



DISTRIBUCE

OBNOVITELNÉ ZDROJE ENERGIE A DISTRIBUČNÍ SÍTĚ

DISTRIBUČNÍ MATURITA – HRADEC KRÁLOVÉ 2017

4. 10. 2017

Jan Švec
oddělení Modelace a analýzy

ENERGETICKÉ ZDROJE

- **Neobnovitelné**

- dostupné v omezeném množství
 - fosilní paliva
 - jaderná paliva

- **Obnovitelné**

- schopnost částečné nebo úplné obnovy samostatně nebo za přispění člověka
 - voda
 - vítr
 - sluneční záření
 - biomasa
 - bioplyn
 - geotermální energie
 - příboj (mořské vlny)
 - slapové jevy (příliv – odliv)
- téměř vždy zdroje tuzemské → nezávislost

OBNOVITELNÉ ZDROJE ENERGIE

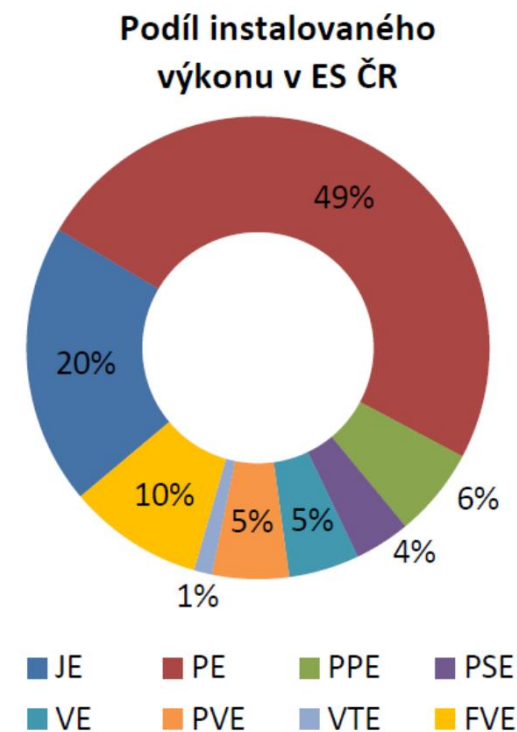
- **OZE = zdroje, které se v lidském časovém měřítku přirozeně obnovují**
- **Zákon 17/1992 Sb. o životním prostředí**
 - Obnovitelné přírodní zdroje mají schopnost se při postupném spotřebovávání částečně nebo úplně obnovovat, a to samy nebo za přispění člověka. Neobnovitelné přírodní zdroje spotřebováváním zanikají.
- **Zákon 180/2005 Sb. o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie**
 - Obnovitelnými zdroji se rozumí obnovitelné nefosilní přírodní zdroje energie, jimiž jsou energie větru, energie slunečního záření, geotermální energie, energie vody, energie půdy, energie vzduchu, energie biomasy, energie skládkového plynu, energie kalového plynu a energie bioplynu.

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 (decentralizovaná, DECE)
 - 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)
- **OZE**
 - často s kolísavou výrobou (hůře predikovatelné – dlouhodobě)

STRUKTURA INSTALOVANÉHO VÝKONU V ČR

31. 12. 2015	ES ČR	
parní el. (PE)	10 850 MW	49,3 %
paroplynové el. (PPE)	1 363 MW	6,2 %
plynové a spalovací el. (PSE)	874 MW	4,0 %
vodní el. (VE)	1 090 MW	5,0 %
přečerpávací vodní el. (PVE)	1 172 MW	5,3 %
jaderné el. (JE)	4 290 MW	19,5 %
větrné (VTE)	282 MW	1,3 %
fotovoltaické (FVE)	2 068 MW	9,4 %
CELKEM	21 989 MW	100,0 %

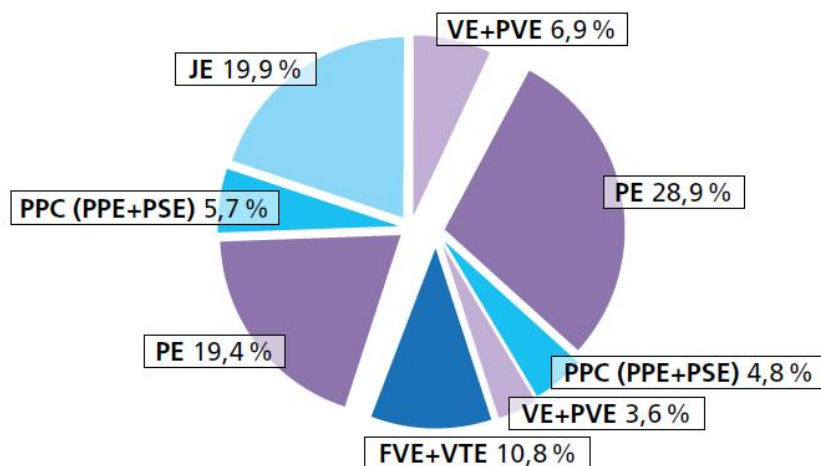


STRUKTURA INSTALOVANÉHO VÝKONU V ČR

Struktura instalovaného výkonu elektráren ČR v %

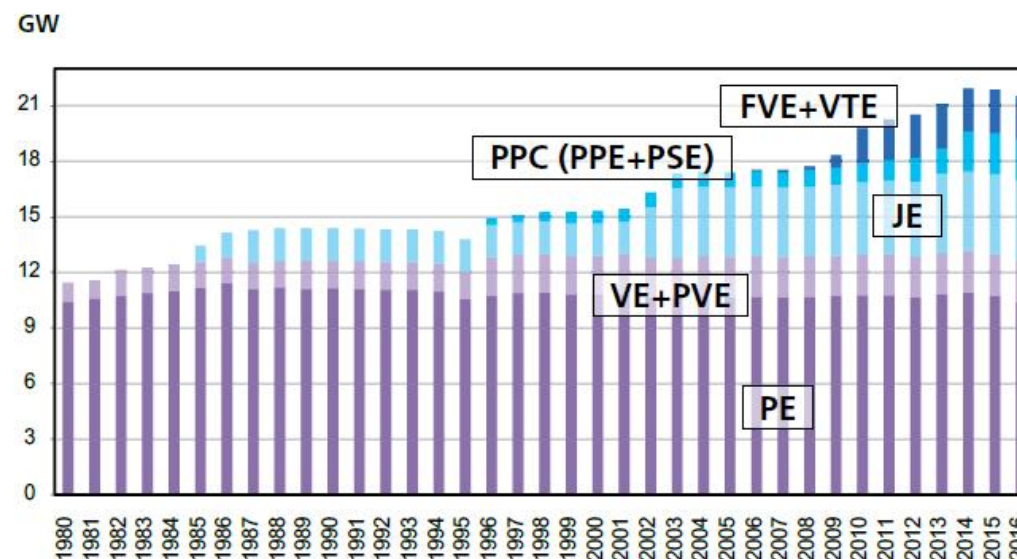
Celkový instalovaný výkon v ČR je 21 528 MW
(brutto - k 31. 12. 2016)

Připojeno do PS 11 188 MW Připojeno do DS 10 340 MW



[zdroj: ČEPS]

Vývoj instalovaného výkonu od roku 1980 (k 31. 12. 2016)

