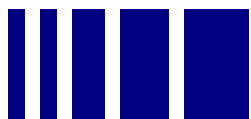




Elektrizační soustava

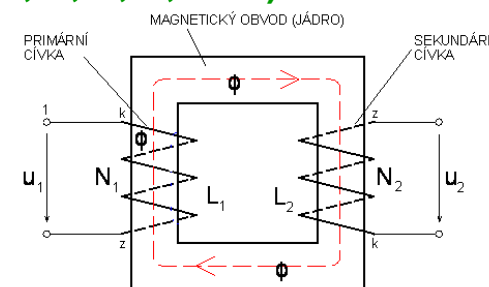
A2B13PEL



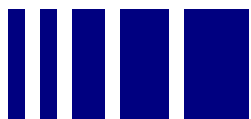
Elektrizační soustava

- **elektrizační soustava**
 - vzájemně propojený soubor zařízení pro výrobu, přenos, transformaci a distribuci elektřiny, včetně elektrických přípojek a přímých vedení, a systémů měřicí, ochranné, řídicí, zabezpečovací, informační a telekomunikační techniky
- **přenosová soustava (PS)**
 - uzlová síť zvn, vvn (ČR: 400, 220, 110 kV)
 - „páteřní“, rozvedení výkonu z velkých elektráren po celém území ČR
 - součást mezinárodního propojení, napájí DS
- **distribuční soustava (DS)**
 - okružní a paprsková síť vvn, vn, nn (ČR: 110, 35, 22, 10, 6, 3, 0,4 kV)
 - rozvod elektřiny ke konečným spotřebitelům
 - regionální a lokální distribuční soustavy
- **jmenovité napětí**
 - sdružené – mezi fázemi
 - efektivní hodnota
 - vyšší napětí snižuje ztráty v sítích → transformace
- „neskladovatelnost“ elektrické energie
 - potřeba regulace či jiné formy akumulace (mechanická, chemická, tepelná)

$$U_{\text{ef}} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2(t) dt}$$



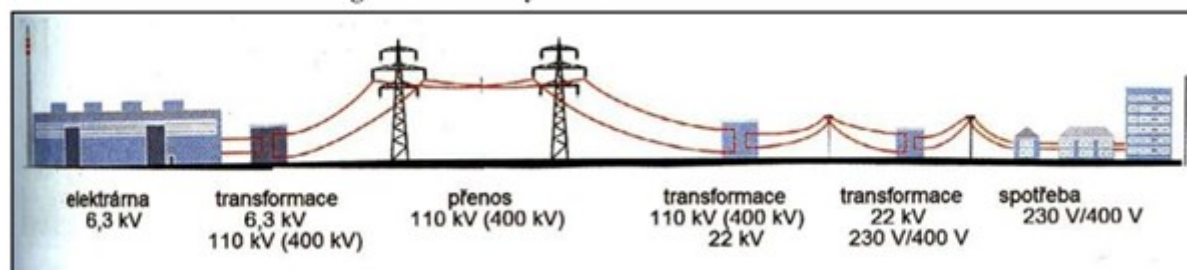
$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1} \quad \Delta P = RI^2$$



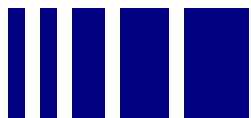
Elektrizační soustava



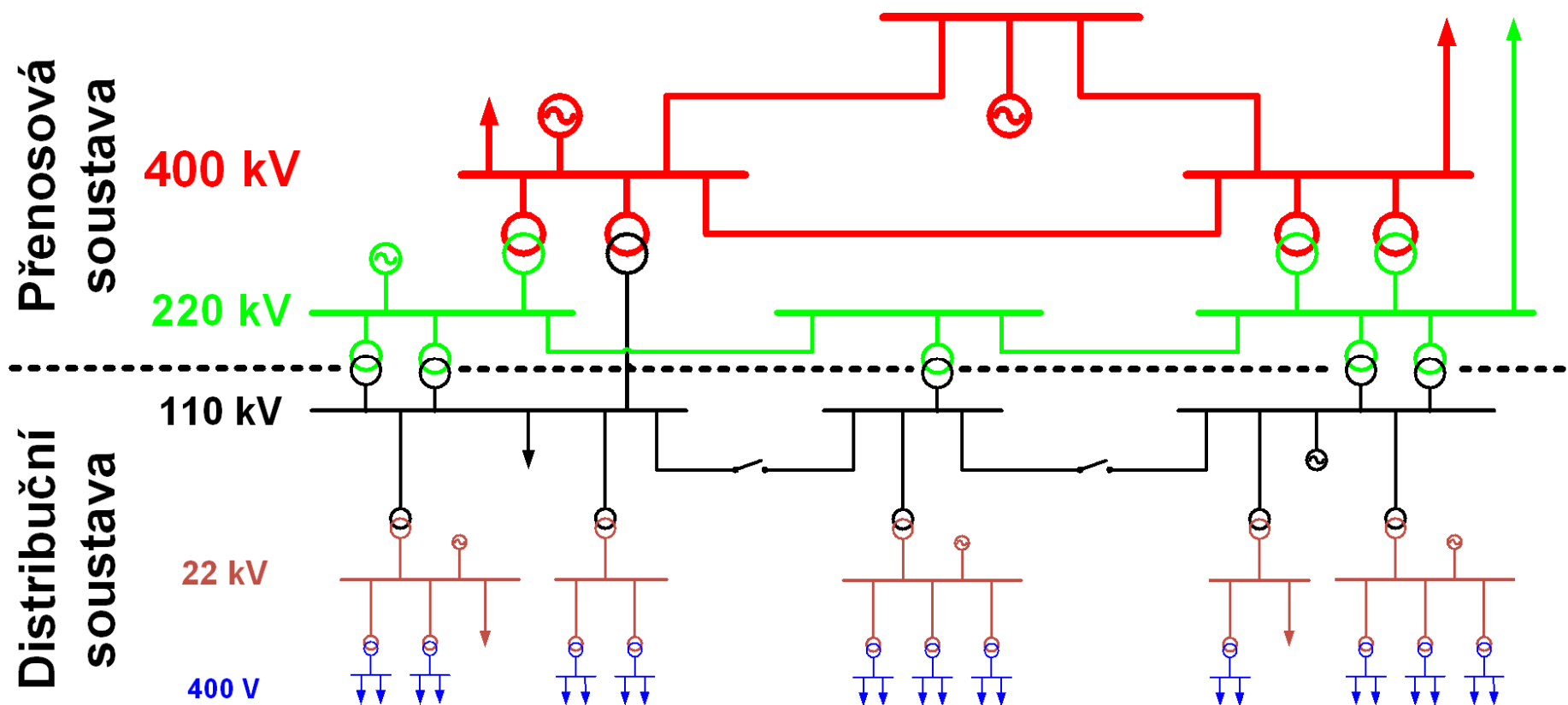
Schema rozvodu elektrické energie z elektrárny do domácností



[zdroj: ČEPS, tzb-info.cz]



Elektrizační soustava

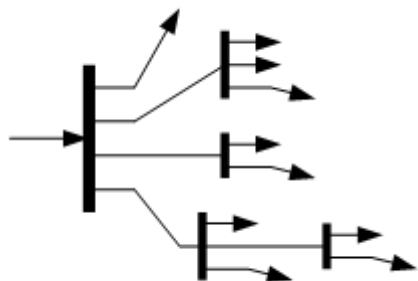


[zdroj: tzb-info.cz]

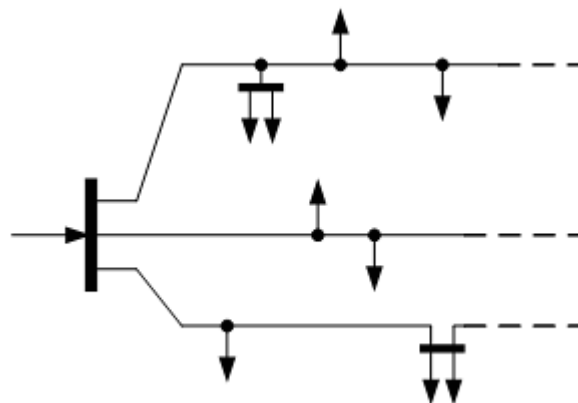


Typy rozvodů

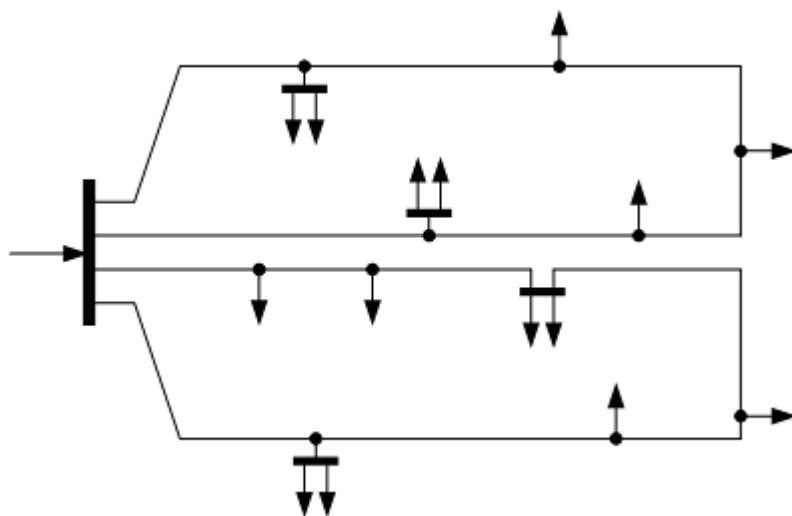
- paprskový



- průběžný



- okružní

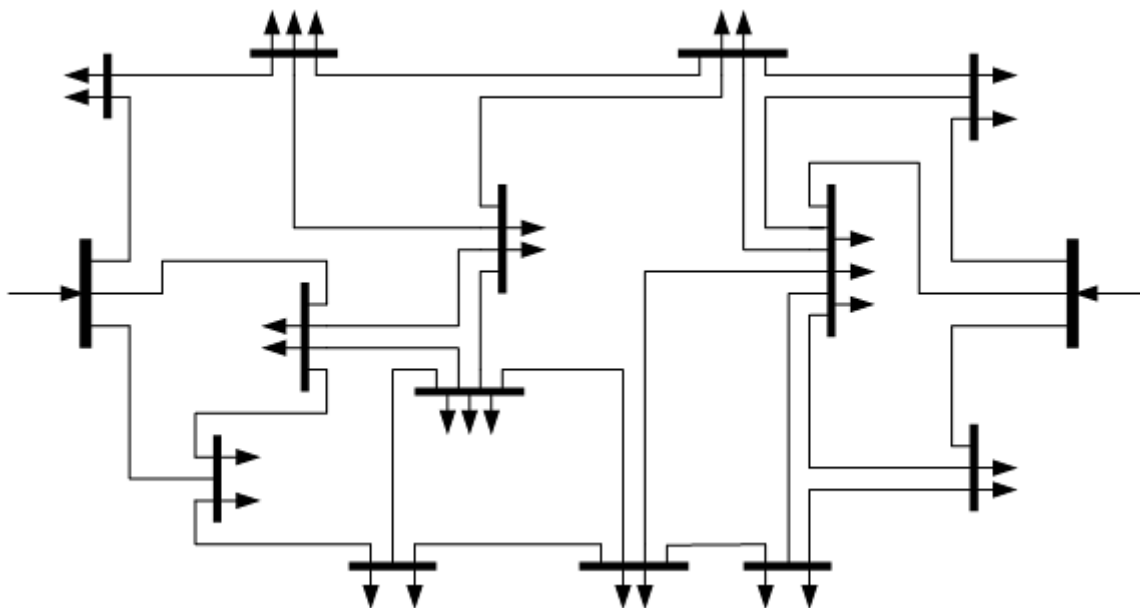


[zdroj: tzb-info.cz]

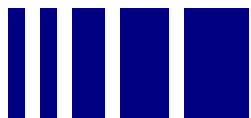


Typy rozvodů

- mřížový (uzlový)

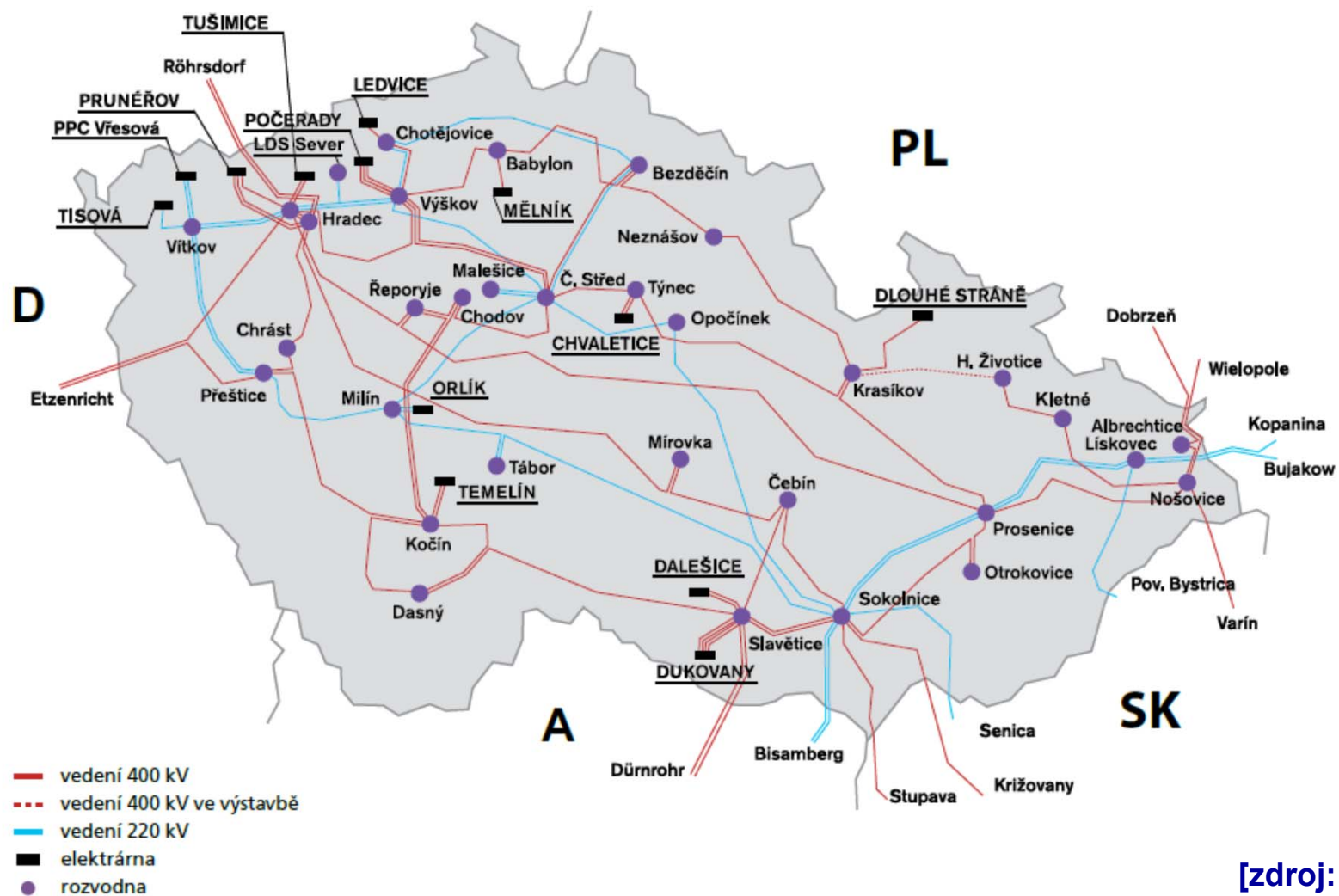


[zdroj: tzb-info.cz]

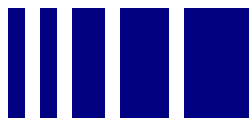


Přenosová soustava

Schéma sítě 400 a 220 kV

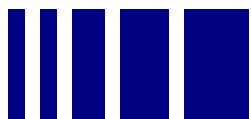


[zdroj: ČEPS]



Přenosová soustava

- PS představuje subsystém elektrizační soustavy ČR, který propojuje všechny významné subjekty v soustavě a zajišťuje rozhodující podíl zahraniční spolupráce.
- Jedná se o přirozený monopol (jediná licence ERÚ).
- Provozovatel přenosové soustavy (PPS) ČEPS, a.s. zajišťuje přenos elektřiny, provoz, údržbu a rozvoj přenosové soustavy, dispečerské řízení elektrizační soustavy ČR v reálném čase.
 - odpovídá za bezpečný a spolehlivý provoz PS a za její údržbu, obnovu a rozvoj včetně jejích mezisystémových propojení
 - poskytuje přenosové služby pro uživatele přenosové soustavy
 - zajišťuje řízení toků elektřiny v PS při respektování přenosů elektřiny mezi propojenými soustavami ostatních států a ve spolupráci s provozovateli distribučních soustav
 - zprostředkovává i zajišťuje systémové služby podmiňující bezpečný a spolehlivý provoz ES ČR
 - Technicky řídí systémové služby, jako je regulace výkonu a kmitočtu, regulace napětí a jalového výkonu a řídí potřebné výkonové rezervy. Jako systémovou službu dále zpracovává a testuje plán obrany PS proti šíření poruch a plán obnovy elektrizační soustavy po rozsáhlých systémových poruchách.



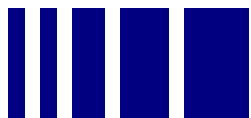
Přenosová soustava

- **Dispečerské řízení PS**
 - přípravu provozu – plánování provozu ES a výroben, zpracování predikcí spotřeby, bilance výkonů a energie v soustavě a plánování struktury a objemu podpůrných služeb
 - operativní řízení provozu – realizace plánů stanovených přípravou provozu při současném řešení vlivu nepředvídaných provozních událostí na ES
 - zabezpečení provozu – analýza plánovaných i neplánovaných stavů ES a zpracování nápravných opatření pro udržení kritéria N-1
 - hodnocení provozu – analýza a vyhodnocení provozu ES
- **Dispečink ČEPS (Praha - Bohdalec)**
 - zajištění okamžité rovnováhy mezi výrobou a spotřebou elektřiny v ES ČR při respektování sjednaných plánů výměn elektřiny s provozovateli sousedních ES
 - řízení toků v ES ve spolupráci s PDS, výrobcí a zahraničními PPS
 - optimalizaci napěťových poměrů v PS
 - realizaci plánovaných vypínání prvků ES
 - dálkové ovládání (manipulace) ve stanicích PS
 - zajišťování spolehlivého přenosu elektřiny při dodržování kvalitativních parametrů elektřiny v reálném čase
 - prevence, řešení a analýzy poruchových a havarijních stavů v PS



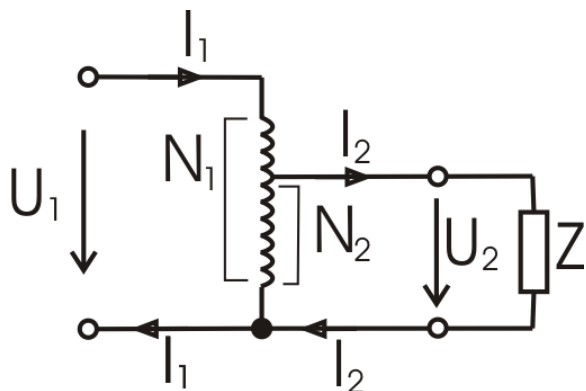
Přenosová soustava

- Soustava 400 a 220 kV v ČR je koncipována tak, aby v splňovala kritérium (N - 1). Přísnější požadavky jsou kladené na zapojení jaderných elektráren.
 - Schopnost soustavy udržet dovolené parametry chodu po výpadku jednoho prvku (vedení, transformátor, elektrárenský blok ap.), přičemž může dojít ke krátkodobému lokálnímu omezení výroby nebo spotřeby.



Přenosová soustava

- 5610 km vedení 110 kV až 400 kV
- kompenzační tlumivky 1346 MVar
- transformační vazby 400/220 kV
 - Hradec Z (500 MVA)
 - Čechy střed (500 MVA)
 - Sokolnice (500 MVA)
 - Prosenice (500 MVA)
- transformace PS/110 kV
 - 220/110 kV – 200 MVA
 - 400/110 kV – 250, 350 MVA
 - do budoucna 350 MVA
 - autotransformátory



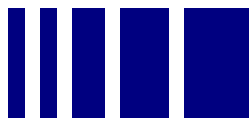
Přenosová soustava České republiky

(k 31. 12. 2015)

Popis zařízení		ČR celkem
Vedení 400 kV	(km)	3 617
z toho dvojité a vícenásobné	(km)	1 338
Vedení 220 kV	(km)	1 909
z toho dvojité a vícenásobné	(km)	1 038
Vedení 110 kV	(km)	84
z toho dvojité a vícenásobné	(km)	78
Zahraniční vedení 400 kV	(-)	11
Zahraniční vedení 220 kV	(-)	6
Rozvodny 400 kV	(-)	26
Rozvodny 220 kV	(-)	14
Rozvodny 110 kV	(-)	1
Transformátory 400/220 kV	(-)	4
Transformátory 400/110 kV	(-)	48
Transformátory 220/110 kV	(-)	21
Transformační výkon	(MVA)	21 980

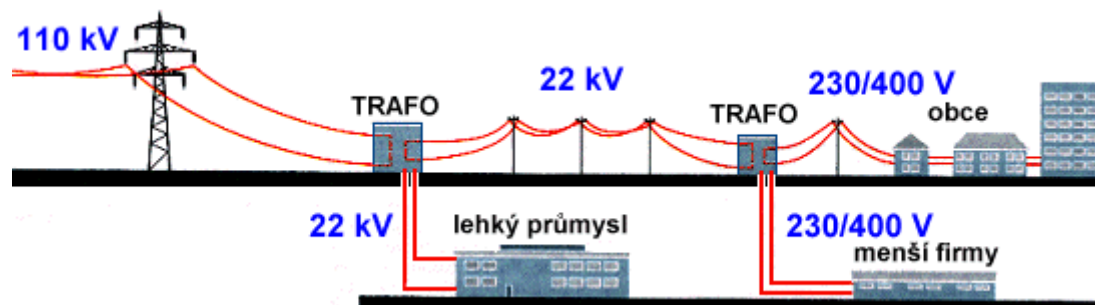
[zdroj: ČEPS]

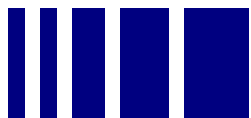




Distribuční soustava

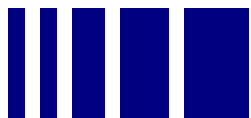
- DS je vzájemně propojený soubor vedení a zařízení 110 kV a nižších sloužící k zajištění distribuce elektřiny na vymezeném území ČR, včetně systémů měřicích, ochranných, řídicích, zabezpečovacích, informačních a telekomunikačních technik včetně elektrických přípojek ve vlastnictví PDS.
- DS je zřizována a provozována ve veřejném zájmu.





