



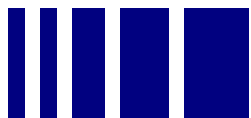
Elektrizační soustava

Ivan Petružela



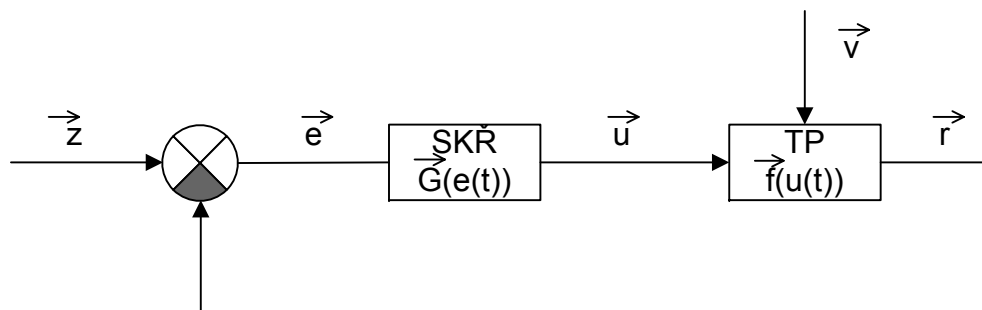
Osnova

- Opakování
- Elektrizační soustava (ES) definice pojmů
- ES ČR
- ES ČR výroba, distribuce, spotřeba
- Energetická bilance
- Diagramy zatížení
- Bilanční rovnice ES
- Regulace v ES
- Regulace na straně spotřeby
 - **Zadání 1. Semestrální práce: Popis jedné z variant na straně spotřeby (rešerže - internet)**

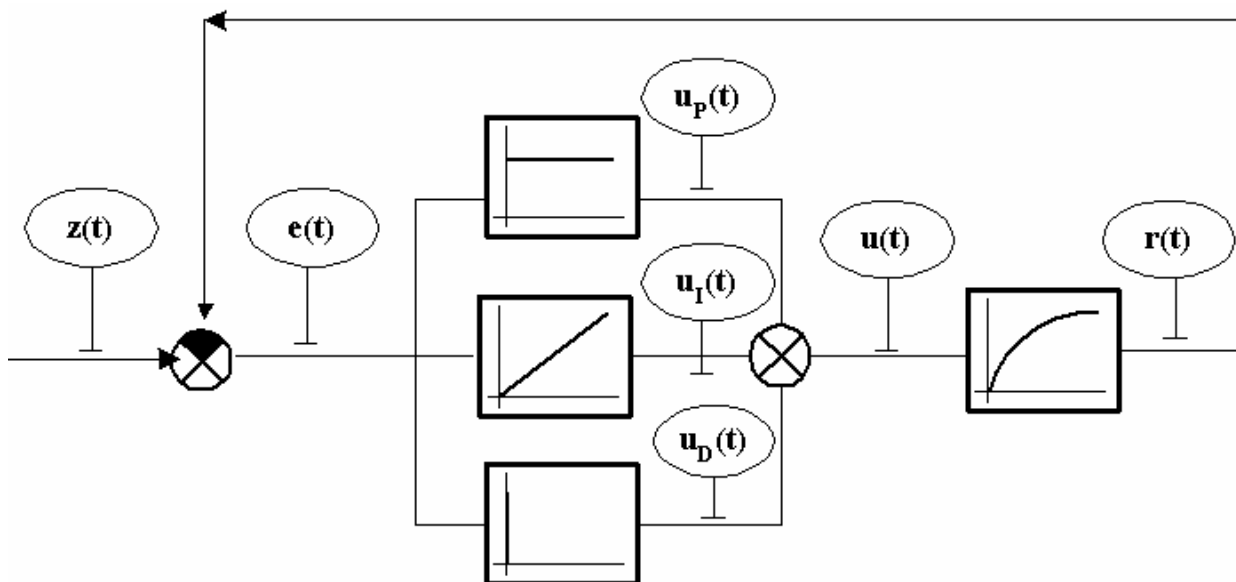


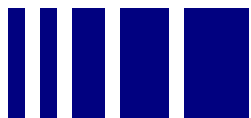
Opakování

- Blokové schéma řízení TP



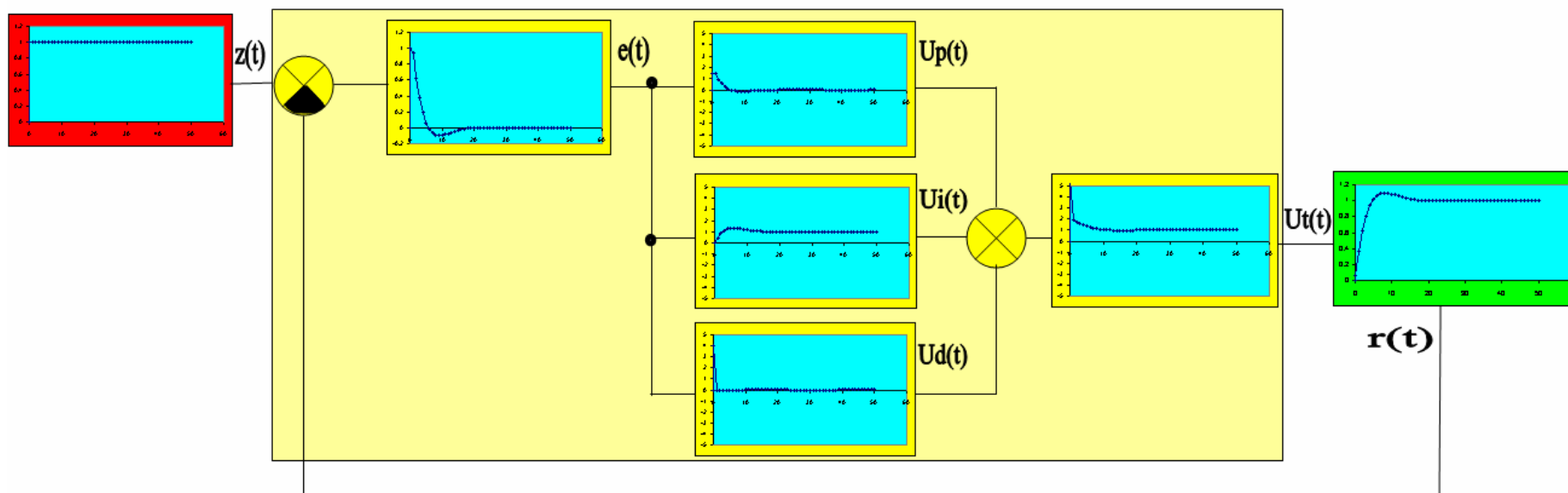
$$\vec{r}(t) = \vec{f}[G(\vec{z}(t) - \vec{r}(t)), \vec{v}(t)]$$





Opakování

Přechodová charakteristika soustavy se zpožděním 1.řádu řízené PID regulátorem





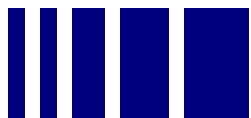
ES definice pojmů

- **Elektrizační soustava**
 - je centrálně a jednotně řízený soubor paralelně pracujících elektráren, elektrických přenosových a rozvodných zařízení a elektrických spotřebičů se společnou výkonovou rezervou
 - jejím hlavním úkolem je spolehlivá dodávka dostatečného množství elektrické energie všem odběratelům v dohodnuté kvalitě, s minimálními náklady, při zaručené bezpečnosti práce
- **Elektrina**
 - je forma energie, která se využívá prostřednictvím elektromagnetického pole. Místo pojmu elektrická energie se používá i v odborné literatuře pojem elektrina (v anglicky psané literatuře electricity). U stejnosměrného proudu je elektrická energie definována vztahem:
 - $W = U * I * t$
 - U - napětí (ve Voltech),
 - I - proud (v Amperech),
 - t - trvání časového intervalu (v hodinách).
- **Kvalita elektrické energie**
 - je udávána provozními hodnotami systémových veličin, které jsou garantovány provozovatelem sítě během normálního stavu elektrizační soustavy. Hodnoty parametrů kvality elektrické energie se nevztahují na provozní situace při likvidaci poruchy a ve stavech nouze.
- **Frekvence (kmitočty)**
 - vyjadřuje rychlost opakování periodického děje počtem kmitů za jednotku času a je určena převrácenou hodnotou doby kmitu
- **Synchronní čas**
 - udávají synchronní hodiny a odvozují ho od kmitočtu v elektrizační soustavě
- **Napětí sítě**
 - úroveň napětí používané pro klasifikaci elektrických sítí a při konstrukci elektrických přístrojů, strojů a zařízení. Napěťové stupně se definují napětím mezi vodiči (tj. ve vícefázových soustavách sdruženým napětím)



