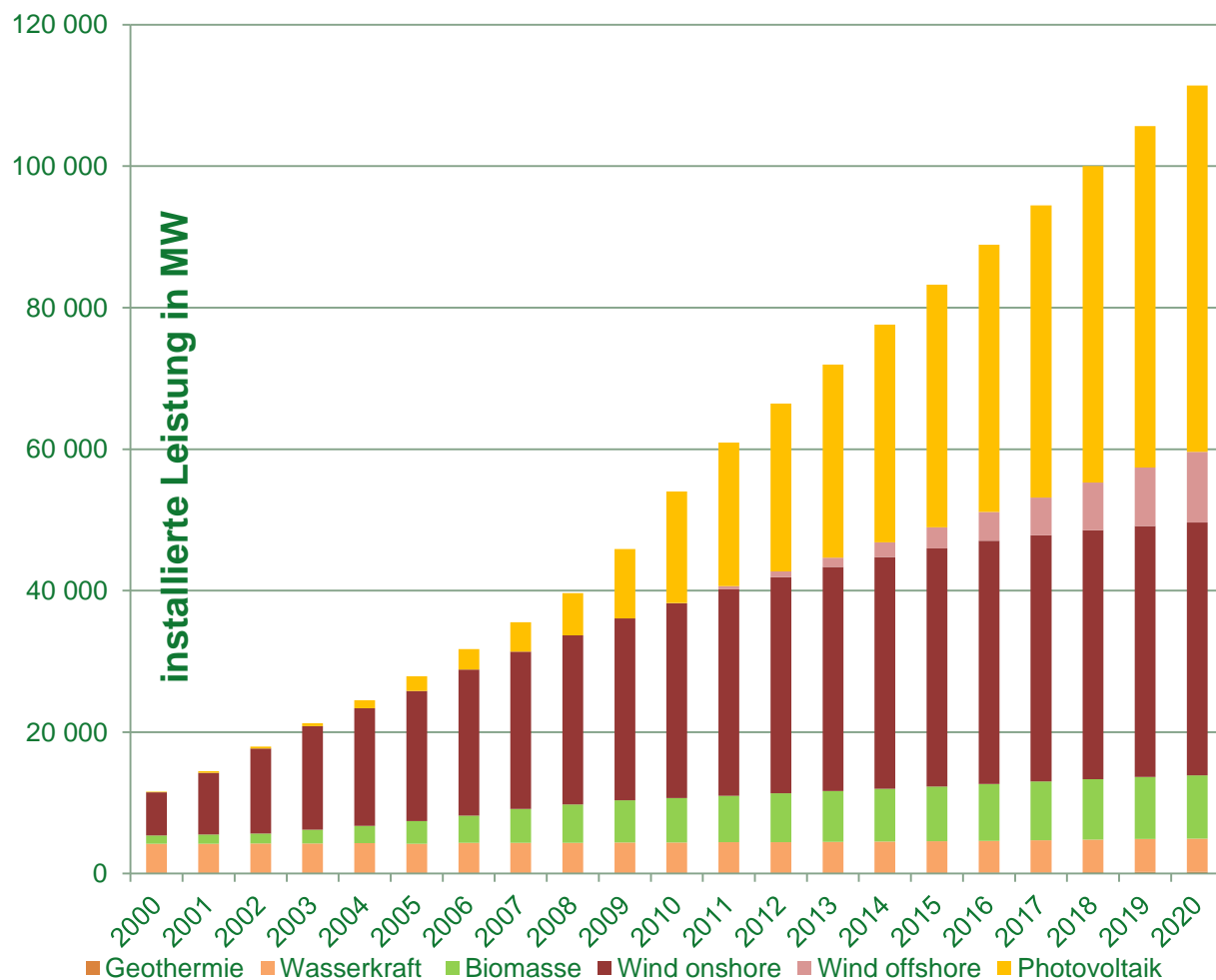
Zdroj: ČEPS, a.s.

Vliv VTE v Německu na ES ČR



Zdroj: ČEPS, a.s.

Rozvoj OZE v Německu



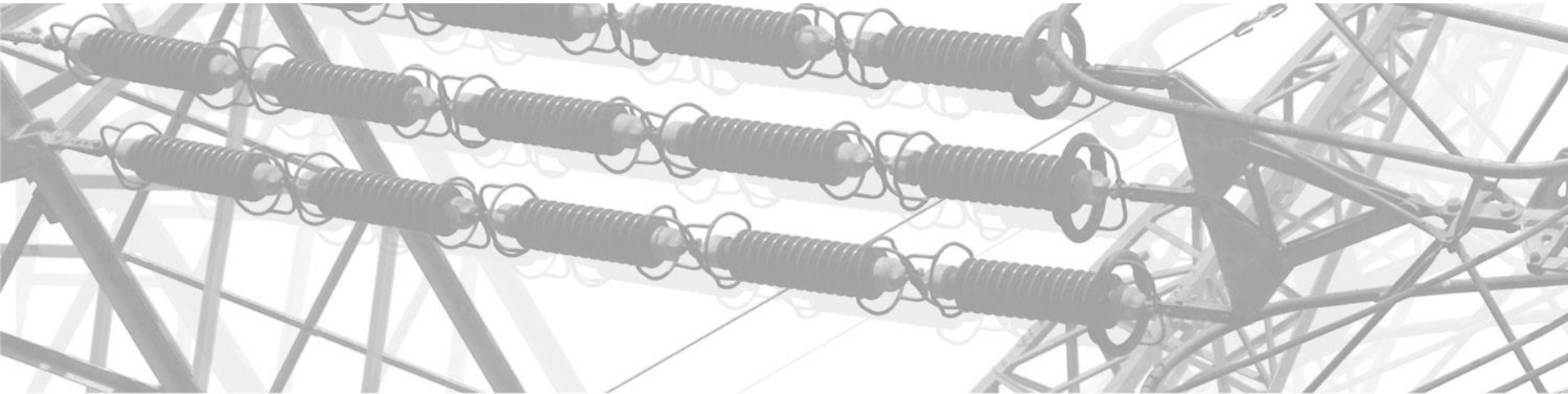
- Rozvoj nestabilních OZE **NENÍ** konzultován se sousedními zeměmi
- Rozvoj síťové infrastruktury je opožděn

Source: BMU (Ministry of Environment)

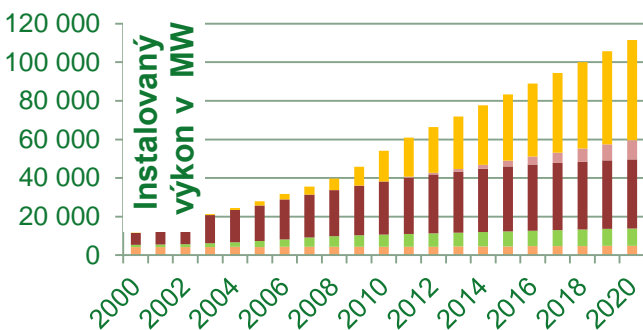
Kritické situace v PS ČR



- Vlivem enormní výroby ve větrných parcích v Německu pokračují kritické situace v přenosové soustavě ČR

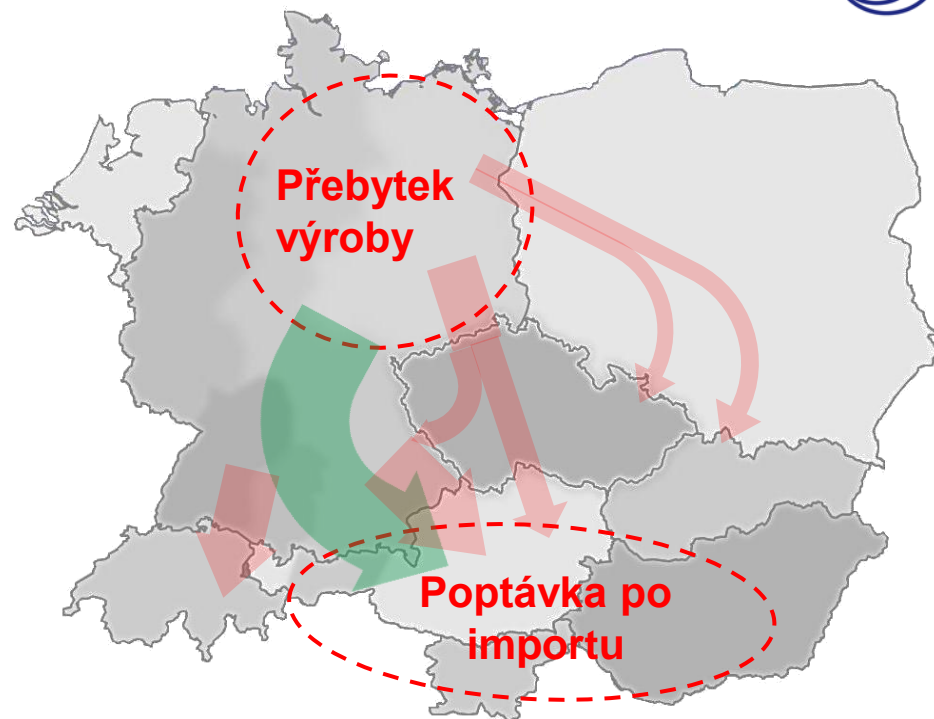


Příčiny vzniku kritických situací přetrvávají



+

=



**OZE + odstavování JE + pomalá výstavba sítí v Německu + jednotná zóna DE-AT
= problém pro přenosovou soustavu ČR**

OZE a výstavba přenosových vedení v SRN

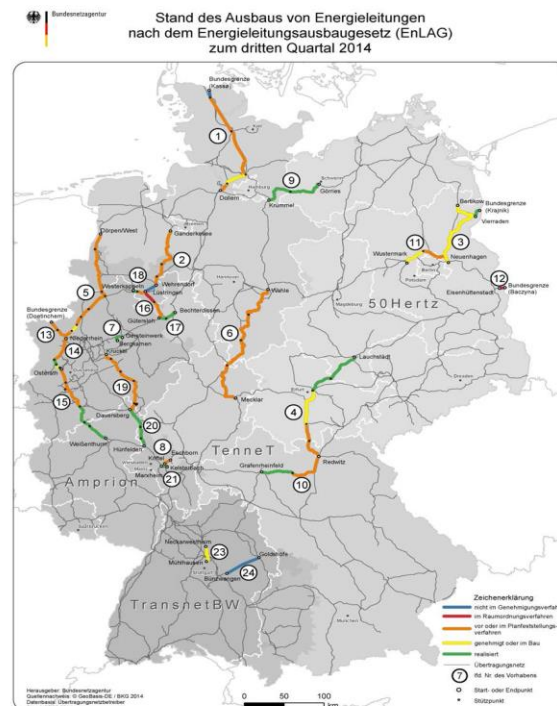
- EnLAG (2009) – zákon na výstavbu přenosových sítí v Německu.
- Nárůst výkonu a výroby OZE v Německu nedoprovází adekvátní výstavba přenosových vedení!