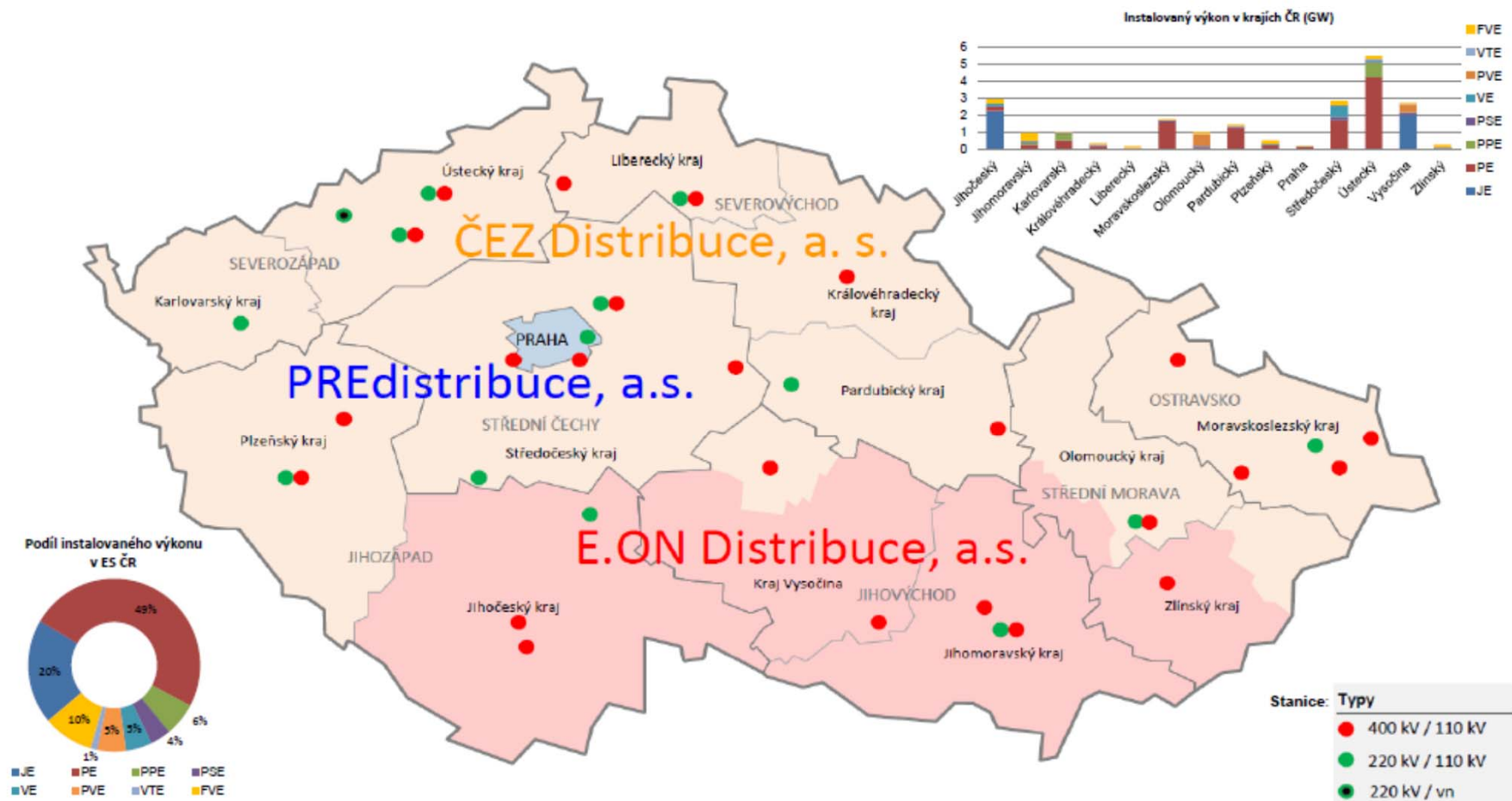
Distribuční soustava

- **Provozovatel distribuční soustavy (PDS) je fyzická či právnická osoba, která je držitelem licence na distribuci elektřiny.**
 - odpovídá za její bezpečný a spolehlivý provoz způsobem přiměřeným ochraně životního prostředí a za její rozvoj
 - bezpečně a hospodárně zásobuje odběratele elektřinou v požadovaném množství a kvalitě v daném čase
 - poskytuje distribuční služby uvnitř i vně soustavy provozovatele DS
 - zajišťuje systémové a podpůrné služby na úrovni DS
- **Provozovatel regionální distribuční soustavy (4)**
 - DS je přímo připojena k přenosové soustavě
- **Provozovatel lokální distribuční soustavy (LDS) (cca 300)**
 - DS není přímo připojena k přenosové soustavě
 - na částech vyjmutých z vymezeného území provozovatele regionální DS

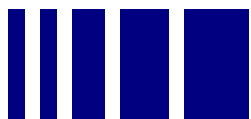


Distribuční společnosti

ÚZEMNÍ PŮSOBNOST DISTRIBUČNÍCH SPOLEČNOSTÍ A NAPÁJECÍ BODY Z PS

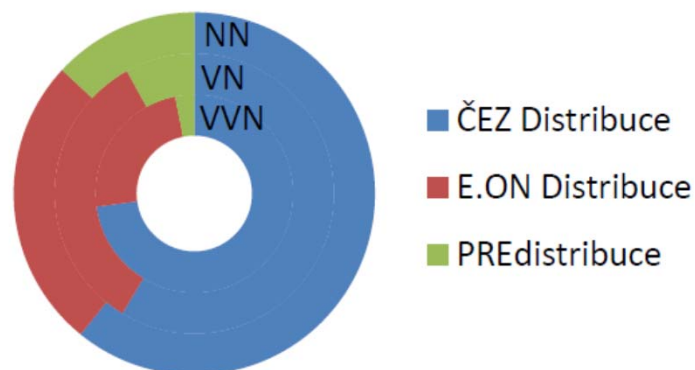


[zdroj: ERÚ]

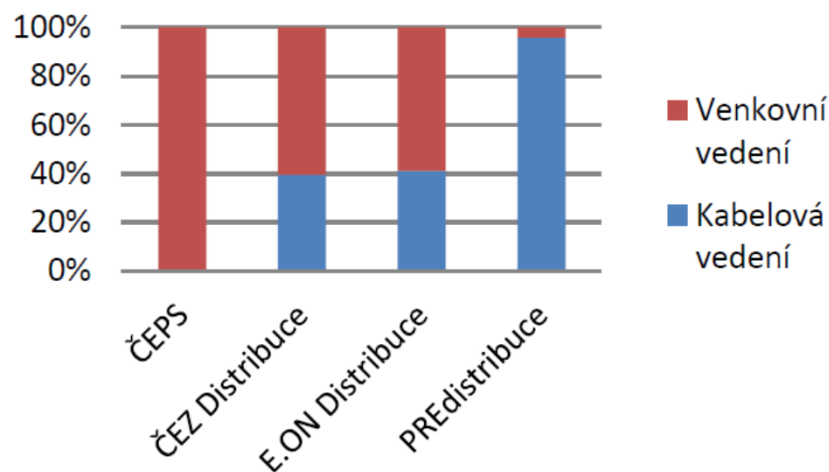


Distribuční společnosti

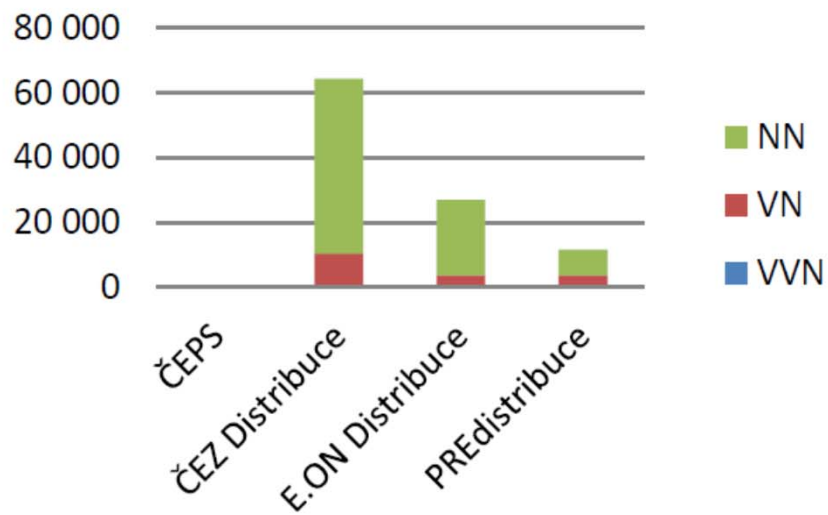
Podíl OM provozovatelů RDS po
napěťových hladinách



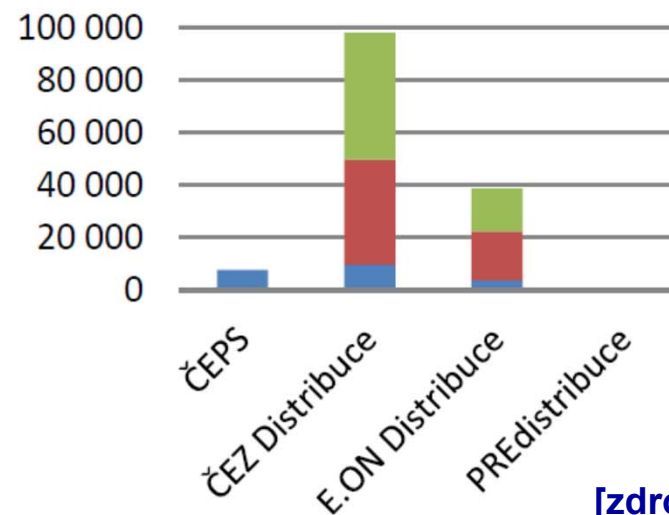
Podíl kabelových a venkovních vedení



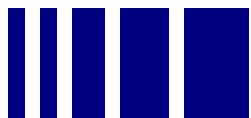
Délka kabelových vedení [km]



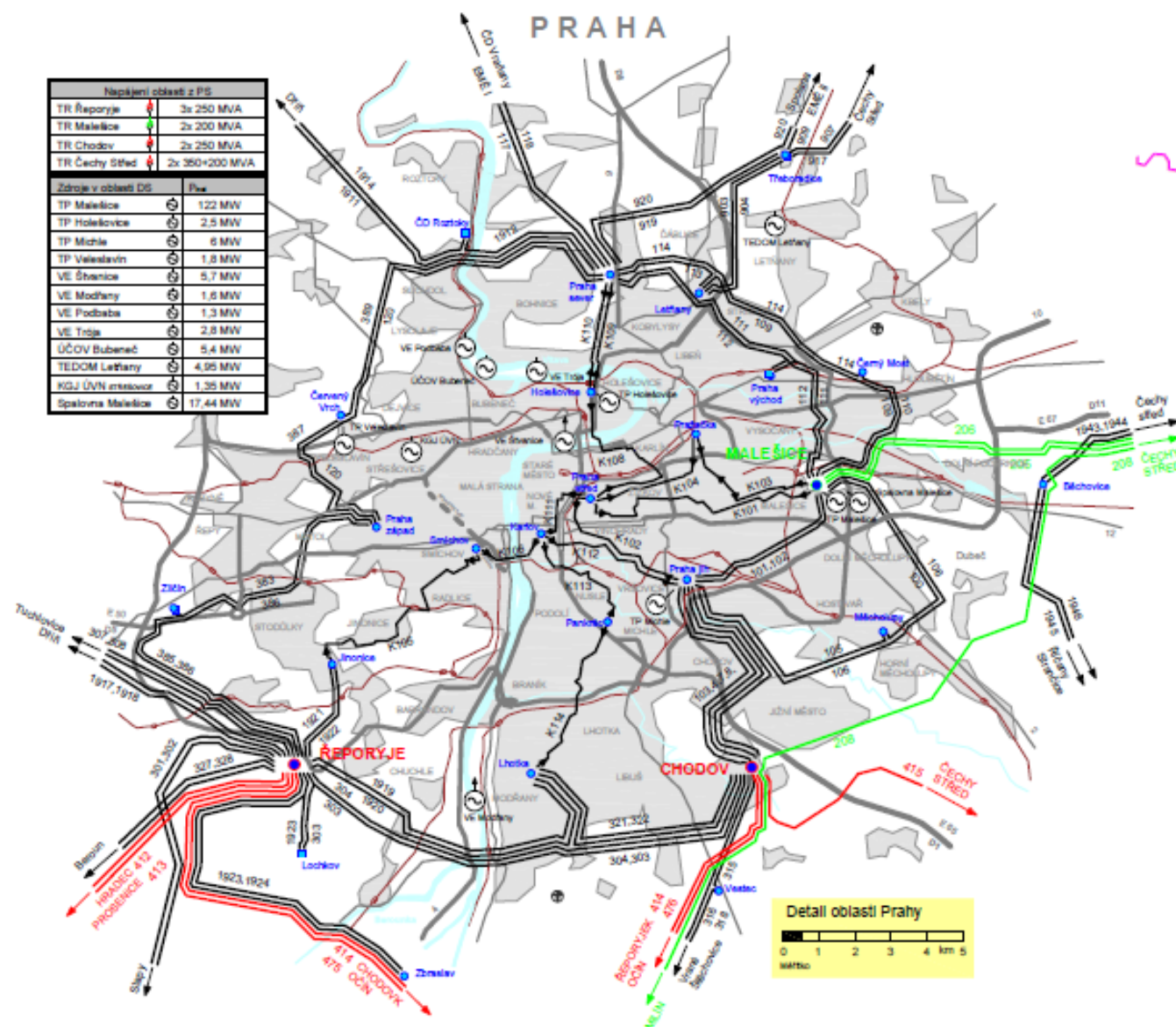
Délka venkovních vedení [km]

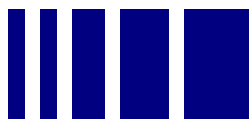


[zdroj: ERÚ]



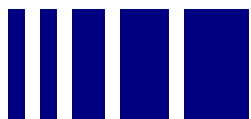
Praha





Výroba elektrické energie

- přeměna primární energie
 - chemická (fosilní paliva, biomasa), jaderná, mechanická (voda, vítr), sluneční
- výroba
 - centralizovaná
 - relativně malý počet zdrojů o velkém výkonu (100x MW)
 - nízká cena za 1 kW instalovaného výkonu
 - negativní dopad výpadku velkého zdroje na síť
 - často v místě primárního zdroje (uhlí, voda), ve vhodné lokalitě (jádro)
 - přeprava elektřiny na velké vzdálenosti znamená větší ztráty
 - rozptýlená
 - výpadek marginálně ovlivňuje kvalitu elektrické energie v síti (x kW – x MW)
 - elektřina je vyráběna v místě spotřeby, odpadají přenosové ztráty
 - neodpovídá historické koncepci distribučních soustav (regulace, dimenzování)
 - možné problémy s připojitelností (napětí, přetížení, zpětné vlivy)
- elektrárny
 - systémové – zapojení do systémů regulace P/f, U/Q
 - s kolísavou výrobou (OZE) (hůře predikovatelné – dlouhodobě)

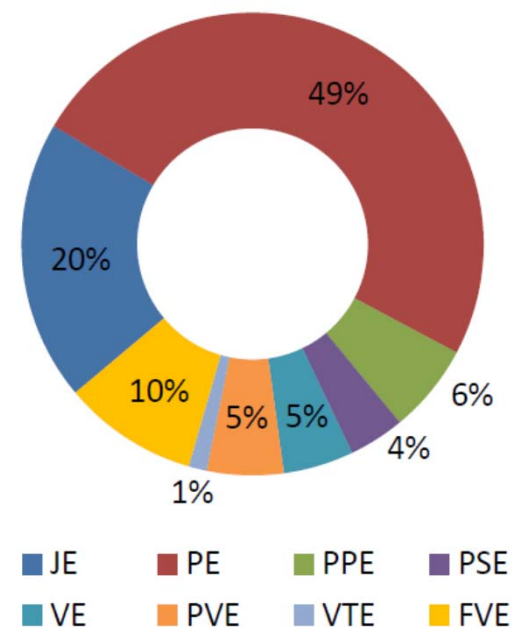


Struktura instalovaného výkonu v ČR

- 31. 12. 2015

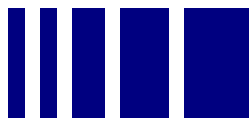
	ES ČR	
– parní el. (PE)	10 738 MW	49,1 %
– paroplynové el. (PPE)	1 363 MW	6,2 %
– plynové a spalovací el. (PSE)	860 MW	3,9 %
– vodní el. (VE)	1 088 MW	5,0 %
– přečerpávací vodní el. (PVE)	1 171 MW	5,4 %
– jaderné el. (JE)	4 290 MW	19,6 %
– větrné (VTE)	281 MW	1,3 %
– fotovoltaické (FVE)	2 075 MW	9,5 %
• CELKEM	21 866 MW	100,0 %

Podíl instalovaného výkonu v ES ČR



- pozn.:

- PE: ČU, HU, biomasa, ostatní plynná a pevná paliva
- PPE, PSE: ZP, bioplyn, biomasa
- PE, JE, PPE, PSE: tepelné oběhy, účinnost 30 – 45 % (KVET vyšší)
- napětí generátorů (měničů) zvyšováno přes TRF do PS, DS

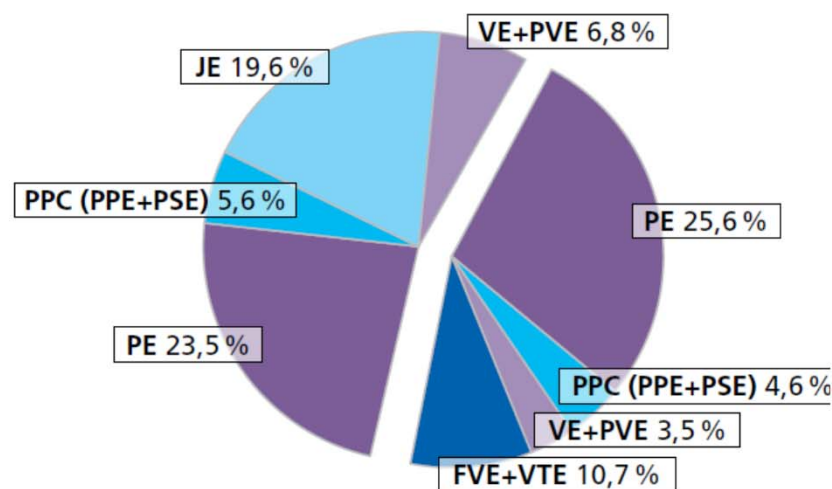


Struktura instalovaného výkonu

Struktura instalovaného výkonu elektráren ČR v %

Celkový instalovaný výkon v ČR je 21 856 MW
(brutto - k 31. 12. 2015)

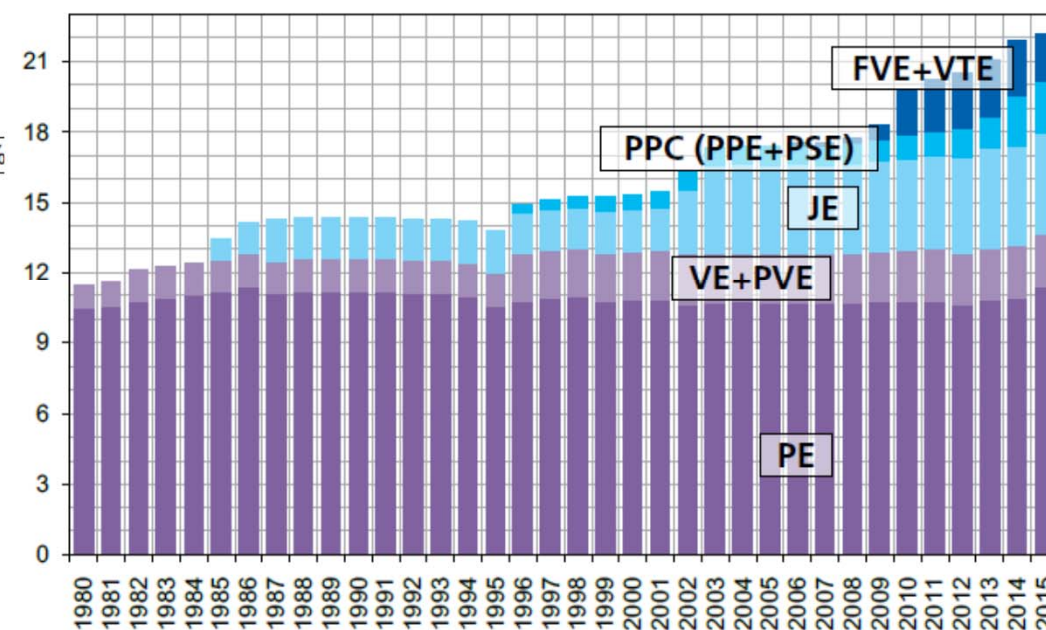
Připojeno do PS 12 143 MW Připojeno do DS 9 713 MW



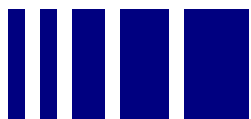
Vývoj instalovaného výkonu od roku 1980

(k 31. 12. 2015)

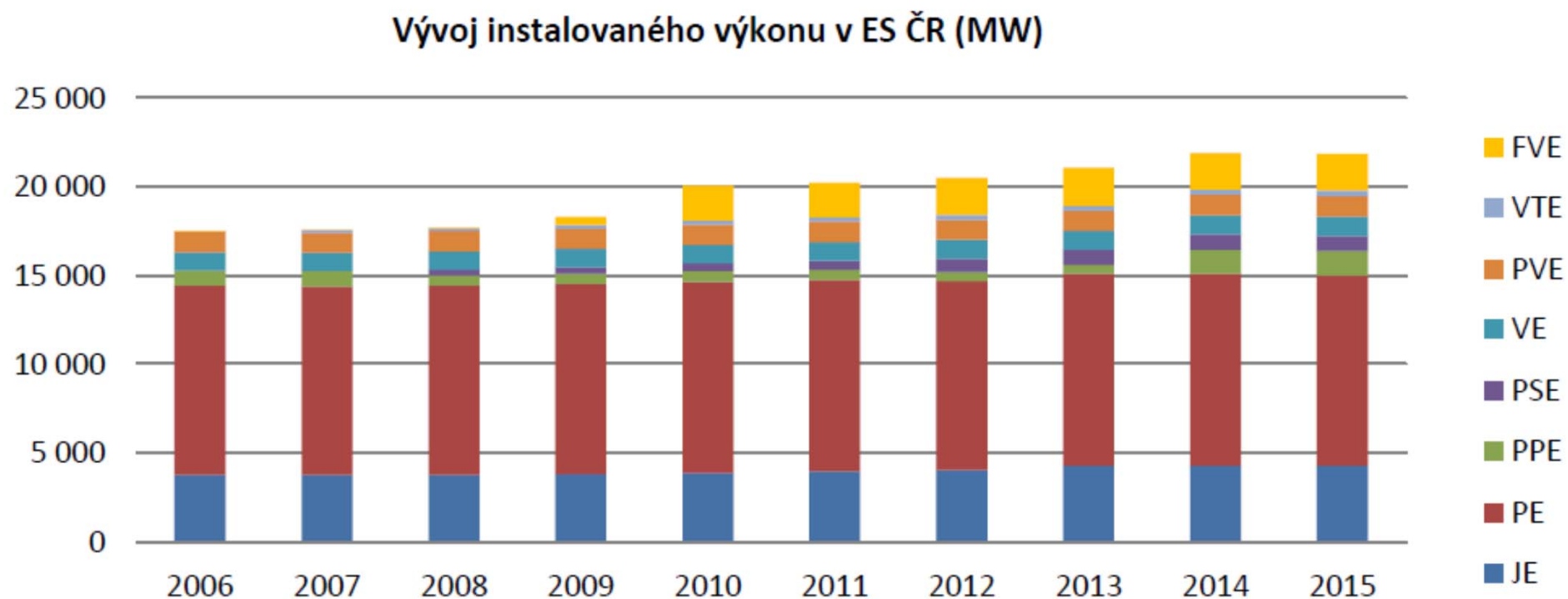
GW



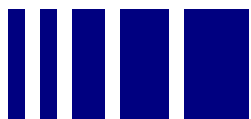
[zdroj: ČEPS]



Vývoj instalovaného výkonu

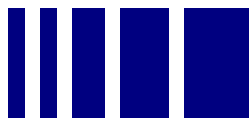


[zdroj: ERÚ]



Bilance elektrické energie - terminologie

- **spotřeba**
 - = **zatížení – výkon na přečerpání v PVE**
- **výroba elektřiny brutto**
 - = **celková výroba elektřiny na svorkách generátorů**
- **výroba elektřiny netto**
 - = **výroba elektřiny brutto – vlastní spotřeba na výrobu elektřiny**
- **saldo**
 - **bilanční suma zahraničních výměn elektrické energie. Je to rozdíl mezi celkovým dovozem elektřiny a celkovým vývozem elektřiny. Kladná hodnota představuje převahu dovozu elektřiny nad vývozem a záporná převahu vývozu nad dovozem.**
- **spotřeba elektřiny brutto**
 - = **výroba elektřiny brutto celkem + saldo ES ČR**
- **spotřeba elektřiny netto**
 - = **spotřeba elektřiny brutto – (vlastní spotřeba na výrobu elektřiny + ztráty v sítích + spotřeba na přečerpání v PVE)**

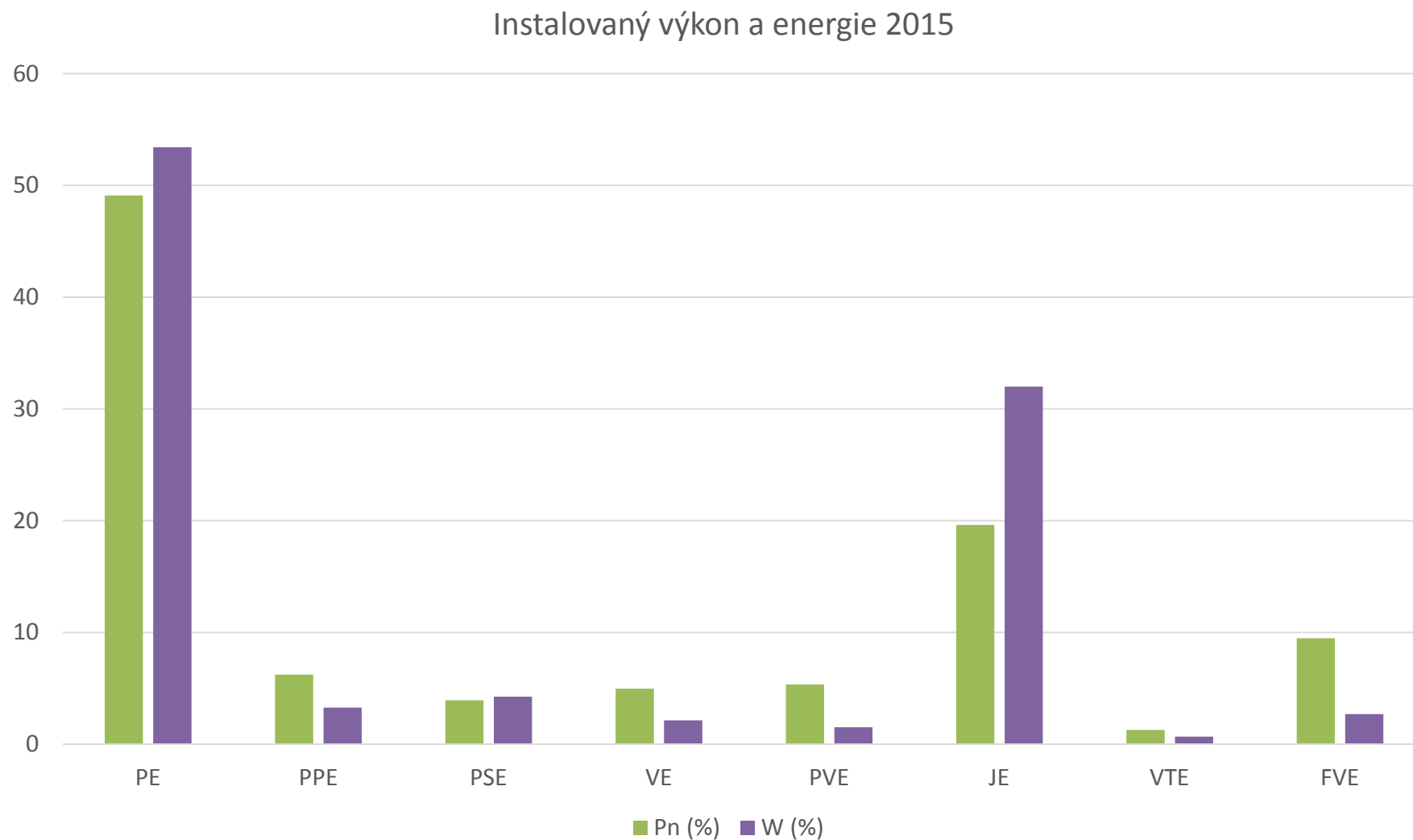


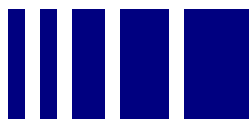
Roční balance elektřiny (2015)

výroba elektřiny brutto			VS	využití Pn
– PE	44 816 GWh	53,4 %	9,4 %	48 %
– PPE	2 749 GWh	3,3 %	0,8 %	14 %
– PSE	3 575 GWh	4,3 %	6,0 %	21 %
– VE	1 795 GWh	2,1 %	0,9 %	9 %
– PVE	1 276 GWh	1,5 %	1,3 %	3 %
– JE	26 841 GWh	32,0 %	5,6 %	71 %
– VTE	572 GWh	0,7 %	1,6 %	23 %
– FVE	2 264 GWh	2,7 %	0,9 %	12 %
• celkem	83 888 GWh	100,0 %		
• roční balance				
– tuzemská spotřeba netto	59 639 GWh	71,1 %		
– čerpání v PVE	1 660 GWh	2,0 %		
– ztráty v sítích	4 067 GWh	4,8 %		
			(v PS 1 007 GWh ≈ 1,2 %)	
– vlastní spotřeba na výrobu	6 007 GWh	7,2 %		
– export – import	12 515 GWh	14,9 %		
• výroba brutto	83 888 GWh	100,0 %		
• výroba brutto v KVET				
2046	9 808 GWh			