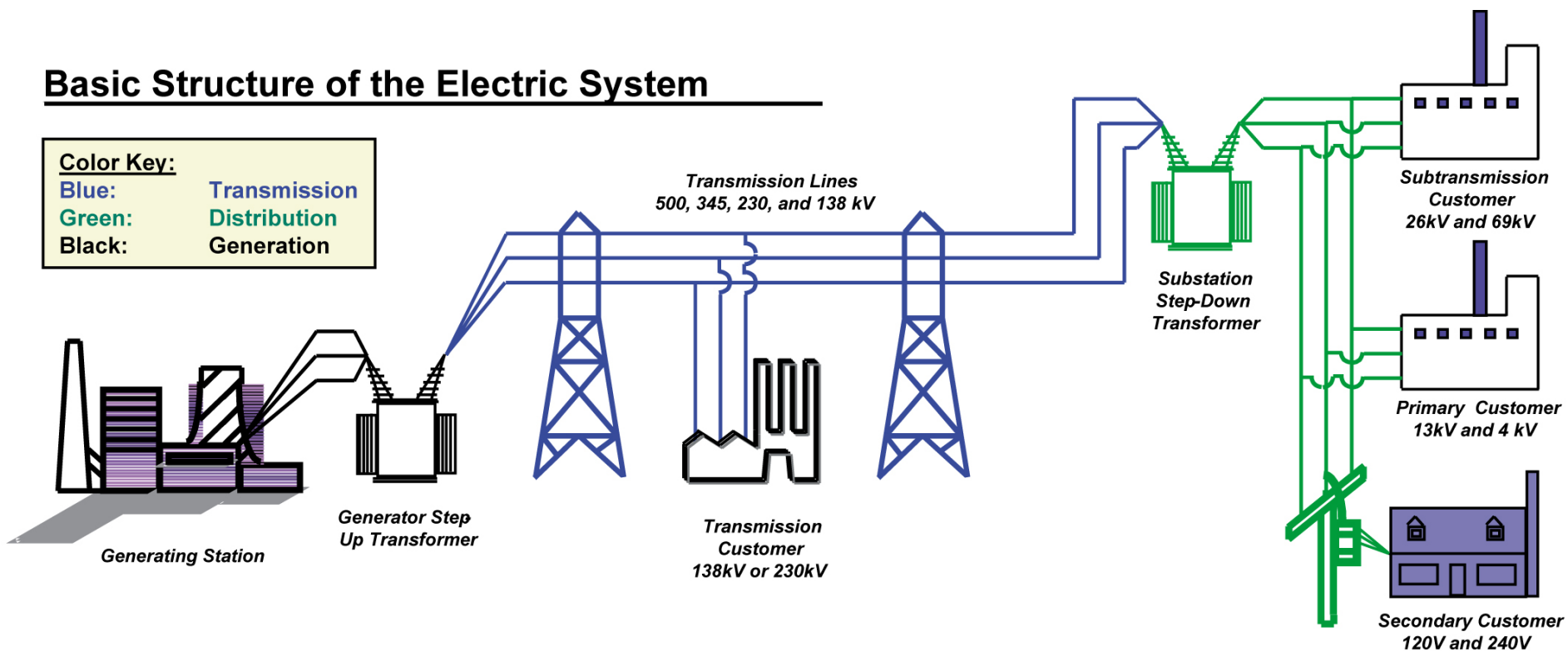
ES definice pojmů

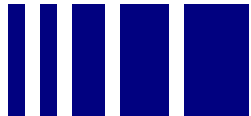
- **Blok**
 - je to zkrácené označení pro výrobní blok (elektrárenský), který sestává z části výroby tepelné energie, její transformace na mechanickou a pak na elektrickou energii daného napětí, včetně řídicích systémů
 - u klasických elektráren je tvořen blokem kotlem, turbínou, alternátorem a blokovým transformátorem
 - u jaderných elektráren je to jaderný reaktor, parogenerátor, turbína, alternátor a blokový transformátor
 - u vodní elektrárny sestává z turbíny, alternátoru a blokového transformátoru
 - u elektráren pracujících v paroplynovém cyklu to je kompresor, spalovací komora, spalovací turbína (plynová), alternátor, parní turbína a blokový transformátor
- **Přenosová soustava**
 - soubor zařízení pro přenos elektřiny včetně řídicích, ochranných a informačních systémů
- **Distribuční soustava**
 - je soubor zařízení pro rozvod elektřiny z přenosové soustavy nebo ze zdrojů zapojených do ní ke koncovým uživatelům. Součástí distribuční soustavy jsou i její řídicí, ochranné a informační systémy. V podmínkách elektrizační soustavy ČR se jedná o zařízení s napětím 110 kV a nižším.
- **Odběrné místo**
 - je elektrické zařízení jednoho odběratele v samostatném, prostorově uzavřeném a trvale elektricky propojeném celku, nacházejícím se na souvislém pozemku, do kterého se uskutečňuje dodávka elektřiny a jehož odběr je měřen jedním měřicím zařízením dodavatele
- **Jistič**
 - hlavní jistič před elektroměrem je technické zařízení, které chrání odběrné místo. Zpravidla se nachází v blízkosti elektroměru a lze jím vypnout dodávku elektřiny pro celé odběrné místo.
- **Oprávněný zákazník**
 - označuje odběratele elektřiny, který je ze zákona oprávněn uzavřít smlouvu o dodávce a odběru elektřiny s libovolným dodavatelem. Oprávněný (překládáno také jako způsobilý) zákazník je obvykle limitován roční spotřebou elektrické energie.