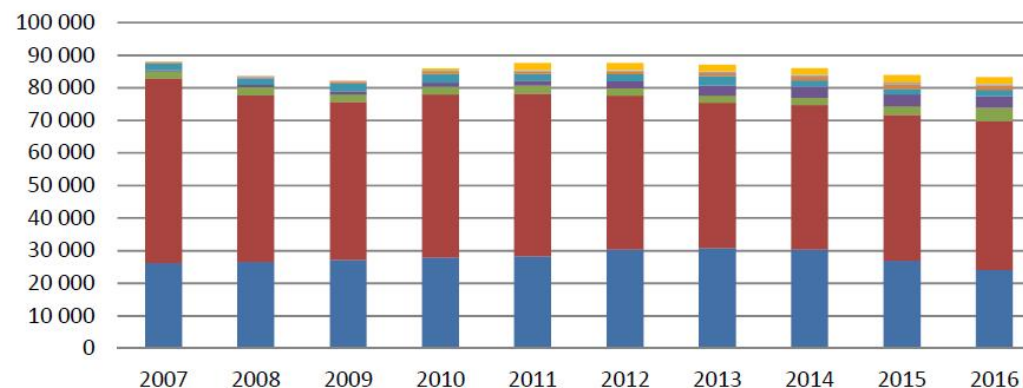


BILANCE ELEKTRICKÉ ENERGIE

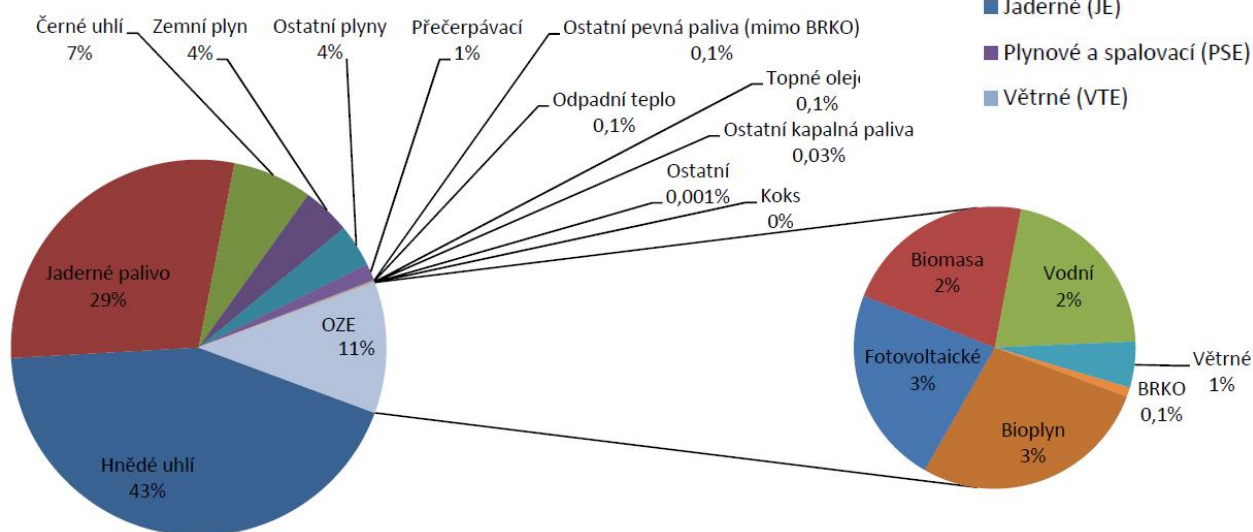
2016 brutto

- výroba **83 302 GWh**
- spotřeba **72 418 GWh**

Vývoj výroby elektřiny brutto (GWh)



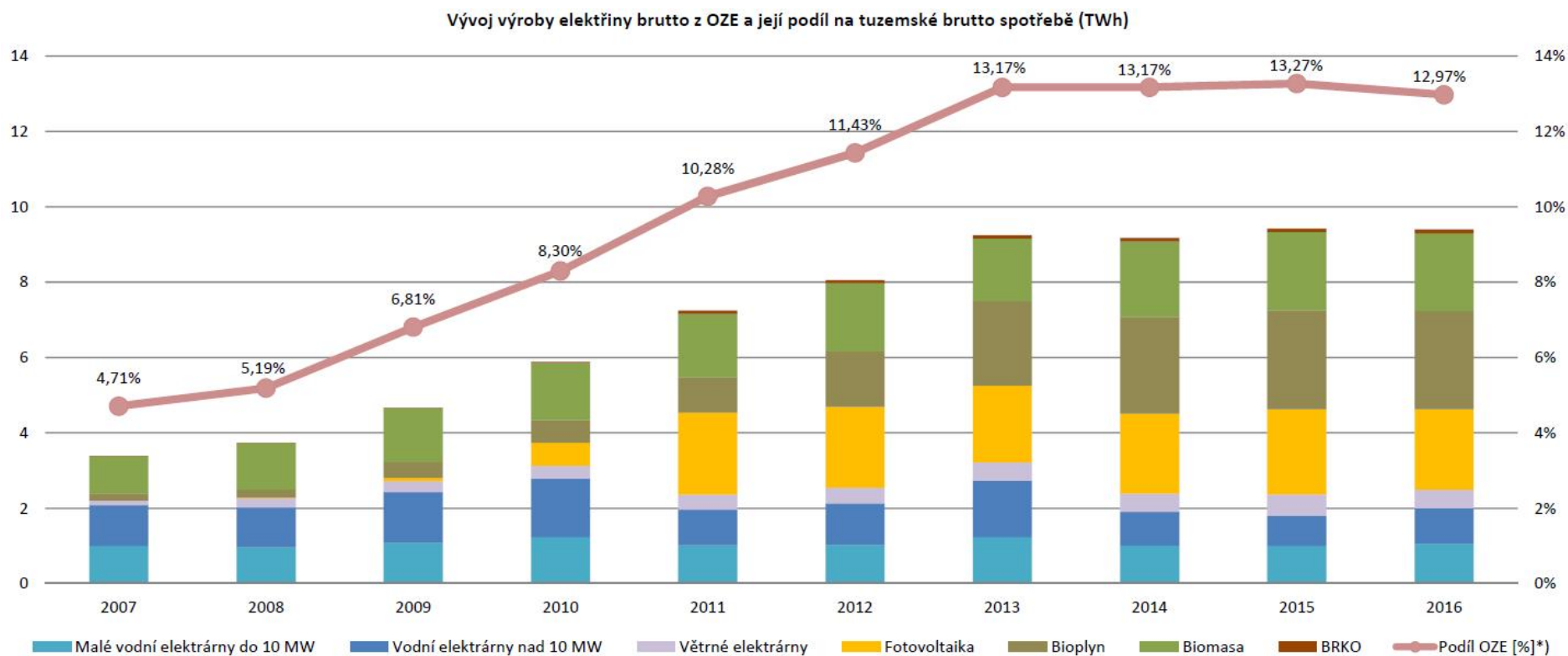
Podíl paliv a technologií na výrobě elektřiny brutto - 2016



[zdroj: ERÚ]