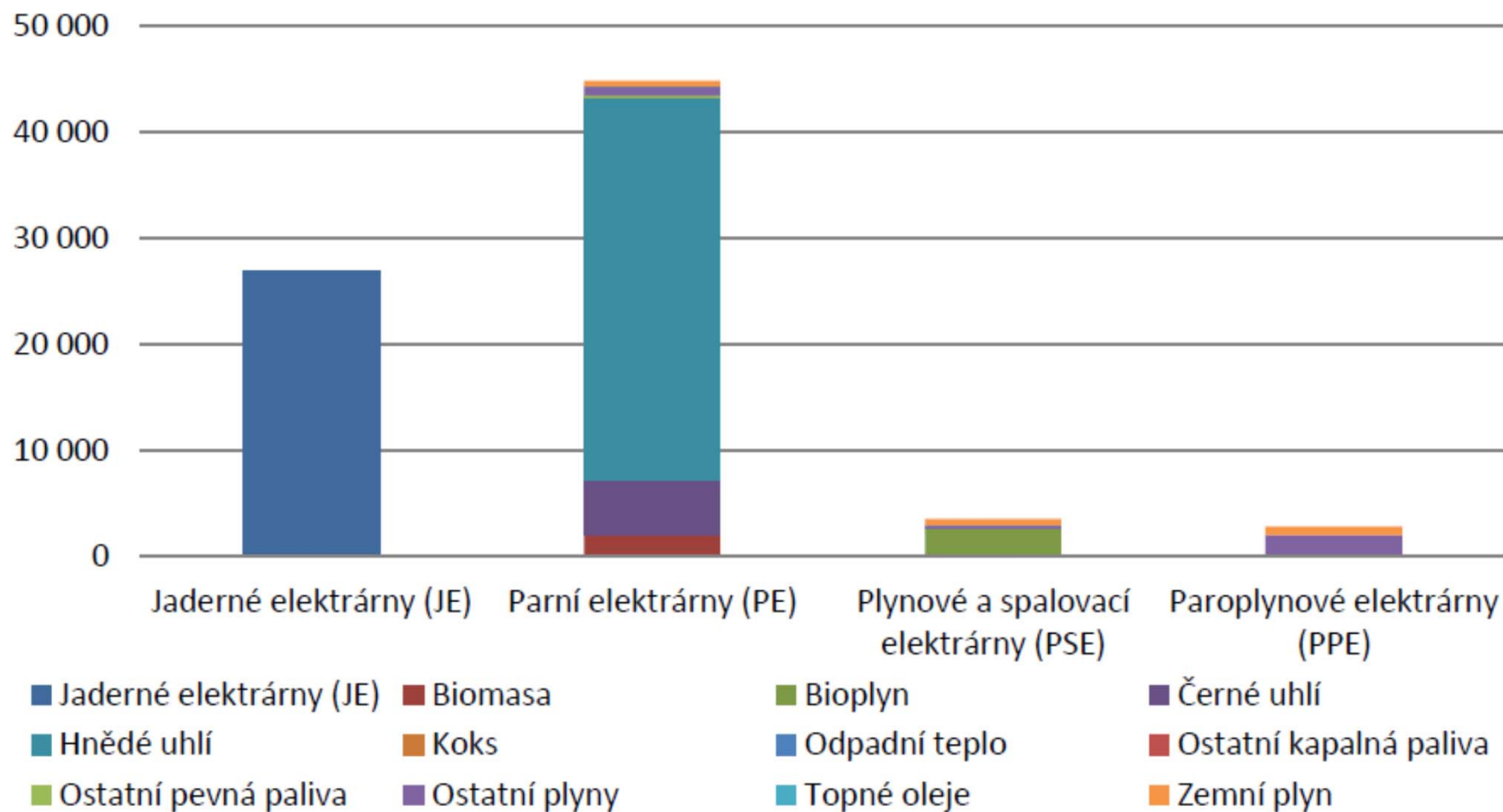
Instalovaný výkon a energie 2015



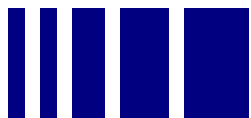


Primární paliva

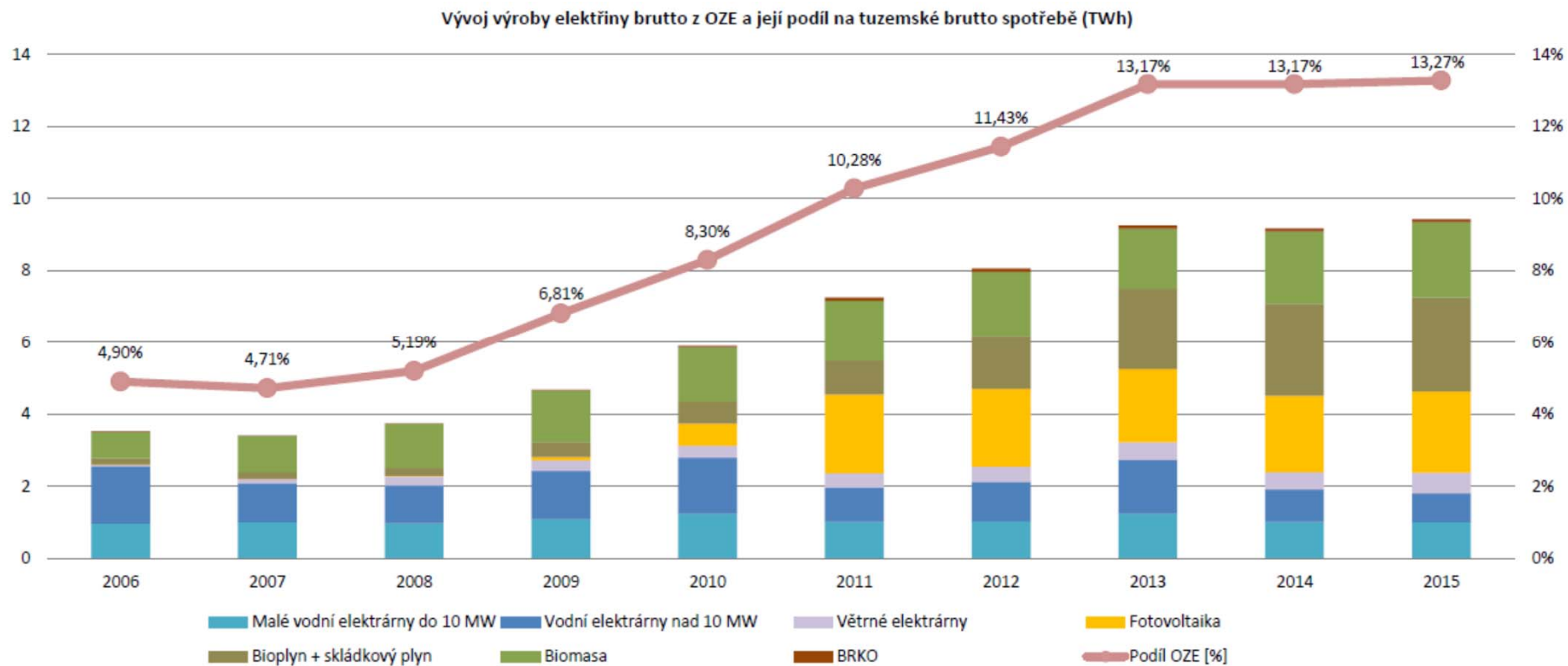
Struktura paliv na výrobě elektřiny brutto (GWh)



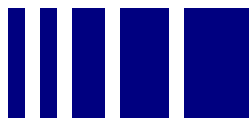
[zdroj: ERÚ]



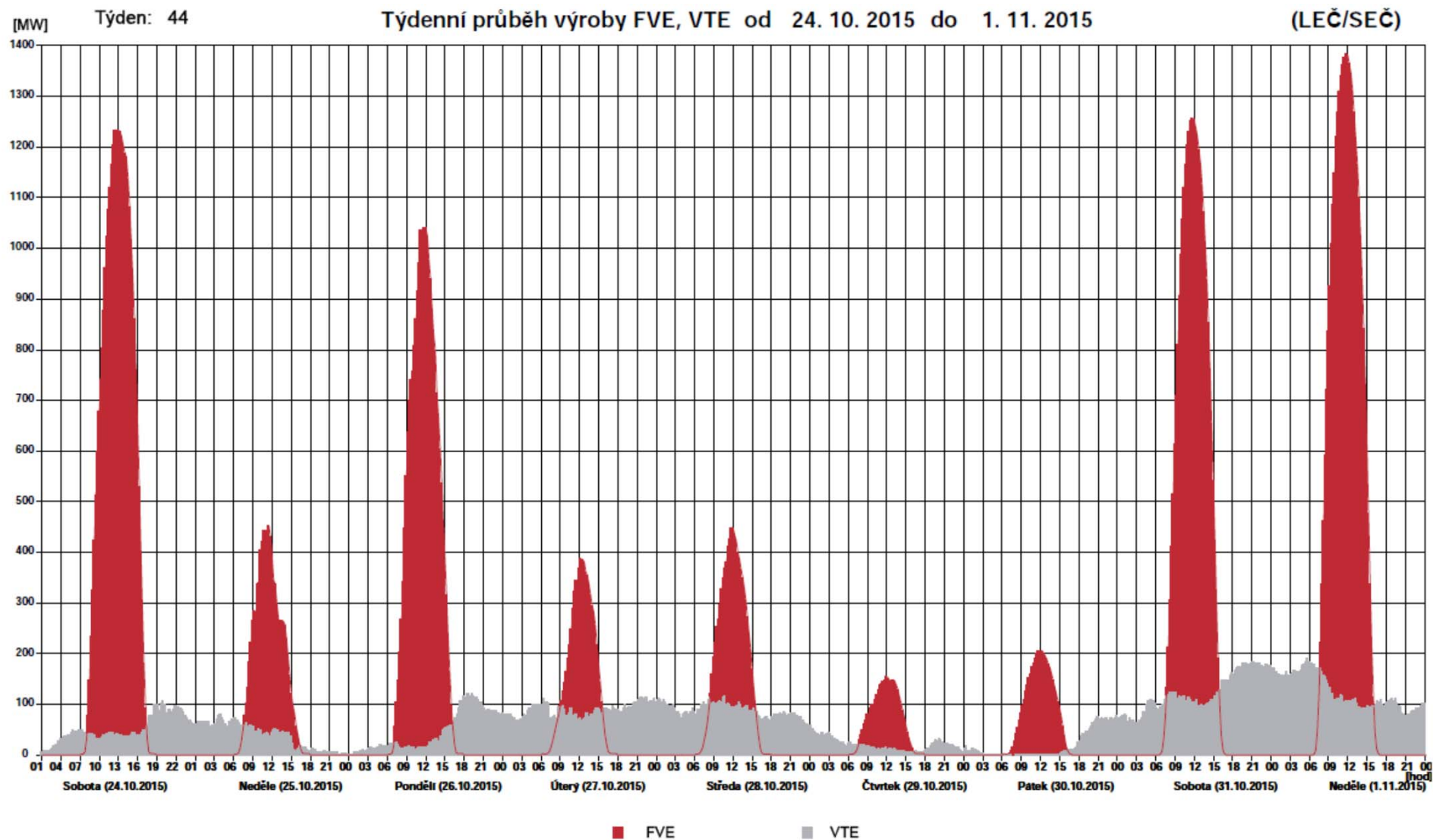
OZE

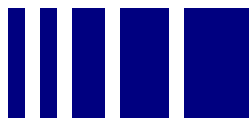


[zdroj: ERÚ]



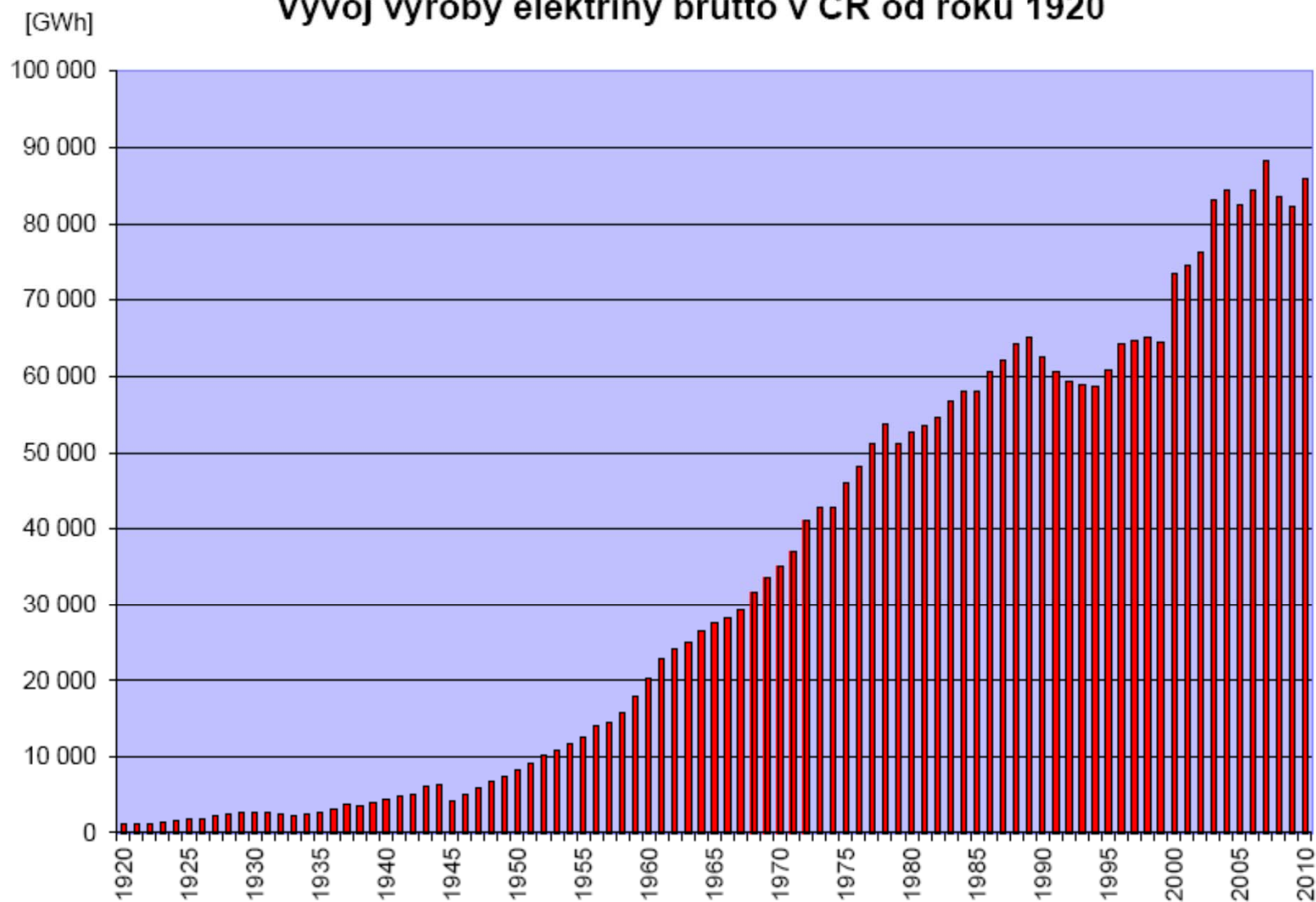
OZE (FVE + VTE)

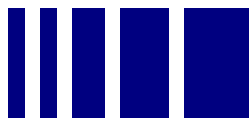




Vývoj výroby a spotřeby

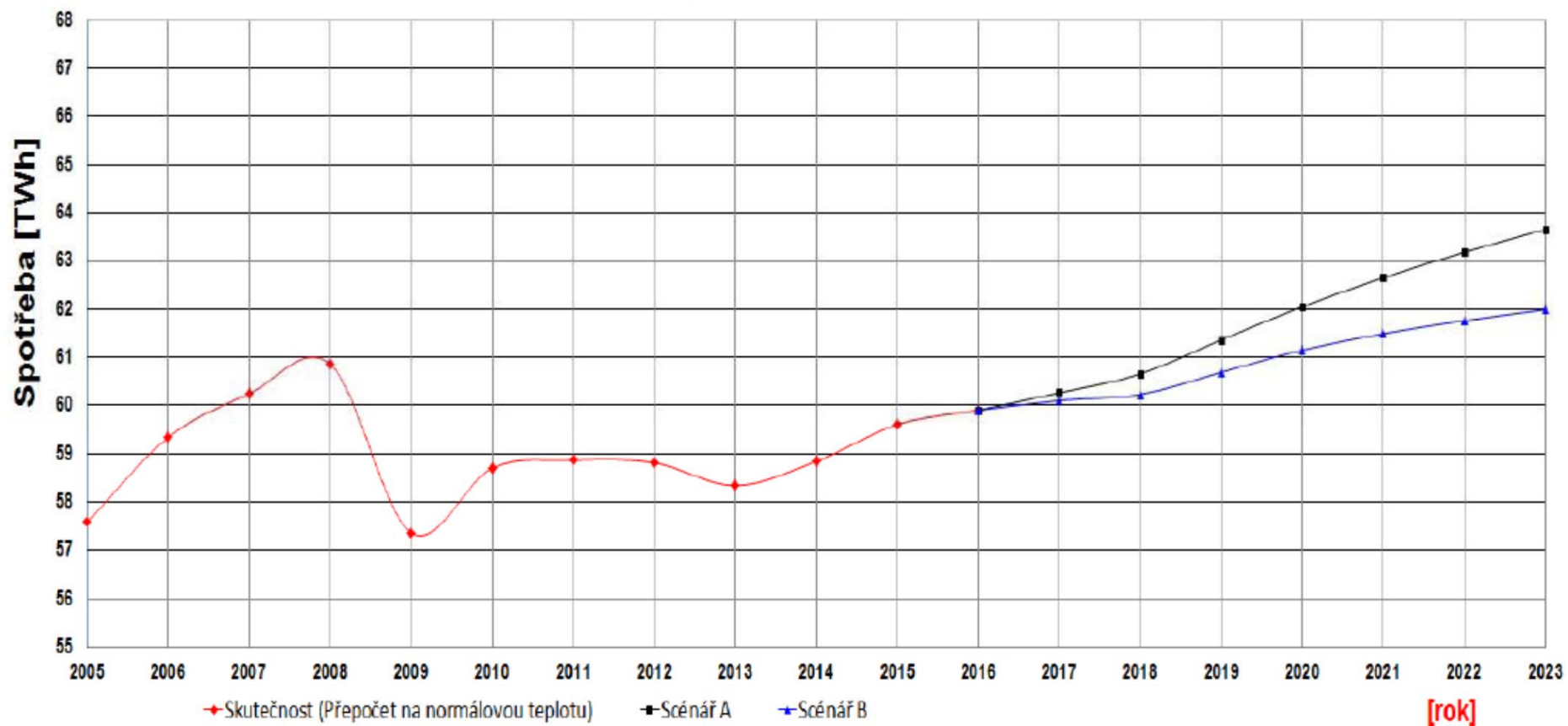
Vývoj výroby elektřiny brutto v ČR od roku 1920



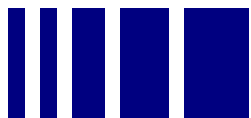


Vývoj spotřeby

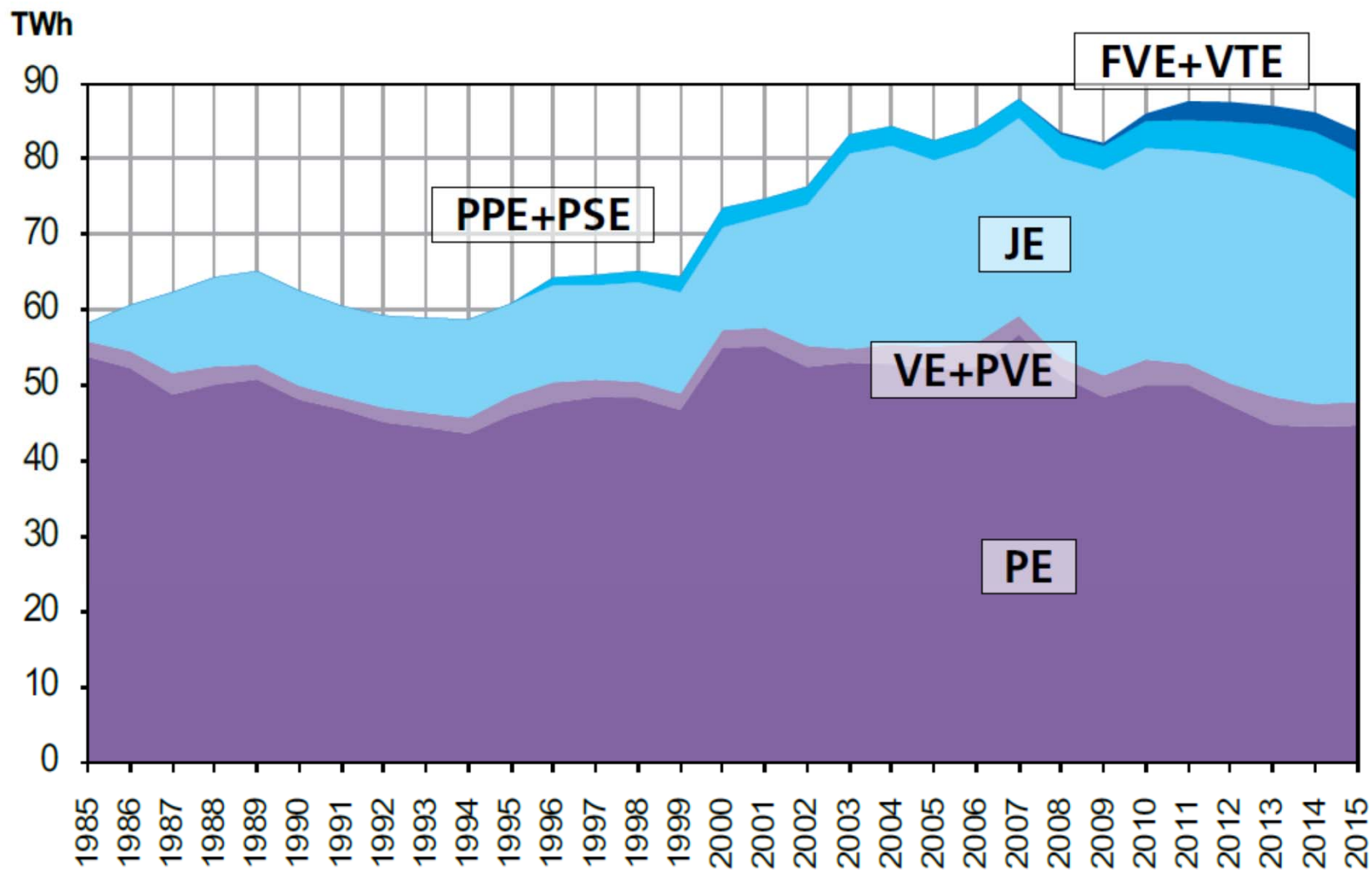
Scénáře vývoje netto spotřeby elektřiny



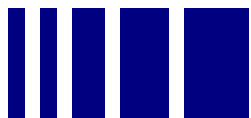
[zdroj: ERÚ]



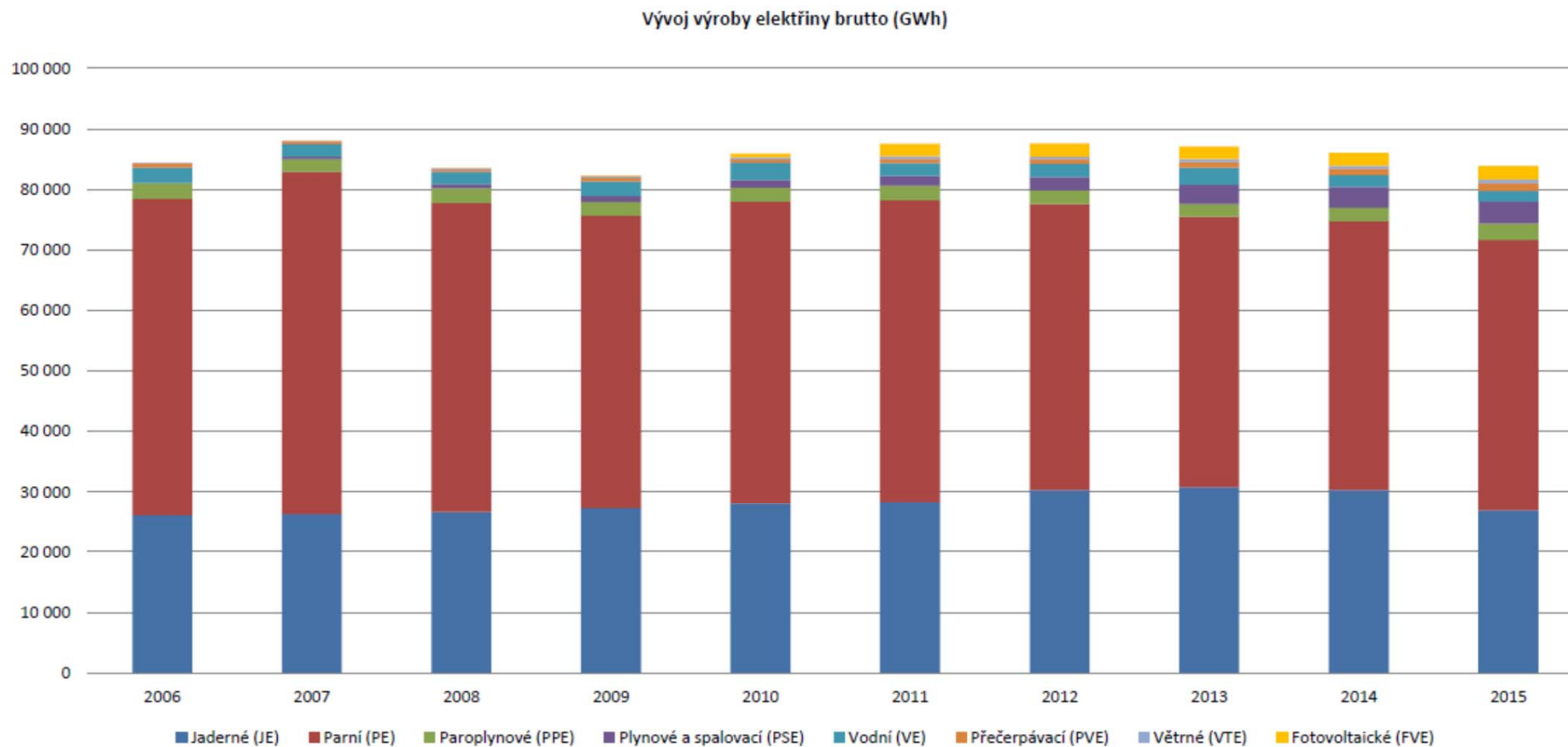
Vývoj výroby brutto



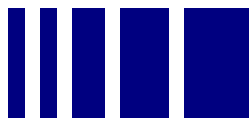
[zdroj: ČEPS]