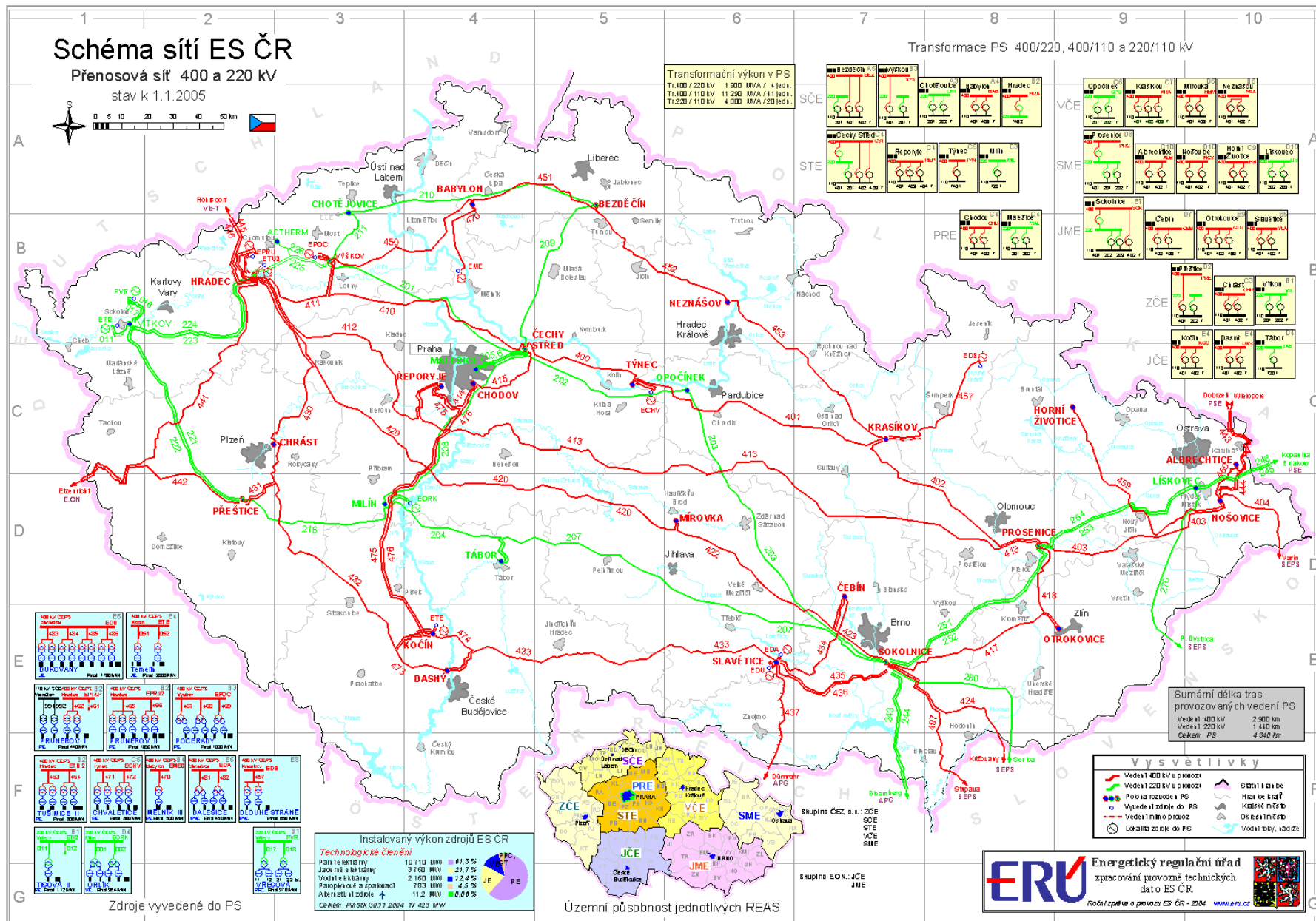
ES definice pojmů

Basic Structure of the Electric System





ES ČR celkové schéma



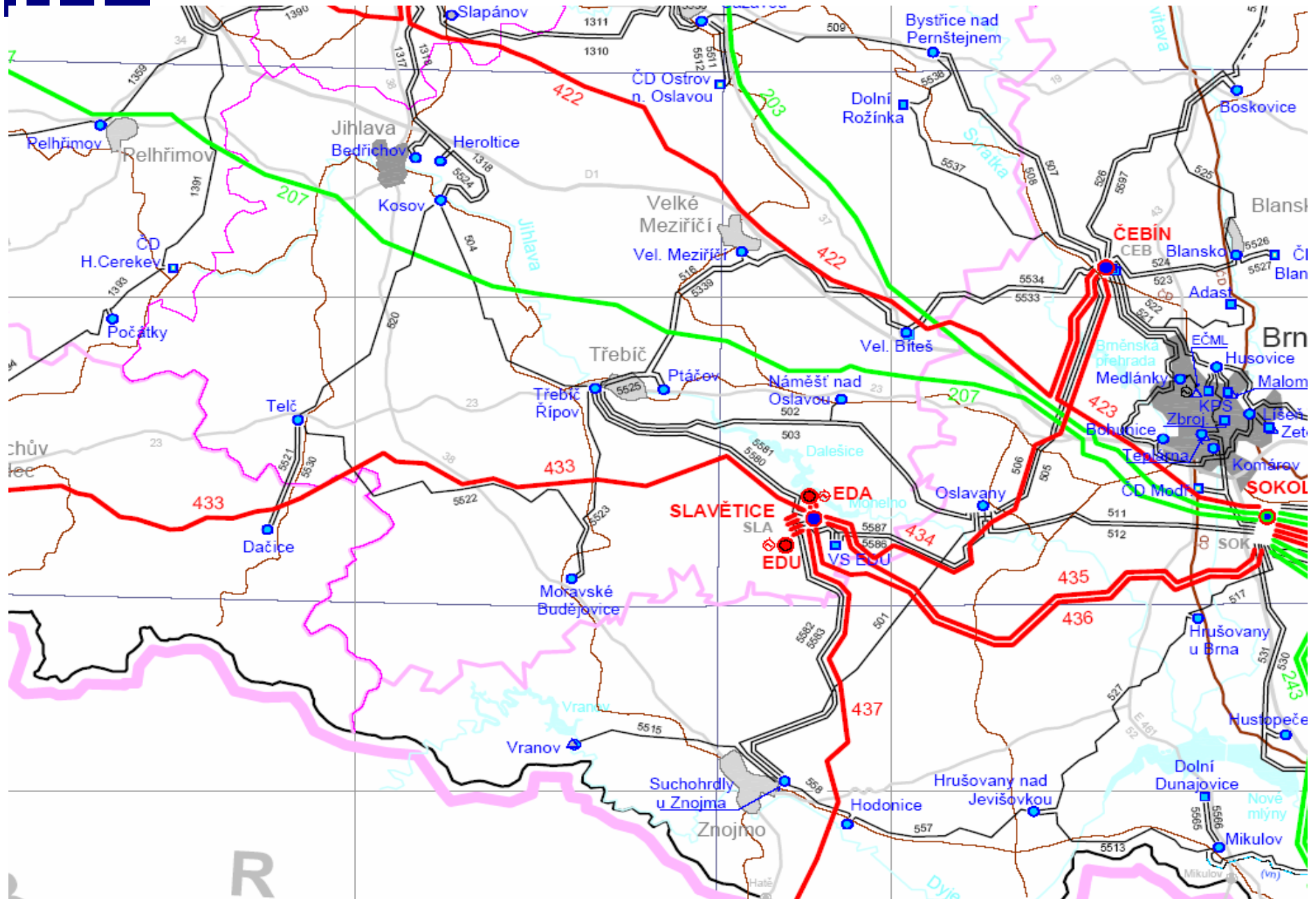


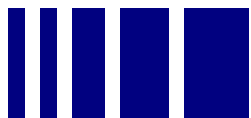
ES ČR celkové schéma

- Řízení elektroenergetiky je souhrn akcí a činností zajišťujících efektivní provoz a rozvoj elektroenergetiky.
- V podmínkách tržního modelu elektroenergetiky jsou na úrovni státu vymežována jen hlavní pravidla fungování elektroenergetiky, jejichž vyjádřením je energetická politika státu a příslušná energetická legislativa.
- Vlastní řízení elektroenergetiky je v kompetenci samotných elektroenergetických podniků, které však musí hlavní zásady energetické legislativy respektovat.
- Řízení na úrovni celé elektroenergetiky zajišťuje Ústřední elektroenergetický dispečink České republiky.
- Dispečerské řízení ES je řízení, jehož cílem je zajištění rovnováhy mezi zdroji a potřebou elektřiny při dodržení předepsané bezpečnosti, spolehlivosti a kvality dodávky.
 - Součástí dispečerského řízení je ekonomická optimalizace.
 - Jednou z hlavních úloh dispečerského řízení bývá i předcházení havarijním stavům a jejich řešení pokud k nim dojde.
 - Další důležitou úlohou dispečerského řízení je hodnocení provozu z hlediska spolehlivosti a bezpečnosti, analýza vzniklých havarijních a pohavarijních stavů, způsobů jejich likvidace a návrh opatření k minimalizaci počtu i rozsahu těchto stavů.

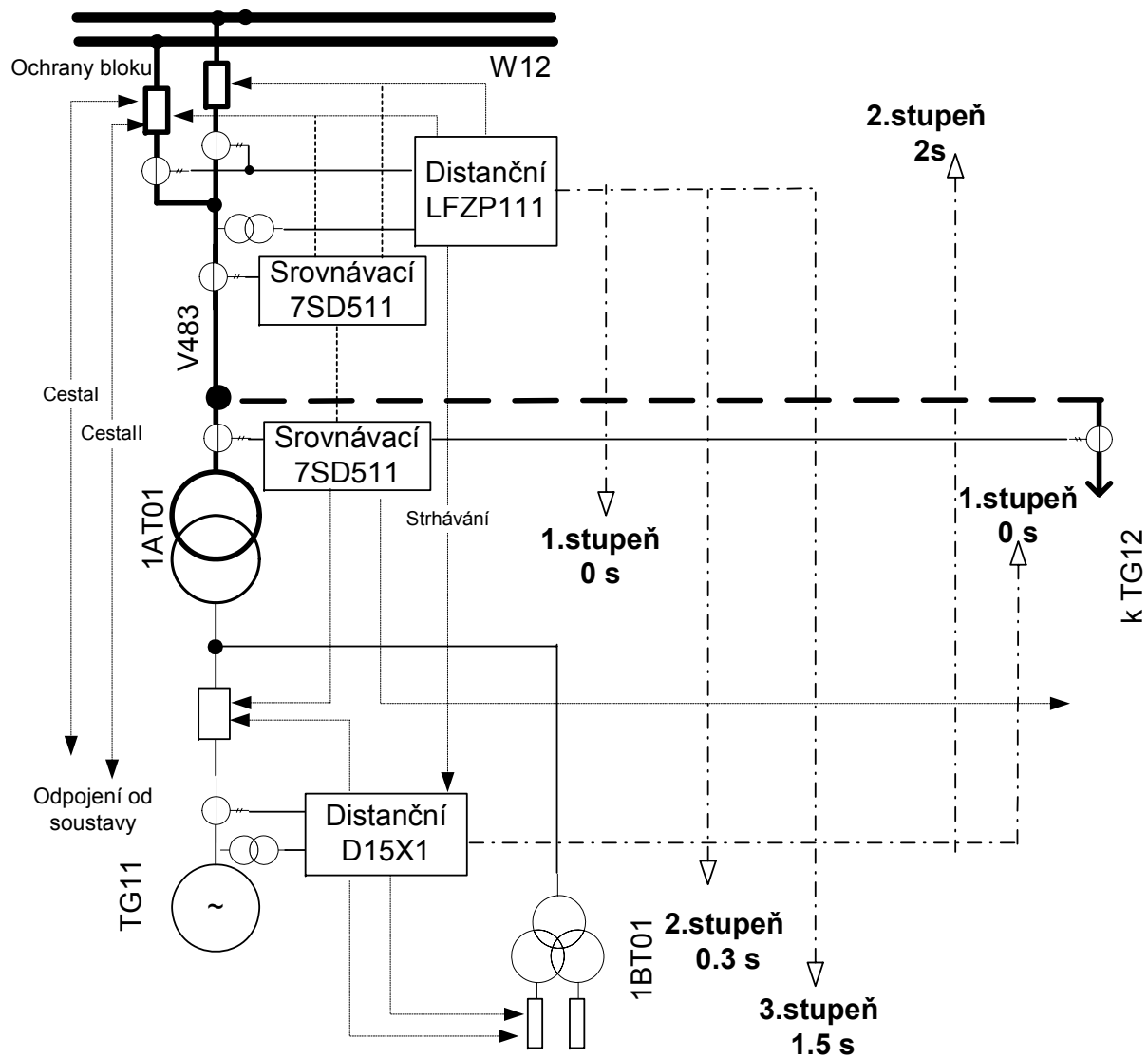


ES ČR celkové schéma





ES ČR topologie vyvedení výkonu schema





Rozdělení elektráren podle provozu v ES

- Podle druhu výroby dělíme elektrárny na:
 - nezávislé, tj. elektrárny u nichž je výroba elektrické energie účelovou výrobou neodvislou od jiné výroby,
 - závislé, tj. elektrárny, u kterých je výroba elektrické energie odvislá od průběhu jiné účelové výroby nebo předepsaných podmínek
 - teplárny s protitlakými stroji,
 - vodní elektrárny průtočné
- Vodní elektrárny podle způsobu provozování dělíme na:
 - Průtočné - neovlivňují přirozený průtok a využívají protékající množství vody řečištěm až do maximální hltnosti turbín, zbytek průtoku nad využitelnou mezí přepadá jalově přes jez.
 - Akumulační (s přirozenou akumulací) - mají možnost vodu akumulovat v nádrži a tu pak vypouštět přes turbíny podle potřeby energie a v souladu s vodohospodářským plánem (podle obsahu akumulací nádrže rozeznáváme elektrárny s denní, týdenní, roční a několikarocní akumulací).
 - Přečerpávací - vytváří umělou akumulaci přečerpáváním vody z níže položené nádrže do výše položené nádrže, přičemž se elektrická energie potřebná pro čerpání odebírá ze sítě v obdobích minimálního zatížení, tím dochází k vyrovnávání denního diagramu zatížení.
Provoz přečerpávacích vodních elektráren rozeznáváme:
 - čerpadlový - přečerpává vodu ze spodní do horní nádrže.
 - turbínový - vyrábí se činná elektrická energie,
 - kompenzační - vyrábí se energie jalová pro zlepšení napěťového profilu sítě