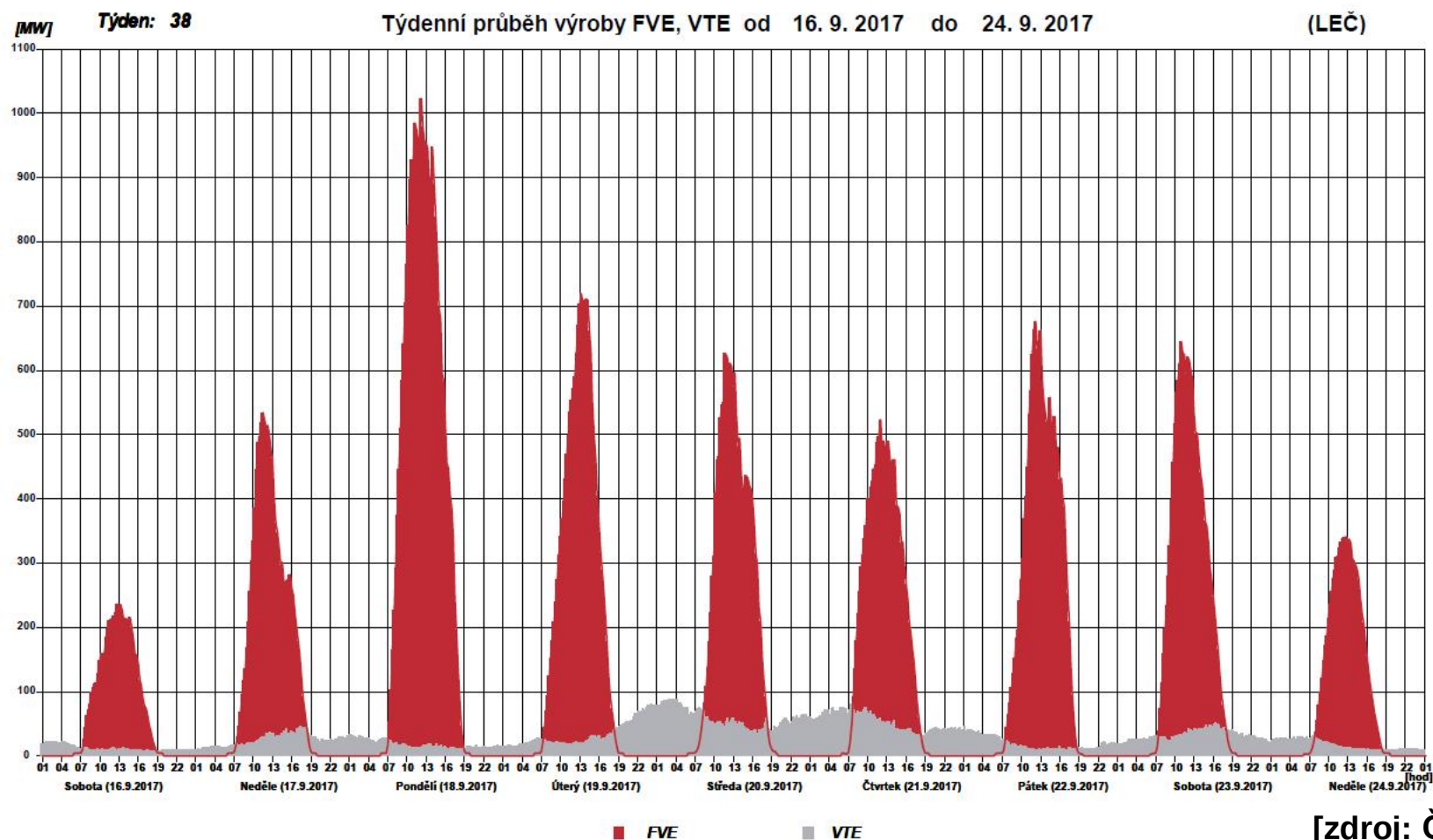
BILANCE ELEKTRICKÉ ENERGIE - OZE

- 2016 výroba brutto: 9 395 GWh

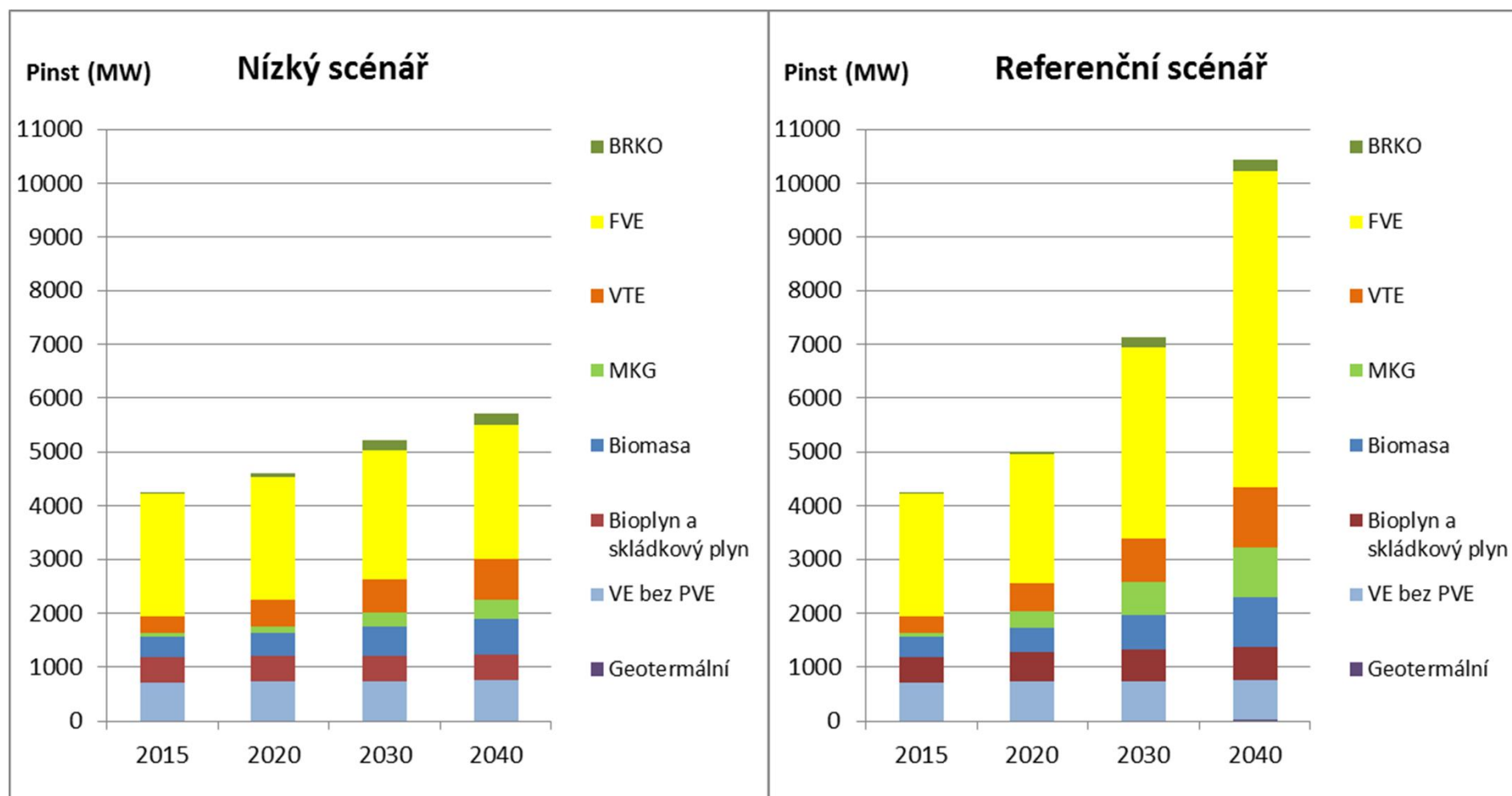


[zdroj: ERÚ]

BILANCE ELEKTRICKÉ ENERGIE – OZE (FVE + VTE)



SCÉNÁŘE ROZVOJE DECENTRALIZOVANÉ VÝROBY (DECE)



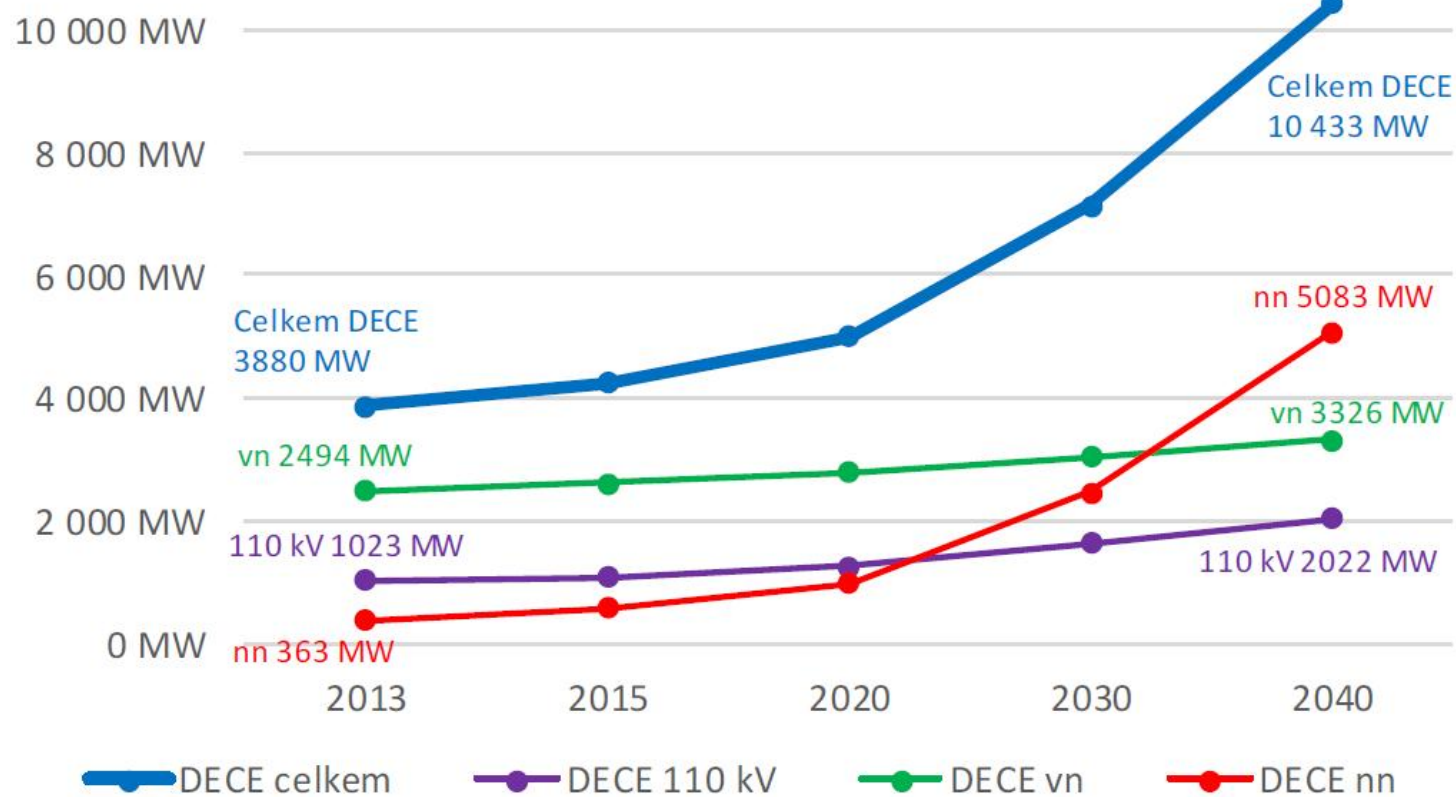
SCÉNÁŘE ROZVOJE DECENTRALIZOVANÉ VÝROBY (DECE)