Vývoj výroby brutto

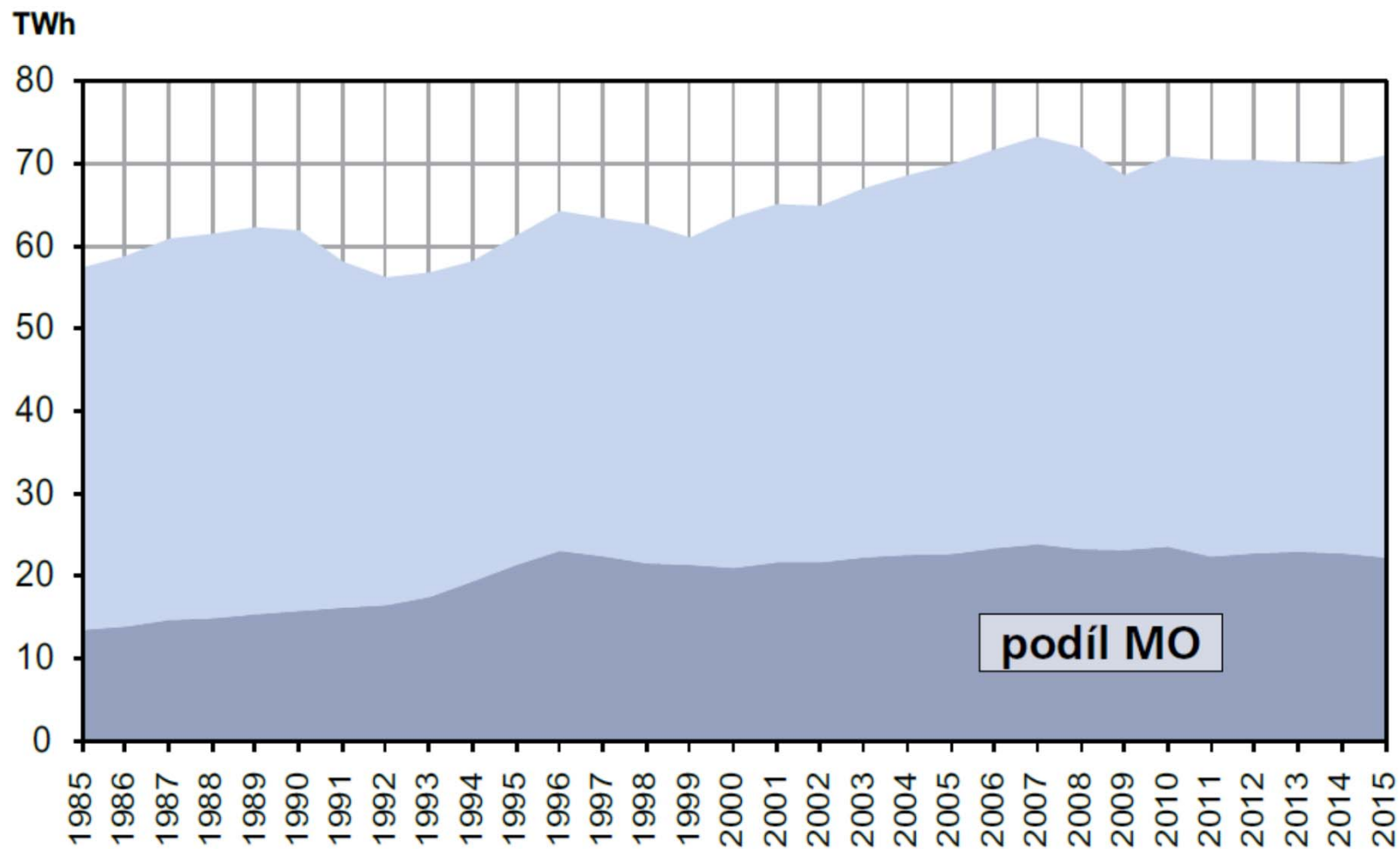


[zdroj: ERÚ]

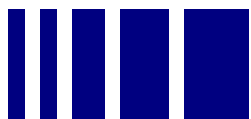


Vývoj spotřeby brutto

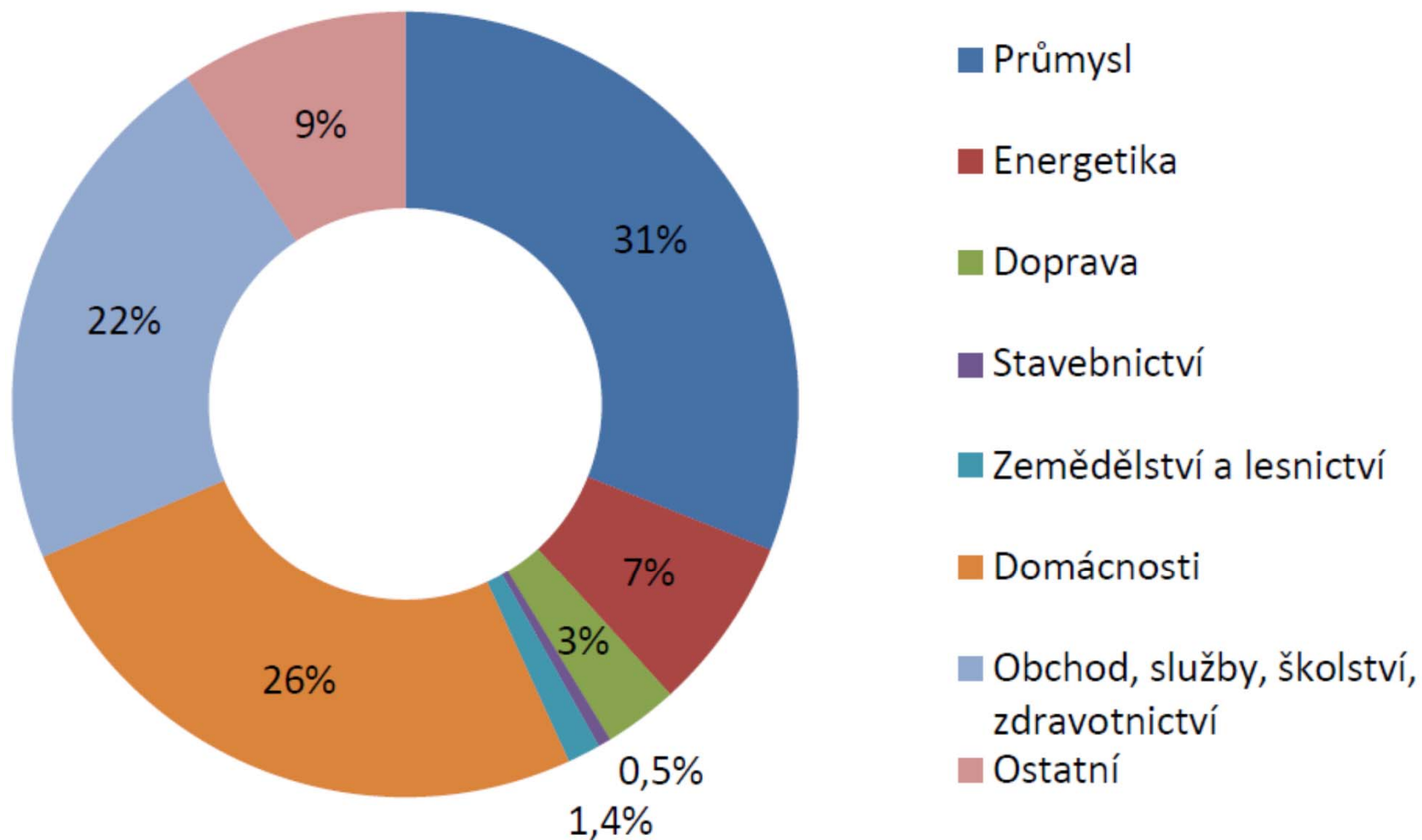
- MO – ze sítě nn, VO – ze sítí vn a vvn



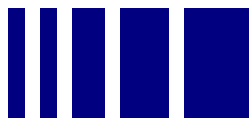
[zdroj: ČEPS]



Podíl na celkové spotřebě elektřiny v ČR

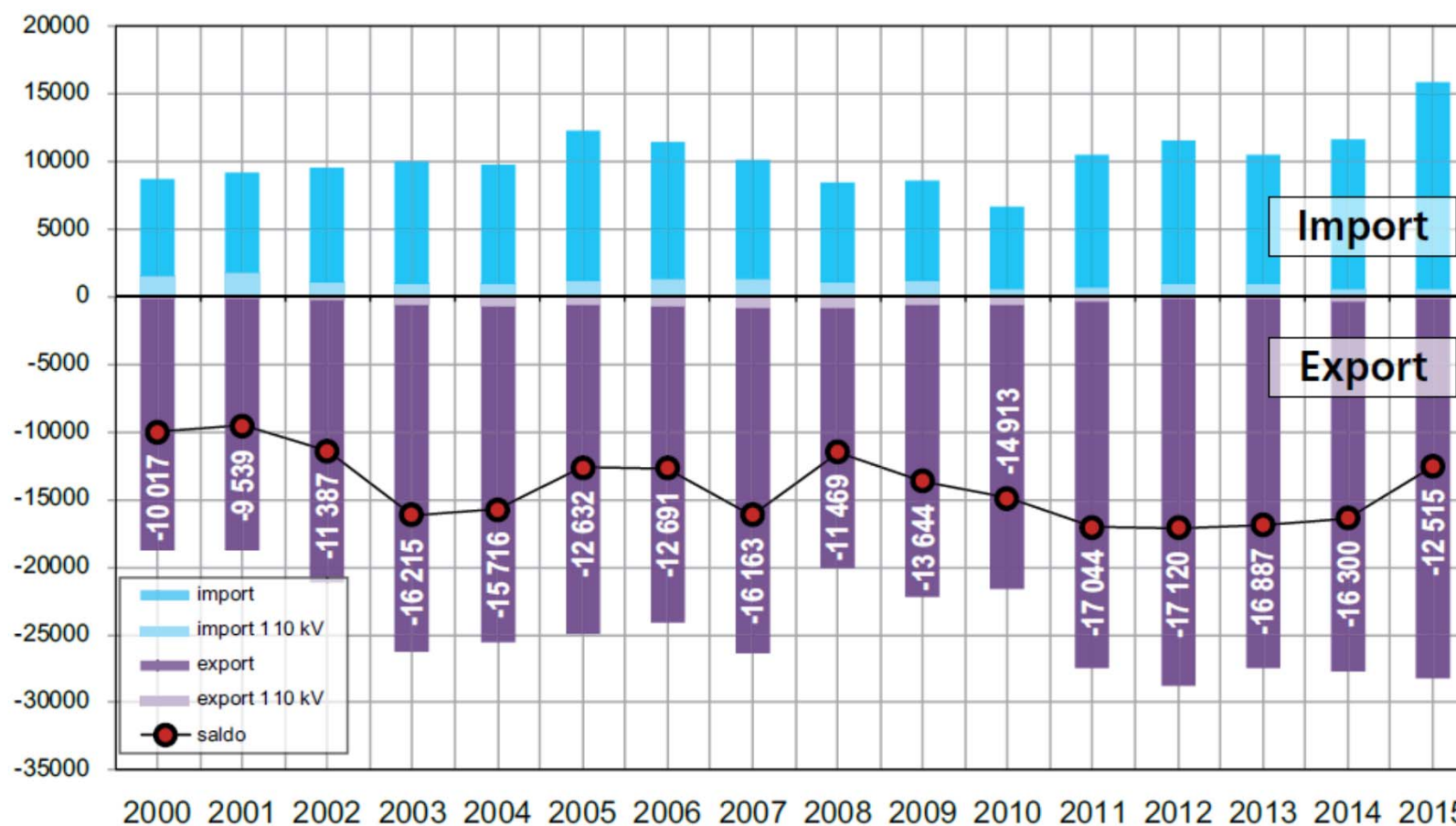


[zdroj: ERÚ]

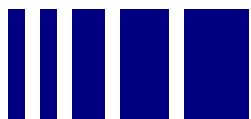


Vývoj exportu a importu

Roční fyzikální toky energie vývoj salda od r. 2000 (GWh)

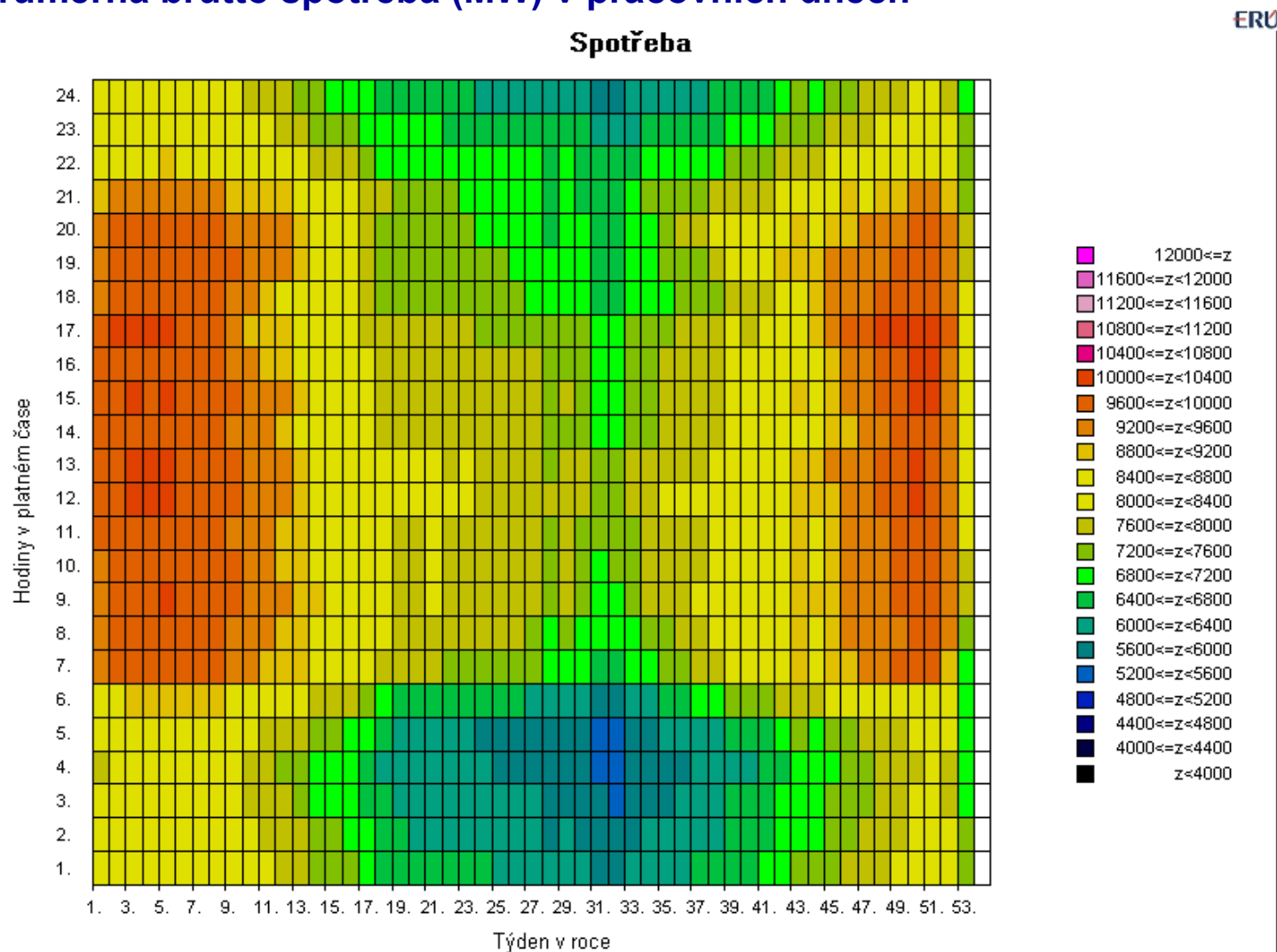


[zdroj: ČEPS]

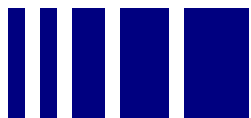


Spotřeba (2012)

- průměrná brutto spotřeba (MW) v pracovních dnech



[zdroj: ERÚ]

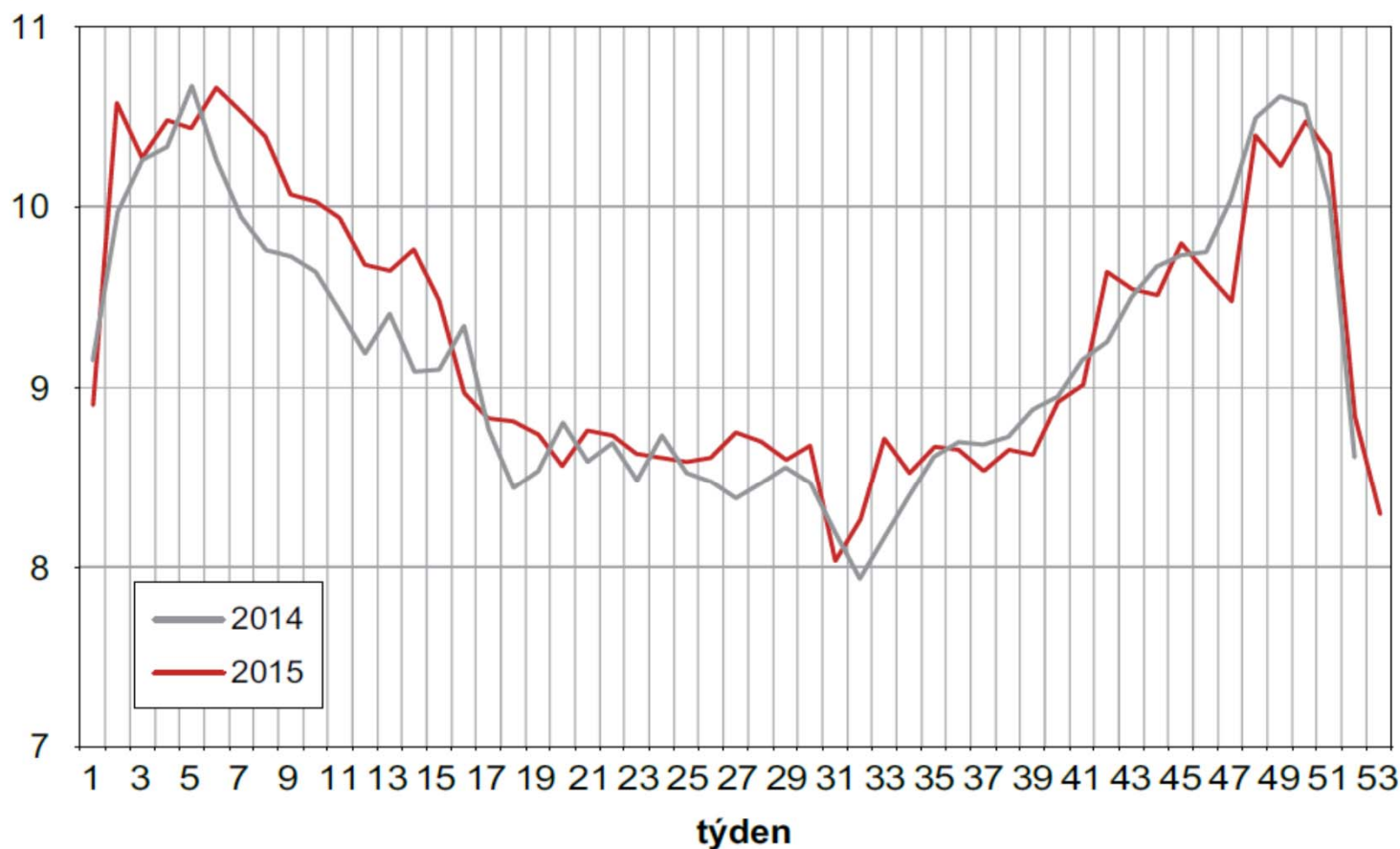


Zatížení PS (2015)

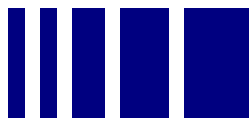
Diagram průměrných týdenních maxim zatížení všedních dnů

(pondělí - pátek)

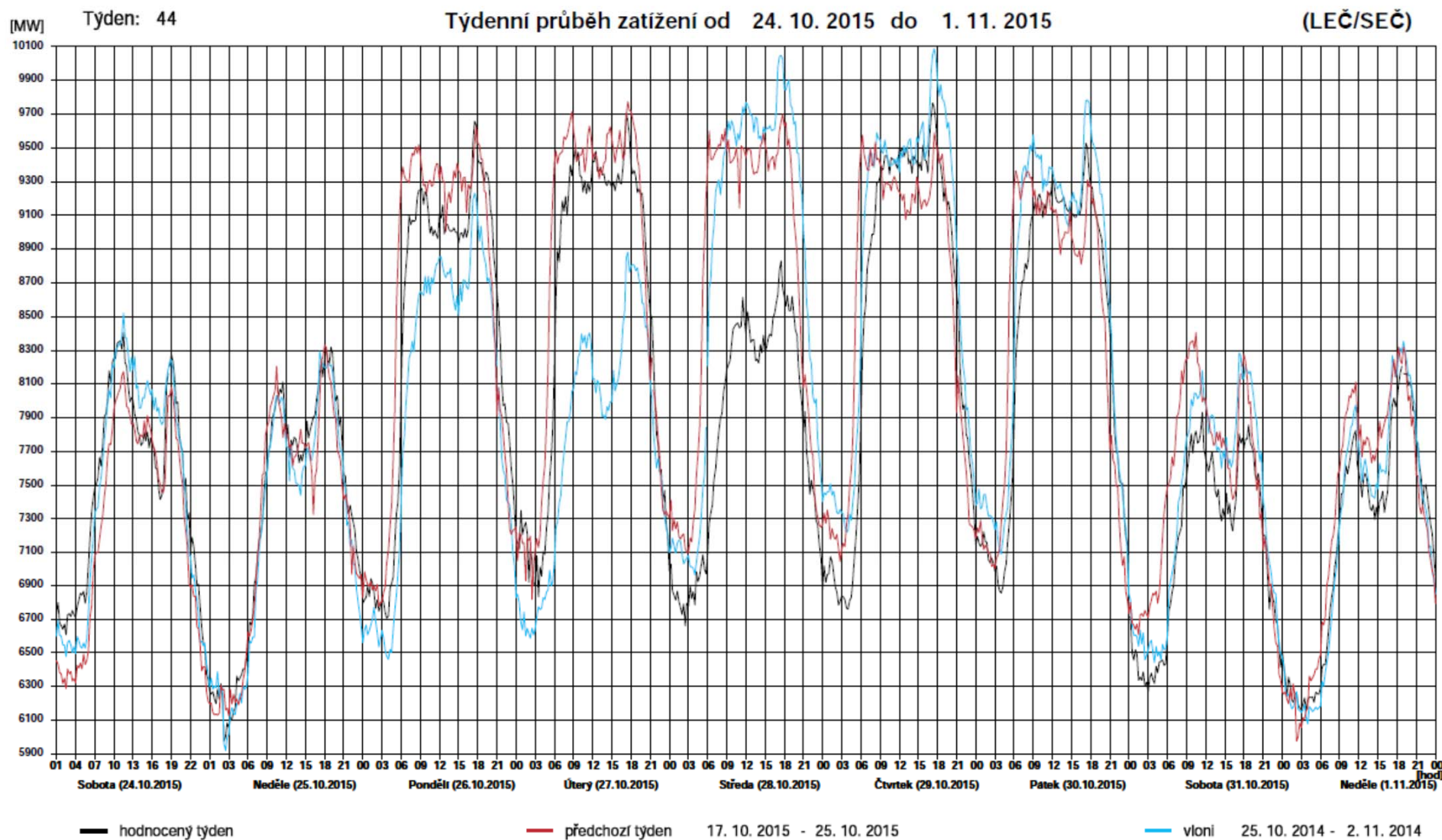
GW



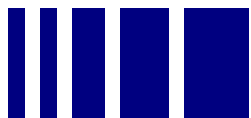
[zdroj: ČEPS]



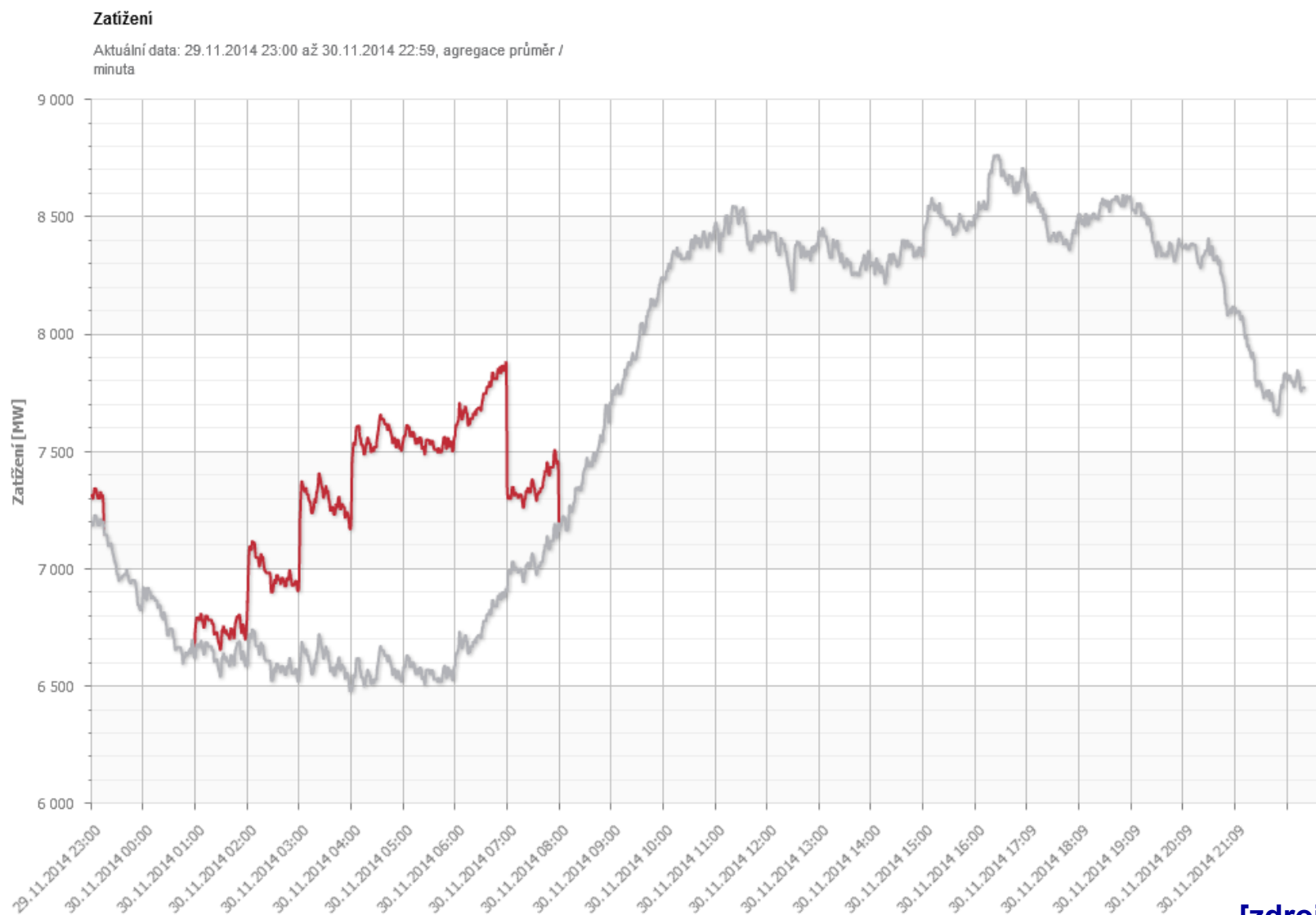
Týdenní spotřeba – říjen 2015



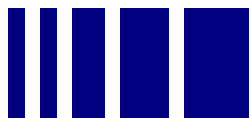
[zdroj: ČEPS]