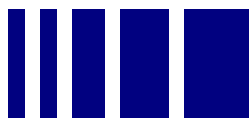
ES ČR instalovaný výkon





Dispečerské řízení

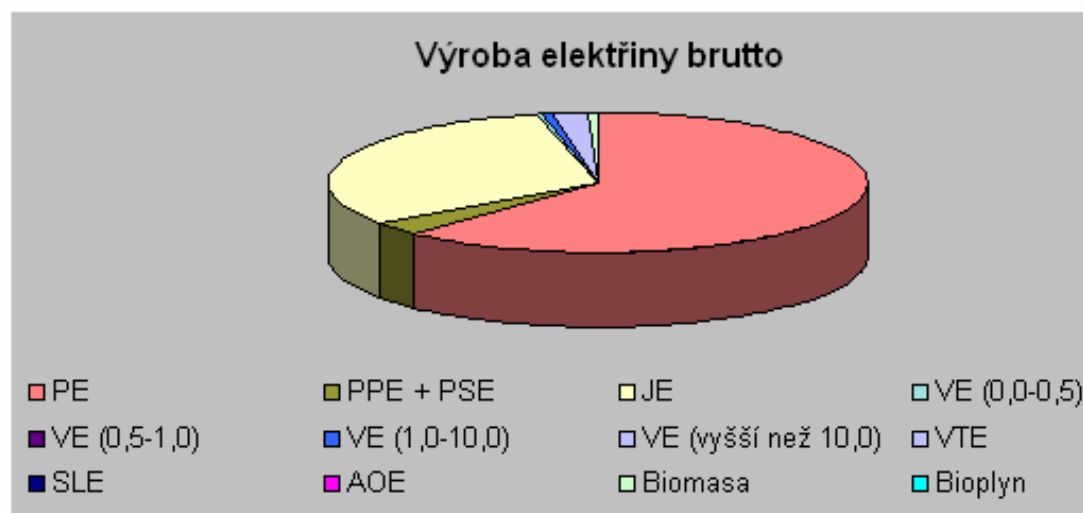
- Z hlediska času zahrnuje dispečerské řízení širokou oblast, od dlouhodobé přípravy až po operativní řízení provozu, přičemž hlavním úkolem je právě operativní řízení.
 - **Velmi často je pojem dispečerské řízení považován přímo za synonymum pojmu "operativní řízení", což obecně není zcela přesné, neboť operativní řízení je obvykle jen částí dispečerského řízení.**
- Mezi hlavní úkoly dispečerského řízení patří mimo jiné řízení toků výkonu v síti, zajišťování dostatečné velikosti a optimální struktury záložních výkonů apod.
- Dispečerské řízení se uskutečňuje na několika hierarchických úrovních od úrovně celostátní až po dispečerské řízení jednotlivých distribučních soustav.
- **Operátor přenosové soustavy.**
 - Označuje subjekt zodpovědný za zajištění provozu přenosové soustavy a zajišťující služby spojené s přenosem elektrické energie k distributorům případně ke konečným odběratelům.
 - Obecně provozovatel přenosové soustavy nemusí být i jejím vlastníkem.
 - V podmínkách trhu s elektrickou energií je provozovatel přenosové soustavy důležitým článkem tržního řetězce od výrobce ke konečnému spotřebiteli.
- **Operátor distribuční soustavy.**
 - Označuje subjekt zodpovědný za zajištění provozu, údržby a rozvoje distribuční soustavy a zajišťující služby spojené s distribucí elektrické energie ke konečným odběratelům.
 - V podmínkách ES ČR jsou distribuční společnosti i vlastníky distribučních soustav.
 - V podmínkách trhu s elektrickou energií je provozovatel distribuční soustavy je posledním článkem tržního řetězce od výrobce ke konečnému spotřebiteli.

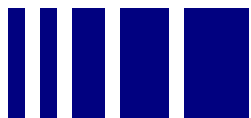


ES ČR instalovaný výkon rok 2004

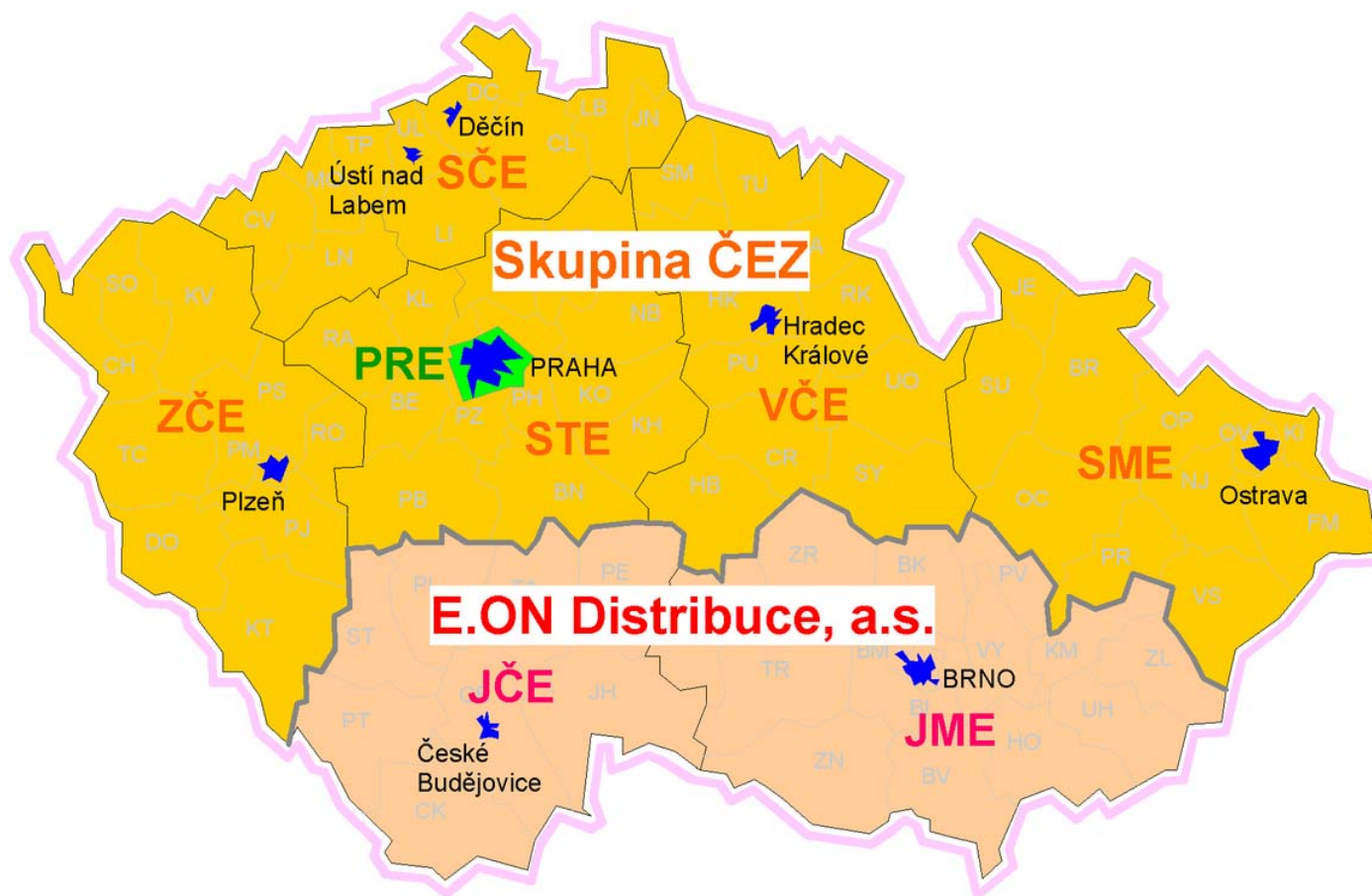
Struktura výroby elektřiny brutto v ES ČR