Původní plán

1887 km vedení do
roku 2015

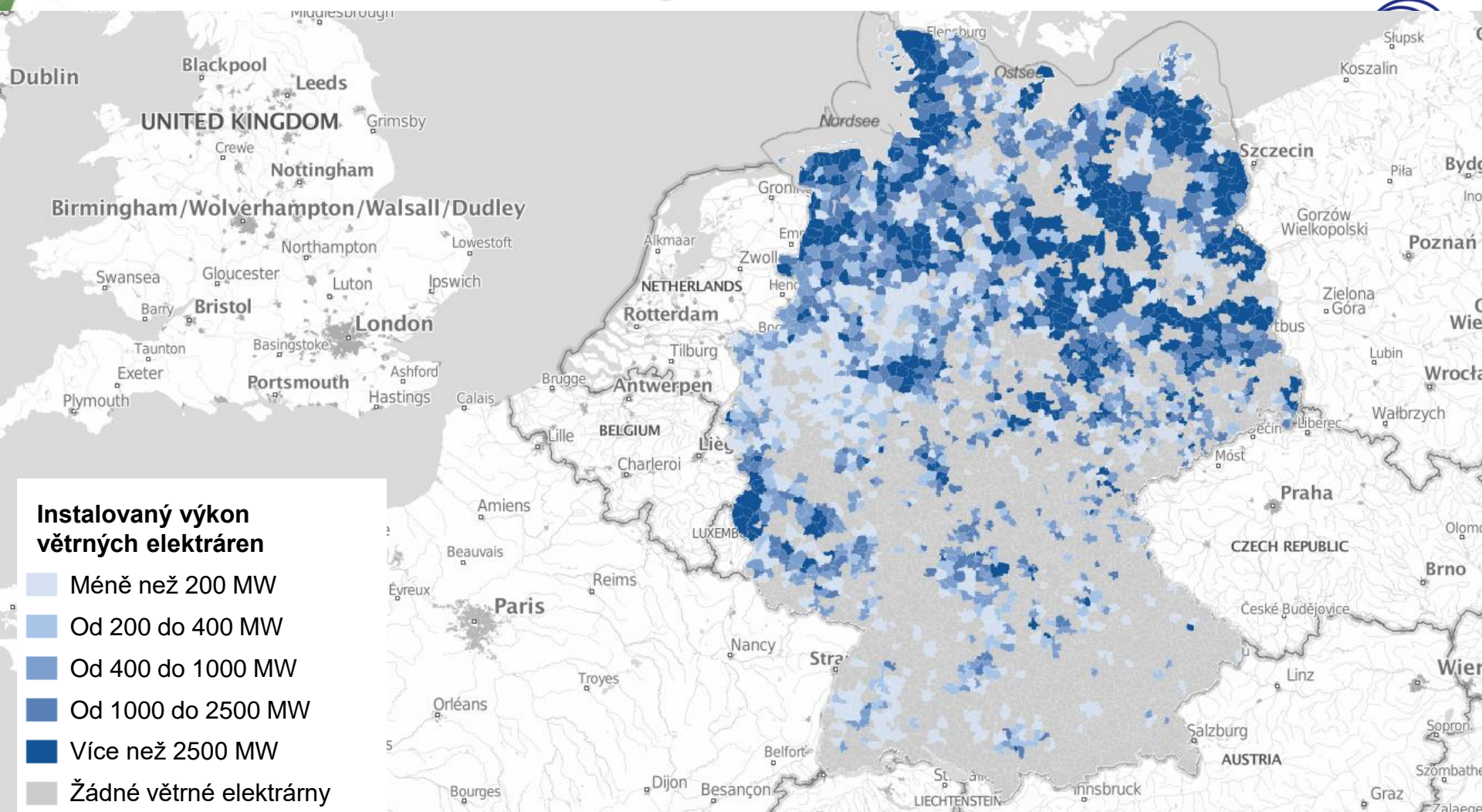
Realita

Q3/2014 postaveno
pouhých 23% vedení!



**Němečtí provozovatelé PS odhadují plnění plánu v roce 2016 na pouhých 40%
- před rokem byl odhad ještě na 50 %**

Rozložení větrných elektráren v SRN



Zdroj: GeoBasis-DE /BKG

Enormní výroba větrných parků v Německu na přelomu roku 2014/2015



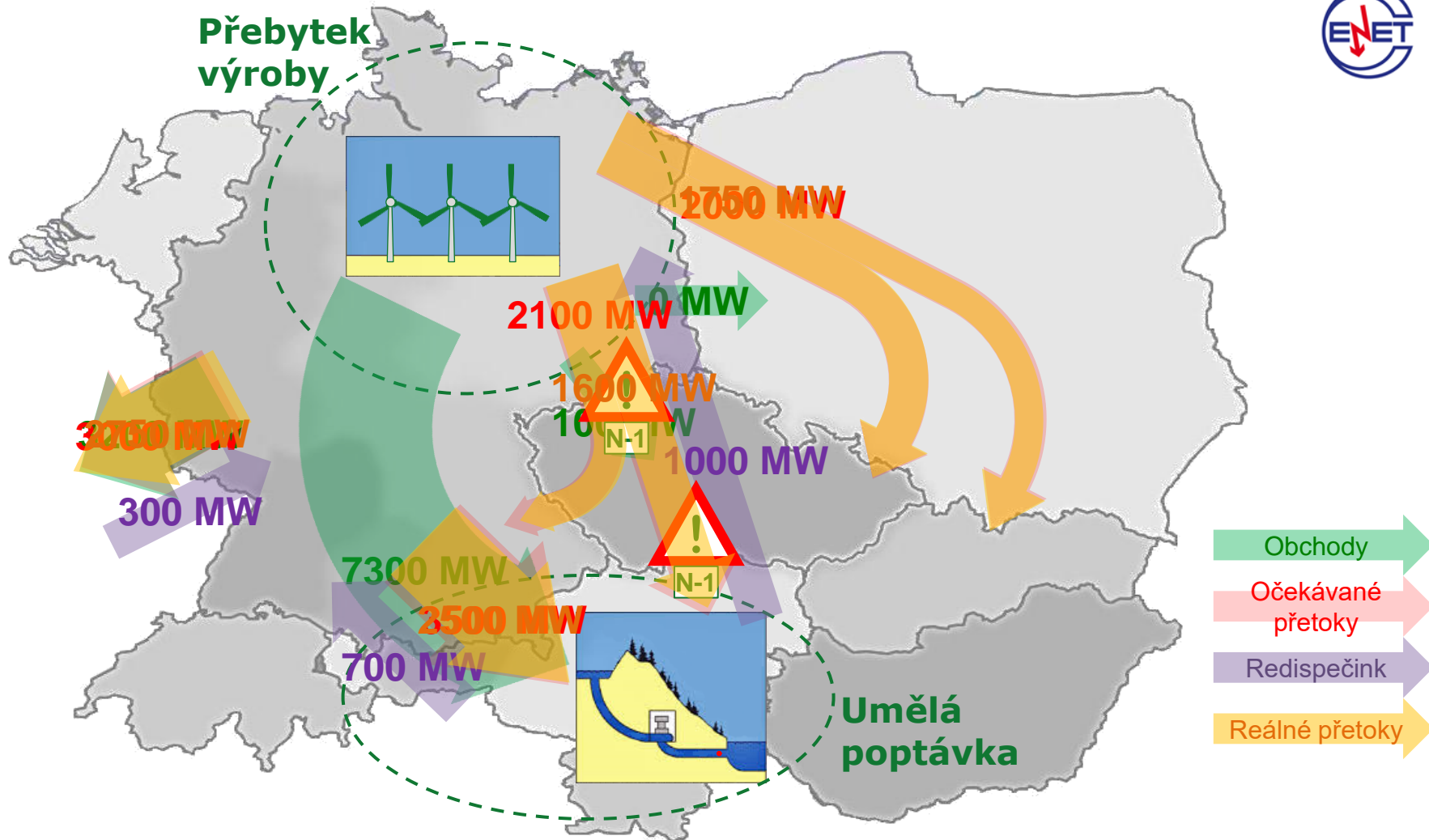
- **30 000 MW** - výroba větrných parků v Německu
- **11 300 MW** - export Německa ve směru jihovýchod
- Nedostatečná přenosová infrastruktura ve směru sever - jih
 - **7 700 MW** - toky mezi Německem a Rakouskem
 - z toho až **70 %** elektřiny teklo přes okolní soustavy



Hrozila kritická situace v PS ČR !

- Tranzit přes přenosovou soustavu ČR po opatřeních **3 400 MW**

Situace 2.1.2015 – použití redispečinku na korekci obchodů mezi SRN a Rakouskem

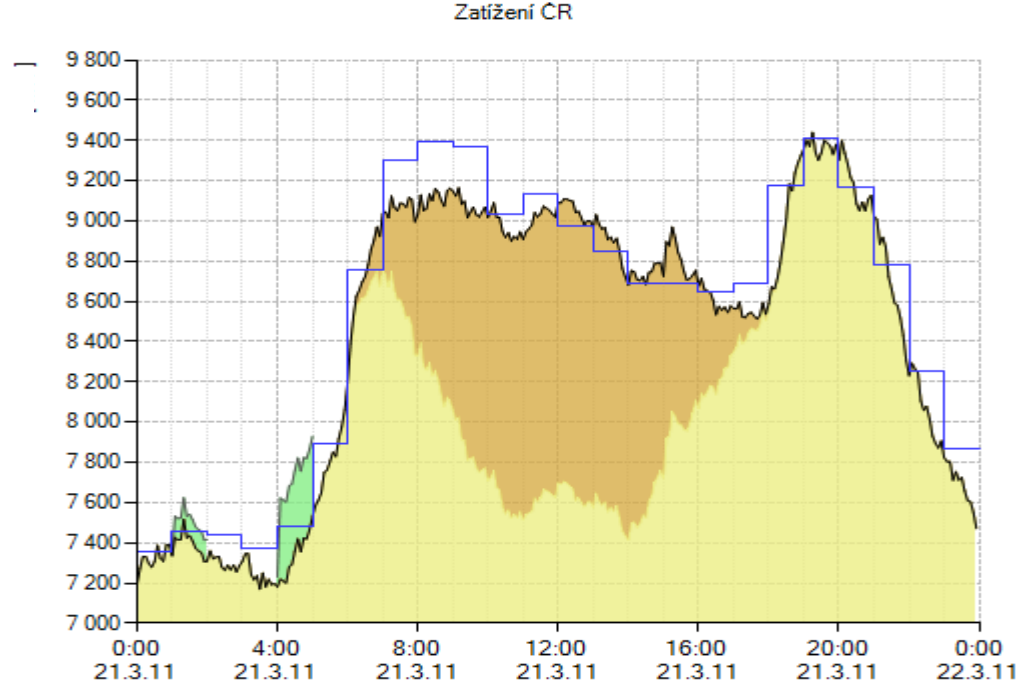
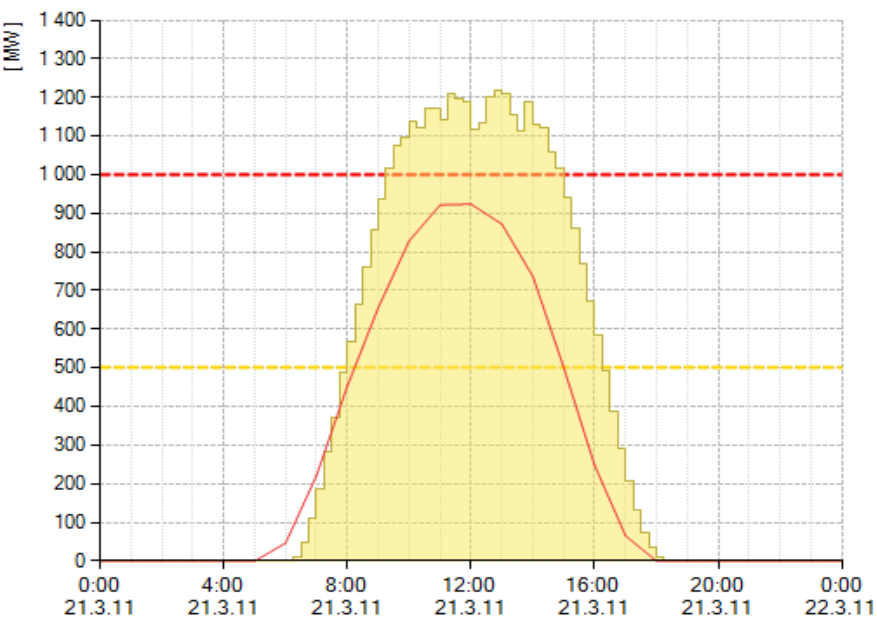