Denní diagram zatížení – 30. 11. 2014 (neděle)



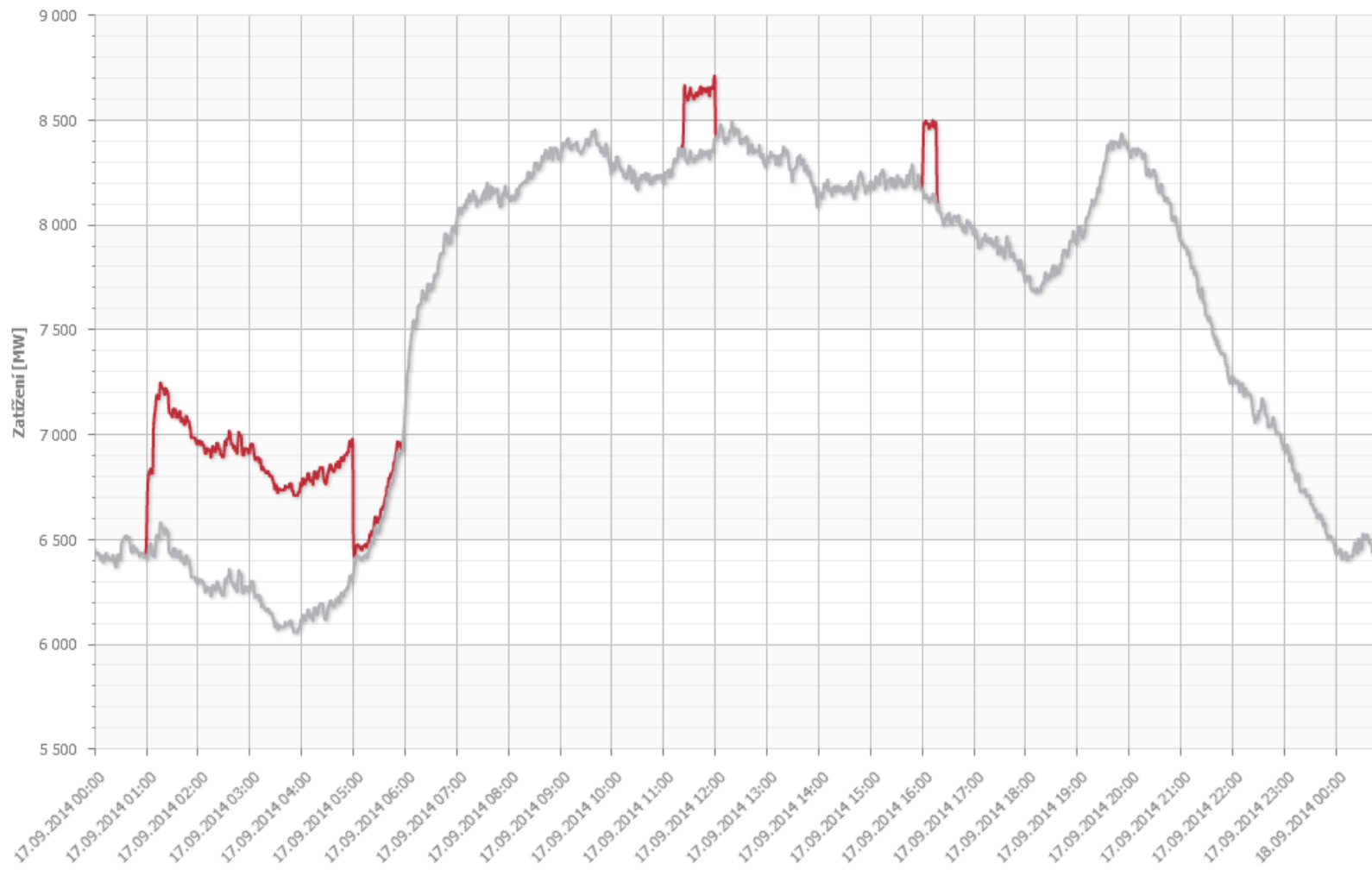
[zdroj: ČEPS]



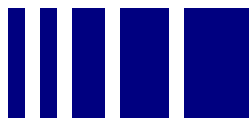
Denní diagram zatížení – 17. 9. 2014 (středa)

Zatížení

Aktuální data: 17.09.2014 00:00 až 18.09.2014 00:59, agregace průměr / minuta

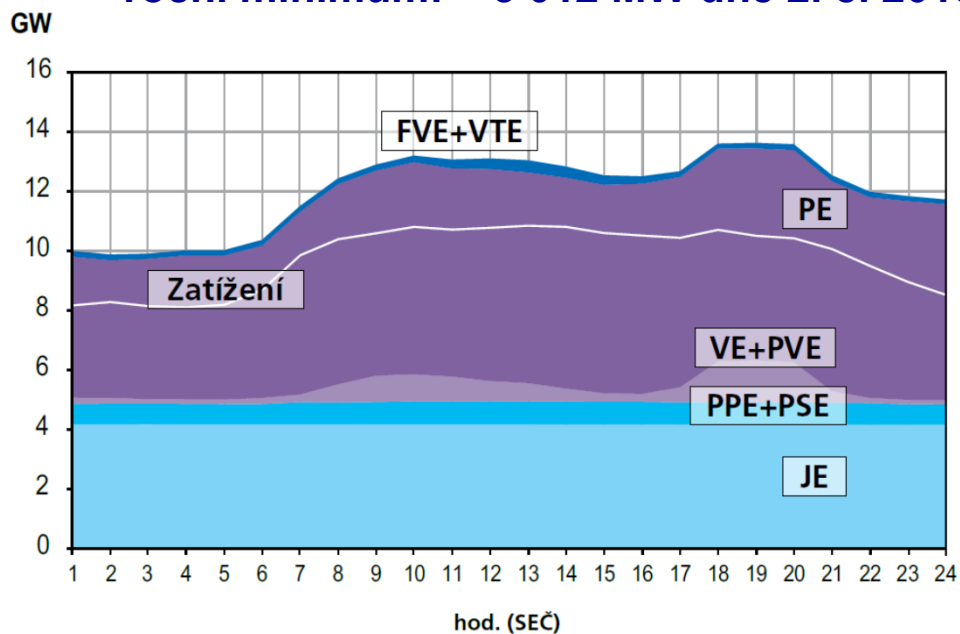


[zdroj: ČEPS]

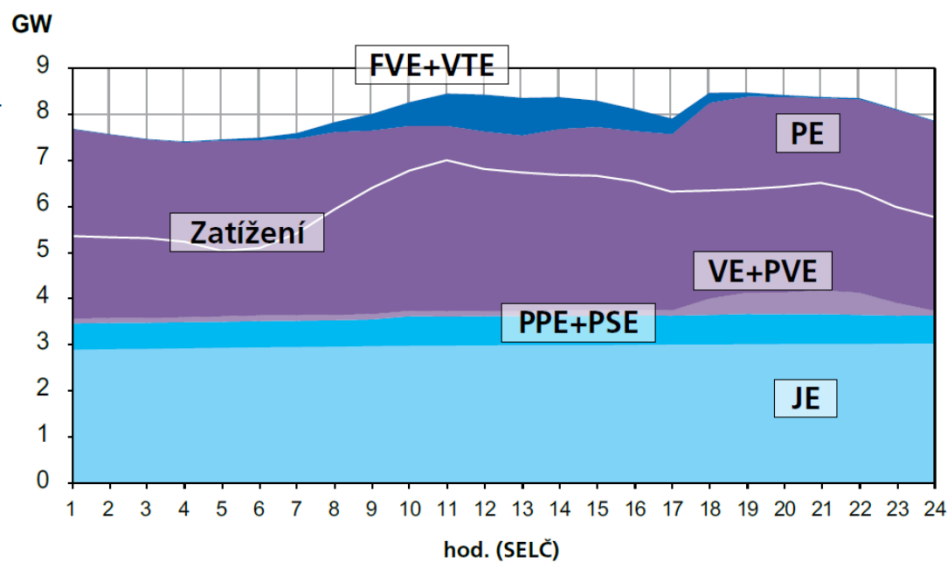


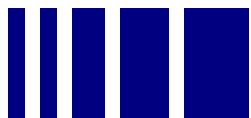
DDZ ve dnech s ročními extrémy (2015)

- roční maximum: 10 855 MW dne 9. 2. 2015 ve 12:00
- roční minimum: 5 012 MW dne 2. 8. 2015 v 5:00



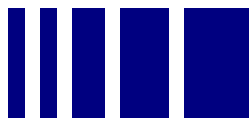
[zdroj: ČEPS]





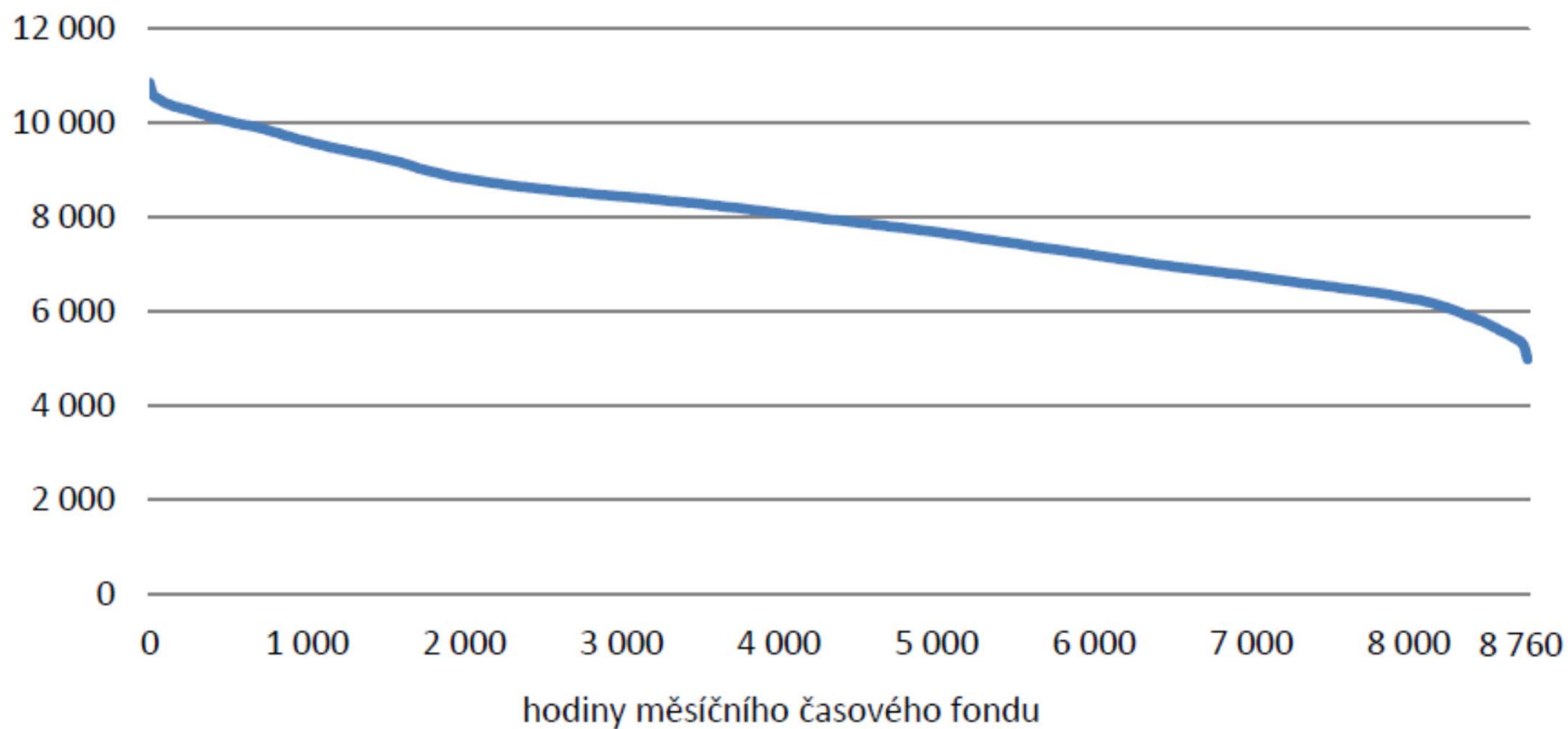
Hodnoty v PS (2015)

- **spotřeba brutto - průměrné hodinové hodnoty**
 - roční maximum: 10 855 MW dne 9. 2. 2015 v 12:00
 - roční minimum: 5 012 MW dne 2. 8. 2015 v 5:00
 - Spotřeba brutto je definována (historicky) jako: výroba ± saldo – čerpání PVE.
- **kmitočet – okamžité hodnoty**
 - roční maximum: 50,128 Hz dne 18. 2. 2015 v 7:02
 - roční minimum: 49,851 Hz dne 9. 4. 2015 v 20:03
 - Kmitočet je celosystémový parametr propojených soustav ENTSO-E. Dopad na jeho hodnoty mají zejména velké poruchy v přenosových soustavách.
- **odchylka salda ACE – okamžité hodnoty**
 - roční maximum: 1080 MW dne 12. 8. 2015 v 2:12 (import)
 - roční minimum: - 829 MW dne 15. 6. 2015 v 5:00 (export)
 - ACE (Area Control Error) je vypočítáváno ze skutečné odchylky salda předávaných výkonů korigované na odchylku kmitočtu. Kladné odchylky ACE (neplánovaný import) souvisejí většinou s výpadky výroby velkých bloků, záporné odchylky (neplánovaný export) souvisejí zejména s odstavováním čerpání PVE.

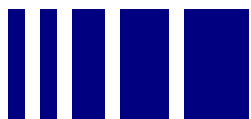


Čára trvání zatížení (2015)

Čára trvání zatížení brutto (MW)

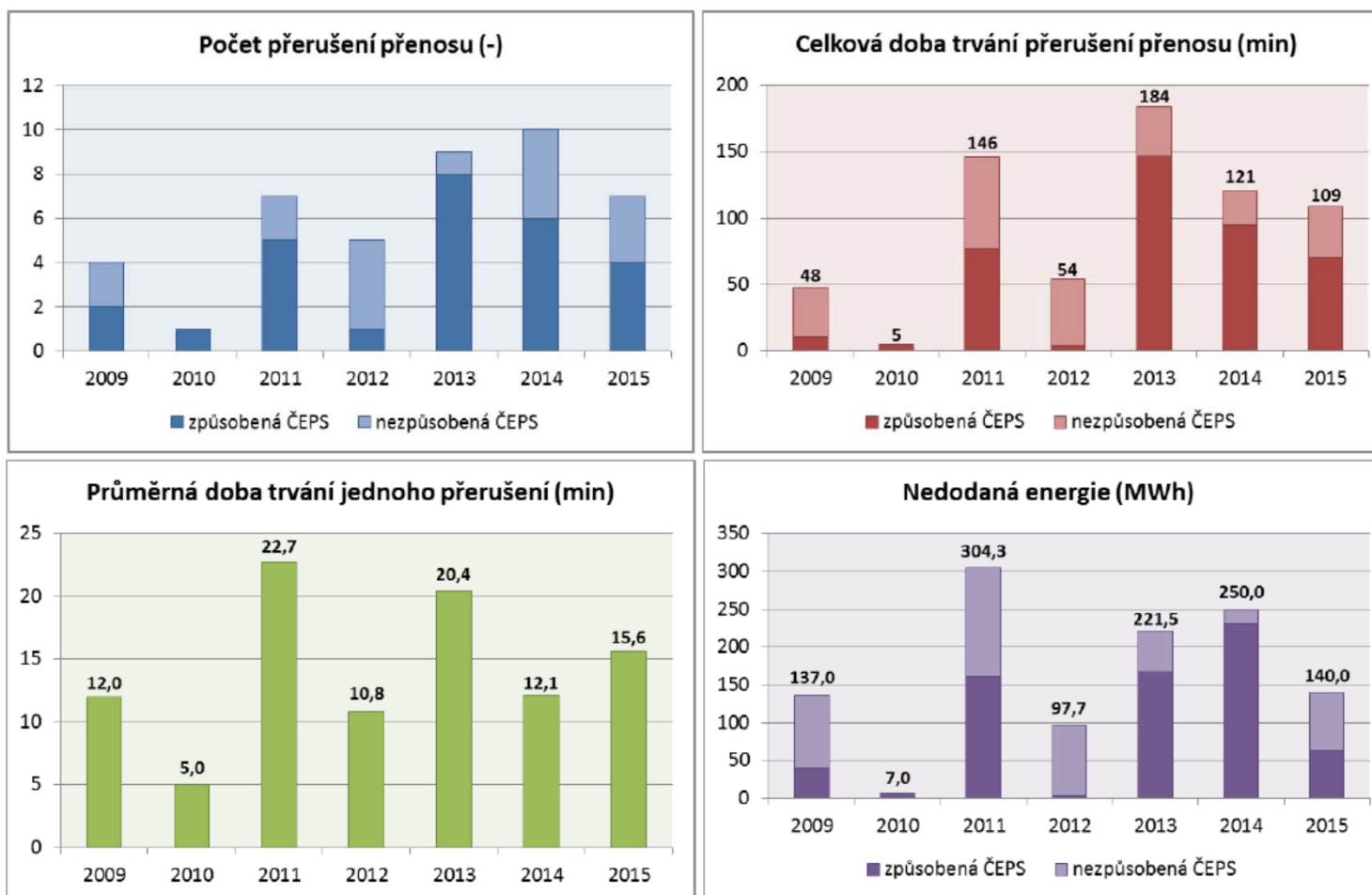


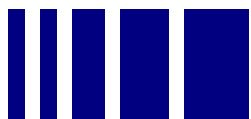
[zdroj: ERÚ]



Kvalita elektřiny v PS

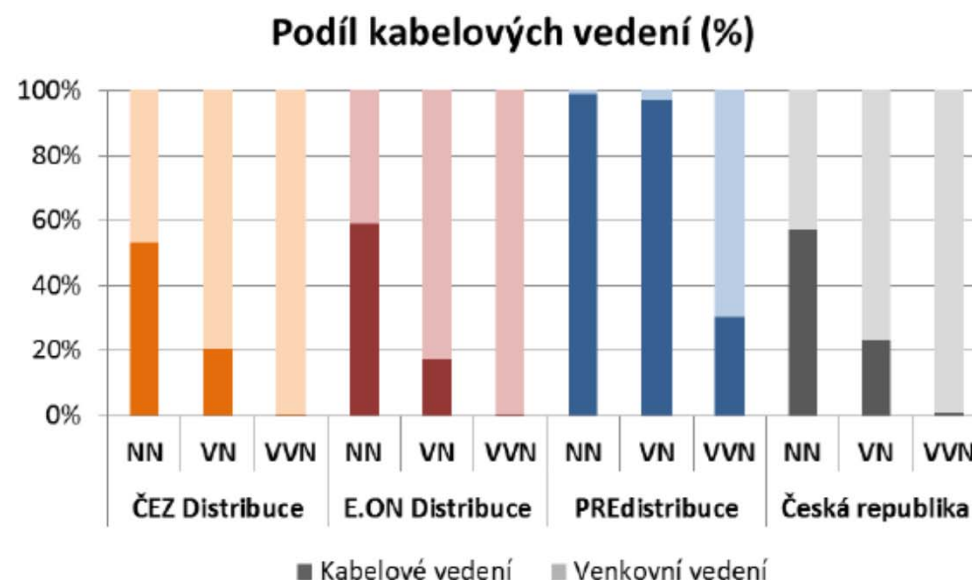
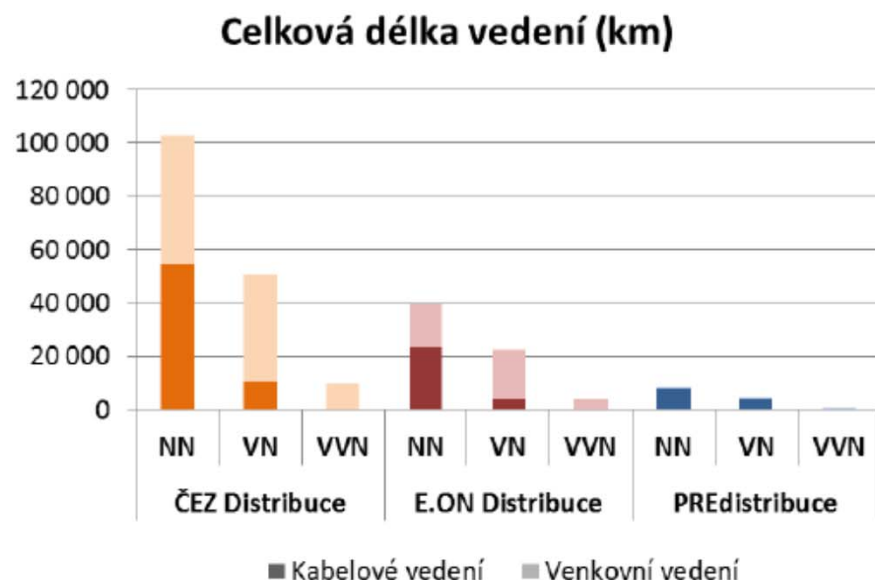
- ukazatele nepřetržitosti dle vyhlášky č. 540/2005 Sb.
 - průměrná doba trvání 1 přerušení přenosu elektřiny (min)
 - nedodaná elektrická energie (MWh) (přes PS 65 570 GWh v roce 2015)

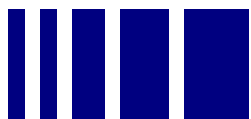




Kvalita elektřiny v DS

- ukazatele nepřetržitosti dle vyhlášky č. 540/2005 Sb.
 - SAIFI (System Average Interruption Frequency Index) – průměrný počet přerušení distribuce elektřiny u zákazníků
 - SAIDI (System Average Interruption Duration Index) – průměrná souhrnná doba trvání přerušení distribuce elektřiny u zákazníků
 - CAIDI (Customer Average Interruption Duration Index) – průměrná doba trvání jednoho přerušení distribuce elektřiny u zákazníků (= SAIDI / SAIFI)
- důležitý profil DS (kabelizace, způsob zapojení, hustota odběru, geografické podmínky, počet zákazníků)



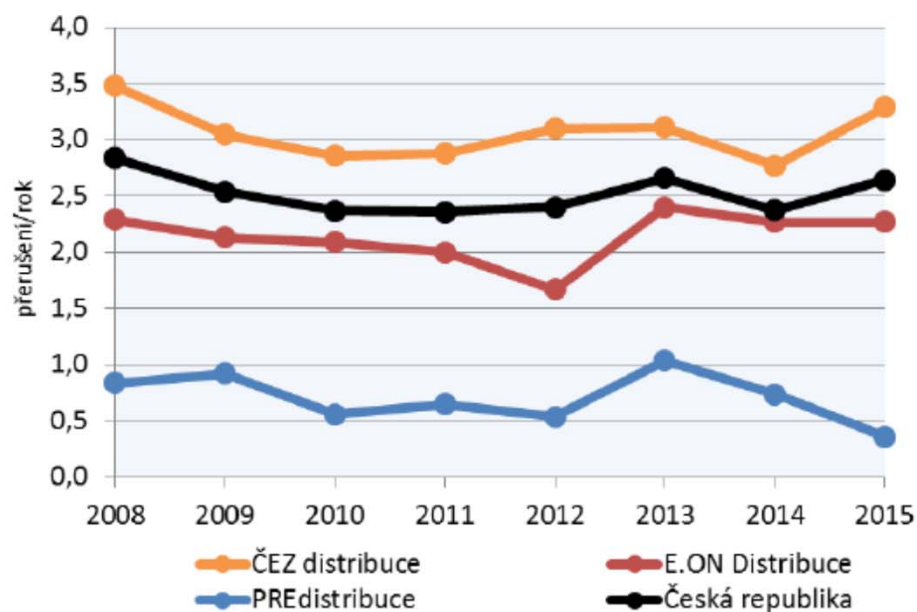


Kvalita elektřiny v DS

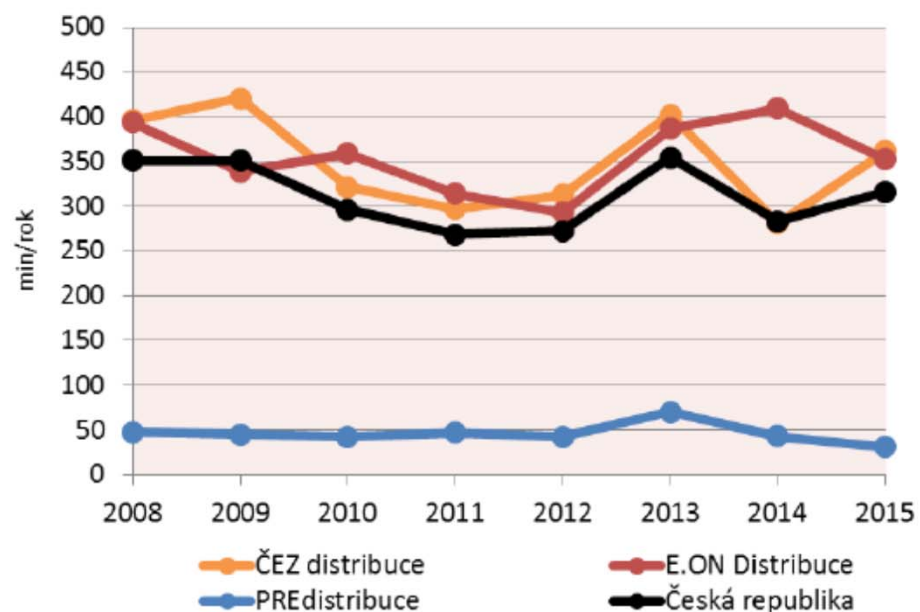
$$SAIFI = \frac{\sum \lambda_i N_i}{N_T}$$

$$SAIDI = \frac{\sum t_i N_i}{N_T}$$

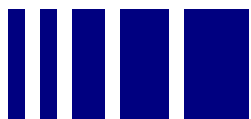
SAIFI (přerušení/rok)



SAIDI (min/rok)



[zdroj: ERÚ]



Profil DS

Profil společností	Napěťová hladina	Počet zákazníků [-]	Délka kabelových vedení [km]	Délka venkovních vedení [km]
ČEZ Distribuce	NN	3 547 373	52 551	48 099
	VN	14 741	10 233	40 249
	VVN	262	23	9 759
E.ON Distribuce	NN	1 490 250	23 075	16 526
	VN	8 158	3 522	18 609
	VVN	41	11	3 907
PREdistribuce	NN	757 778	7 750	84
	VN	1 986	3 758	113
	VVN	4	62	144
Česká republika	NN	5 795 401	83 376	64 709
	VN	24 885	17 513	58 971
	VVN	307	96	13 810