- **Nízký scénář**
 - Vychází ze současných předpokladů bez změny podmínek rozvoje
 - Omezení podpory všech typů OZE
- **Referenční scénář**
 - Odvozen z ASEK z 9/2013
- **Největší rozvoj v obou scénářích je předpokládán na hladině nn u FVE a MKG**

Nízký / Referenční <i>P_{inst}</i> (MW)	2015	2020		2030		2040	
		N	R	N	R	N	R
Biomasa	376	433	466	545	649	657	930
Bioplyn a skládkový plyn	464	464	534	474	574	484	604
BRKO	31	56	56	200	200	200	200
FVE	2 276	2 302	2 404	2 403	3 567	2 505	5 884
VTE	324	488	507	618	799	748	1 146
MKG	61	121	303	243	607	364	910
VE bez PVE	725	733	733	734	734	736	736
z toho MVE	360	369	369	370	370	372	372
Geotermální	0	3	4	8	12	16	23
CELKEM	4 257	4 600	5 007	5 225	7 142	5 710	10 433

SCÉNÁŘE ROZVOJE DECENTRALIZOVANÉ VÝROBY (DECE)

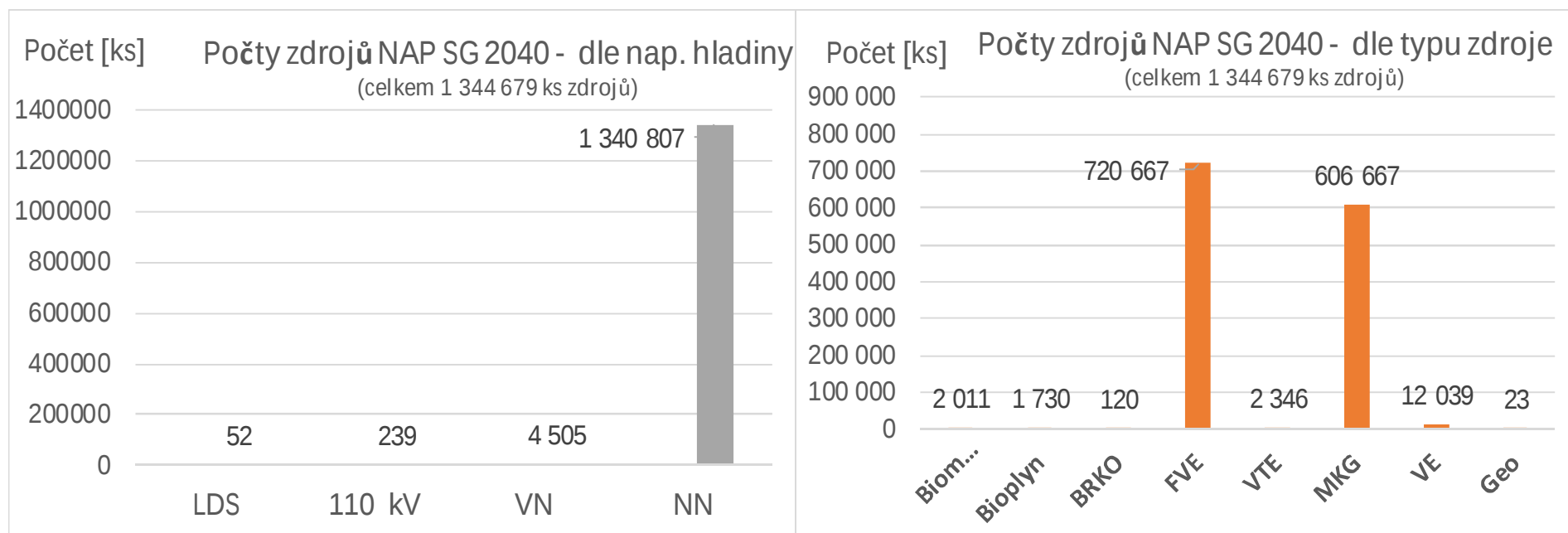
Referenční scénář – vývoj dle napěťových hladin



[zdroj: NAP SG]

SCÉNÁŘE ROZVOJE DECENTRALIZOVANÉ VÝROBY (DECE)

Referenční scénář – počty výroben



[zdroj: NAP SG]

VLIVY DECE NA PROVOZ DS A PARAMETRY KVALITY ELEKTRICKÉ ENERGIE

- **Distributoři musí zajistit kvalitu el. energie pro všechny zákazníky v rámci svých distribučních sítí**
- **ČSN EN 50160 – parametry kvality el. energie:**
 - Lokální parametry $\Rightarrow$ distributoři
 - Napětí
 - úroveň $\pm 10\%$ U_n , bezpečnost osob a zařízení, správný chod zařízení
 - Flikr (kolísání světelného toku vlivem změn a kolísání napětí)
 - pohoda zrakového vnímání, vlivem změn výkonu, spínání zdrojů a zátěží
 - THD (Total harmonic distortion)
 - zkreslení vyššími harmonickými, rušení, zvýšený ohřev zařízení
 - Nesymetrie napětí
 - nerovnoměrné proudové zatížení, vyšší ohřev motorů
 - Útlum signálu HDO
 - Globální parametr $\Rightarrow$ ČEPS
 - Frekvence
 - správný chod zařízení, elektráren

VLIVY DECE NA PROVOZ DS A PARAMETRY KVALITY ELEKTRICKÉ ENERGIE

■ Provoz sítí

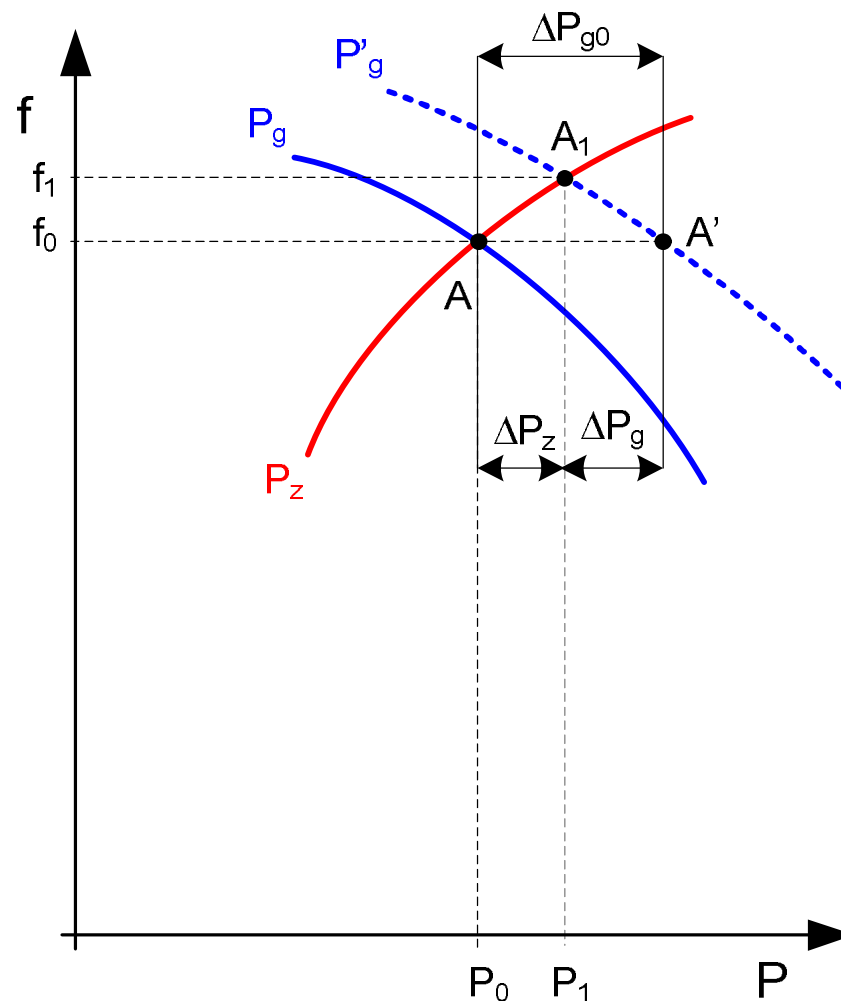
- napěťové změny při provozu zdrojů
 - max 2 % U_n na vn, vvn ; 3 % U_n na nn
 - souvislost s regulací napětí na TRF, limity U dle ČSN 50 160
- přetěžování vedení, TRF
 - omezení dimenzováním DS
- zpětné toky výkonů
 - z nn do vn, z vn do vvn, z vvn do PS
 - dimenzování, chránění, regulace napětí
- ztráty činného výkonu
 - závislé na míře penetrace DECE