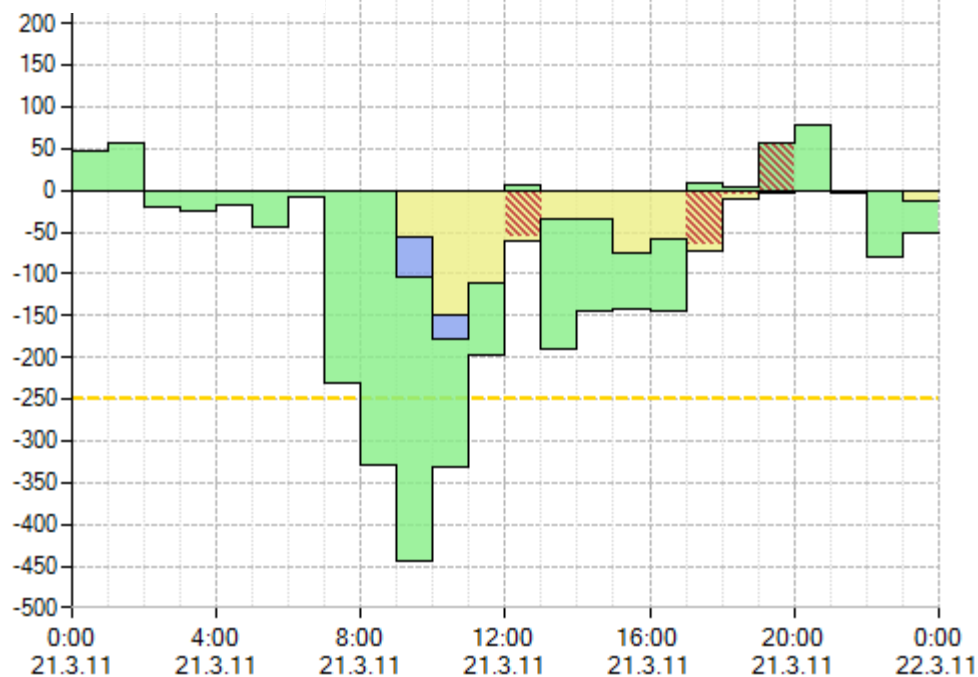
Fotovoltaické elektrárny

21.3.2011 vyšší výroba

Ceská republika



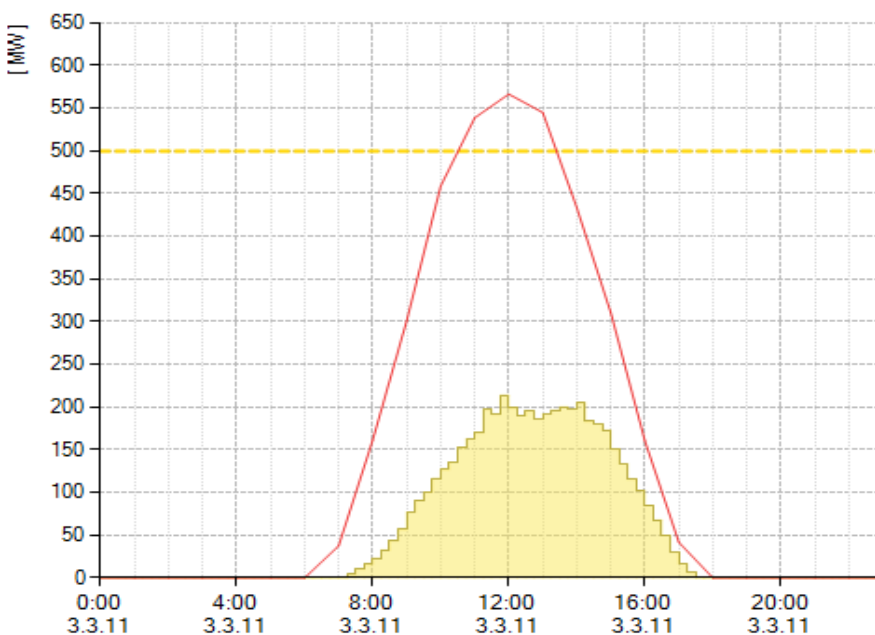
-  ☒ Automatická aktivace
-  ☒ Manuální aktivace
-  ☒ Zahraničí
-  ☒ Vyrovnávací trh
- 



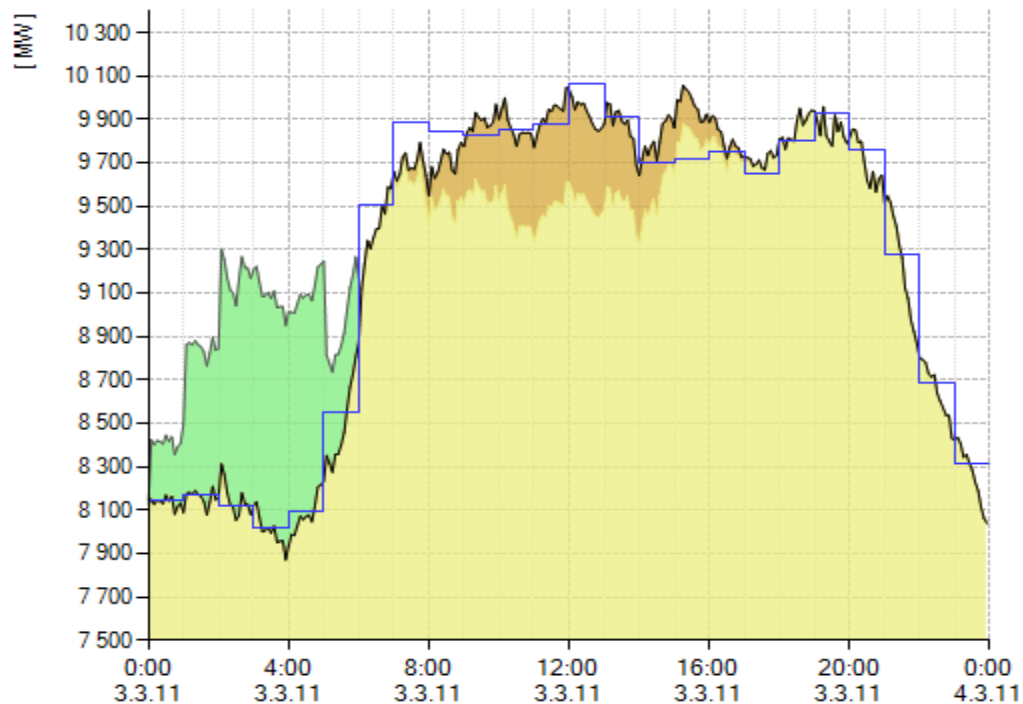
Zdroj: ČEPS, a.s.

3.3.2011 nižší výroba

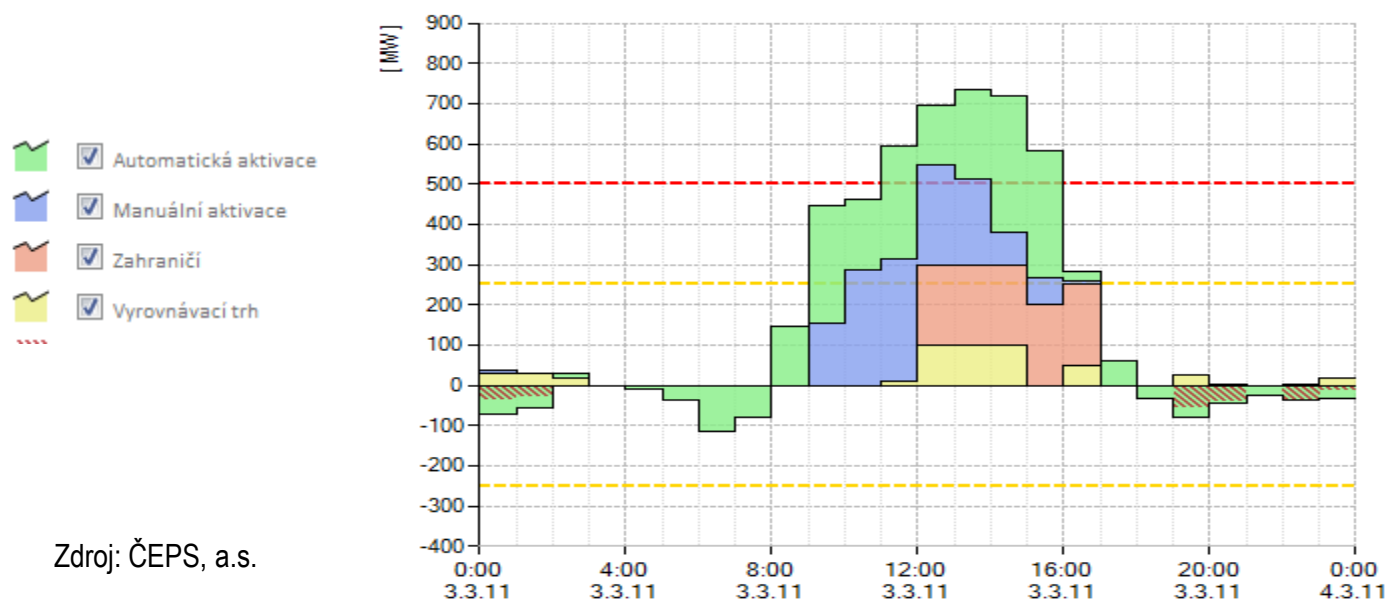
Ceská republika



Zatížení CR



Aktivace PpS - hodinové průměry



Zdroj: ČEPS, a.s.

Dílčí závěry

- Společnost ČEPS s nasazením řady technických a organizačních opatření zvládá kritické situace bez narušení dodávek elektřiny
- Neplánované toky z Německa
 - dlouhodobě ohrožují bezpečnost provozu přenosové soustavy ČR
 - zatěžují konečné zákazníky v ČR náklady na nápravná opatření
 - diskriminují obchodníky v ČR v přístupu na evropský trh s elektřinou
- ČEPS přijímá dlouhodobá opatření
 - investiční plán obnovy a výstavby PS
 - návrhy na změny pravidel trhu s elektřinou v Evropě



Žádné další tepelné elektrárny

[STOPP]



**DIE WICHTIGSTEN GRÜNDE GEGEN
NEUE KOHLEKRAFTWERKE**

hier ▶





Unabhängiges Portal für Organisationen, Bürgerinitiativen und Privatleute in Deutschland, die sich gegen Windkraft im allgemeinen oder gegen bestimmte Windkraftprojekte aussprechen



vorsicht
hochspannung



HOCH SPANNUNGS STEDT
SAGT NEIN!