[zdroj: ERÚ]



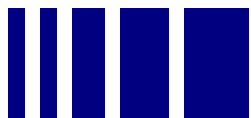
Mezinárodní propojení ES

- **výhody**
 - možnost udržování menších výkonových záloh, zvláště pro primární regulaci
 - jednodušší a méně provozně náročné řešení provozních stavů bezprostředně po výpadcích elektrárenských bloků
 - výskyt menších odchylek frekvence a tedy vyšší kvalita dodávané elektrické energie
 - možnost havarijní výpomoci mezi soustavami
 - zvýšení spolehlivosti, jednodušší řešení poruchových stavů a menší náchylnost k jejich výskytu
 - optimalizace využití instalovaných kapacit, účast na mezinárodním obchodě s elektrickou energií
- **povinnosti každé synchronně propojené soustavy**
 - systém primární a sekundární regulace
 - spolehlivostní kritérium „N-1“
 - minimalizace jalových toků po mezistátních vedení
 - systém frekvenčního odlehčování
 - min. 2 přenosová vedení mezi soustavami s dostatečnou kapacitou
 - plán obrany proti šíření poruch a plán obnovy po poruše typu black-out



ENTSO-E

- European Network of Transmission System Operators for Electricity (od r. 2009)
- 41 PPS z 34 evropských zemí (DE 4x, GB 4x, AT 2x)
- 424 TWh výměny mezi členskými PPS
- 532 milionů spotřebitelů
- 1 024 GW instalovaný výkon, 528 GW max. zatížení (2015)
- 3 278 TWh spotřeba
- 313 000 km přenosových linek
- = UCTE + NORDEL + BALTSO + ATSOI + UKTSOA + ETSO
- 5 synchronních oblastí a 2 izolované systémy (Island, Kypr)
 - propojeny DC vedením
- UCTE (ENTSO-E RGCE = Regional Group Continental Europe)
 - od r. 1951
 - jeden z nejrozsáhlejších synchronně pracujících elektrických systémů na světě
 - decentralizované řízení podle technických pravidel, bez „supercentra“



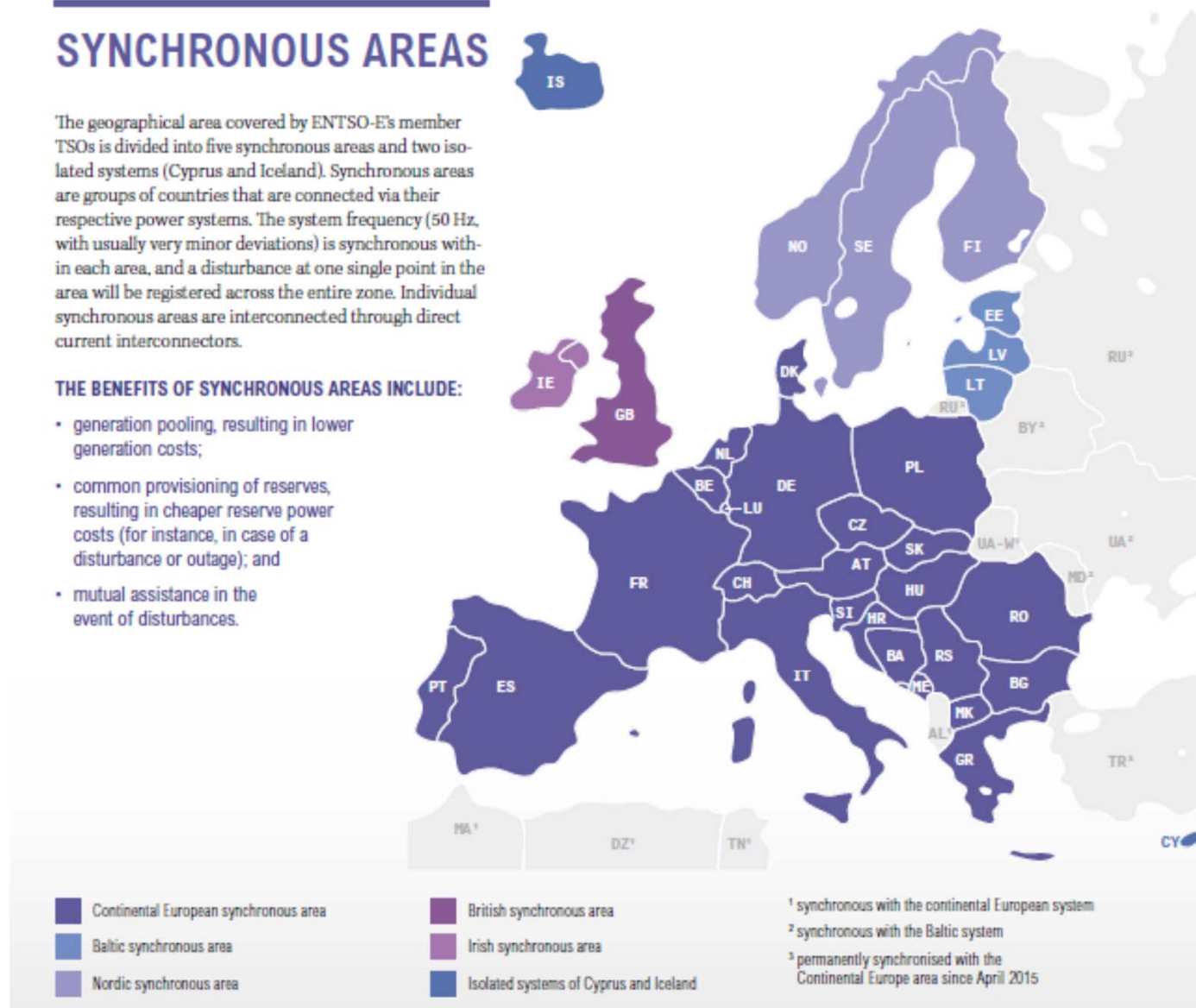
ENTSO-E

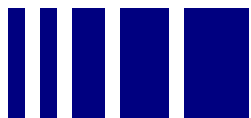
SYNCHRONOUS AREAS

The geographical area covered by ENTSO-E's member TSOs is divided into five synchronous areas and two isolated systems (Cyprus and Iceland). Synchronous areas are groups of countries that are connected via their respective power systems. The system frequency (50 Hz, with usually very minor deviations) is synchronous within each area, and a disturbance at one single point in the area will be registered across the entire zone. Individual synchronous areas are interconnected through direct current interconnectors.

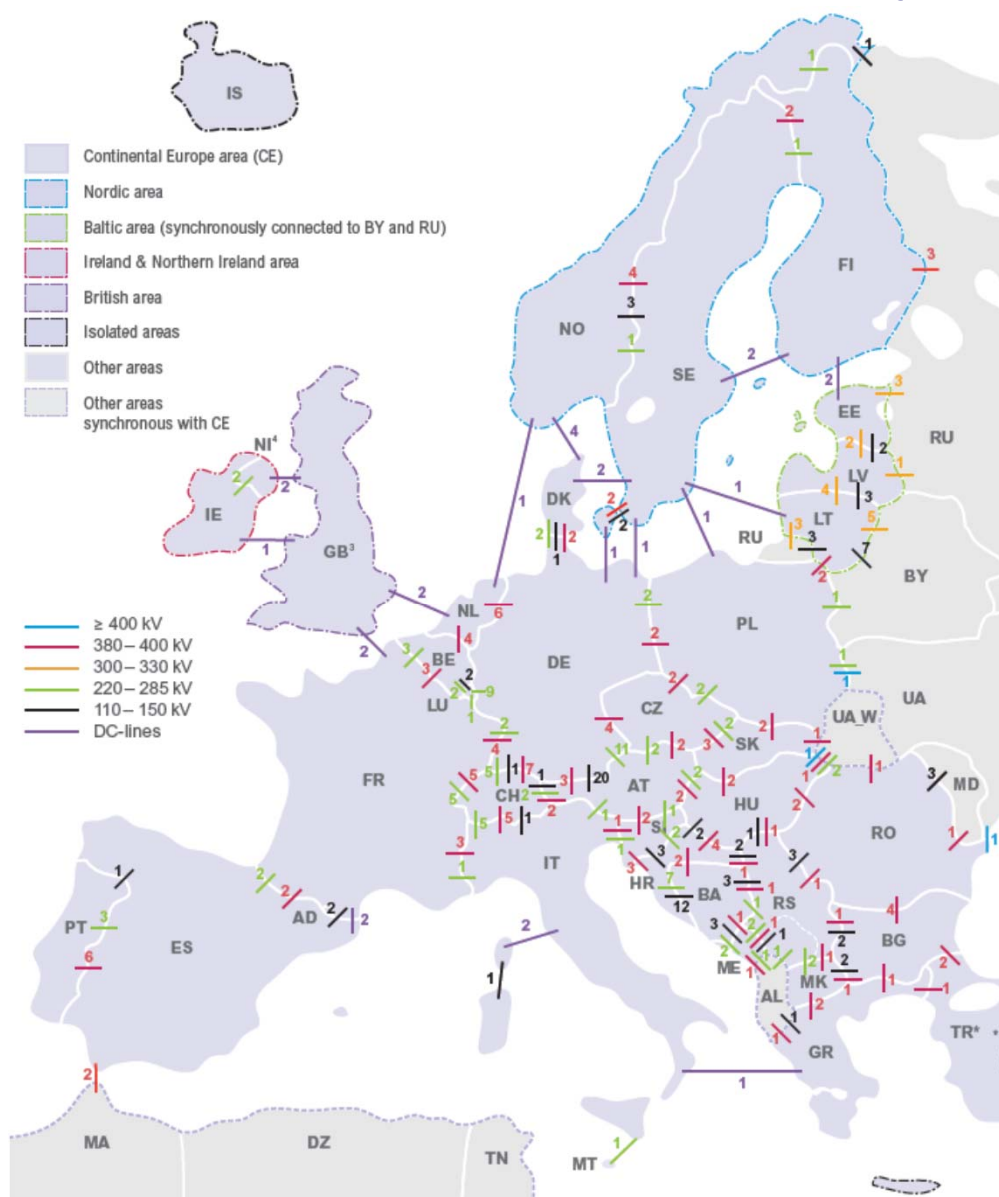
THE BENEFITS OF SYNCHRONOUS AREAS INCLUDE:

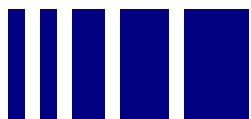
- generation pooling, resulting in lower generation costs;
- common provisioning of reserves, resulting in cheaper reserve power costs (for instance, in case of a disturbance or outage); and
- mutual assistance in the event of disturbances.





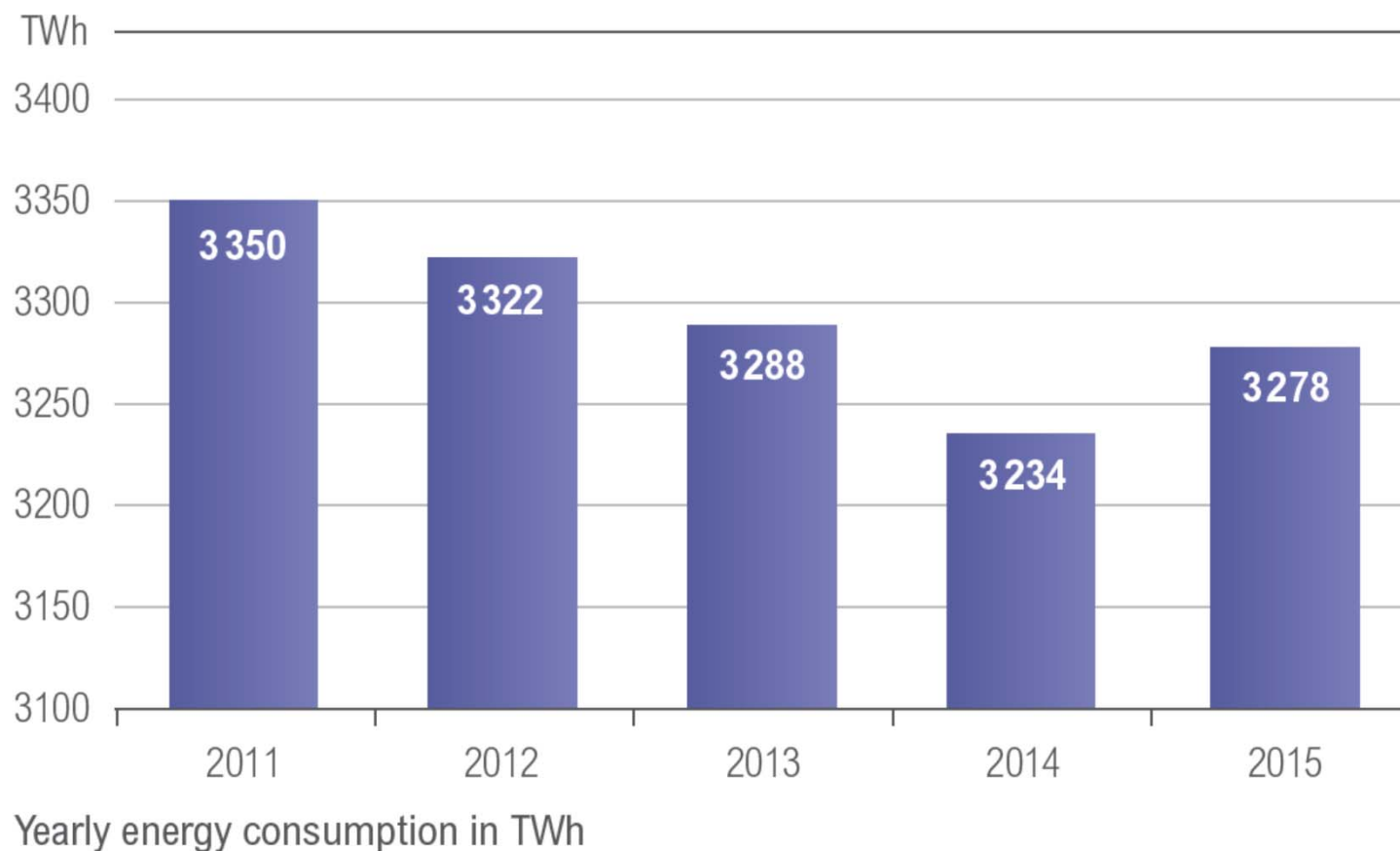
ENTSO-E mezinárodní propojení

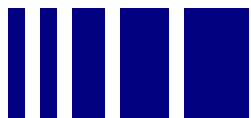




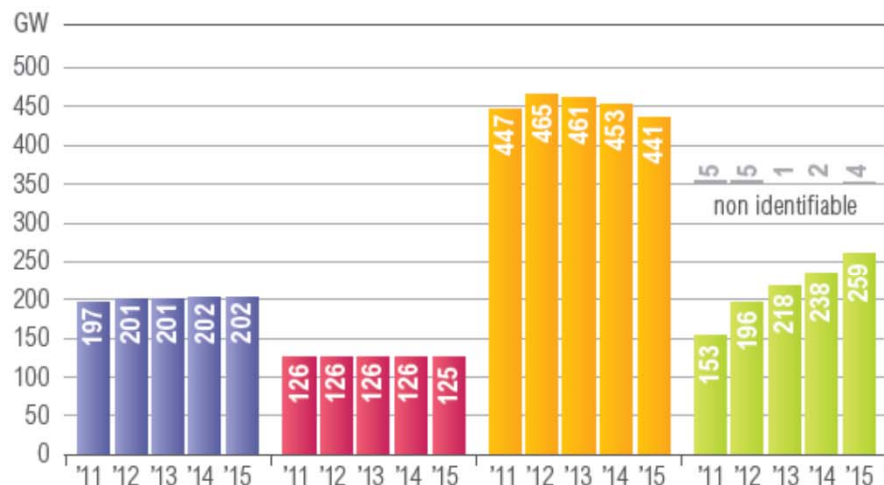
ENTSO-E spotřeba

- **vlivy**
 - meteorologické
 - ekonomické
 - účinnost x např. rozvoj elektromobility

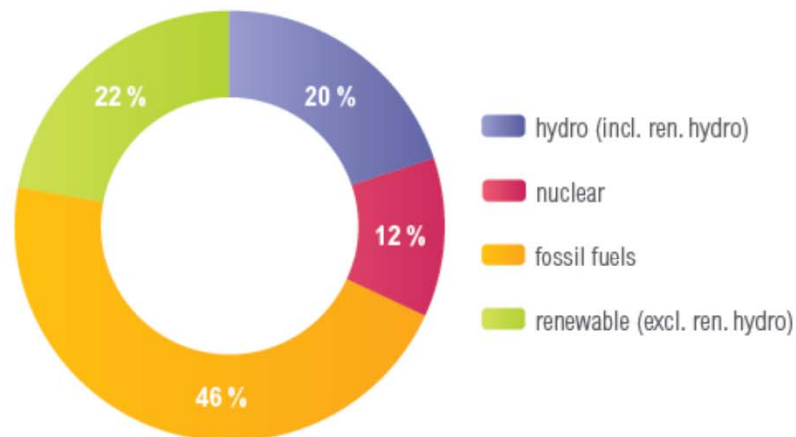




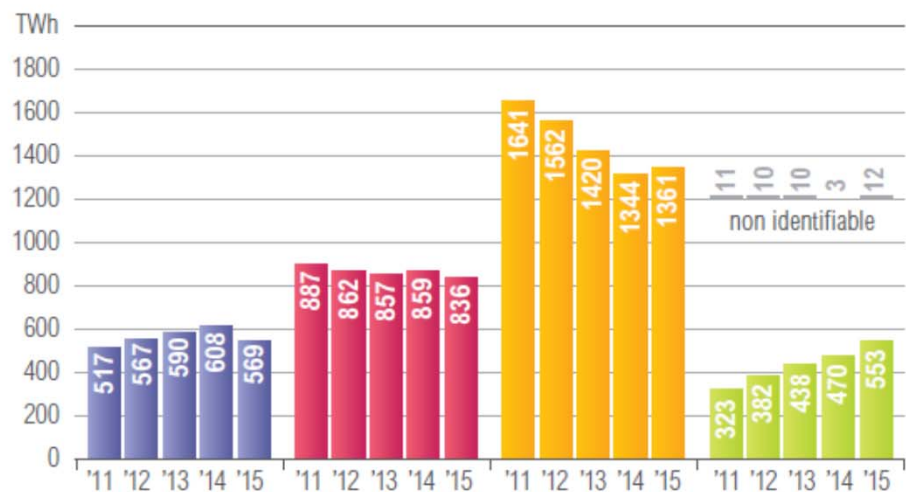
ENTSO-E výroba



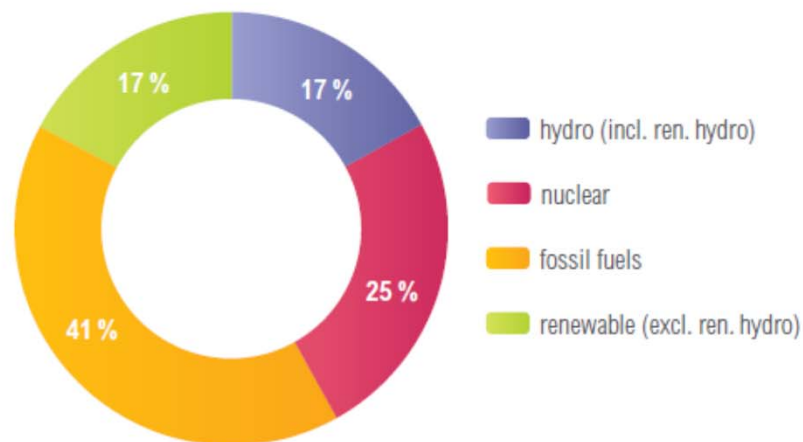
Net generating capacity from 2011 to 2015 in GW



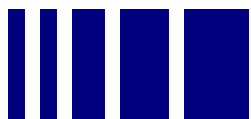
Net generating capacity in 2015



Energy net generation from 2011 to 2015 in TWh



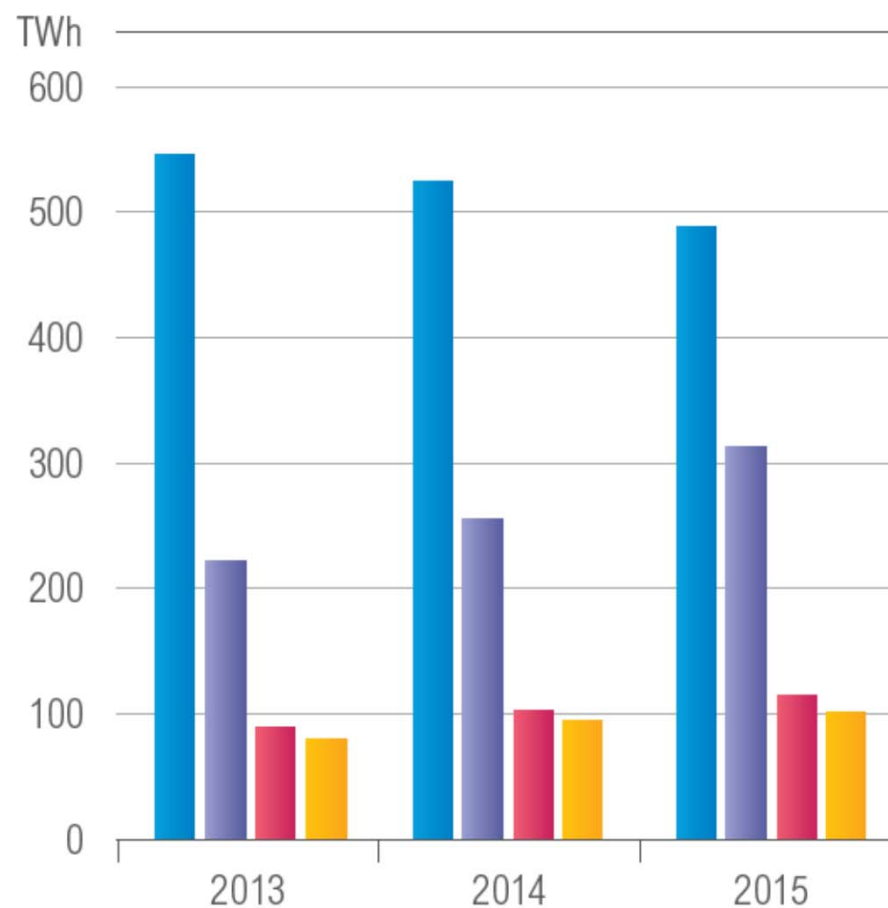
Energy net generation in 2015

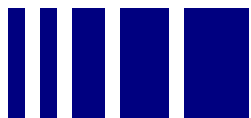


ENTSO-E výroba

ENTSO-E renewable generation¹

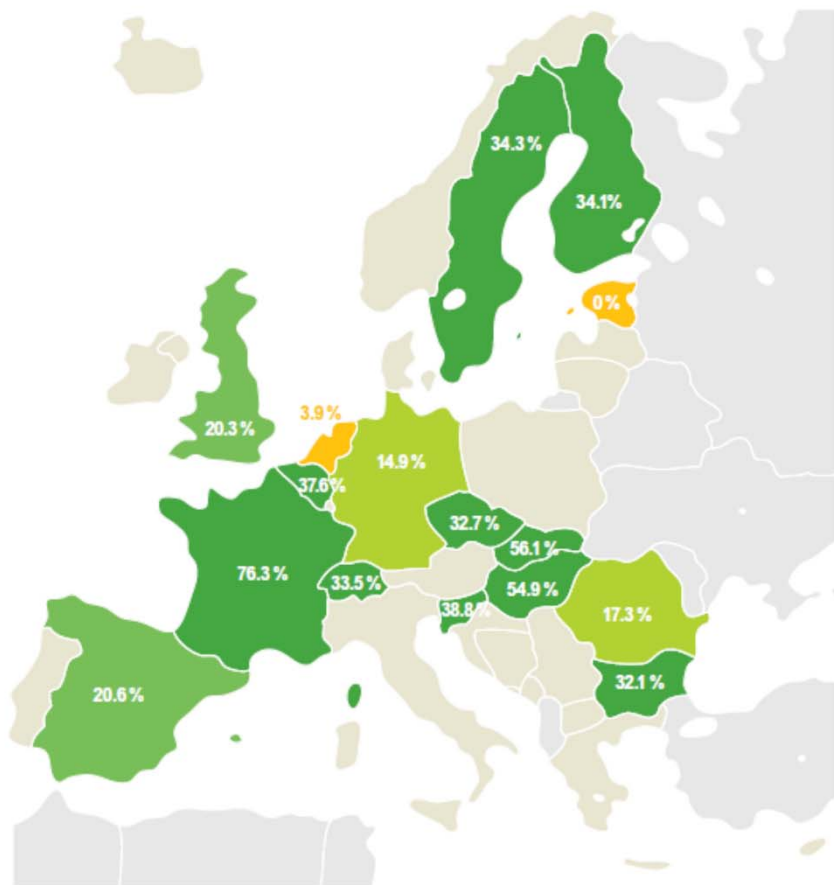
	year	TWh
Renewable net generation	2013	962.31
	2014	997.16
	2015	1042.45
of which hydro	2013	545.83
	2014	522.48
	2015	489.25
of which wind	2013	222.81
	2014	254.71
	2015	310.59
of which biomass	2013	87.97
	2014	103.65
	2015	116.18
of which solar	2013	80.95
	2014	95.91
	2015	101.96





ENTSO-E výroba v zemích (2015)

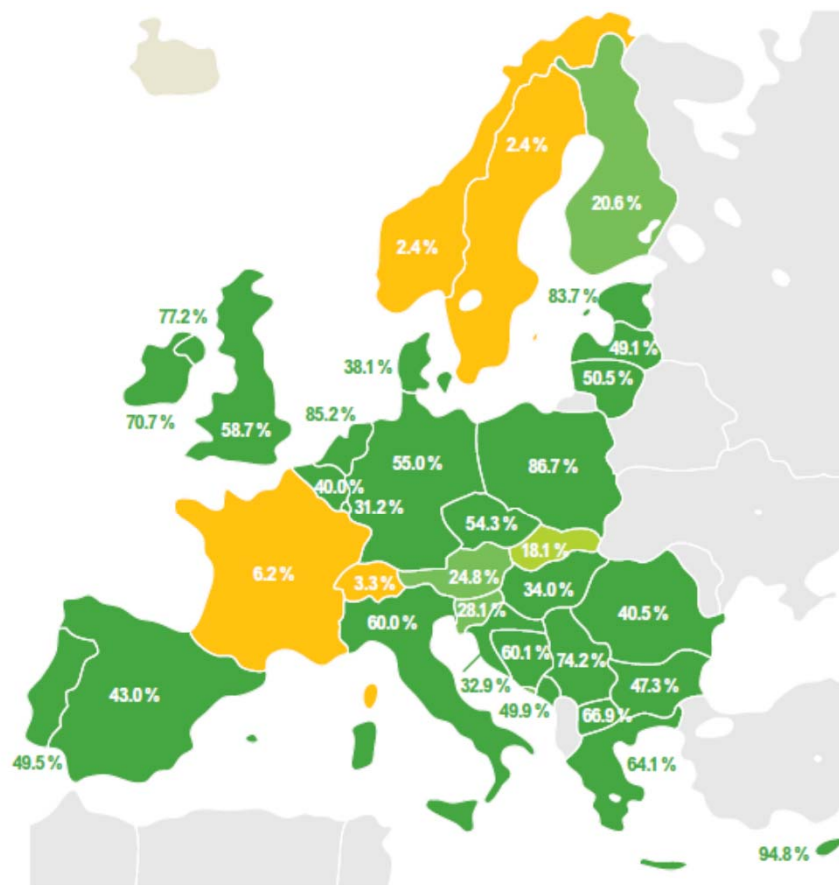
SHARE OF NUCLEAR ENERGY NET GENERATION IN 2015