TROCHU TEORIE Z ELEKTROENERGETIKY

■ Frekvence v ES

■ v ES silná vazba P a f

- $\uparrow$ výroba $\Rightarrow \uparrow f$
- $\uparrow$ spotřeba $\Rightarrow \downarrow f$



TROCHU TEORIE Z ELEKTROENERGETIKY

- **Změny (úbytky) napětí**

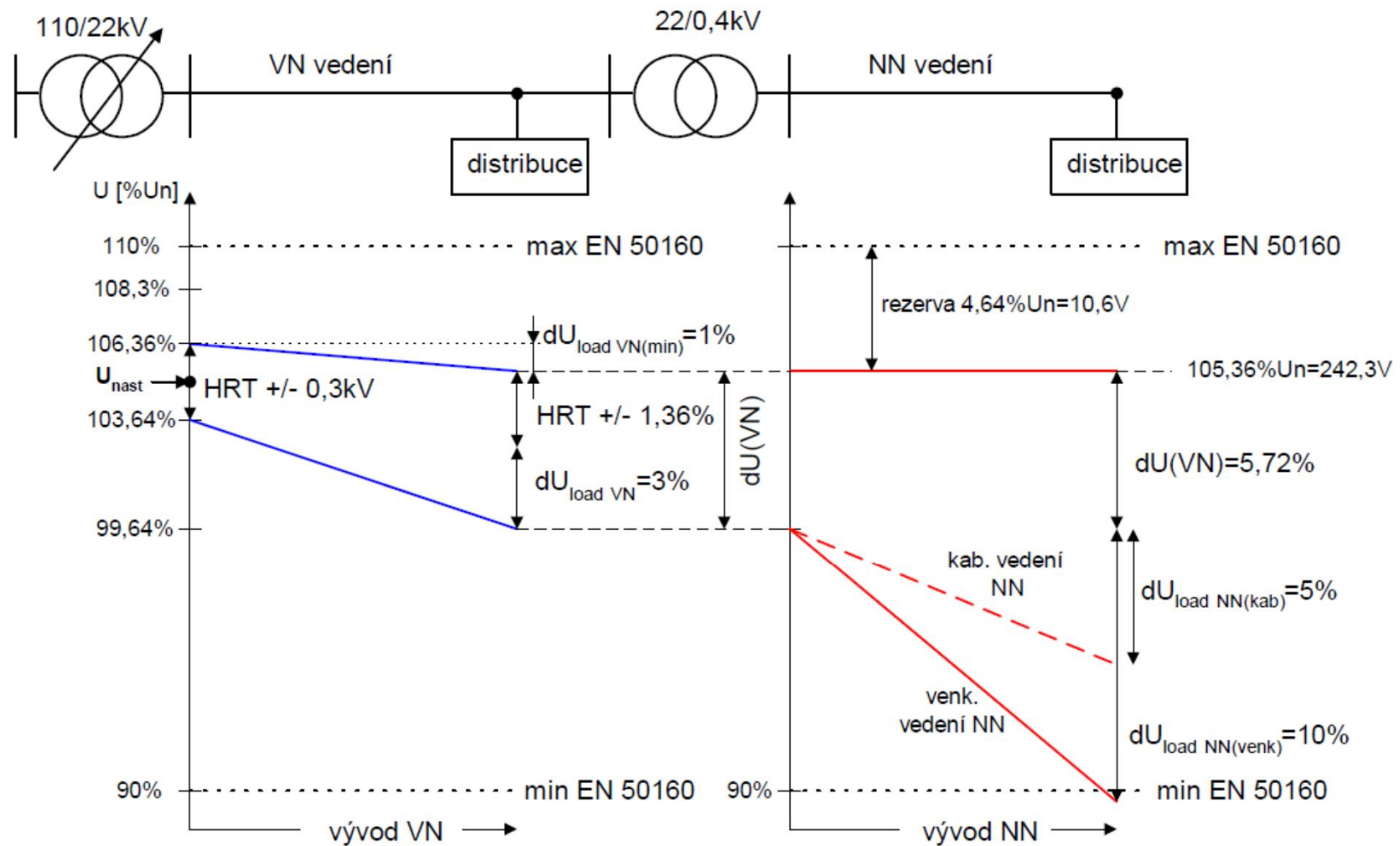
- v ES silná vazba mezi Q a U

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

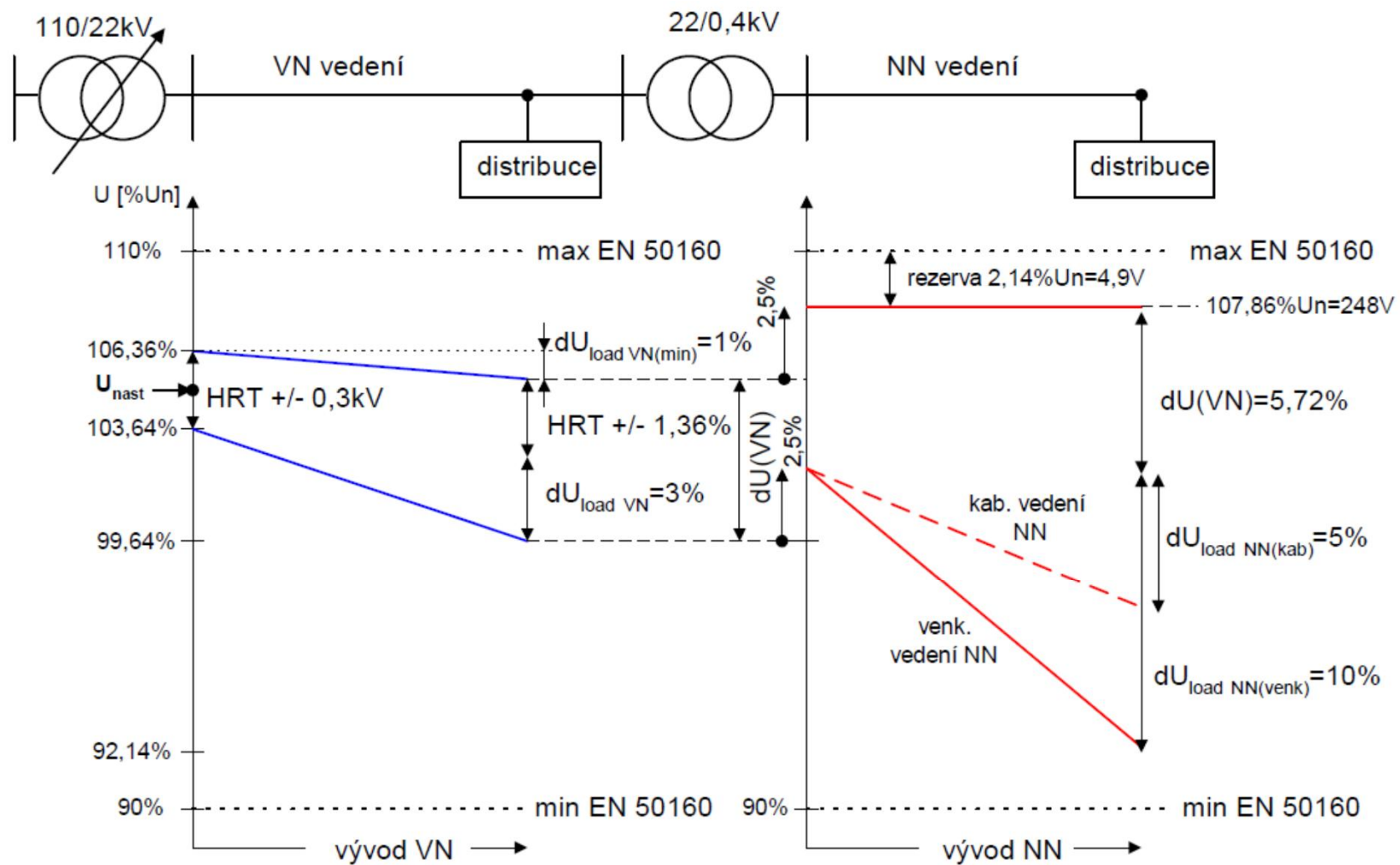
- **Ztráty činného výkonu (Jouleovy ztráty)**