Die Angst vor neuen
Monstermasten

Wutbürger unter Strom



SET Plan – Smart Grids

Evropská průmyslová
Iniciativa Smart Grids

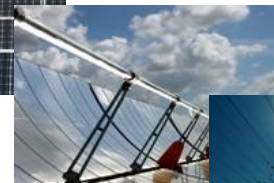


SET Plan - priority



- Rozvoj nízkouhlíkových technologií v rámci EII (European Industrial Initiatives), Evropské průmyslové iniciativy

- Větrná energie
- Solární energie
- Elektrické sítě
- Bioenergie
- Zachycování a ukládání CO₂
- Jaderné štěpení
- Inteligentní města



Klíčové technologie

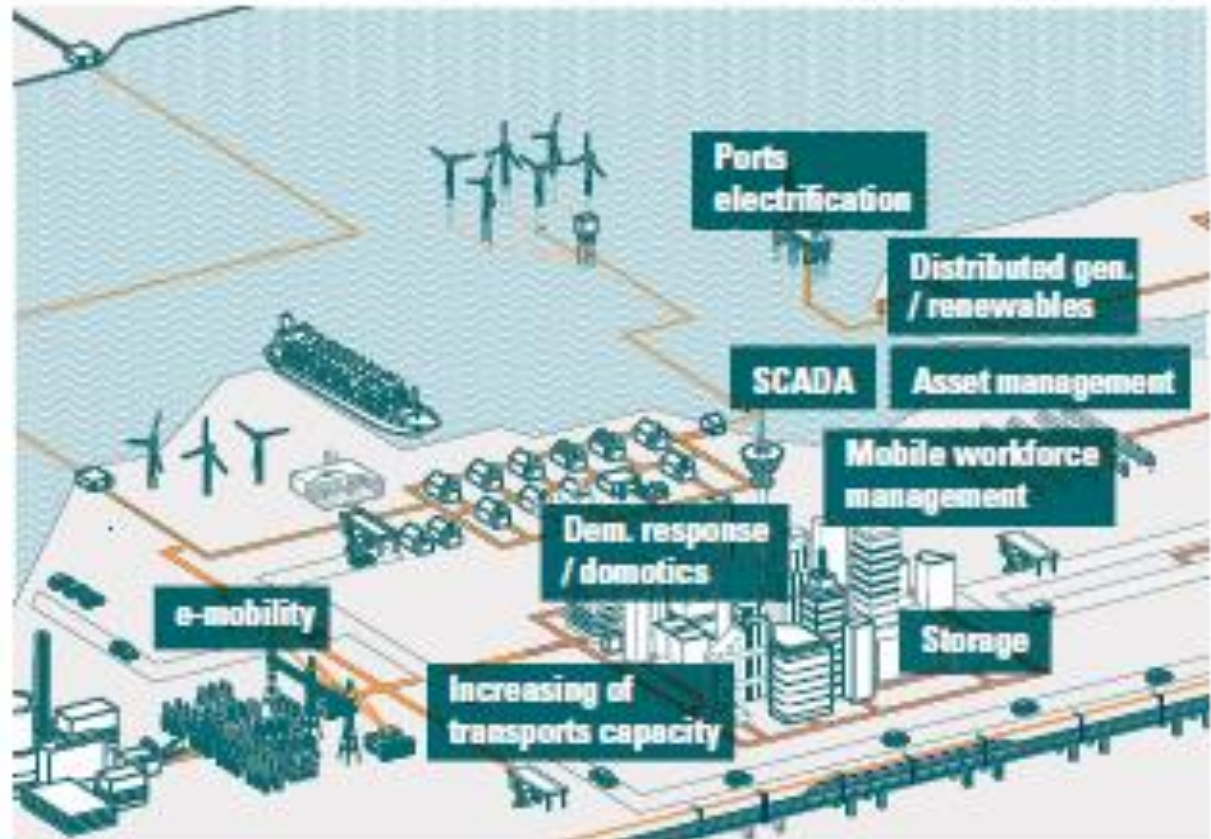


- Iniciativa pro elektrické sítě
 - Tvorba reálného vnitřního trhu s elektřinou
 - Integrace a masivní nárůst zdrojů s nestálou/přerušovanou výrobou
 - Řízení komplexních interakcí mezi dodavateli a spotřebiteli elektřiny
 - Monitorování a řízení sítí v normálních a v nouzových stavech
- Optimální strategie a model trhu poskytující účastníkům správné signály a motivaci v rámci celého řetězce od výroby po užití elektřiny

Smart řešení

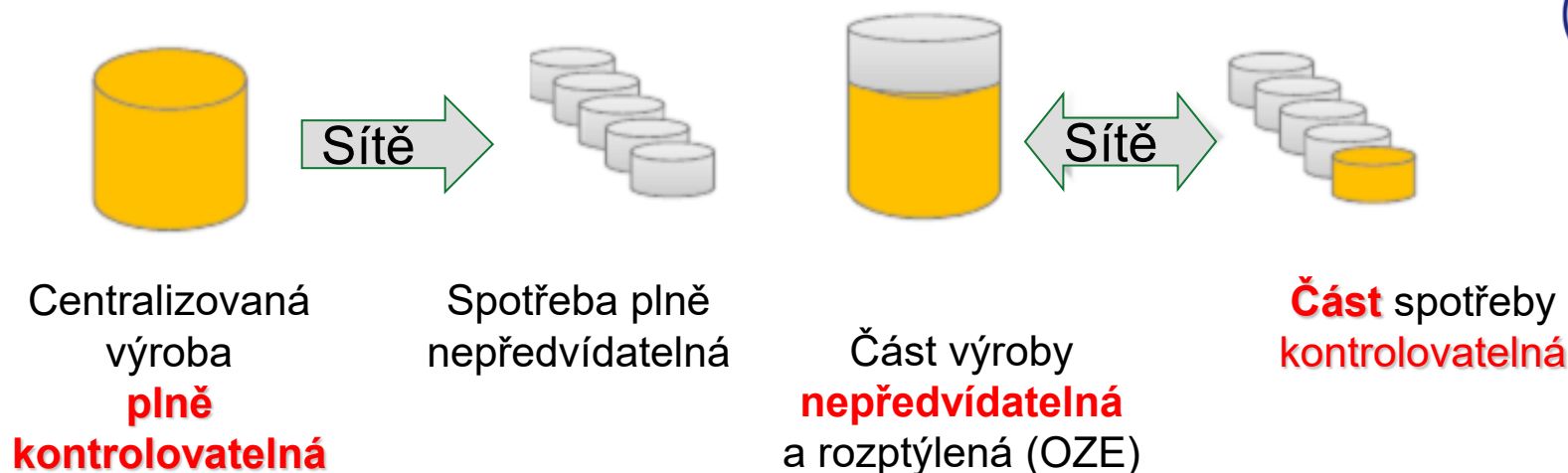
- Smart Metering
- Smart Grids
- Smart Cities

Smart grids



Source: T&D Europe and ABB

Iniciativa „Smart Grids“

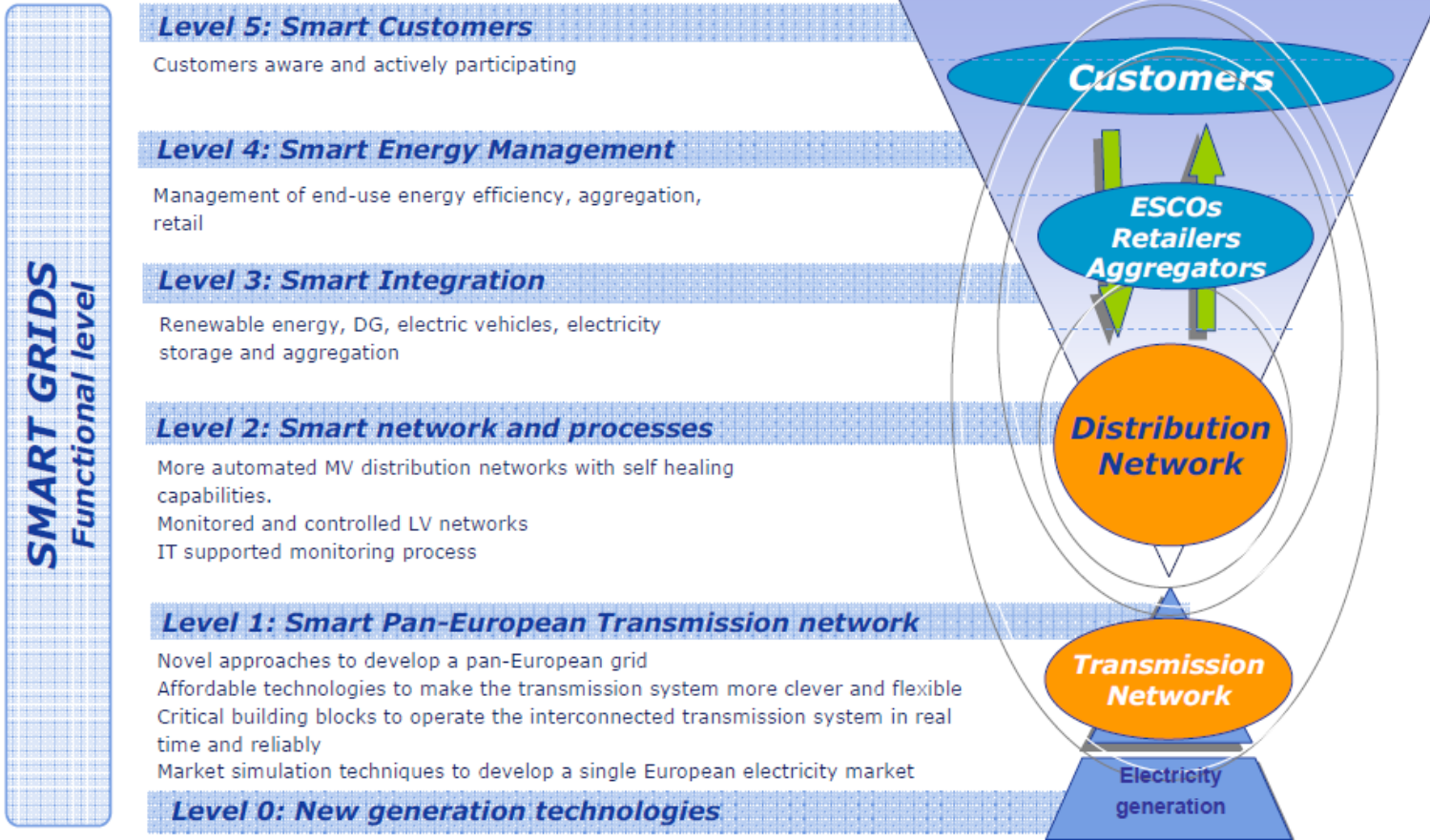


20. století

21. století

- Založeno na předpokladu, že „klasická energetika“ uvažuje s kontrolovatelnou výrobou a nepředvídatelnou spotřebou
- V případě „Smart Grids“ je předpokladem, že část výroby je rovněž nepředvídatelná (OZE), pak část spotřeby by měla být kontrolovatelná

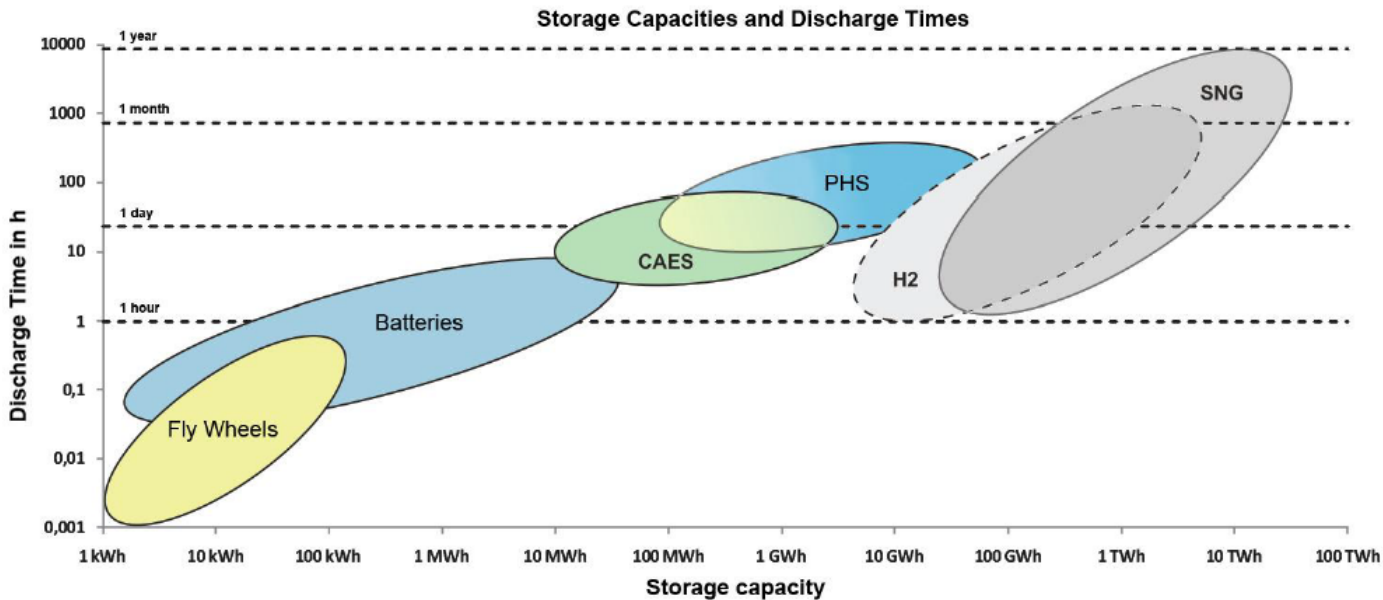
Model Smart Grids



Plánované kroky až v úrovni 5 uvažují s inteligentními zákazníky (Smart Customers)