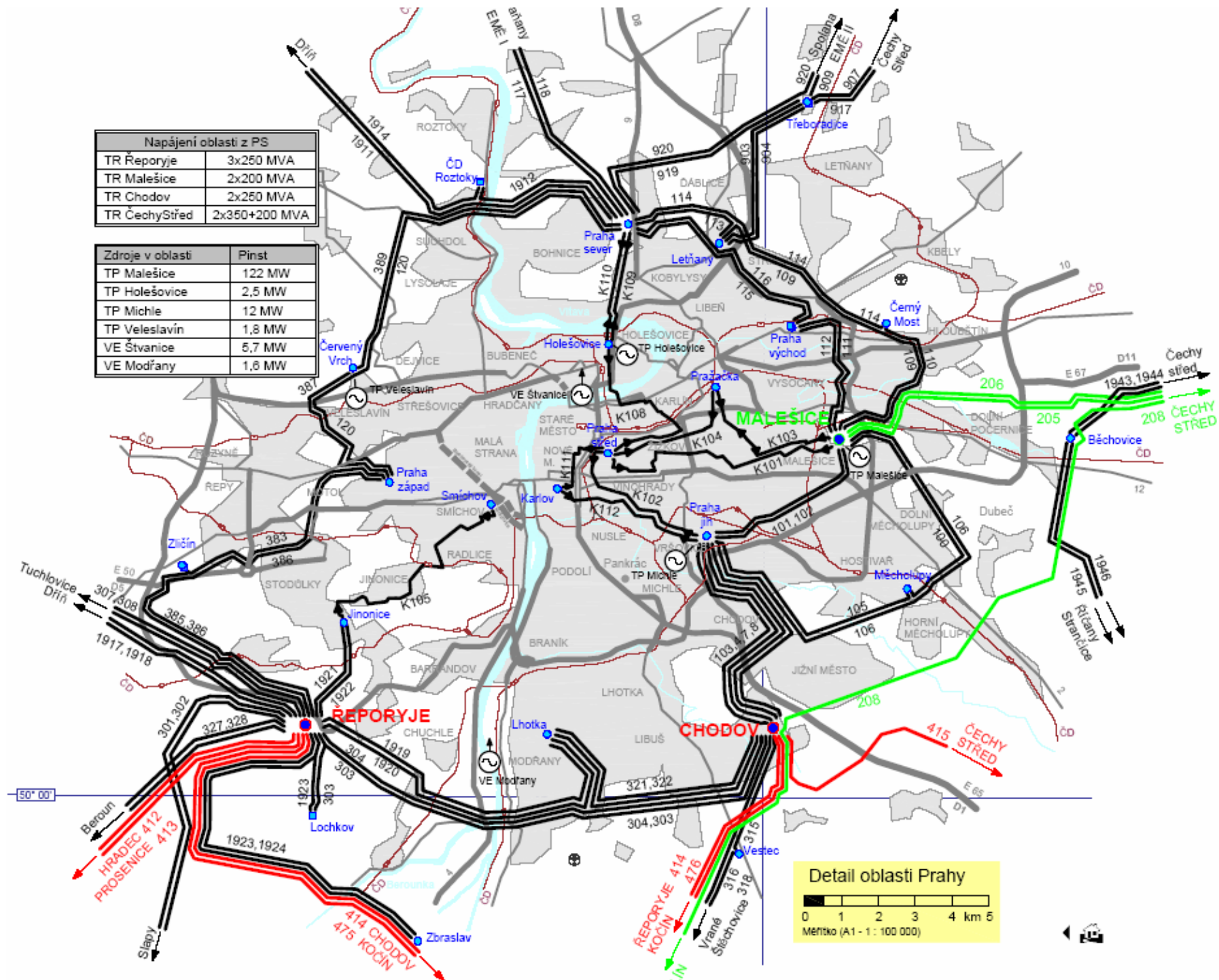
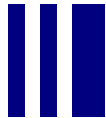
	Pinst. [MWe]	Výroba el. brutto [GWh]
PE	10 705,17	52 277,50
PPE + PSE	789,75	2 587,30
JE	3 760,00	26 324,70
VE (0,0-0,5)	68,80	230,40
VE (0,5-1,0)	46,41	55,70
VE (1,0-10,0)	156,44	617,40
VE (vyšší než 10,0)	1 887,78	1 659,30
VTE	15,17	9,90
SLE	4,57	0,10
AOE		9,90
Biomasa		533,40
Bioplyn		27,50
Celkem	17 434,09	84 333,10