$$\Delta P = 3RI^2 = 3R(I_c^2 + I_j^2) \quad (\text{W}; \Omega, \text{A})$$

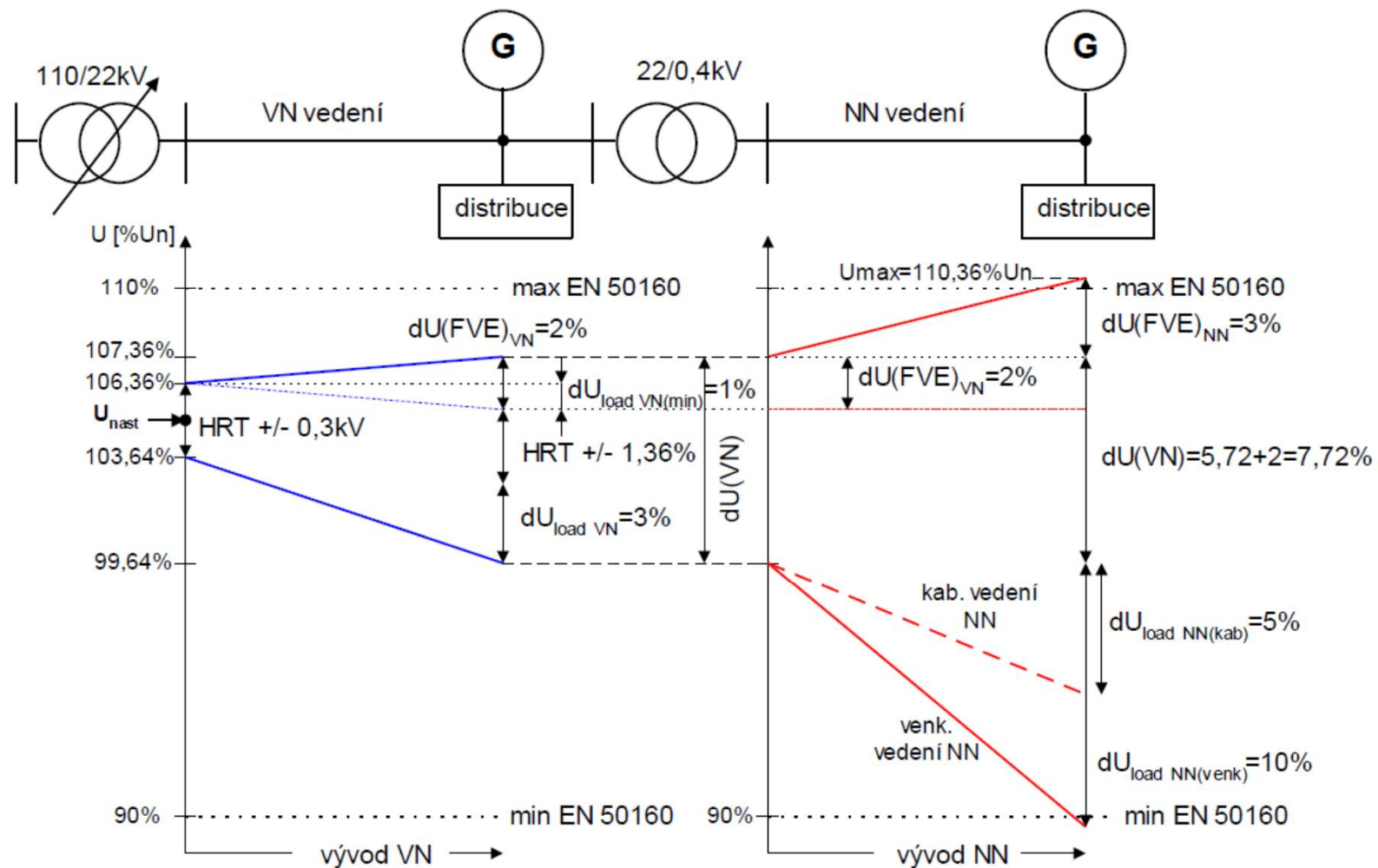
NAPĚTÍ V DS



NAPĚTÍ V DS



NAPĚTÍ V DS S DECE



TECHNICKÁ OPATŘENÍ V DS PRO INTEGRACI DECE

■ Posilování sítí

- zvýšení průřezu stávajících vedení
- kabelizace vedení (AES, AYKY)
- doplňování vývodů
- nové DTS, TR 110 kV/vn

■ Postup s ohledem na

- Technická kritéria - vždy volena taková posilování DS, aby byly zachovány provozní charakteristiky DS (topologie, průřezy, chránění, řízení)
- Ekonomická kritéria – vždy postupováno od méně nákladných opatření k nákladnějším

■ Možnosti řízení DECE výroben

- řízení činného a jalového výkonu
- různé přístupy dle výkonu a napěťových hladin
- normální vs. mimořádné stavy

■ Akumulace u výroben

- omezení přetoků do sítě, vlastní spotřeba



ŘÍZENÍ ČINNÉHO VÝKONU – P(F)

- **P(f)** – automatické snižování P u všech zdrojů připojených do DS v případě nadfrekvence = pomoc při stavech nouze v ES

- $f > 50,2 \text{ Hz}$ snižovat P 40% P_m/Hz

- $47,5 < f < 50,2 \text{ Hz}$ bez omezení

- $f \leq 47,5 \text{ Hz}$ a $f \geq 51,5 \text{ Hz}$ odpojit od sítě

- **Zvýšení bezpečnosti a spolehlivosti**

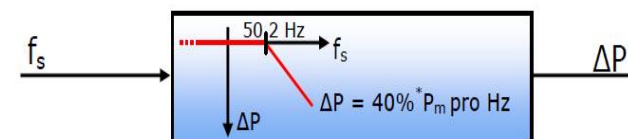
- Maximální snížení P z max. hodnoty s klesající f stanoví PPS