Akumulace

- Akumulace – nezbytný předpoklad
 - Výzkum a vývoj (Research & Development)
 - Cena a návratnost investic



CAES: Compressed Air Energy Storage
PHS: Pump Hydro Storage
SNG: Synthetic Natural Gas

Source: Specht, M.: Speicherung von Bioenergie und erneuerbarem Strom im Erdgasnetz, ERDÖL ERDGAS KOHLE 126 (2010), Heft 10



System AMM

Automated Meter
Management

Trendy v měření

- AMR (Automated Meter Reading – Automatické odečty elektroměrů)
 - jednosměrná komunikace – efektivní zajištění odečtů
 - Norsko, Finsko
- AMM (Automated Meter Management – Automatické řízení elektroměrů)
 - obousměrná komunikace
 - je to AMR s dalšími funkcnostmi, jako je např. řízení tarifu, připojení a odpojení
 - odběrného místa
 - cílovým segmentem je kategorie zákazníků maloodběru (MOO, MOP)

Trendy v měření

- Smart metering
 - další vývojový stupeň – chytré měření
 - IT podpora (vyhodnocování dat)
- Smart grid
 - další vývojový stupeň – chytrá síť
 - čidla v síti pro on-line řízení soustavy
 - decentralizovaná výroba – obnovitelné zdroje



Architektura systému AMM



Funkcionalita a přínosy



- Měření práce
 - Evidence el. práce minimálně ve 4 registrech
 - Evidence měřené el. práce průběhovým profilem
 - Přínosy dané zavedením soudobých odečtů elektrické práce
 - Odečet na vyžádání pro účely fakturace k libovolně danému termínu
 - Dostatečně přesné vstupní podklady pro optimalizaci zapojení sítě
 - Kvalitní vstupní podklady pro stanovení výše netechnických ztrát na ucelené části DS
 - Podklady pro zjištění parametrů ekonomické výkonnosti jednotlivých celků DS

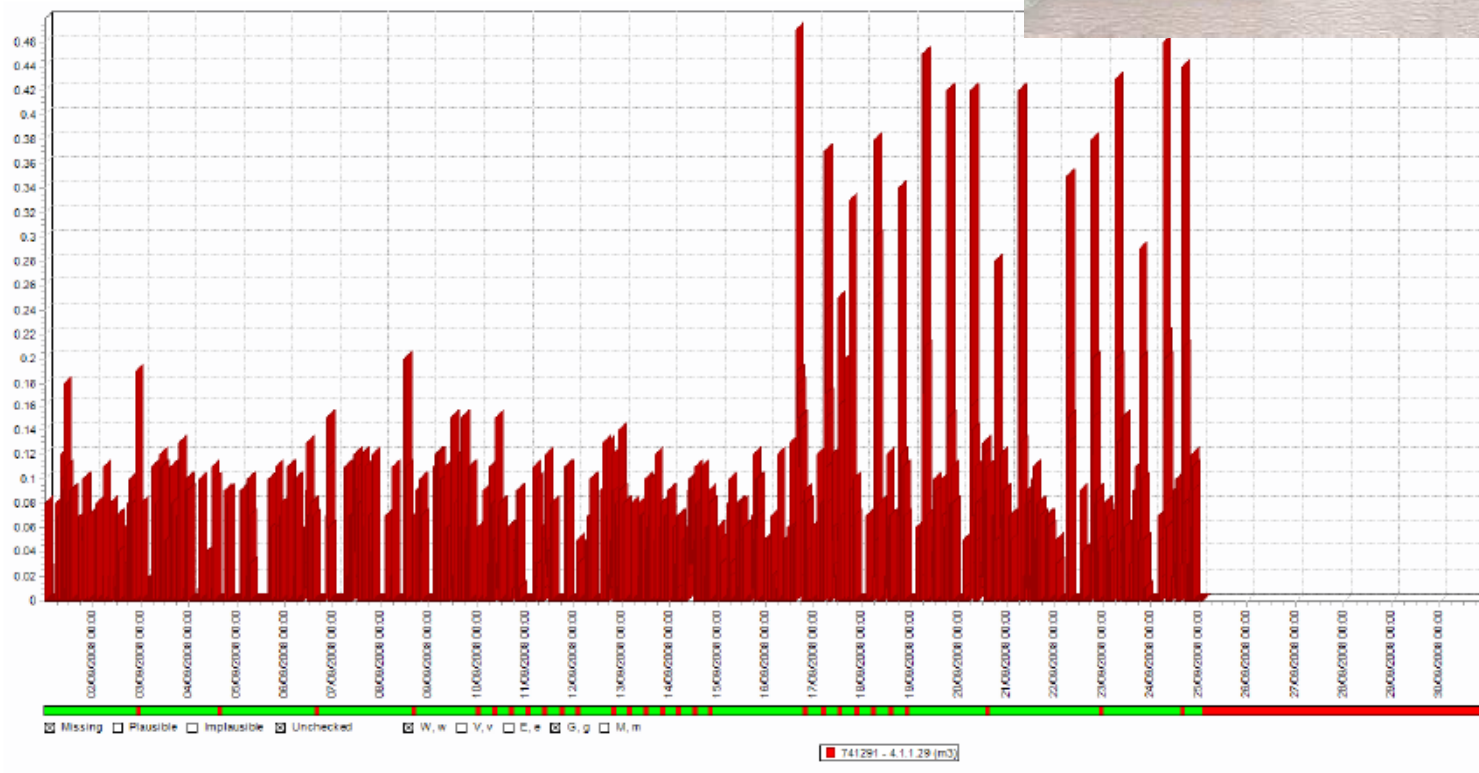
Funkcionalita a přínosy

- Měření vybraných parametrů kvality dodávky EE
 - Evidence stavů Přepětí/Podpětí
 - Hlášení o stavu nedodávky EE v MM
 - Evidence vyšších harmonických frekvencí
 - Evidence krátkodobých jevů (flicker)