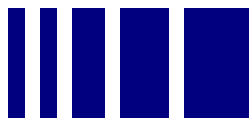




ES ČR Distribuce

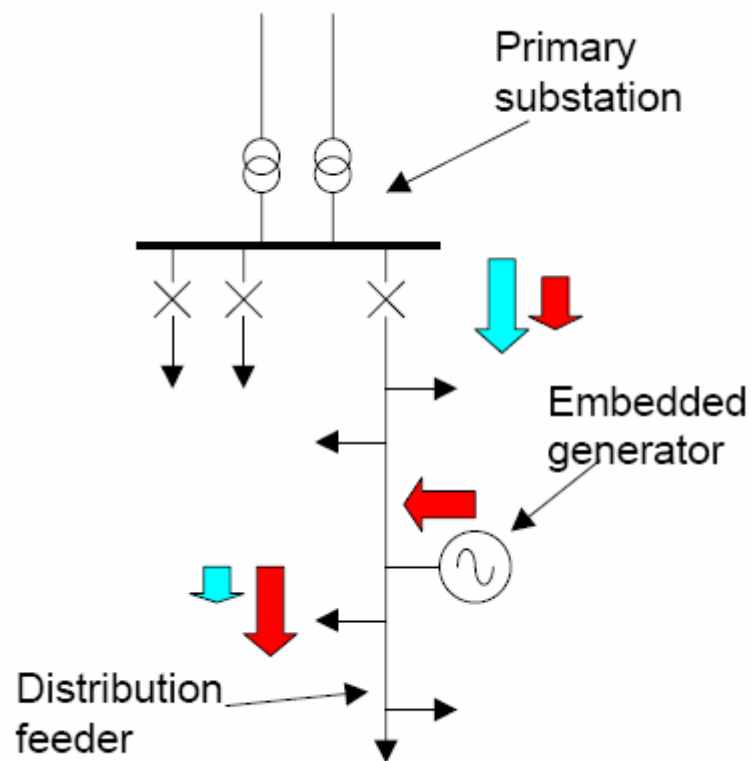






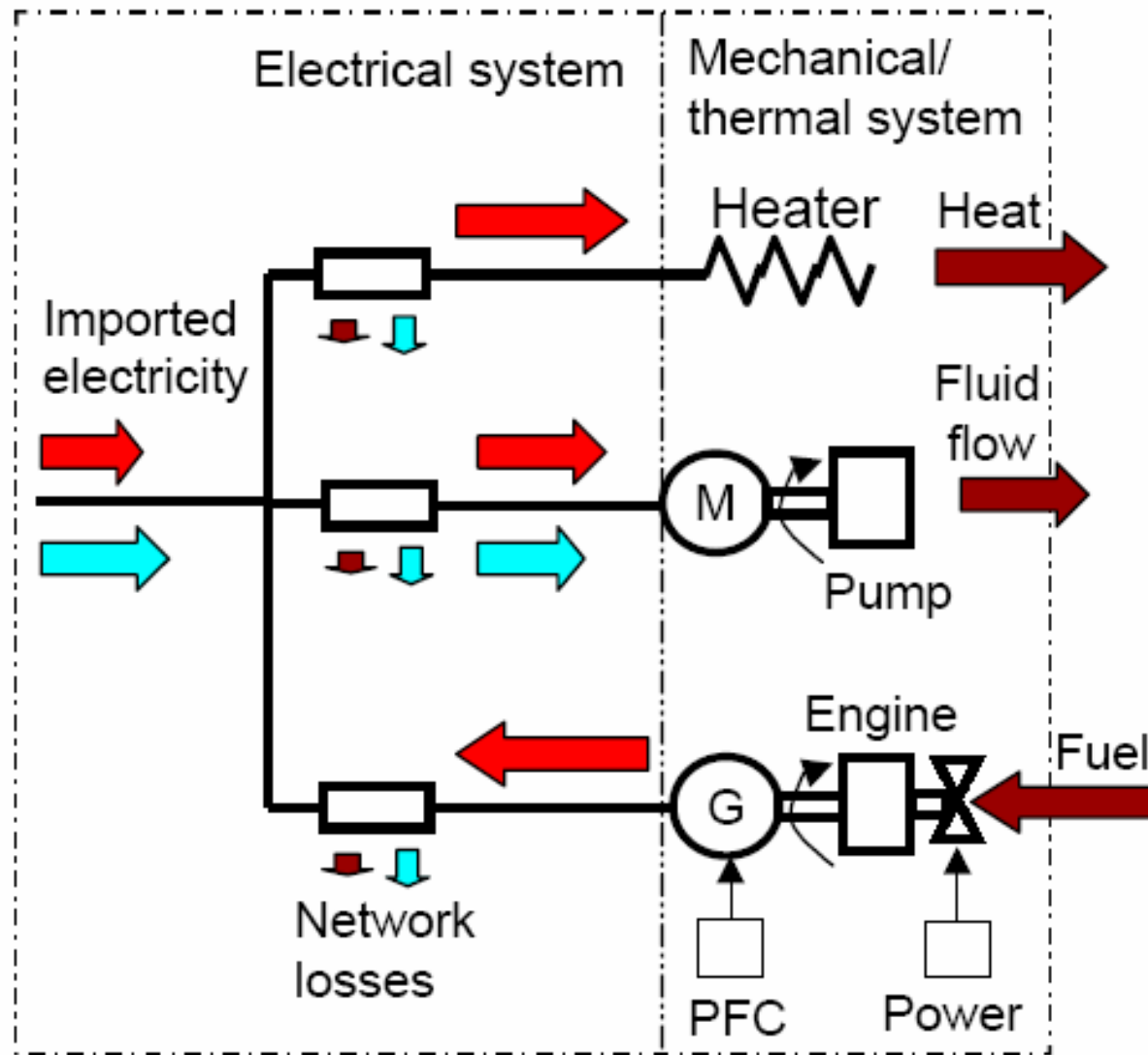
ES ČR spotřeba liniové schema

- Spotřebiče frekvenčně nezávislé
- Spotřebiče frekvenčně závislé





ES ČR spotřeba bilanční schema

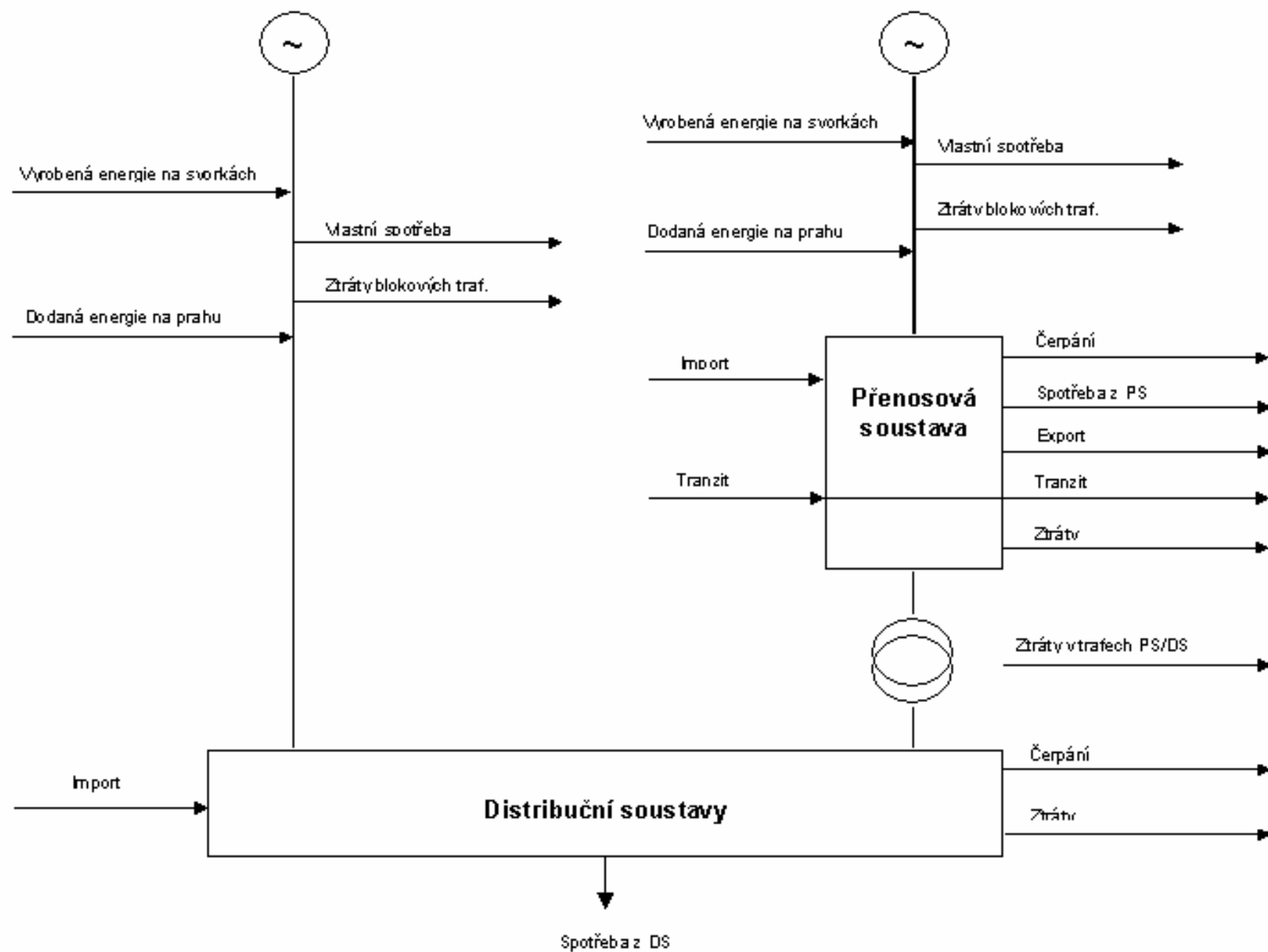




Energetická bilance

- Energetická bilance uvádí
 - pro daný územní celek celkové množství opatřené energie na straně jedné
 - a celkové množství spotřebované energie na straně druhé
 - a to za určité období, zpravidla
 - rok
 - čtvrtletí
 - měsíc
- Obecně může být bilancována libovolná forma (druh) energie. Často se zpracovávají
 - bilance elektrické energie
 - bilance primárních energetických zdrojů
 - bilance tepla
 - bilance energie podle druhů paliv apod.
- Zpravidla se bilance zpracovávají ve formě tabulek a grafů, přičemž se v tuzemských i mezinárodních materiálech forma a detailnost energetických bilancí vzájemně často liší.

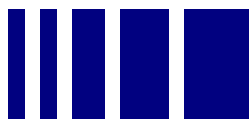
Blokové schéma energetické bilance:



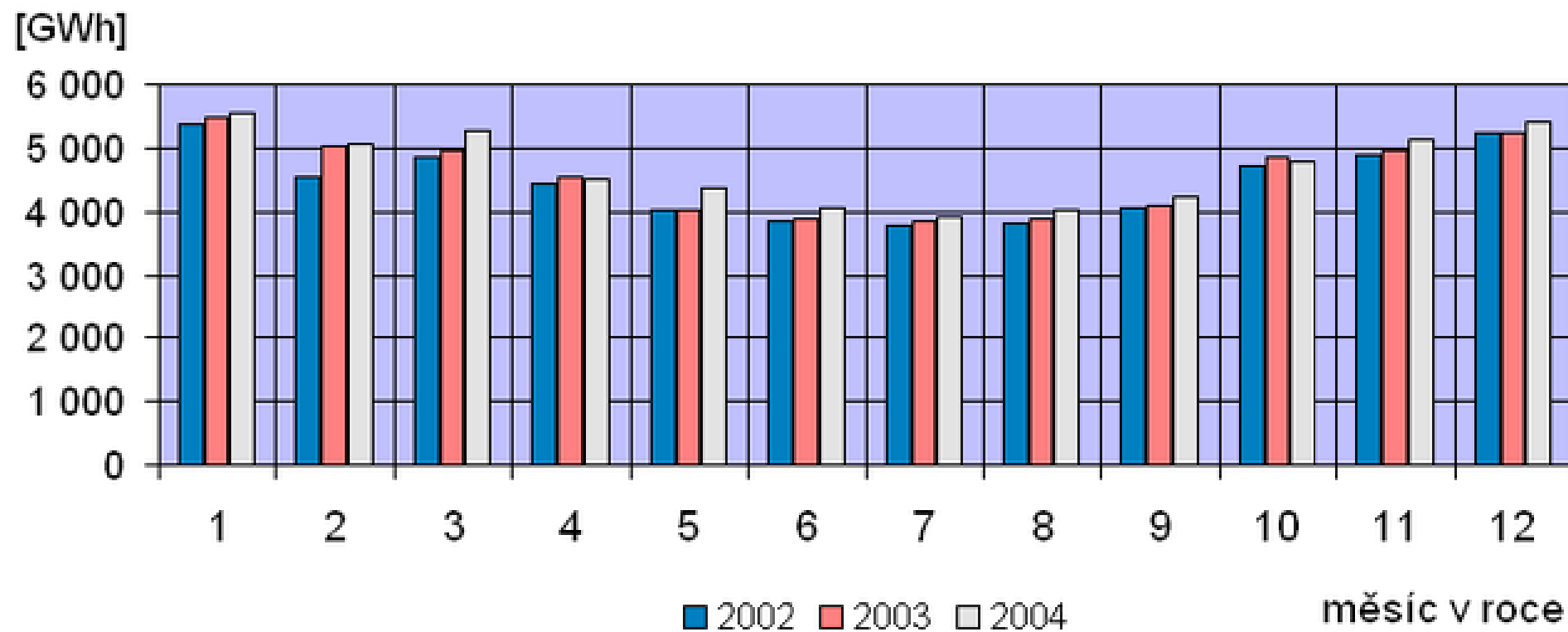


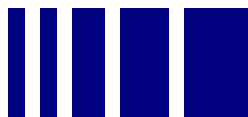
Diagramy zatížení

- **Pojem výroba elektřiny se používá k označení množství elektřiny vyrobené v určitém časovém období (den, měsíc, rok) všemi zdroji dané oblasti (ES). Rozlišuje se:**
 - **brutto výroba elektřiny - je celkový součet vyrobené elektřiny změřené (nebo přepočtené) na svorkách všech generátorů dané ES,**
 - **netto výroba elektřiny - je brutto výroba elektřiny bez vlastní spotřeby na výrobu elektřiny**
- **Ztráty v elektrizační soustavě**
 - **označují množství (objem) elektřiny, které se spotřebuje při přenosu, přeměně a distribuci (rozvodu) elektřiny ve vedení elektrizační soustavy**
- **Spotřeba elektrické energie má časově proměnný charakter a je přímo závislá na pracovní aktivitě a klimatických podmínkách. Grafickým znázorněním požadavků na spotřebu elektrické energie ze určité časové období je diagram zatížení. Rozlišujeme:**
 - **roční diagram zatížení (RDZ), je ovlivňován především přírodními cykly**
 - **týdenní diagram zatížení (TDZ), je charakterizován střídáním pracovních a nepracovních dnů**
 - **denní diagram zatížení (DDZ), je ovlivňován střídáním dne a noci, a střídáním pracovní a nepracovní doby**