Share of the national generation:

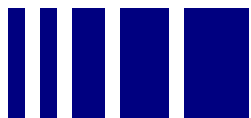
- $\geq 30\%$
- $\geq 20\%$ and $< 30\%$
- $\geq 10\%$ and $< 20\%$
- $< 10\%$
- no plant

SHARE OF FOSSIL FUELS ENERGY NET GENERATION IN 2015



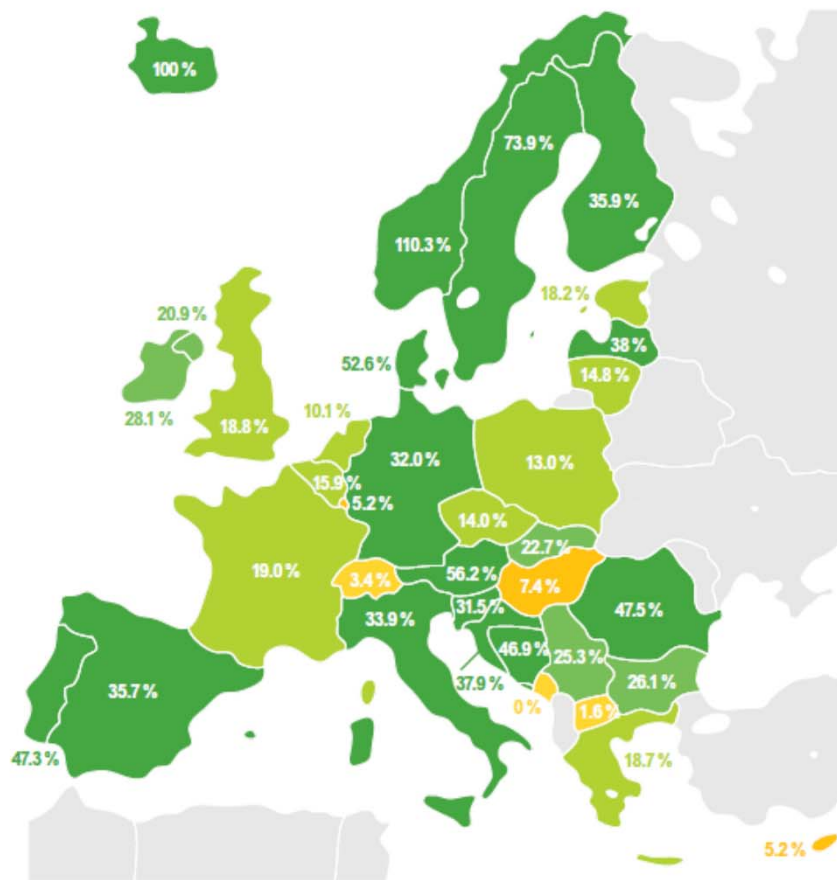
Share of the national generation:

- $\geq 30\%$
- $\geq 20\%$ and $< 30\%$
- $\geq 10\%$ and $< 20\%$
- $< 10\%$
- no plant



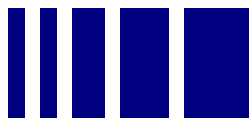
ENTSO-E výroba v zemích (2015)

SHARE OF CONSUMPTION COVERED BY RENEWABLE GENERATION IN 2015



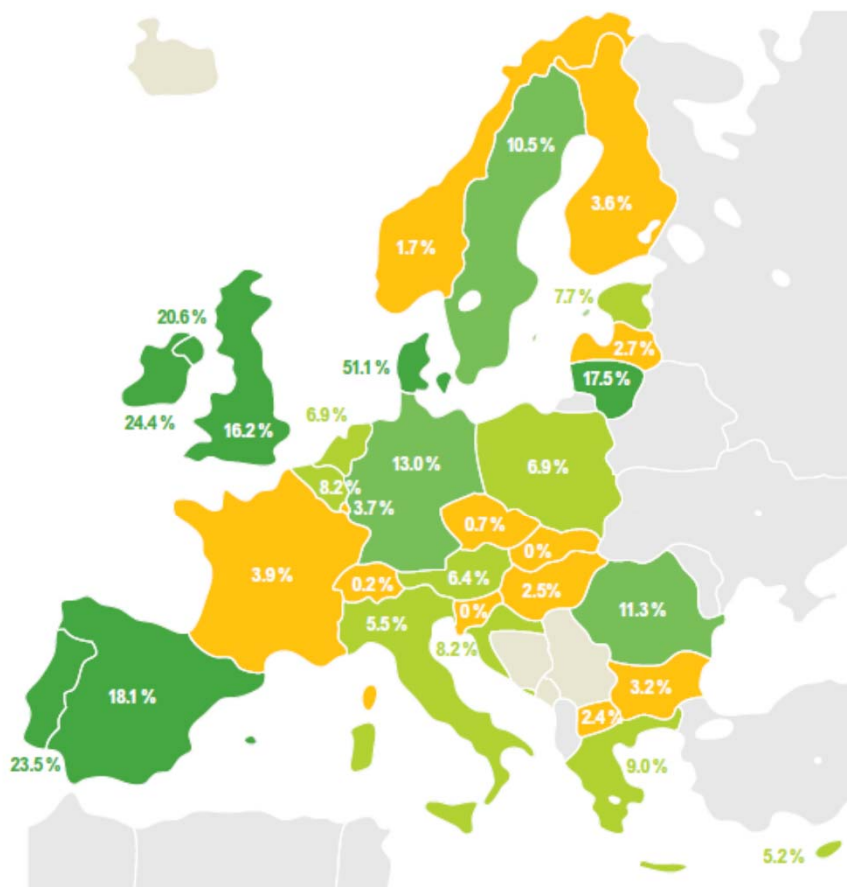
Share of the national generation:

- ≥ 30 %
- ≥ 20 % and < 30 %
- ≥ 10 % and < 20 %
- < 10 %



ENTSO-E výroba v zemích (2015)

SHARE OF WIND ENERGY NET GENERATION IN 2015

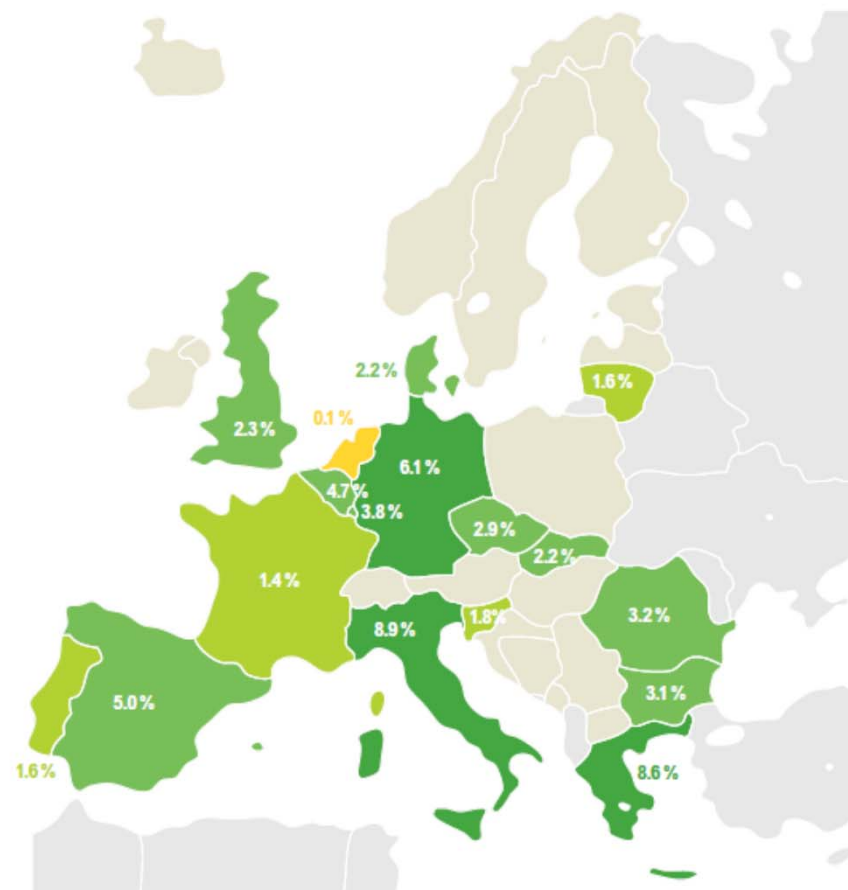


Share of the national generation:

- ≥ 15%
- ≥ 10% and < 15%
- ≥ 5% and < 10%
- < 5%

no plant/
no data

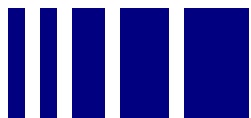
SHARE OF SOLAR ENERGY NET GENERATION IN 2015



Share of the national generation:

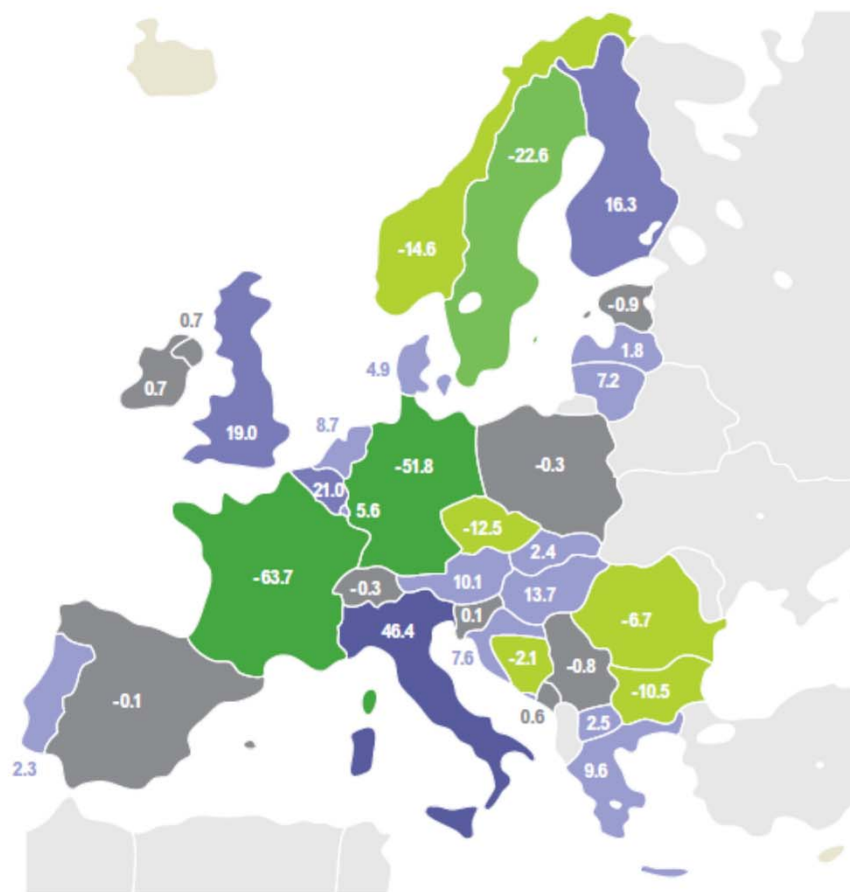
- ≥ 5%
- ≥ 2% and < 5%
- ≥ 1% and < 2%
- < 1%

no plant/
no data



ENTSO-E exporty a importy (2015)

EXCHANGE BALANCES IN 2015



Exporting balance:

- ≤ -30 TWh
- ≤ -15 TWh and > -30 TWh
- ≤ -1 TWh and > -15 TWh

- balanced
- isolated

Importing balance:

- ≥ 1 TWh and < 15 TWh
- ≥ 15 TWh and < 30 TWh
- ≥ 30 TWh

2016

SHARE OF YEARLY CONSUMPTION COVERED BY NATIONAL GENERATION



Imports:

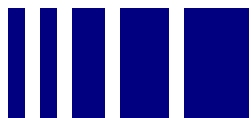
- ≥ 10 % of its consumption
- ≥ 5 % and < 10 % of its consumption
- < 5 % of its consumption

isolated/
no data

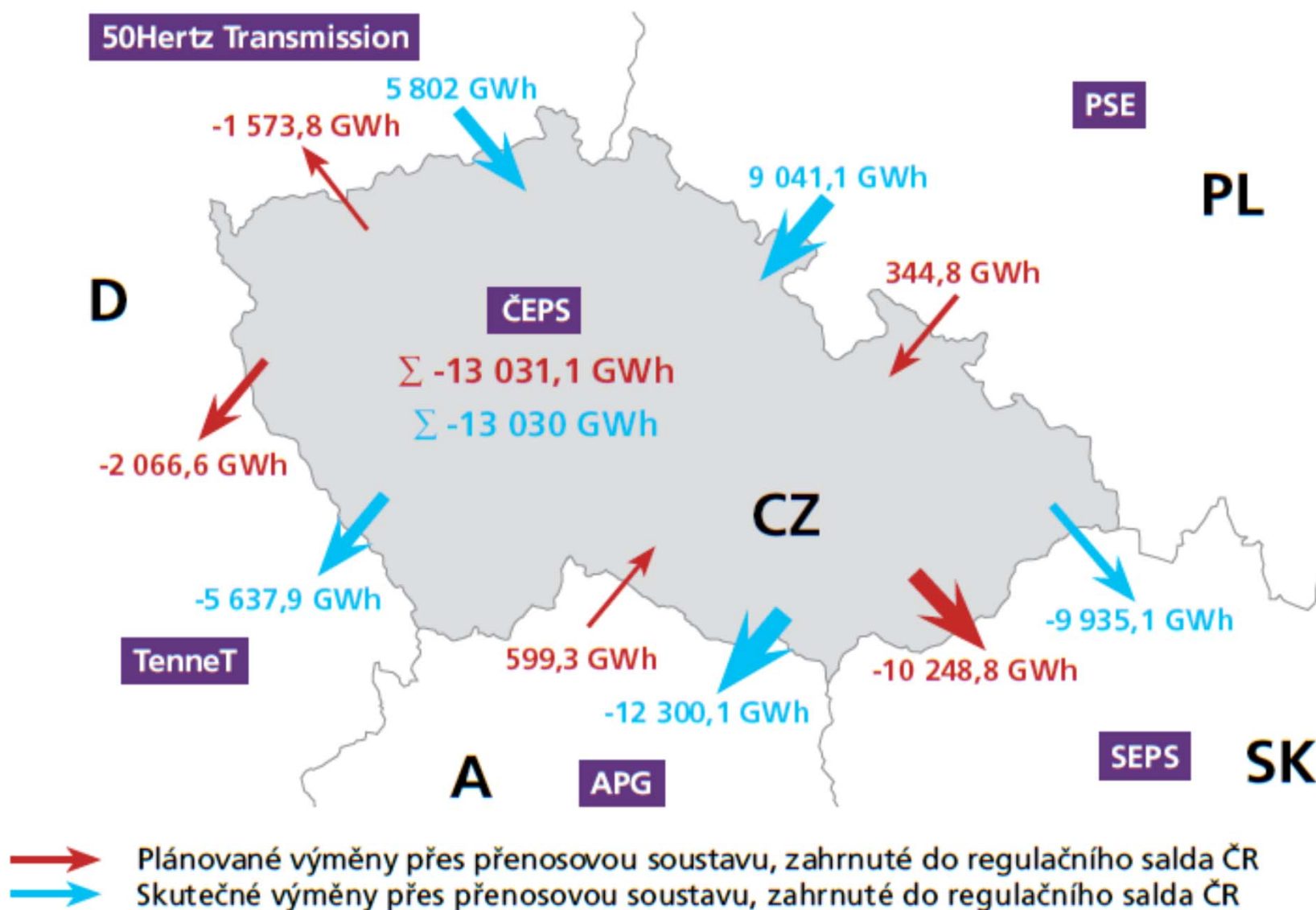
PEL

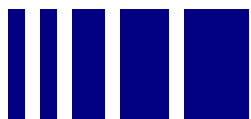
[zdroj: ENTSO-E]

57



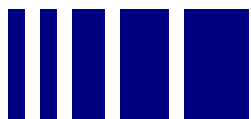
Přeshraniční toky (2015)





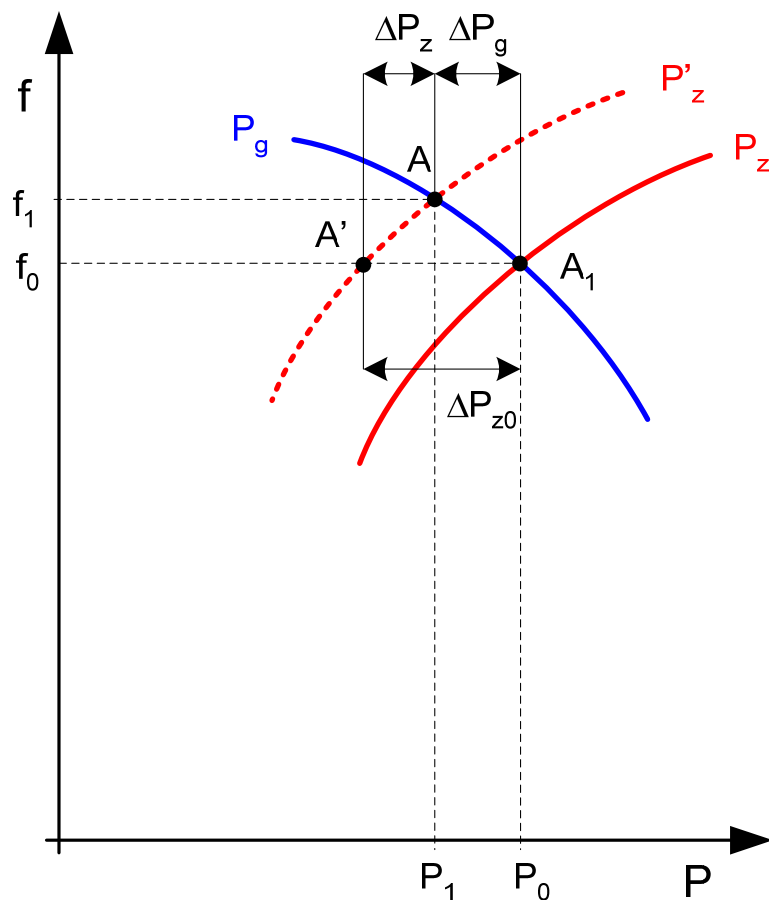
Regulace činného výkonu a frekvence

- **Neskladovatelnost elektřiny**
 - jeden ze základních problémů zajištění plynulé dodávky elektrické energie
 - výroba musí probíhat v době, kdy se uskutečňuje spotřeba (V každý časový okamžik musí být v ES udržována rovnováha mezi výrobou a spotřebou energie.)
 - $S_v(t) = S_s(t) + S_z(t) + S_a(t)$
- Určující je balance činného výkonu, která se promítá do změny kmitočtu.
 - Prvky ES jsou konstruovány pro provoz při jmenovitém kmitočtu 50 Hz.
- Regulace P-f je globální na úrovni propojených soustav.
- Regulace P vybraných elektráren.
- ENTSO-E CE: výkonové číslo cca $16000 \div 20000$ MW/Hz
- Význam udržení f
 - Pokles frekvence může vyvolat vibrační namáhání na lopatkách NT dílů parních turbín → nedovolený provoz elektráren.
 - Konstantní otáčky motorů (AM) jsou důležité pro spolehlivý provoz elektráren, který silně závisí na funkčnosti pomocných technologických okruhů
 - palivo, napájecí a chladicí voda, vzduch pro spalování (čerpadla, ventilátory při poklesu f ztrácejí výkon)
 - Frekvence slouží pro časové značky řady zařízení a systémů vyžadující synchronní čas (důležité je regulovat nejen f, ale také její integrál).

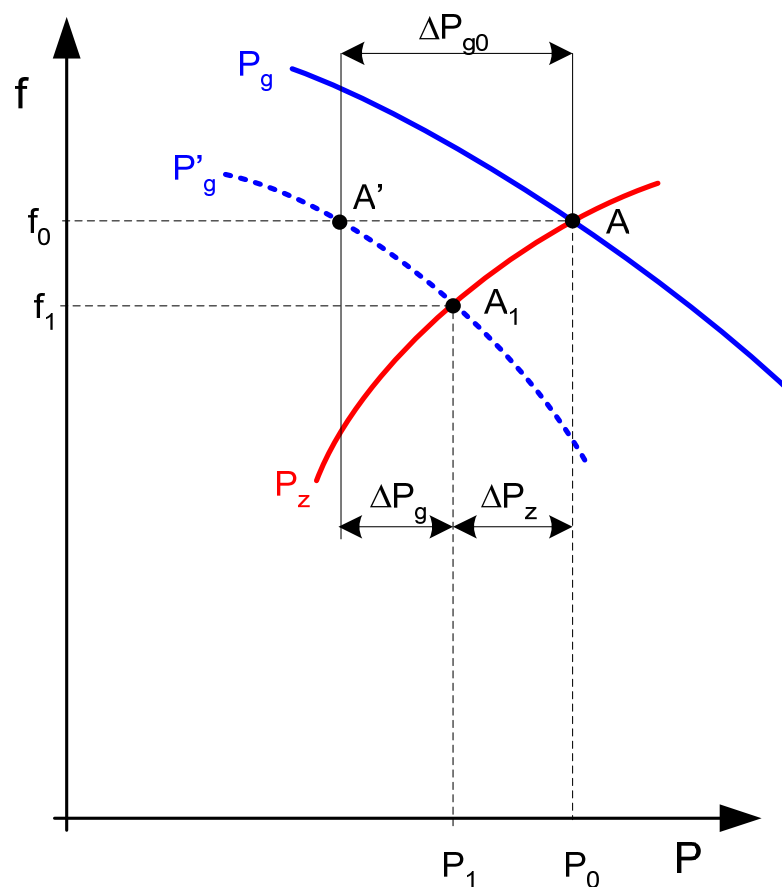


Regulace činného výkonu a frekvence

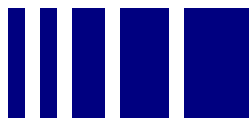
- statické charakteristiky



b) pokles zatížení

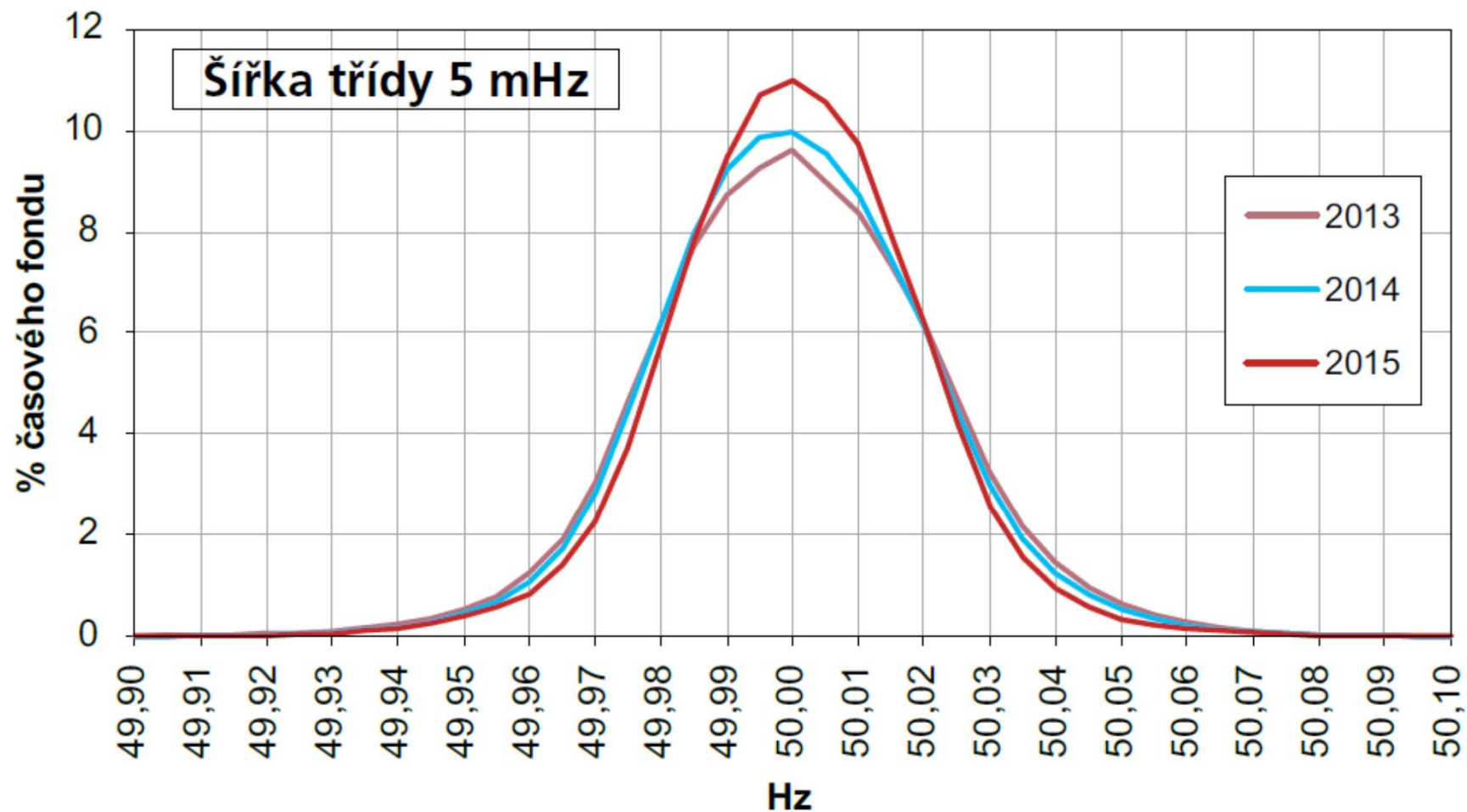


d) pokles výkonu zdrojů

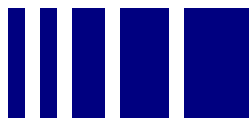


Frekvence v ES

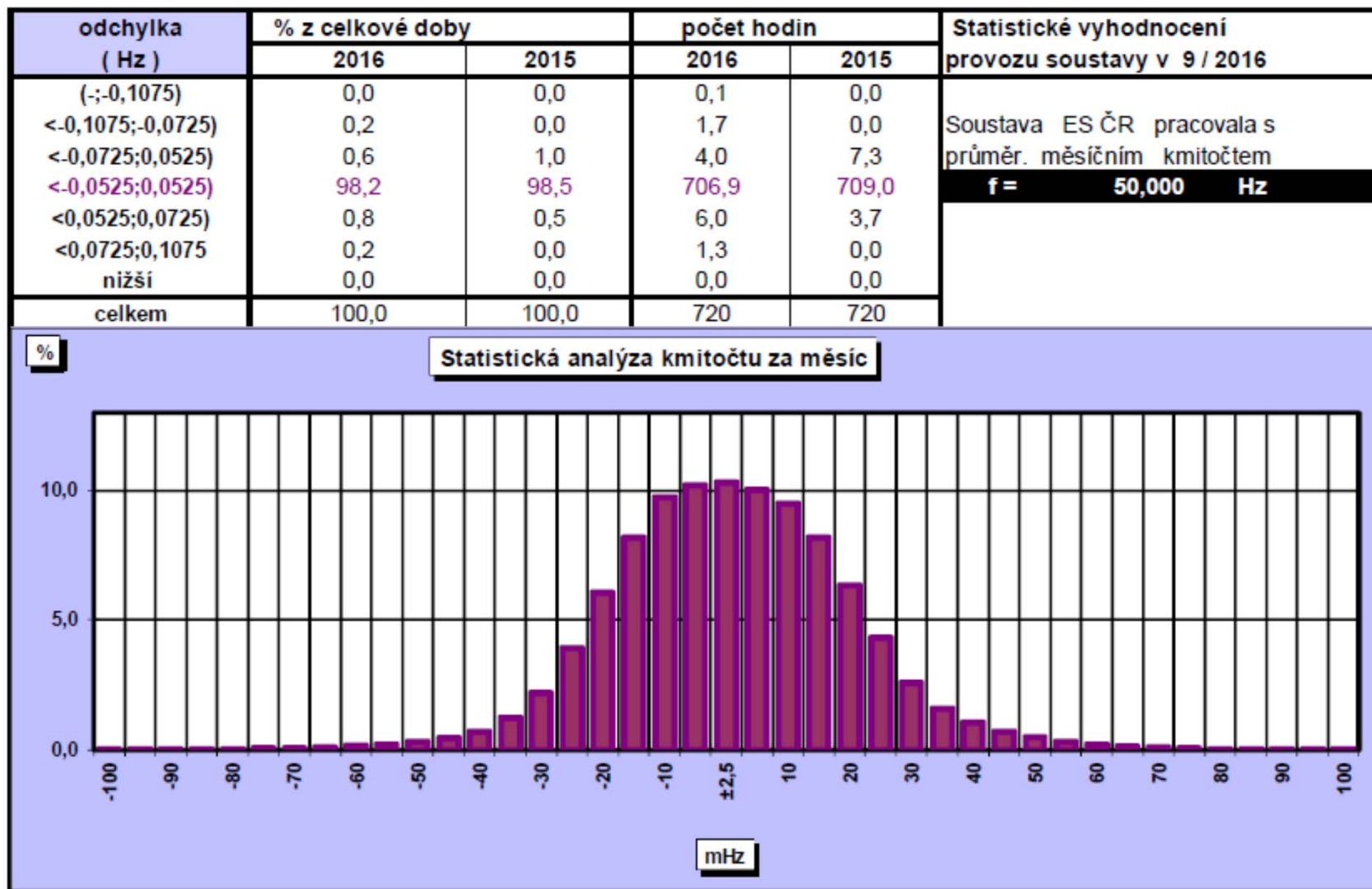
Odchyly kmitočtu od nominální hodnoty (50 Hz)