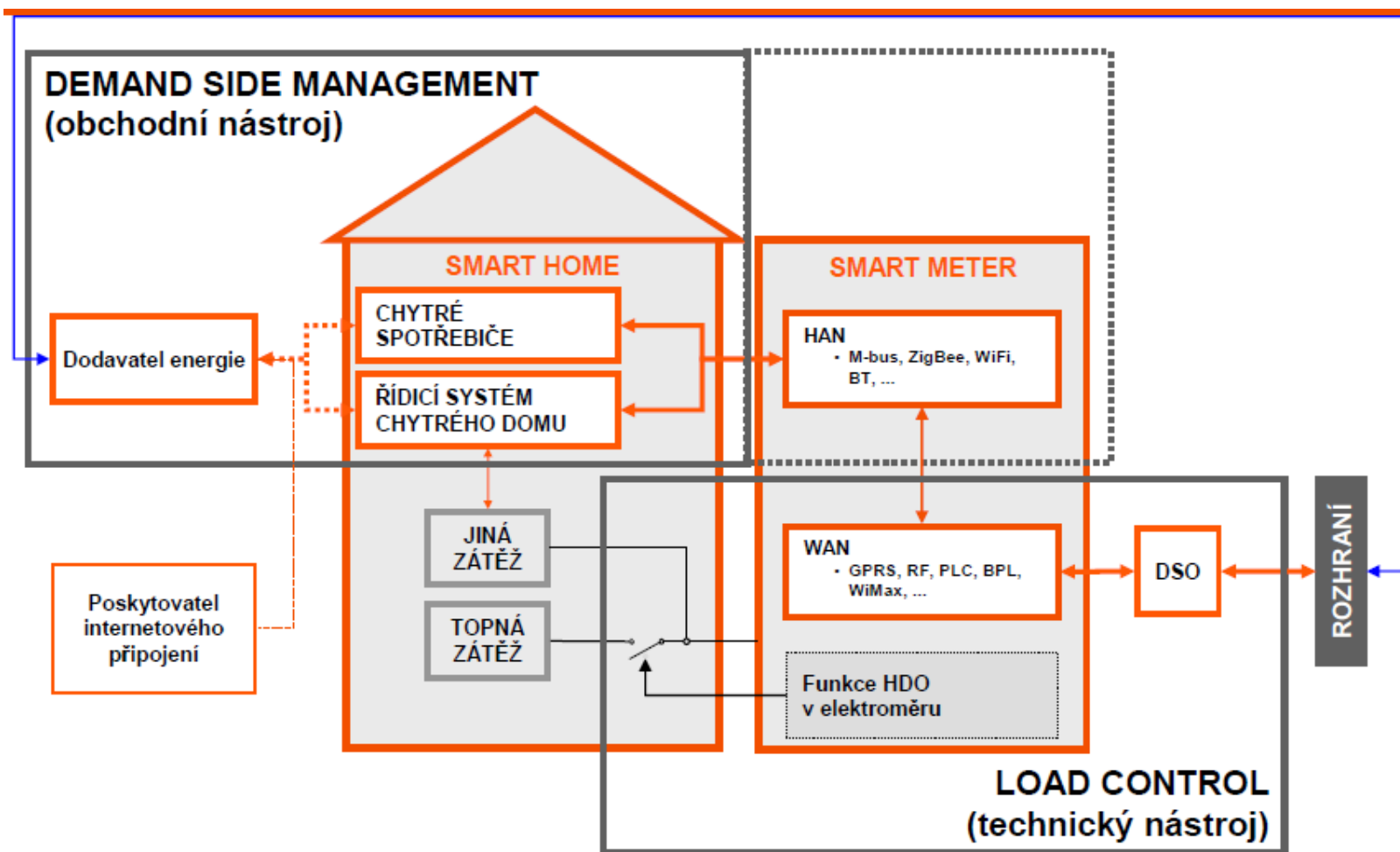


Využití AMM pro další media

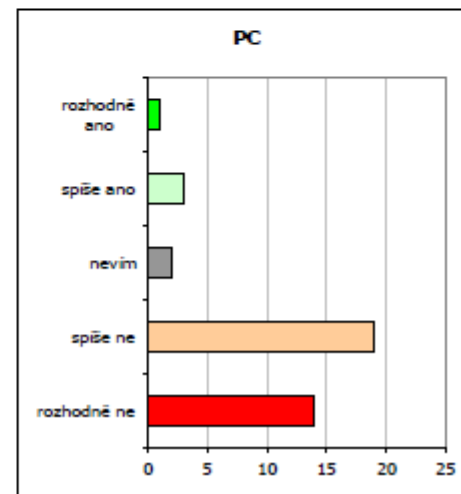
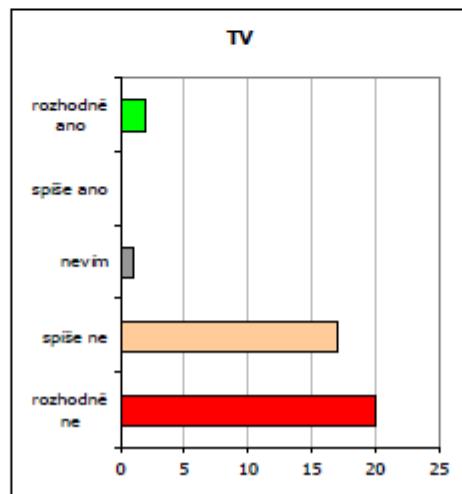
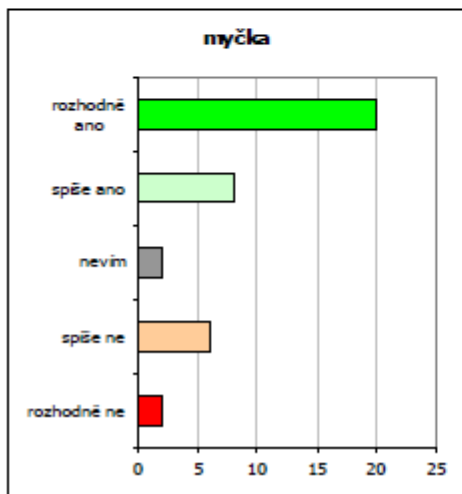
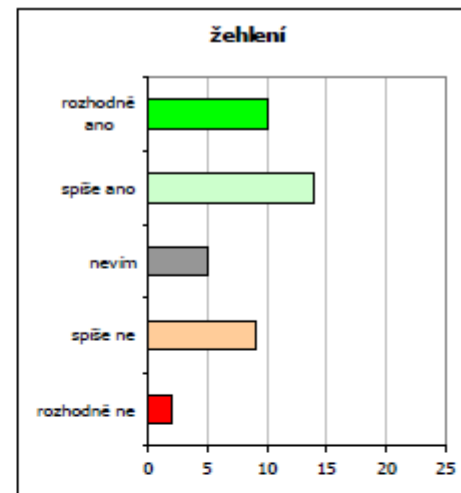
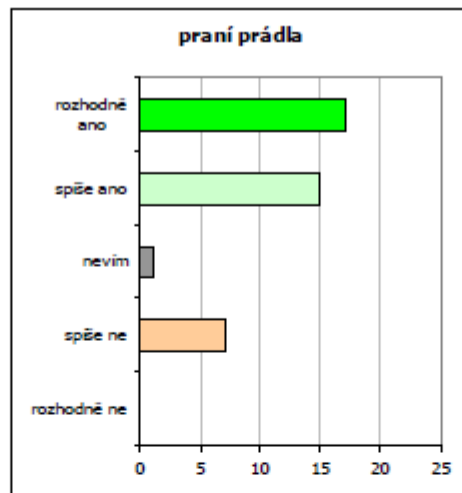
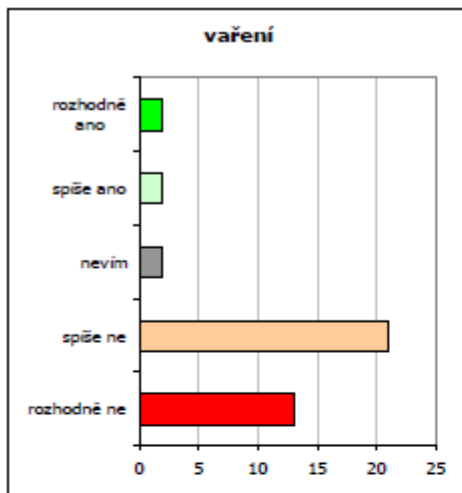
Plyn na vybraném OM



Integrace AMM s inteligentním domem



Ochota zákazníků změnit chování



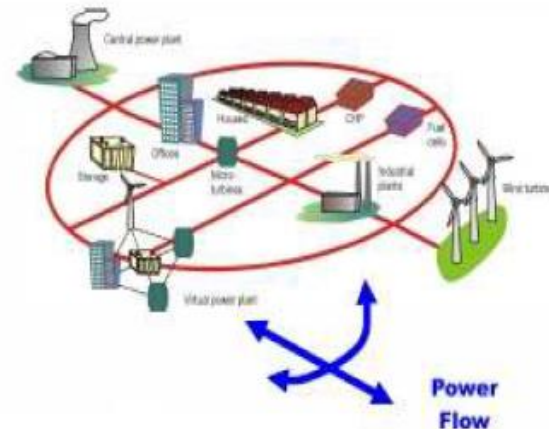
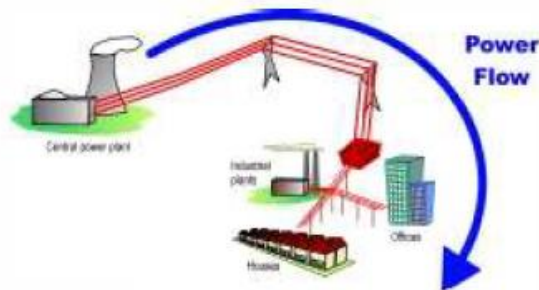


Smart Grids

Inteligentní sítě

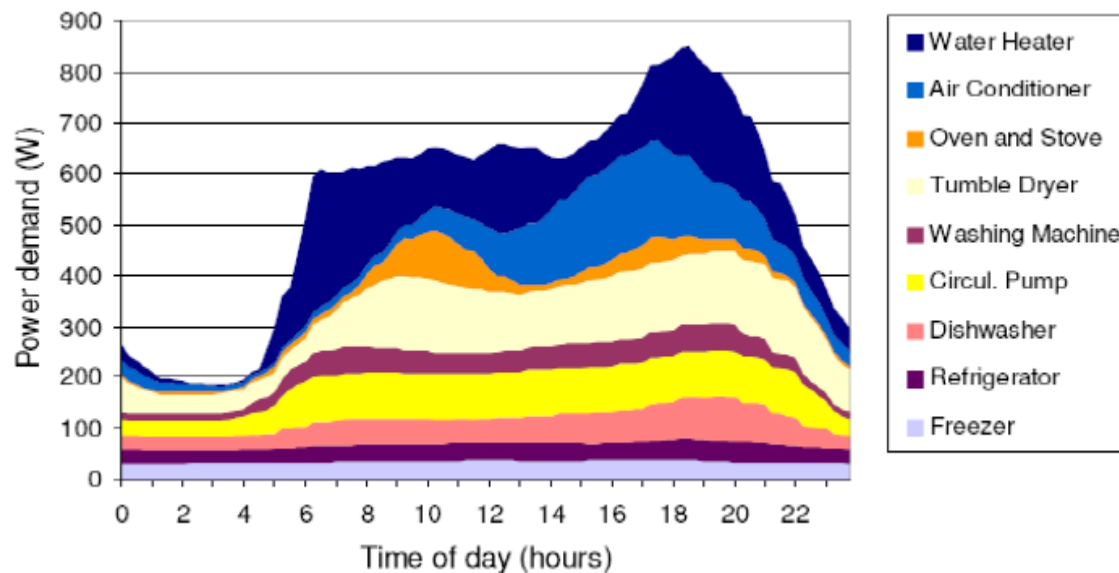
Význam pojmu Smart Grids

- Jedná se o inteligentní, samočinně se řídící a regulující distribuční sítě, schopné přenášet elektřinu vyrobenou z jakéhokoliv zdroje (tradiční/obnovitelné) od centralizované i decentralizované výroby až ke konečnému spotřebiteli, a to vše s minimem lidských zásahů.
- Zároveň jsou schopné samy reagovat na hrozící přetížení v síti a přesměrovat tok elektřiny, čímž předcházejí možným výpadkům.



Výroba a skladování EE ve vazbě na Smart Grids

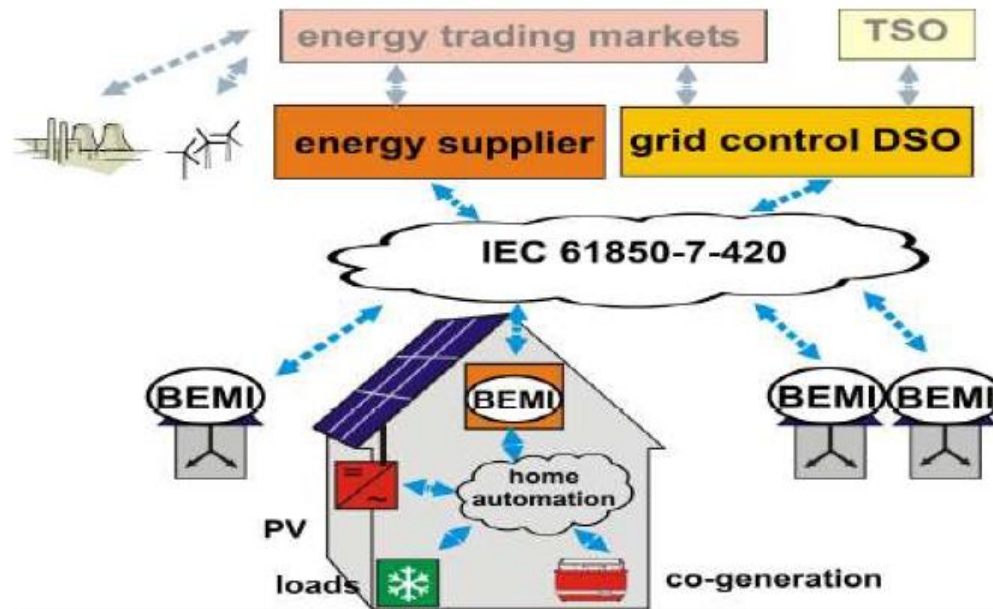
- Možnosti využití odložených startů a přerušení práce domácích spotřebičů:
 - pračky, sušičky – odl. start 3-9h; přerušení 15min
 - myčky – odl. start 6-12h; přerušení 30min
 - lednička – odl. start nelze využít; přerušení 15min
- Evropská studie vyčísľuje potencionálních ekonomické úspory pro zákazníky (při zapojení 8 mil. domácností je vyčísľena roční úspora 14EUR/sušička; 6,3EUR/myčka, 3EUR/pračka)



Výroba a skladování EE ve vazbě na Smart Grids

Decentralizované řízení spotřeby

- Studie v SRN: v roce 2006 bylo 50% spotřeby v NN sítích a z této spotřeby je možno přesunout mimo špičky cca 40-60% spotřeby
- Vývoj nového smart rozhraní pro řízení zátěže domácích spotřebičů (BEMI – Bidirectional Energy Management Interface, tj. obousměrný interface) – centralizace informací pro zákazníka (pružné tarify); automatizované řízení zátěže



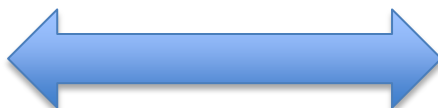
Výroba a skladování EE ve vazbě na Smart Grids