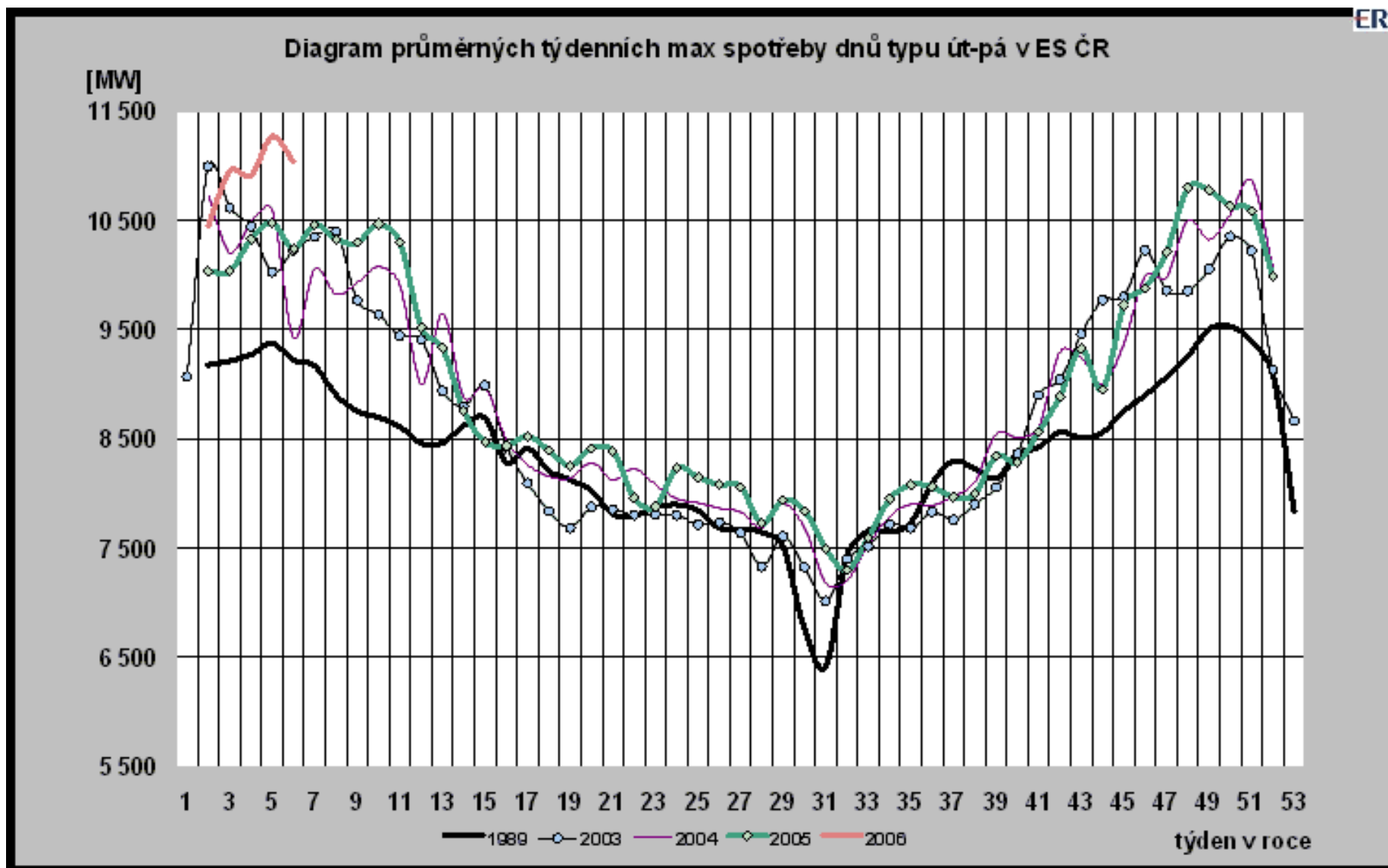
RDZ





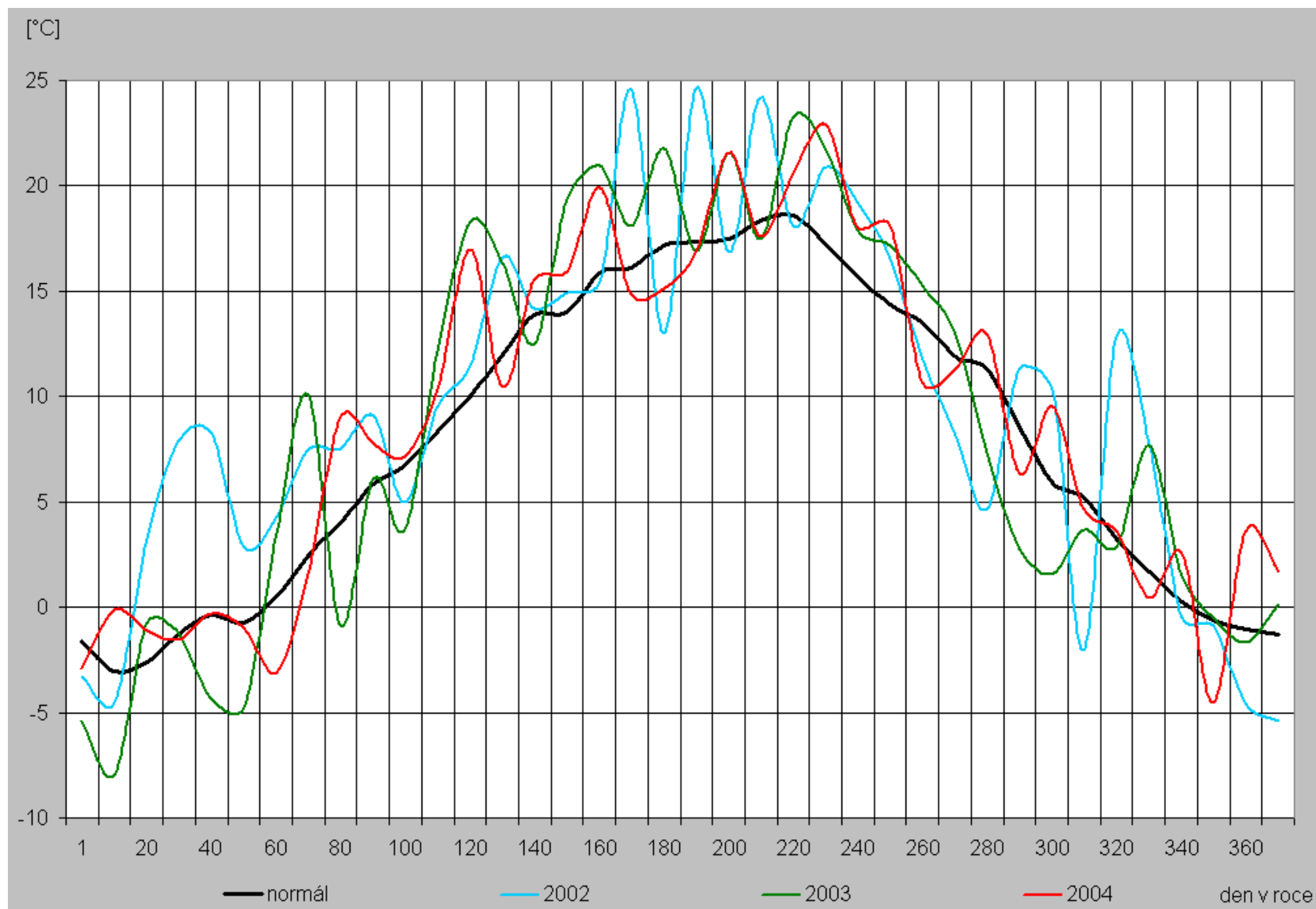
RDZ

ERU





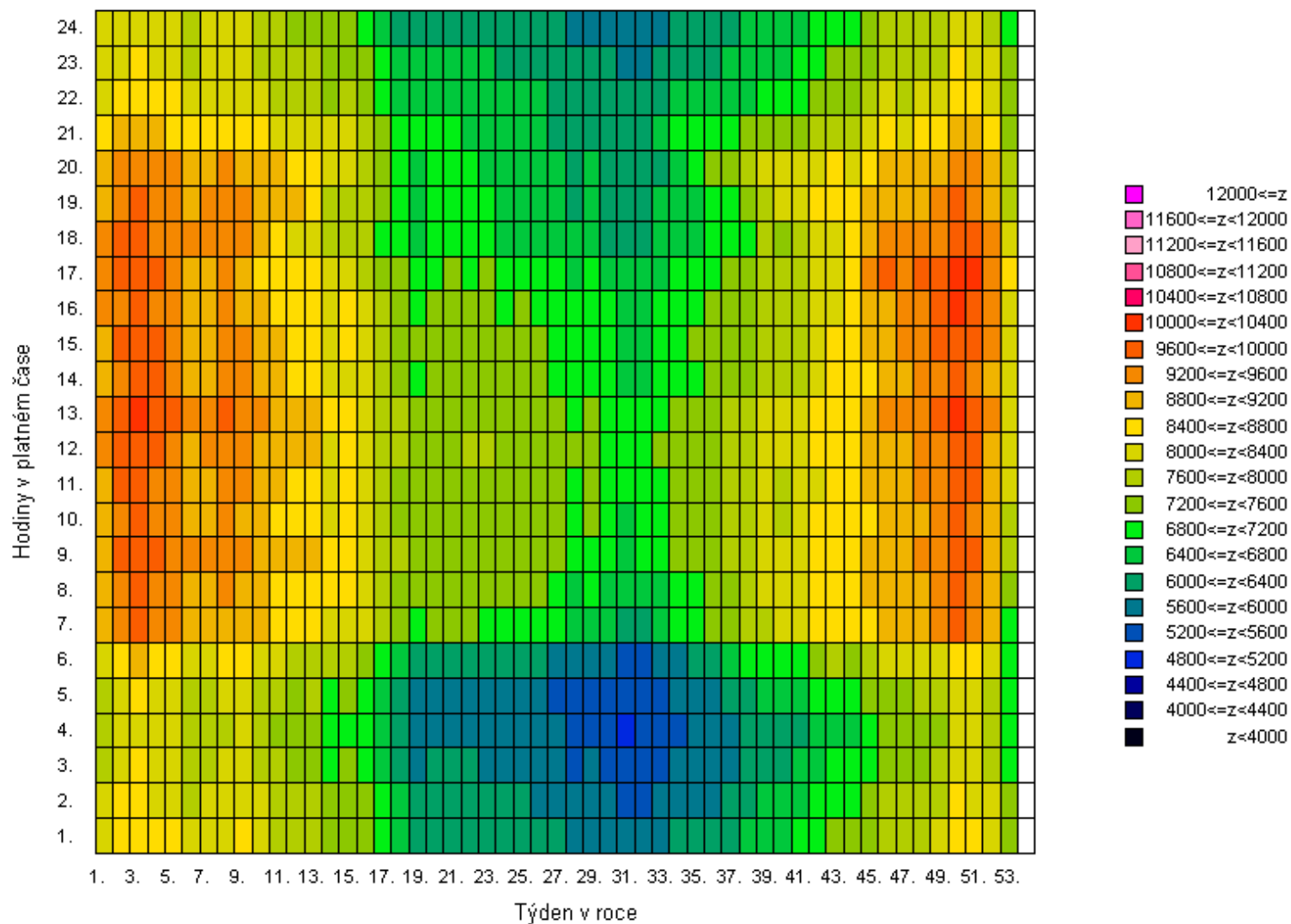
RDZ

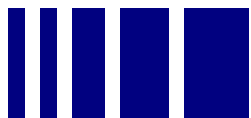