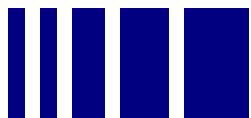
[zdroj: ČEPS]



Frekvence v ES

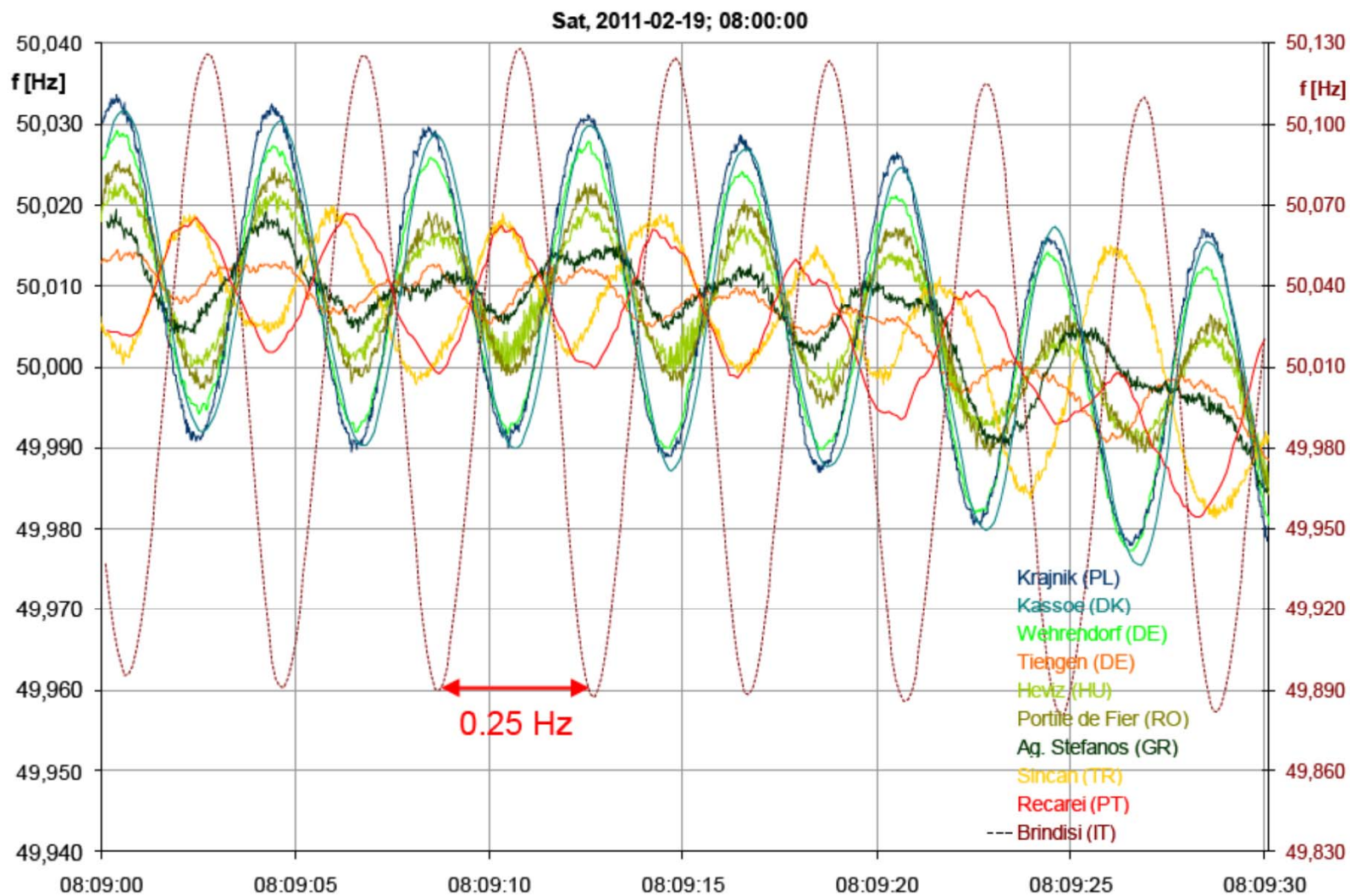


[zdroj: ERÚ]



Frekvence ENTSO-E CE

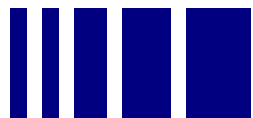
- událost 19.2.2011, oscilace uvnitř systému



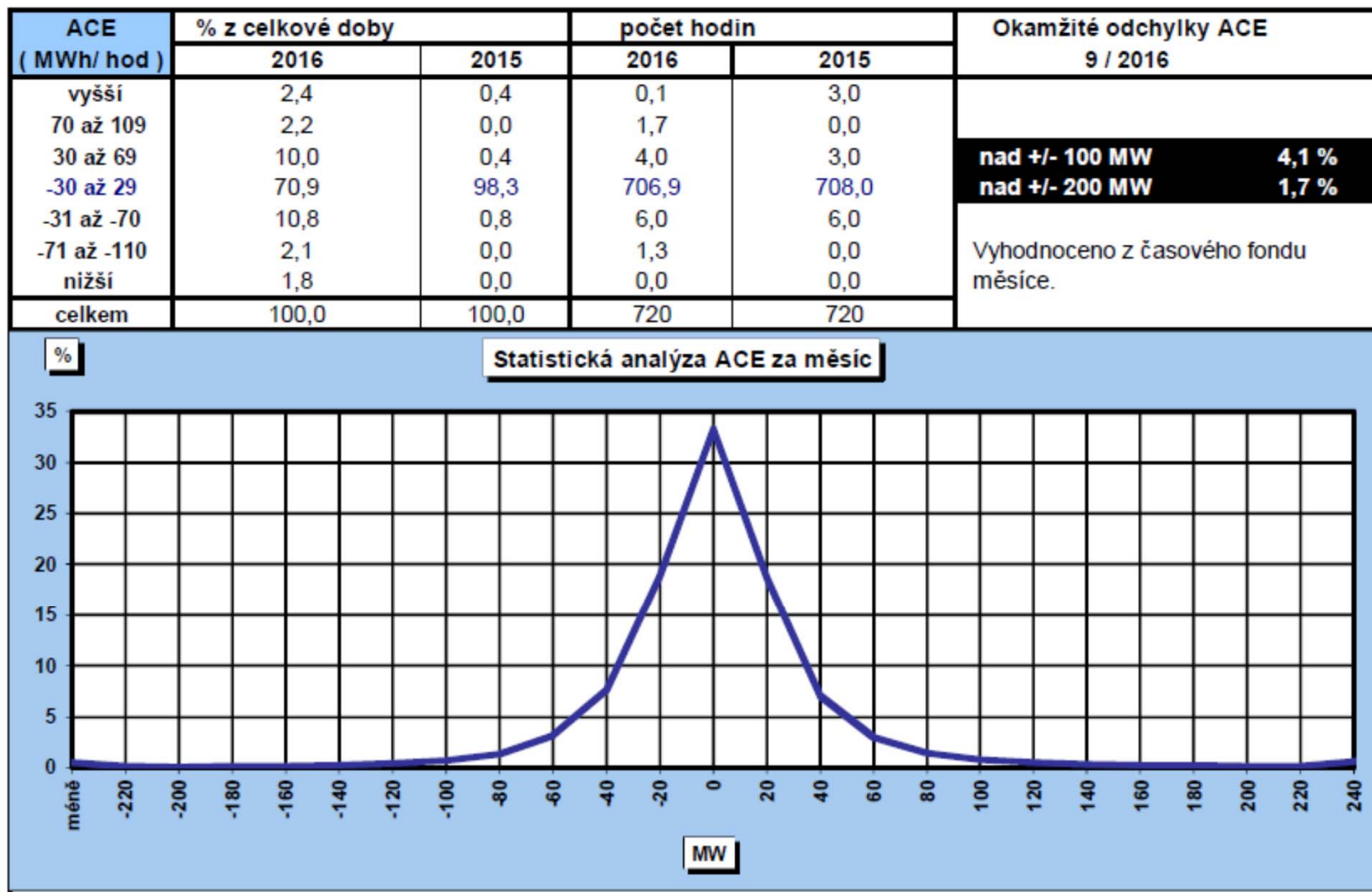


Regulace frekvence v propojených soustavách

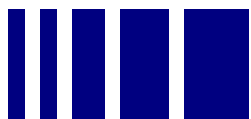
- **Primární regulace - princip solidarity:**
 - Na pokrývání výkonové rovnováhy se v prvních okamžicích (do 30 s) podílejí všechny elektrárenské bloky zapojené do ES a pracující v režimu primární regulace frekvence.
 - Při provozu ES vzniká neustále narušování výkonové rovnováhy mezi zatížením a výkonem zdrojů (např. výpadkem zdroje nebo změnou zatížení).
 - Mnoho zdrojů po celé propojené ES s menším příspěvkem (max. cca 10 MW), autonomní reakce na základě měření frekvence.
 - Cílem je rychle stabilizovat frekvenci, zůstane odchylka od jmenovité.
 - Točivá rezerva PE, JE, PPE, VE.
- **Sekundární regulace - princip neintervence:**
 - Na výkonovou nerovnováhu, projevující se změnou frekvence a salda předávaných výkonů, reaguje pouze sekundární regulace f a P postižené soustavy (tedy soustavy, kde k nerovnováze došlo).
 - Vybrané zdroje v každé ES s větším příspěvkem (max. cca 70 MW), reakce na základě centrálního regulátoru f a ΔP .
 - Cílem je vrátit frekvenci na původní (jmenovitou) hodnotu a odlehčit primární regulaci, do 10-15 minut.
 - Zvýšení výkonu PE, PPE, JE (x %/min), start VE.



Regulační odchylka (ACE)



[zdroj: ERÚ]

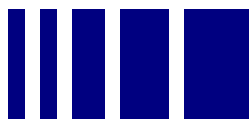


Regulace napětí a jalových výkonů

- V elektrizační soustavě platí silná závislost mezi jalovým výkonem a napětím.

$$\Delta \hat{U}_f = \hat{Z} \hat{I} = \frac{RP \pm XQ}{3U_f} + j \frac{XP \mp RQ}{3U_f} \frac{\text{IND}}{\text{KAP}}$$

- Hlavními cíli regulace U a Q jsou
 - Snížení technických ztrát v provozované distribuční soustavě a dalších nákladů provozního a investičního charakteru.
 - nižší napětí – vyšší proud
 - vyšší napětí – izolační systémy
 - Zajištění kvality dodávky elektřiny odběratelům (stabilita napětí).
- Další důležitou fyzikální vlastností je lokální charakter napětí.
 - Prakticky to znamená, že napětí může být v každém uzlu soustavy jiné. Regulátor napětí a jalových výkonů je možné implementovat decentralizovaným způsobem, kdy každý uzel soustavy s možností změny dodávky jalového výkonu má vlastní regulátor.
 - Stručně řečeno, změnou dodávky jalového výkonu do uzlu soustavy se dosáhne změny napětí v tomto uzlu a uzlech elektricky blízkých.



Regulace napětí a jalových výkonů

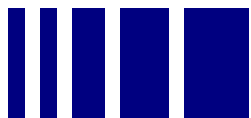
- Tato změna napětí závisí nejen na velikosti změny dodávky jalového výkonu, ale také na aktuálním zapojení daného uzlu. V této souvislosti se mluví o tzv. elektrické tvrdosti uzlu (KQ), což je množství Q potřebné ke změně napětí o 1 kV v daném uzlu.
- Velikost KQ se liší
 - s ohledem na napět'ovou hladinu
 - pro různé uzly stejné napět'ové hladiny
 - podle různé skladby zatížení v jednotlivých uzlech
 - Skladbou zatížení se rozumí poměrné části zatížení ohmického, induktivního a kapacitního charakteru.
- Napětí v uzlech PS se má pohybovat uvnitř povoleného rozsahu :
 - 400 kV $\pm$ 5 % , 220 kV $\pm$ 10 % a 110 kV $\pm$ 10 %



- [illegible]

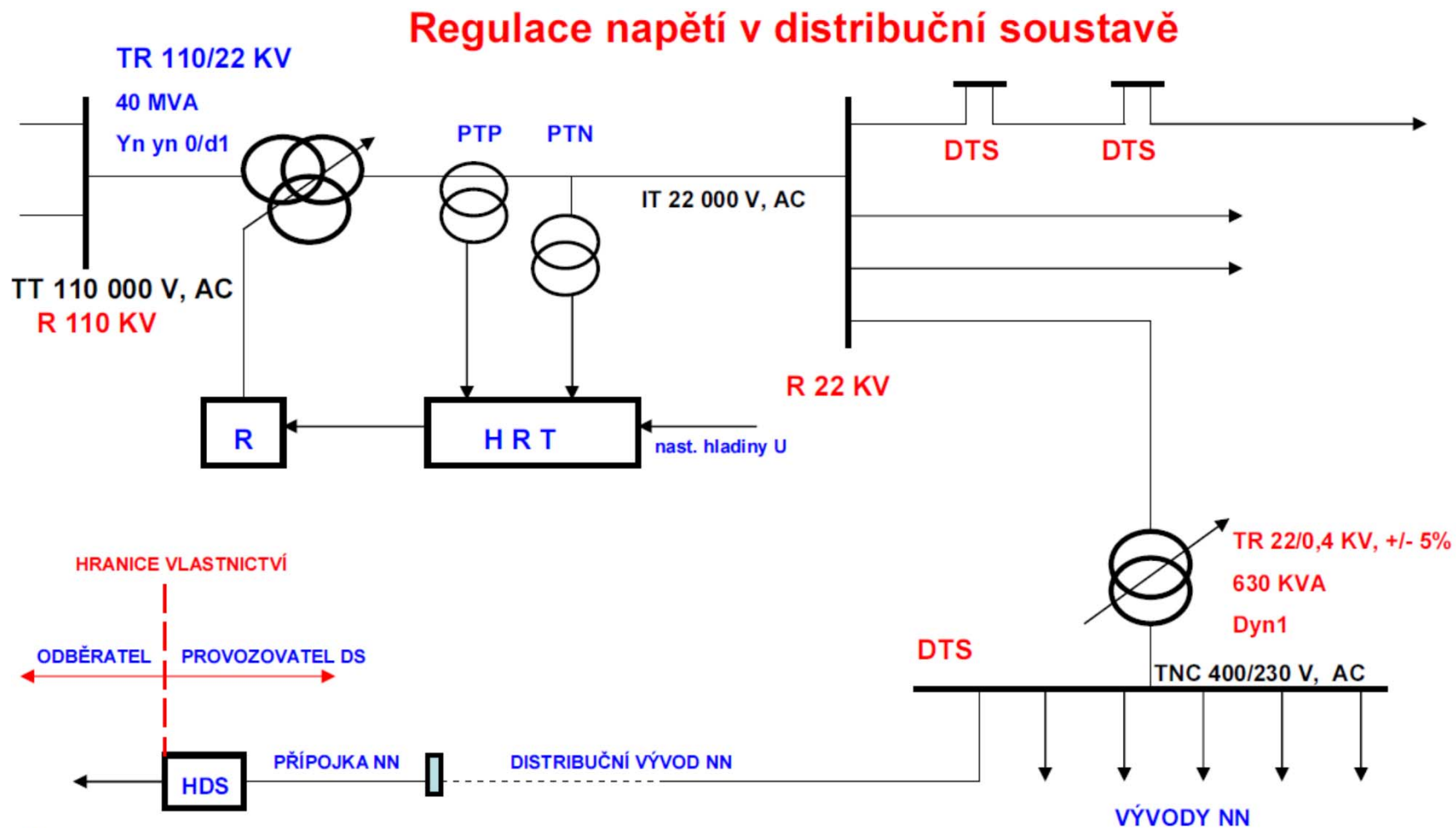


-
- The diagram illustrates a control system for a power transmission system (přenosová soustava). It shows the flow of control signals between a pilot node (pilotní uzly) and a receiving node. The pilot node includes a TRN (OPF) block, an EMS SCADA estimace block, an ARN block, a PRN block, and a summing junction for active power (Q_i). The receiving node includes an HRT block, a summing junction for voltage (U_g), and a stack of SRQ blocks. The diagram also shows a clock and a vertical scale bar with markings for 10', 2', and 2''.

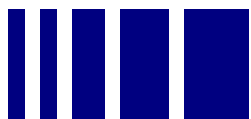


Regulace napětí v DS

- Způsoby regulace – Q generátorů, přepínače odboček TRF (pod zatížením 110/vn; bez zatížení vn/nn)

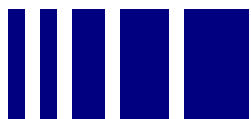


ČSN EN 50 160, $U_f = 230 \text{ V} \pm 10 \%$



Systémové (SyS) a podpůrné (PpS) služby

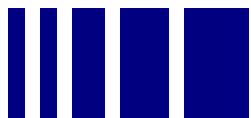
- SyS = služby zajišťující kvalitu, bezpečnost a spolehlivost dodávky elektřiny z ES – definovány v Kodexu přenosové soustavy (i požadavky ENTSO-E RGCE)
 - udržování kvality elektřiny
 - udržování výkonové rovnováhy v reálném čase
 - obnovení provozu
 - dispečerské řízení
- SyS jsou zajišťovány jednak prostředky PS a jednak prostřednictvím jednotlivých uživatelů PS, kteří poskytují PpS
 - ⇒ pro zajištění SyS obstarává PPS podpůrné služby dvěma způsoby:
 - nákupem od zdrojů těchto služeb v ES ČR i v okolních soustavách
 - vlastními prostředky (regulace Q, obrana proti šíření poruch)
- Každý nový zdroj nad 30 MW musí poskytovat PpS (dle EZ).
- Požadavky na PpS:
 - měřitelnost, garantovaná dostupnost, certifikovatelnost, možnost průběžné kontroly poskytování
- Každý odběratel platí regulovanou cenu za SyS (Kč/MWh) podle sazeb ERÚ
 - 2017: 93,94 Kč/MWh (bez DPH)



Frekvenční odlehčování

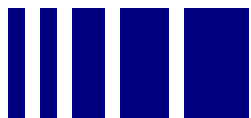
- Omezení regulace zdrojů při poklesu f
 - výkon lze rychle zvýšit jen do výše točivé rezervy
 - omezení rychlosti zvýšení výkonu kvůli tepelnému namáhání v turbíně
 - cca 10 % P_n zvýšit rychle, pak cca 2 % P_n / min
 - rychlost nárůstu tlaku v kotli (a v turbíně) omezena procesem generování tepelného výkonu z paliva
 - časové konstanty v regulátorech
- ES ČR
 - 4 stupně odlehčování v rozvodnách 110 kV a 22 kV
 - celkem 50 % zatížení

Stupeň / frekvence [Hz]	1. /49	2. /48.7	3. /48.4	4. /48.1
Objem odlehčované zátěže [%] z netto zatížení na území, na kterém příslušný PDS zajišťuje distribuci	12	12	12	14



Cena elektřiny

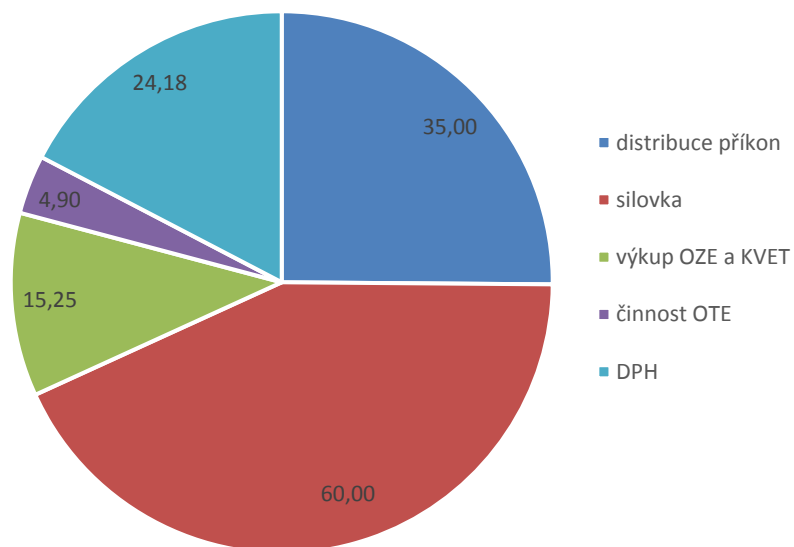
- $\text{Kč} / \text{MWh} + \text{Kč} / \text{OM} / \text{měsíc} + \text{Kč} / \text{A} / \text{měsíc}$
 - **regulované položky (ERÚ)**
 - **celá ČR**
 - systémové služby (Kč/MWh)
 - činnost OTE (Kč/OM/měsíc)
 - podpora OZE a KVET (Kč/A/měsíc nebo Kč/MWh)
 - **distribuce dle území**
 - energie (Kč/MWh)
 - rezervovaný příkon dle jističe (Kč/OM/měsíc)
 - **silová elektřina**
 - **energie (Kč/MWh) + pevná cena (Kč/OM/měsíc)**
- daň z elektřiny – zákon č. 261/2007 Sb., o stabilizaci veřejných rozpočtů



Cena elektřiny 2017

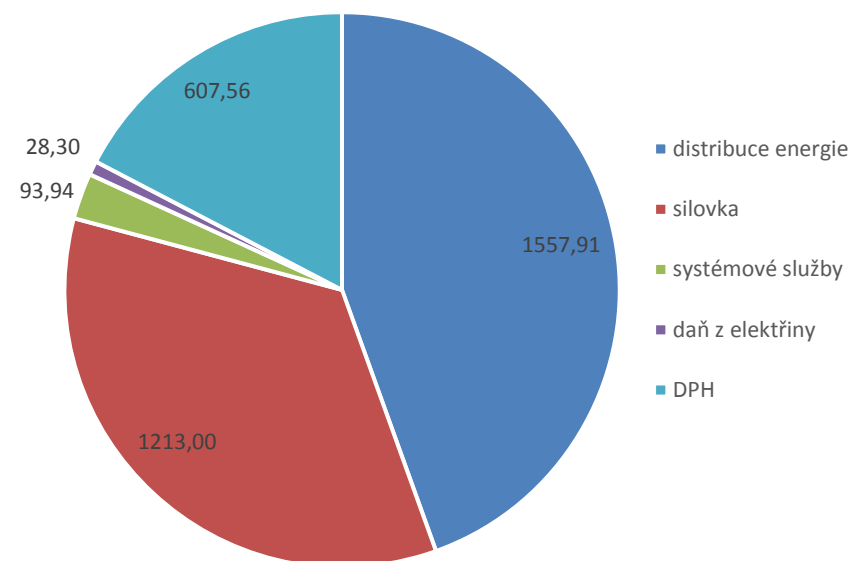
- příklad: byt jistič 1 x 25 A, odběr 2 MWh/rok
 - 139,33 Kč/měsíc + 3,50 Kč/kWh
 - 1672 + 7001 = 8673 Kč

D02d 2017, ČEZ distribuce (Kč/měs)



2016

D02d 2017, ČEZ distribuce (Kč/MWh)



PEL

74