Elektrická vozidla v rámci SmartGrids

- Praktický příklad (Holansko) - studie popisující hromadné nasazení el. vozidel a následné dopady do spotřeby zákazníků a distr.sítě
- Využití volných distribučních kapacit (hledání možností pro využití volných přenosových kapacit kabelových sítí – v průměru cca 60% v rámci VN sítě)



vzájemné využití a
synergie v rámci Smart
Grid



Srovnání PVE a elektromobilů

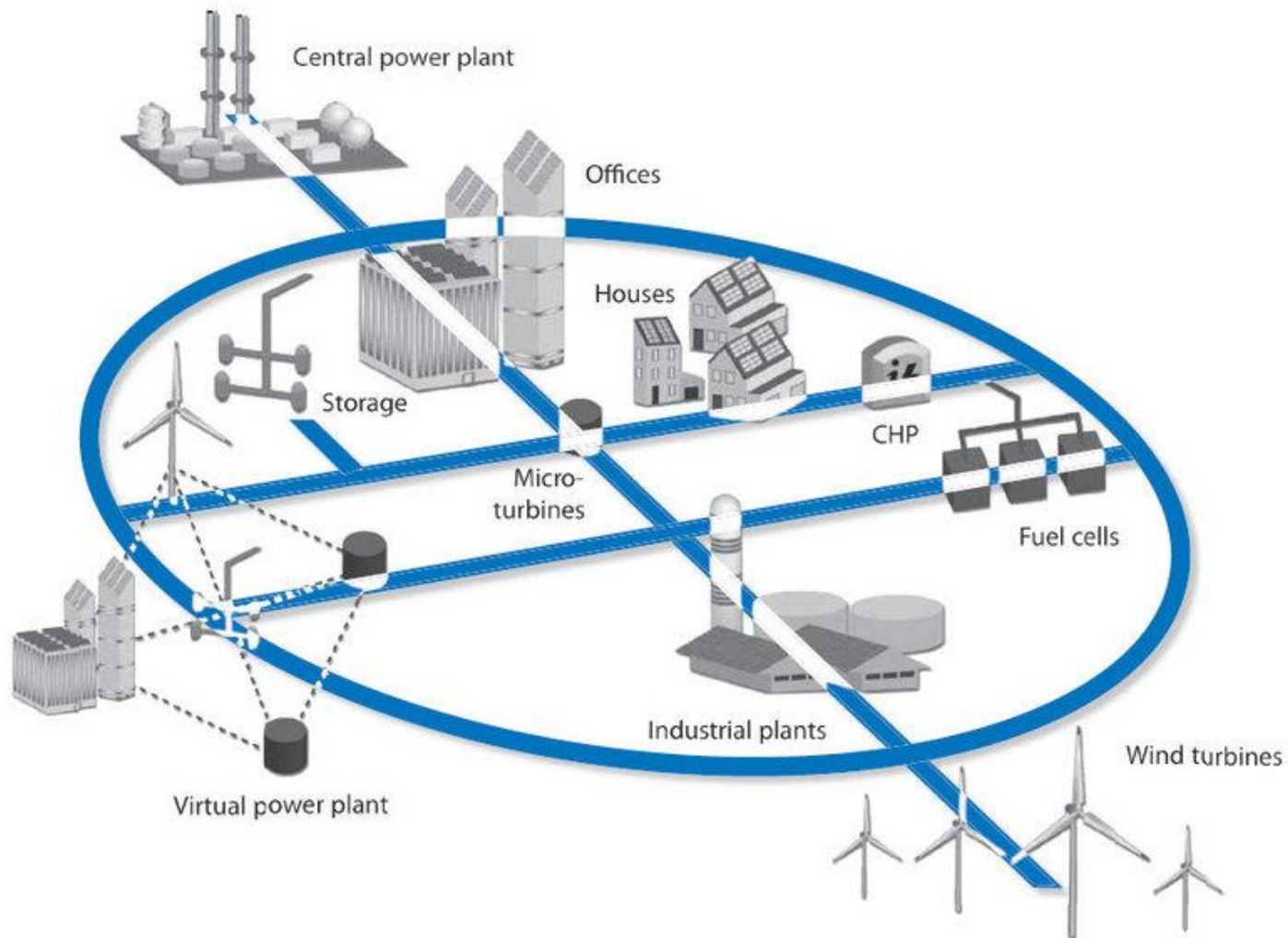
PVE Dlouhé stráně

- Výkon 2 x 325 MW, 6 hodin v turbínovém provozu
- Akumulační kapacita 3.900 MWh = 3.900.000 kWh

Elektromobily

- Baterie 12V, 50 Ah, Akumulační kapacita 0,6 kWh
- Pro dosažení akumulační kapacity PVE DS by bylo zapotřebí 6,5 mil. baterií
- Baterie Tesla, Akumulační kapacita až 85 kWh
- Pro dosažení akumulační kapacity PVE DS by bylo zapotřebí cca 50 tis. baterií

Vize Smart Grids



Požadavky na Smart Grids



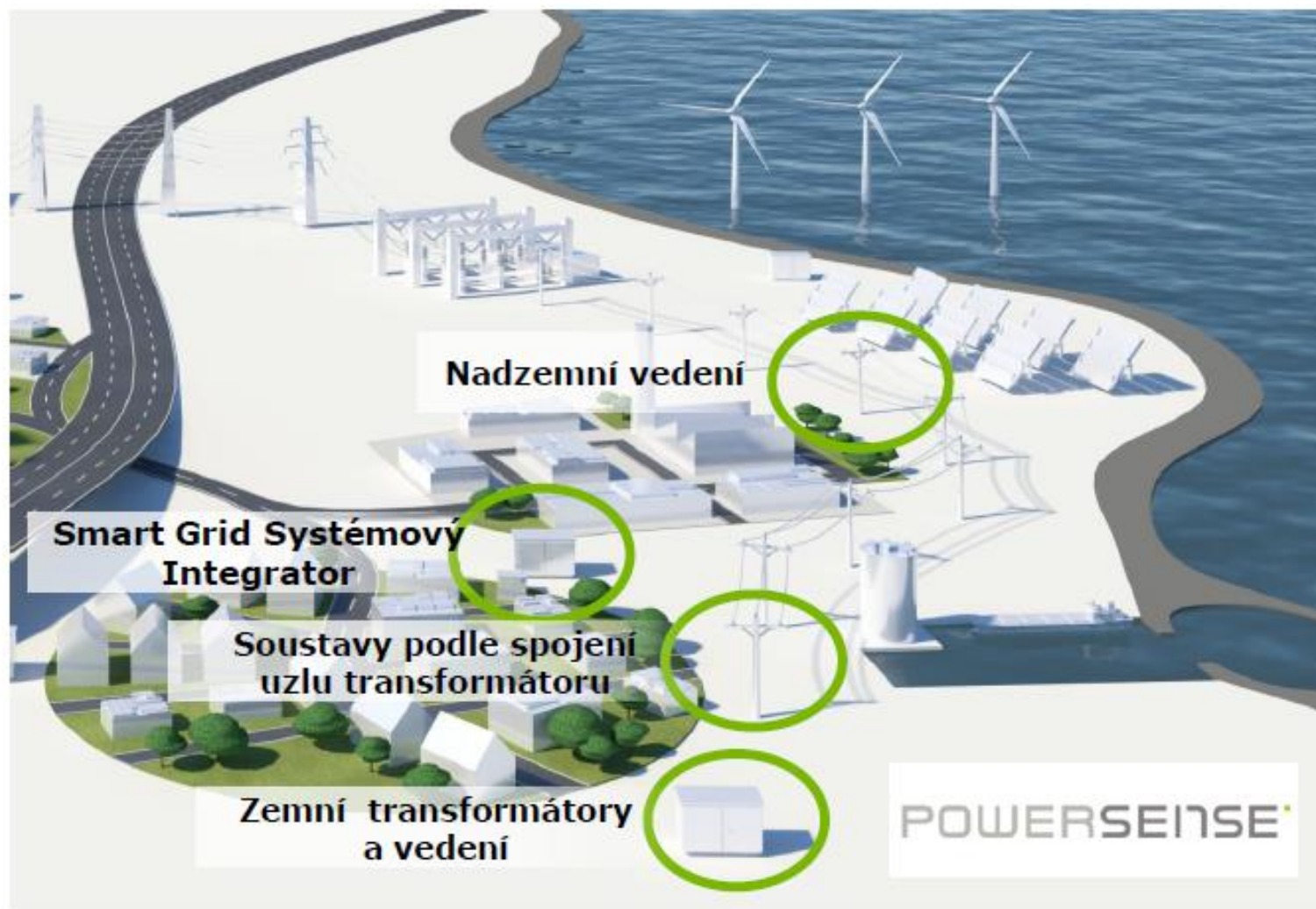
- **Stabilita sítí a provozu zdrojů**
 - Integrace OZE a distribuované výroby
 - Nová generace provozního měření
- **Ochrana investic**
 - Integrace stávajících zařízení s novými technologiemi
 - Propojení obchodního a provozního měření
 - Efektivita investic, poměr cena výkon
- **Úspory, snižování ztrát a ekologie**
 - Využívání nových technologií
 - Celkové hodnocení PQ tj. **poměr cena výkon**
 - Aktivní přístup k požadavkům zákazníka

Aktuální požadavky na design NN sítí

- Síťová infrastruktura:
 - OZE a distribuovaná výroba
 - E-mobilita
- Stávající omezení:
 - Zastaralá infrastruktura
 - Bezpečný provoz
- Požadavky zákazníka
 - Dodržování kvality dodávek
 - Zamezení výpadkům
- Ziskovost
 - Ochrana investic a aktiv
 - Optimalizace provozních nákladů
 - Zajištění výnosů

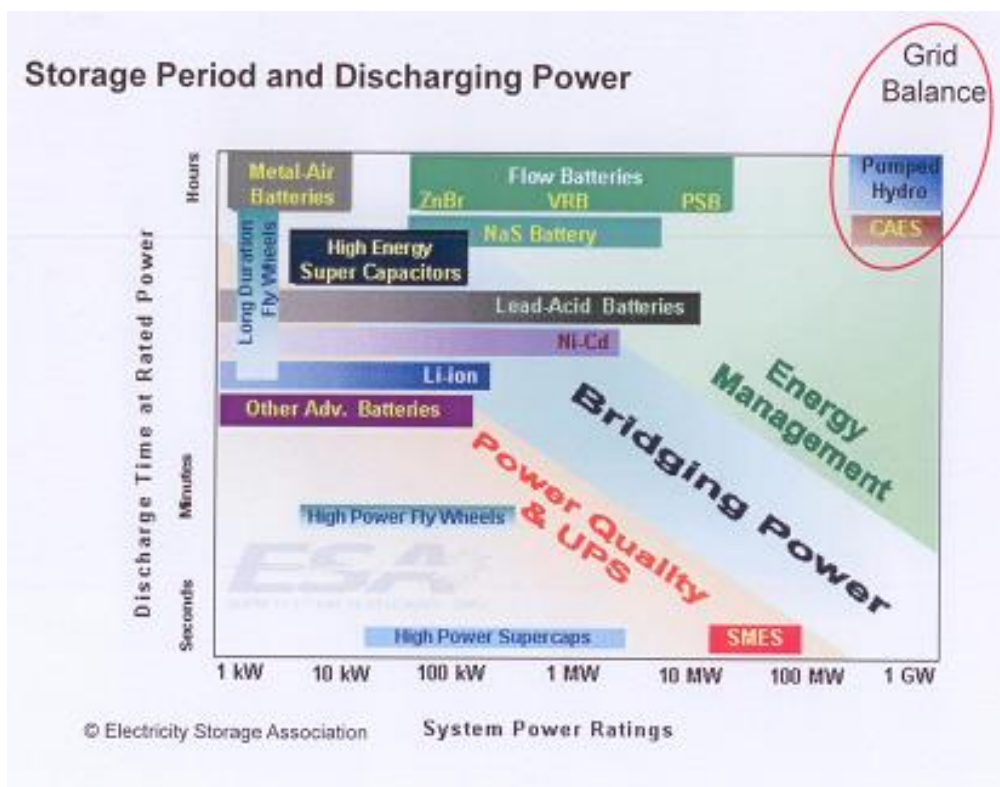


Řídicí a monitorovací systém



Akumulace

- PVE je prozatím jediným známým způsobem akumulace velkých objemů energie
- Doba od rozhodnutí, územní plánování, projektování a příprava, výstavba, zkušební provoz až po uvedení do provozu je více než 15 let
- Dnešní rozhodování se projeví po roce 2030, spíše až po roce 2035