$$\Delta P = 20 P_m \frac{50,2 \text{ Hz} - f_s}{50 \text{ Hz}}$$

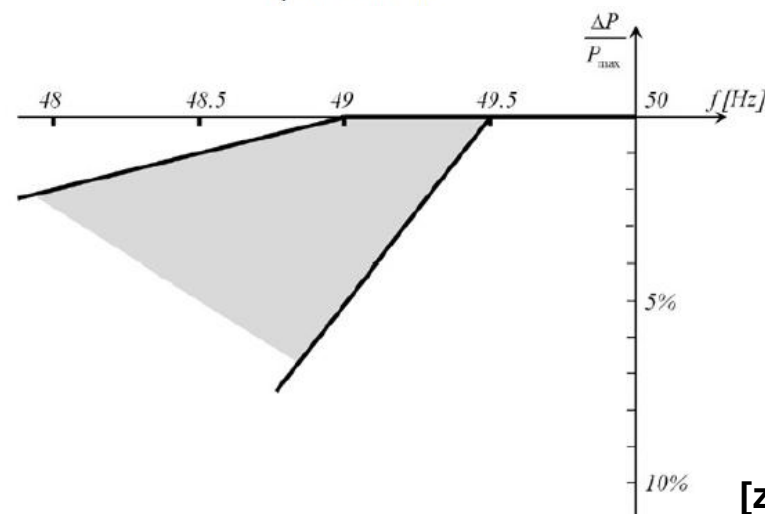
P_m okamžitý dostupný výkon

ΔP snížení výkonu

f_s frekvence sítě



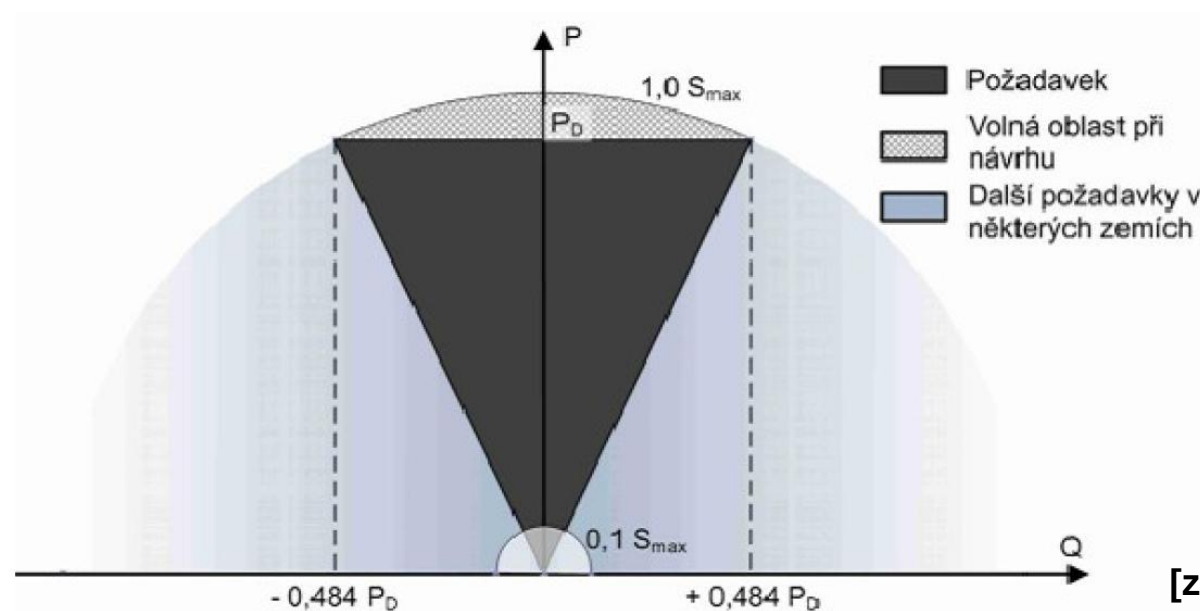
při $50,2 \text{ Hz} < f_s < 51,5 \text{ Hz}$



[zdroj: PPDS]

STATICKÁ PODPORA SÍTĚ – JALOVÝ VÝKON

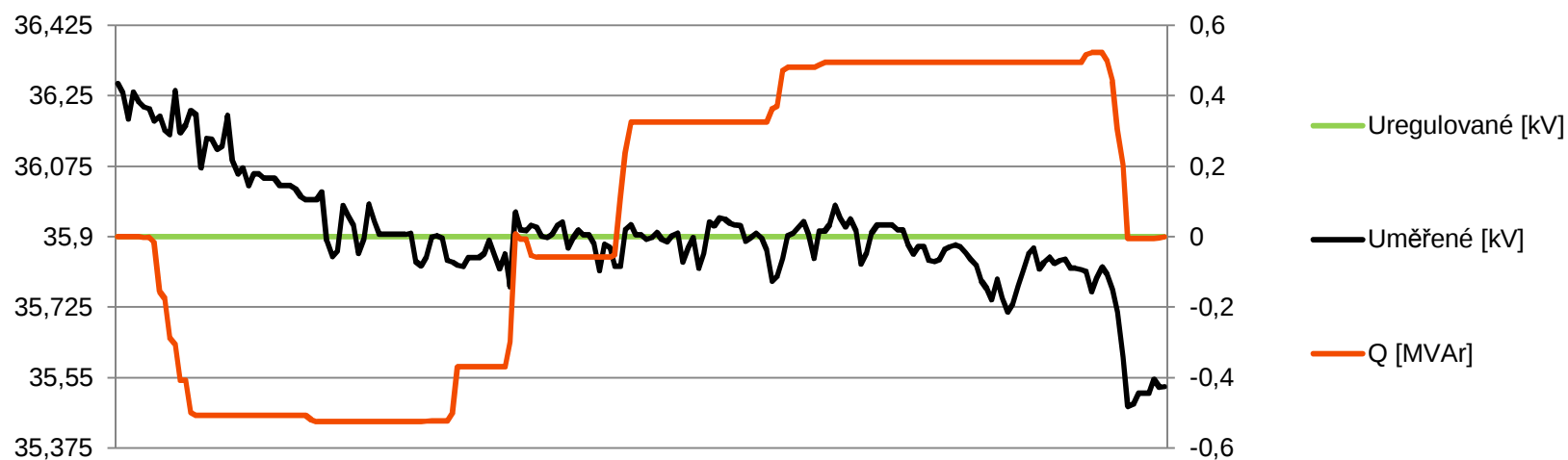
- **Požadavky na pracovní PQ oblast v sítích nn, vn, 110 kV**
 - za normálních ustálených provozních podmínek při dovoleném rozsahu tolerancí jmenovitého napětí musí být mezi 0,90 kapacitní a 0,90 induktivní za předpokladu, že výkon je nad 10 % jmenovitého výkonu zdroje
 - pokud je výkon na výstupu zdroje nižší než 10 % jmenovitého výkonu, nesmí jalový výkon tekoucí ze/do zdroje překročit 10 % jeho jmenovitého výkonu



[zdroj: PPDS]

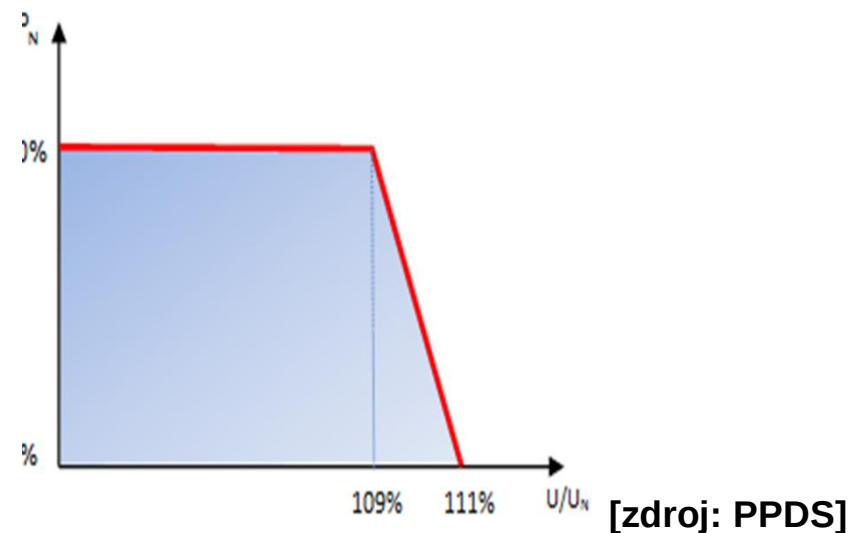
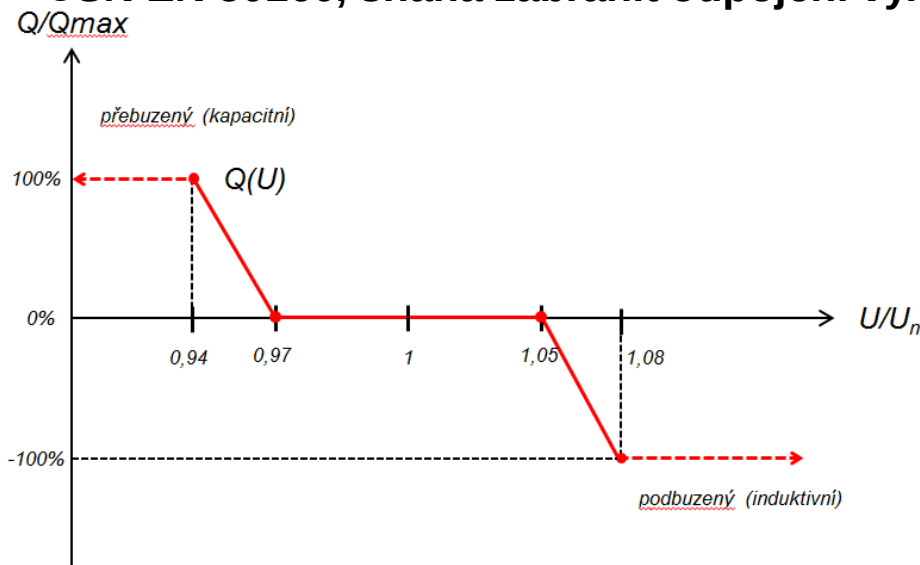
STATICKÁ PODPORA SÍTĚ – JALOVÝ VÝKON