Vyhledávací studie PVE 2010



■ Stanovení pořadí vhodnosti

Výsledné pořadí	Č. PVE	Název lokality	Celkový výkon	Doba návratnosti z CF	Měrný náklad	Vliv na ŽP
			MW	let	Kč/kW	
1	35	Slavič	1 124	7,10	25 800	1
2	47	Šumný důl	880	8,40	30 800	2
3	40	Spálená	888	8,40	31 100	2
4	37	Smědavský vrch	620	9,20	34 200	2
5	48	Velká Morava	536	9,40	34 800	2
6	05	Červená Jáma	674	9,40	35 000	2
7	53	Žárový vrch	590	9,40	35 000	2
8	07	Hřebený	640	9,60	36 000	1
9	04	Hoštejn	544	9,70	36 100	2
10	13	Kamenný vrch	616	9,90	37 000	1
11	10	Jelení hřbet	600	10,00	37 400	2
12	41	Spálov	600	10,40	39 400	2
13	24	Nové Heřminovy	262	10,50	39 600	2
14	32	Sendraž	456	10,50	39 800	2
15	50	Vinice	440	10,70	40 500	1
16	17	Kratušín	428	11,10	42 200	2
17	20	Lipno	412	11,40	43 500	2
18	36	Slezská Harta	224	12,20	46 800	1
19	42	Stodůlky	1 228	7,60	27 600	3
20	44	Stříbrná	730	8,60	31 700	3
21	19	Lenora	468	11,60	44 400	3

PVE Slavíč – hlavní údaje



Kraj:	Moravskoslezský
Okres:	Frýdek-Místek
Blízké sídlo:	Slavíč
Vodní tok:	Morávka
Instalovaný výkon:	4 x 281 MW (1 124 MW)
Maximální hrubý spád:	444 m
Energetický objem:	6,30 mil. m ³
Objem HN:	6,50 mil. m ³
Objem DN:	11,30 mil. m ³
Další funkce PVE:	protipovodňová, nalepšovací
Správce toku:	Povodí Odry
Velikost a výkon trafa:	4 x 360 MVA
Vyvedení výkonu:	4,0 km dlouhé nadzemní vedení 2 x 400 kV
Rozvodna:	TR Nošovice

PVE Smědavský vrch – hlavní údaje



Kraj:	Liberecký
Okres:	Liberec
Blízké sídlo:	Bílý potok
Vodní tok:	Smědá
Instalovaný výkon:	4 x 155 MW (620 MW)
Maximální hrubý spád:	199 m
Energetický objem:	3,24 mil. m ³
Objem HN:	3,44 mil. m ³
Objem DN:	5,25 mil. m ³
Další funkce PVE:	protipovodňová
Správce toku:	Povodí Labe
Velikost a výkon trafa:	2 x 390 MVA
Vyvedení výkonu:	46,5 km dlouhé nadzemní vedení 400 kV
Rozvodna:	TR Bezděčín



Nové trendy a možné související problémy

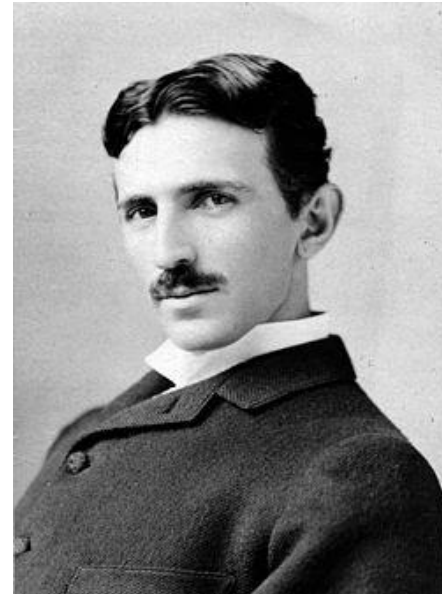
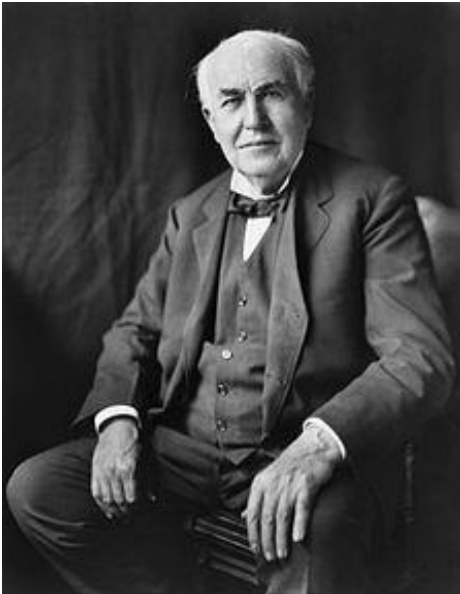
Nové trendy

- Malé FVE s akumulací



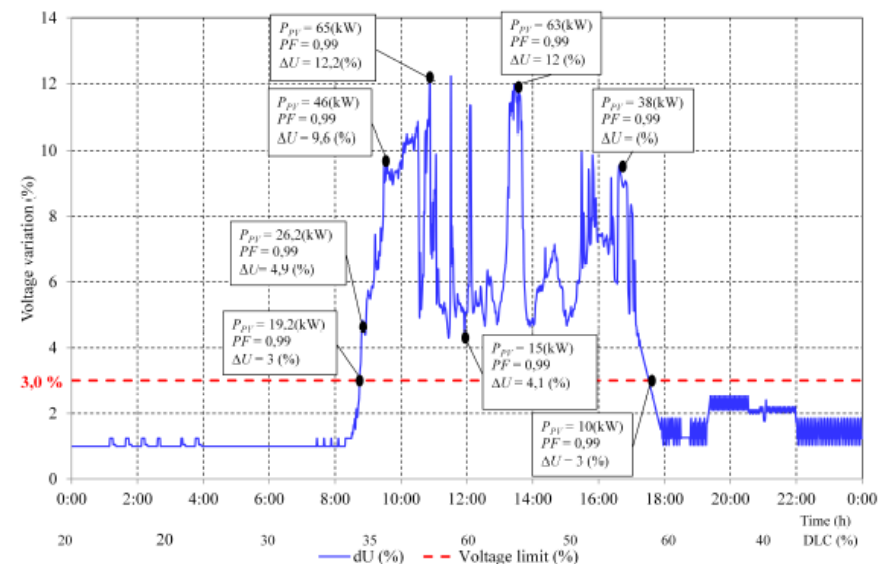
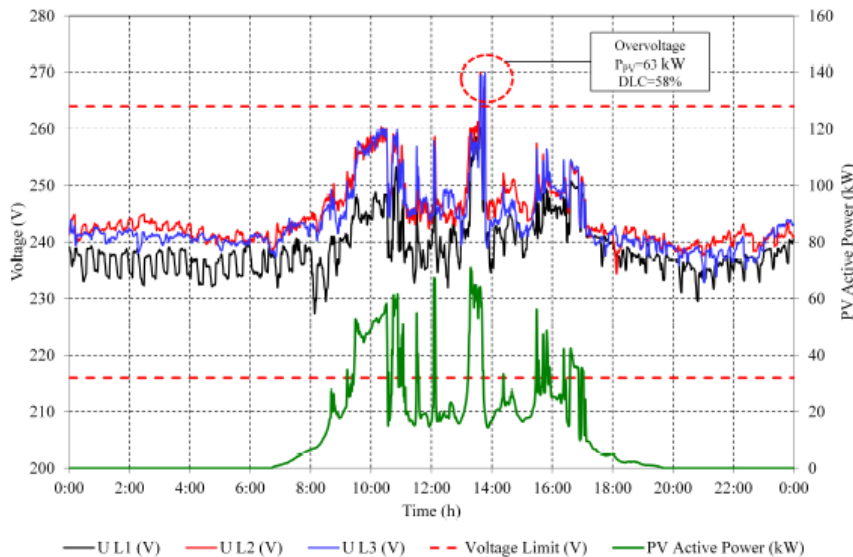
Edison nebo Tesla?

- Bude budoucnost „stejnosměrná“ nebo „střídavá“?
- Existují trendy stejnosměrných autonomních ostrovů.



Potenciální problémy

- Přetoky výkonu
- Přepětí - rychlé změny napětí, kdy v přípojném bodě distribuovaného zdroje bylo měřeno dlouhodobě napětí U_f až 260 V a špičkově 270 V



Zdroj: Stuchlý J., Mišák S., Prokop I., VŠB – Technická univerzita Ostrava: A simulation of energy storage system for improving the power system stability with grid-connected pv using MCA analysis and labview tool (2015) Advances in Electrical and Electronic Engineering, 13 (2), pp. 127-136

Shrnutí a závěr



Kvalifikační barometr



Okruh pracovních pozic	Změna
Projektanti a konstruktéři	↑ ↑
ICT specialisté	↑ ↑
Kvalifikovaní technici se strojírenským/elektrotechnickým vzděláním	↑ ↑
Dispečeri v energetice a specialisté na rozvod energie	↑
Strojníci energetických zařízení	↑
Specialisté na úspory a management energií, energetičtí „auditoři“	↑
Specialisté v jaderné energetice	↑
Operátoři výrobních bloků	↓
Dělníci výrobních a rozvodných energetických systémů	↓ ↓



Po kom bude poptávka na trhu práce?

Shrnutí



- Jsme na startu „smart“ období...
- Reálná dostupnost smart spotřebičů pro domácnosti a dalších technologií
- AMR není AMM, AMM není Smart Grids (AMM je podmínkou pro zavedení Smart Grids)
- AMM není cíl, ale možný nástroj realizace Smart Grids
- Velký posun v názoru jednotlivých hráčů (výrobců technologií, obchodníků, DSO) na implementaci AMM
- Důležitost nastavení standardů (protokoly, přenosové cesty, elektroměry, centrály, atd.)
- V ČR máme již dlouhodobé zkušenosti s provozováním HDO (výhoda/nevýhoda)
- **Akumulace je nezbytná podmínka**

Shrnutí

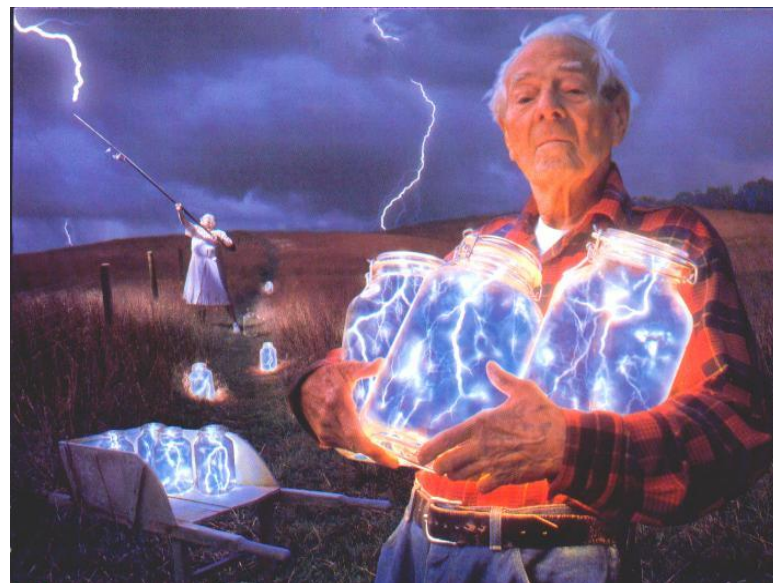


- Rozvoj sítí je podstatný, ale musí respektovat:
 - Dostupné technologie
 - Vlastnická práva, reálné termíny projednávání a výstavby
 - Nákladovou alokaci do místa, které ji vyvolalo
 - Provozoschopnost
- Klíčovým prvkem bude i možnost akumulace (skladování) elektriny:
 - Za přijatelných nákladů (investičních i provozních)
 - Na různých napěťových hladinách
 - Musí být respektována i pravidla bezpečnosti



Závěr

- Energetika je síťové odvětví, vzájemně provázané
- Po dekádě změn v SW (liberalizace, integrace) přichází dekáda transformace HW energetiky
 - Obnova výrobních zdrojů se změnou struktury
 - Obnova a rozvoj infrastruktury
- Energii je nutné vyrobit, ale i dopravit konečnému uživateli/zákazníkovi
 - V požadovaném objemu a čase
 - V požadované kvalitě



Děkuji vám za pozornost