- **Statické řízení napětí – regulace U/Q**
 - od 100 kVA musí být Q říditelný
 - dle podmínek v síti a požadavků PDS
 - př. KGJ Vrchlabí



NOVÉ FUNKCE GENERÁTORŮ/STŘÍDAČŮ NA HLADINĚ NN – CHARAKTERISTIKY $Q(U)$ A $P(U)$

- **$Q(U)$** – automatická dodávka/odběr Q dle měřené hodnoty U v místě připojení
- **$P(U)$** – automatické snižování činného výkonu v případě nadpětí v místě připojení
 - Funkce může DSO požadovat ve smlouvách o připojení pro nové zdroje na hladině nn
- **stabilizace napětí**
- **dodávkou Q může kompenzovat poklesy napětí způsobené odběry**
- **umožňují vyšší připojitelnost zdrojů do DS bez rizika překročení úrovně napětí dle ČSN EN 50160, snaha zabránit odpojení výroben nadpět'ovými ochranami**

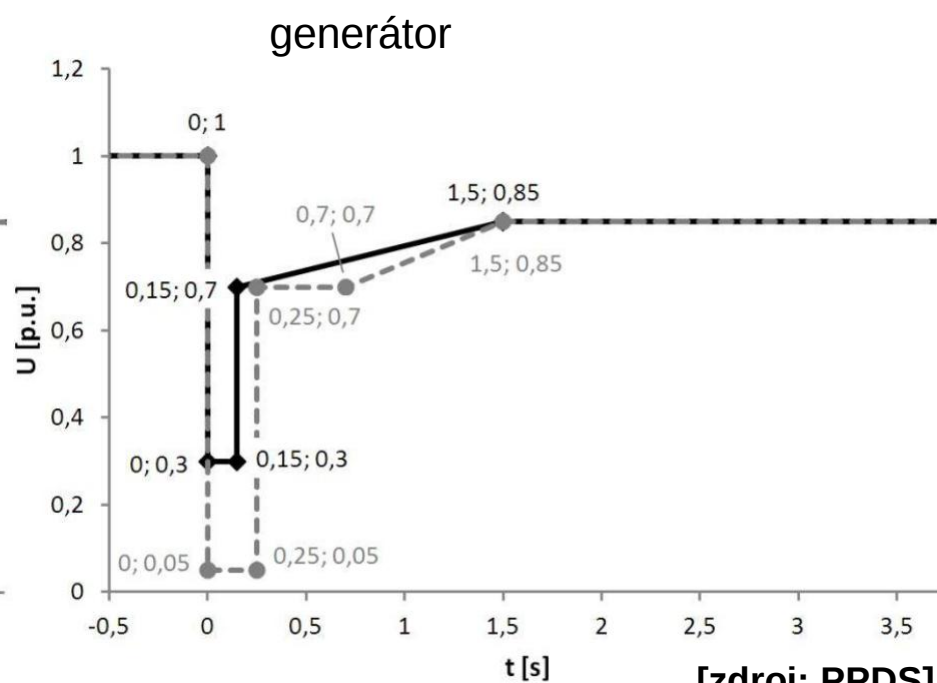
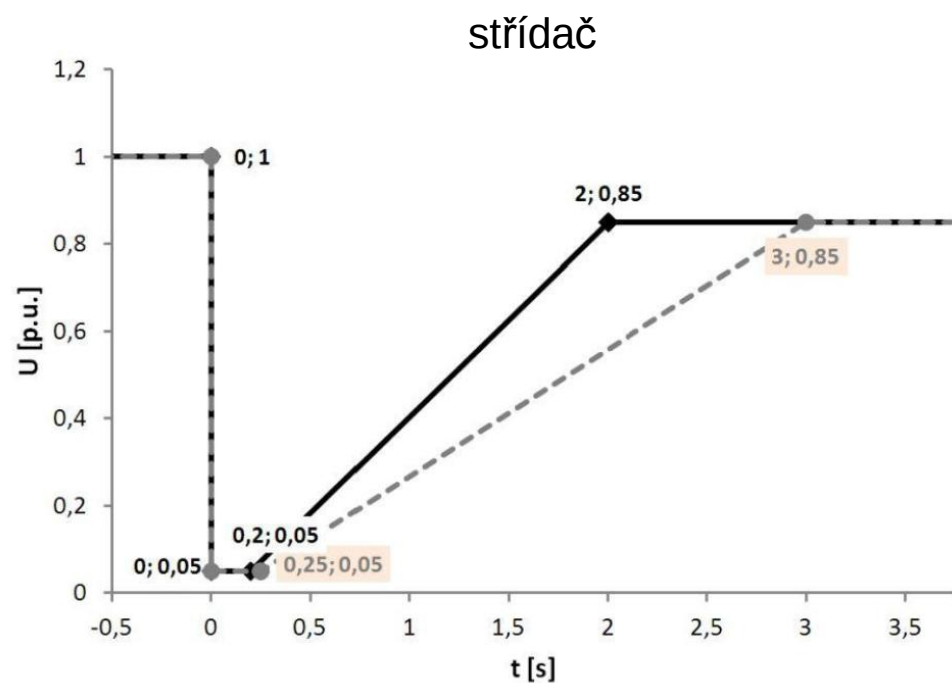


MOŽNOSTI DÁLKOVÉHO OVLÁDÁNÍ ČINNÉHO VÝKONU DECENTRÁLNÍCH VÝROBEN

- **Požadavky pro výrobní s výkonem nad 100 kW:**
 - Regulace činného výkonu: stupně 100%, 60%, 30%, 0%
 - Regulace činného výkonu pro BPS: stupně 100%, 75%, 50%, 0%
 - přes HDO, GPRS pro informace o stavu + jako záloha HDO
 - Regulace jalového výkonu/napětí: je požadována U/Q regulace (VN a VVN)
- **Požadavky pro výrobní s výkonem od 30 do 100 kW:**
 - Regulace činného výkonu: stupně 100%, 0% přes HDO
- **Požadavky pro výrobní s výkonem od 0 do 30 kW:**
 - Regulace činného výkonu: stupně 100%, 0% přes HDO - očekává se pro nové výrobní v průběhu r. 2017
- **Využití regulace činného výkonu se předpokládá pouze v případě stavu nouze nebo předcházení stavu nouze.**

DYNAMICKÁ PODPORA SÍTĚ – LVRT

- **LVRT** (Low voltage ride-through) – automatické chování generátoru/střídače při poruchách (zkratech) v síti = nižší riziko odpojení zdroje (na nn, vn i 110 kV)
- **Zvýšení bezpečnosti a spolehlivosti**



[zdroj: PPDS]

— Standardní křivka — Nejprísnější křivka

— Standardní křivka — Nejprísnější křivka

PŘETOKY VÝKONU DO DS

- **Mikrozdroje s výkonem do 10 kW bez přetoku do DS se zjednodušeným připojením**
 - Tyto výrobní by neměly mít přetok do DS. Případný přetok do DS je penalizován dle platného cenového rozhodnutí ERÚ
- **Výrobní se standardním procesem připojení do DS**
 - Mikrozdroje s výkonem do 10 kW s přetokem do DS
 - Výrobní s výkonem nad 10 kW
 - Přetoky výkonu do DS musí mít výrobce smluvně domluveny se svým obchodníkem, který přebírá zodpovědnost za odchylku
 - Přetoky výkonu do DS nesmí způsobit překračování sjednaného rezervovaného výkonu ve smlouvě o připojení
- **Výrobní s akumulací**
 - Možnost omezení přetoků do DS v časech malého odběru
 - Potenciál pro zvýšení integrace DECE do DS
 - Dnes vysoká cena x dotační tituly (NZÚ)



DISTRIBUCE

DĚKUJI ZA POZORNOST

Jan Švec

Specialista modelací | oddělení Modelace a analýzy

ČEZ Distribuce, a. s.

jan.svec@cezdistribuce.cz