RDZ

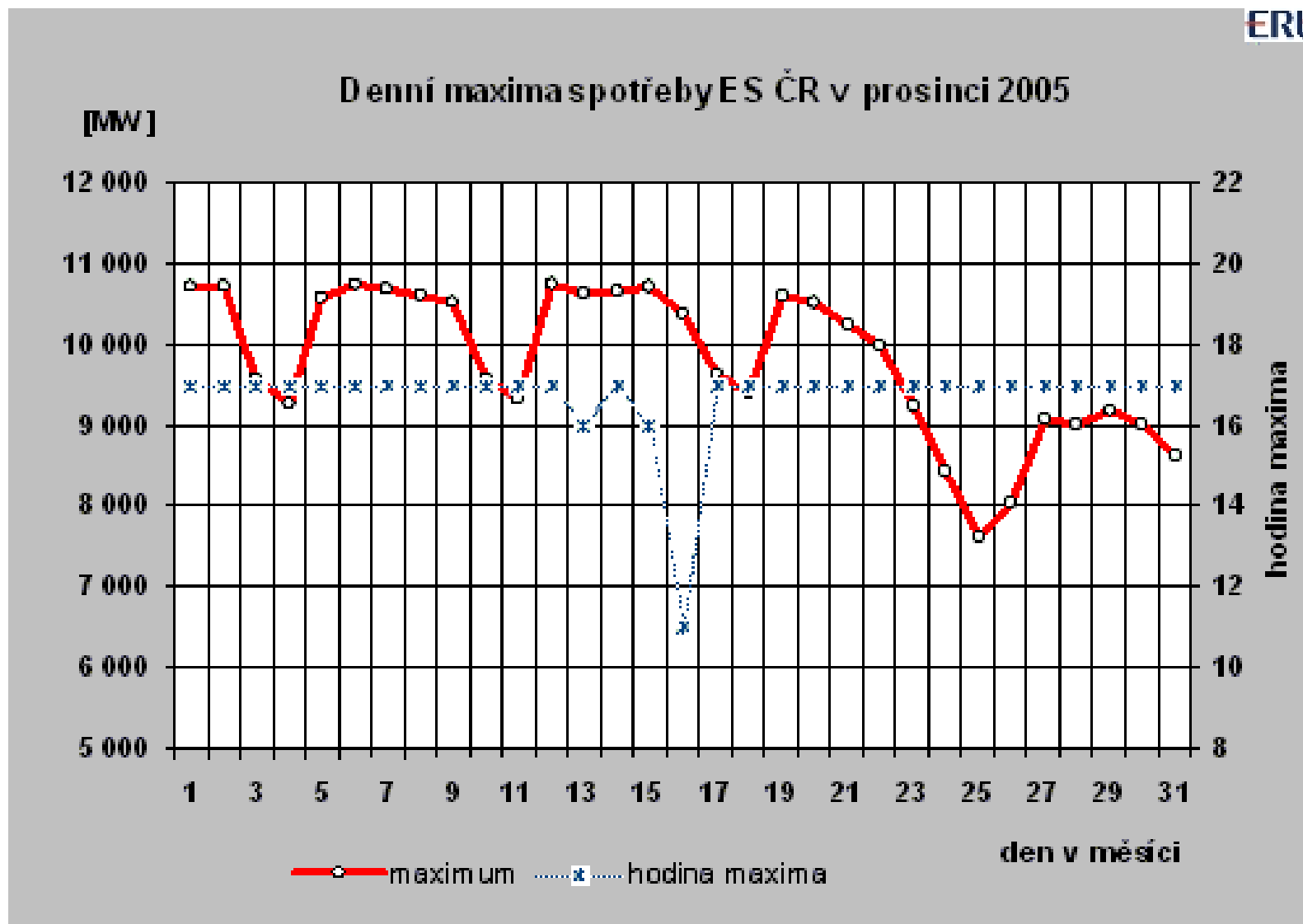
Spotřeba

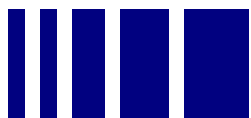




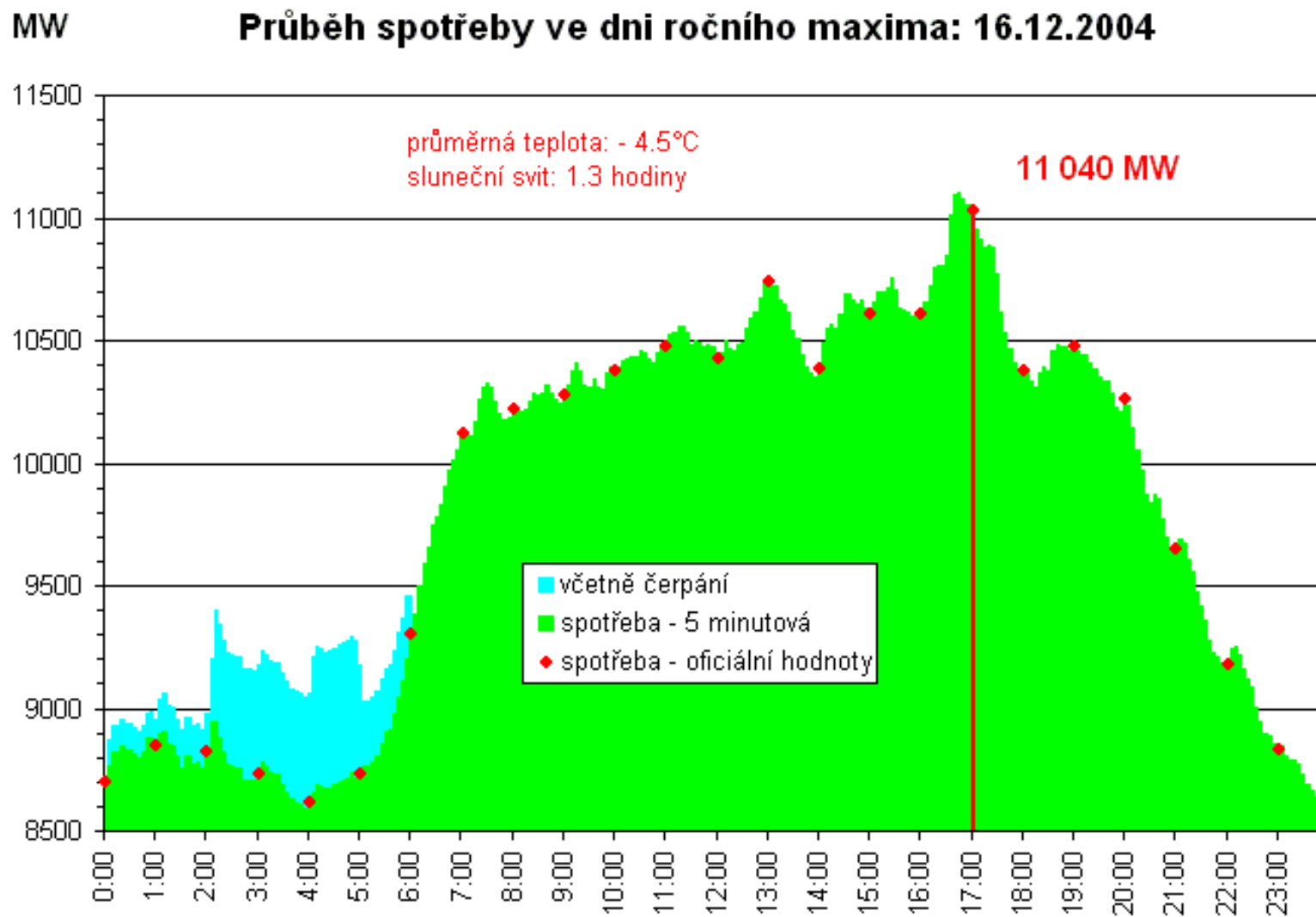
TDZ

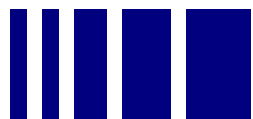
ERU





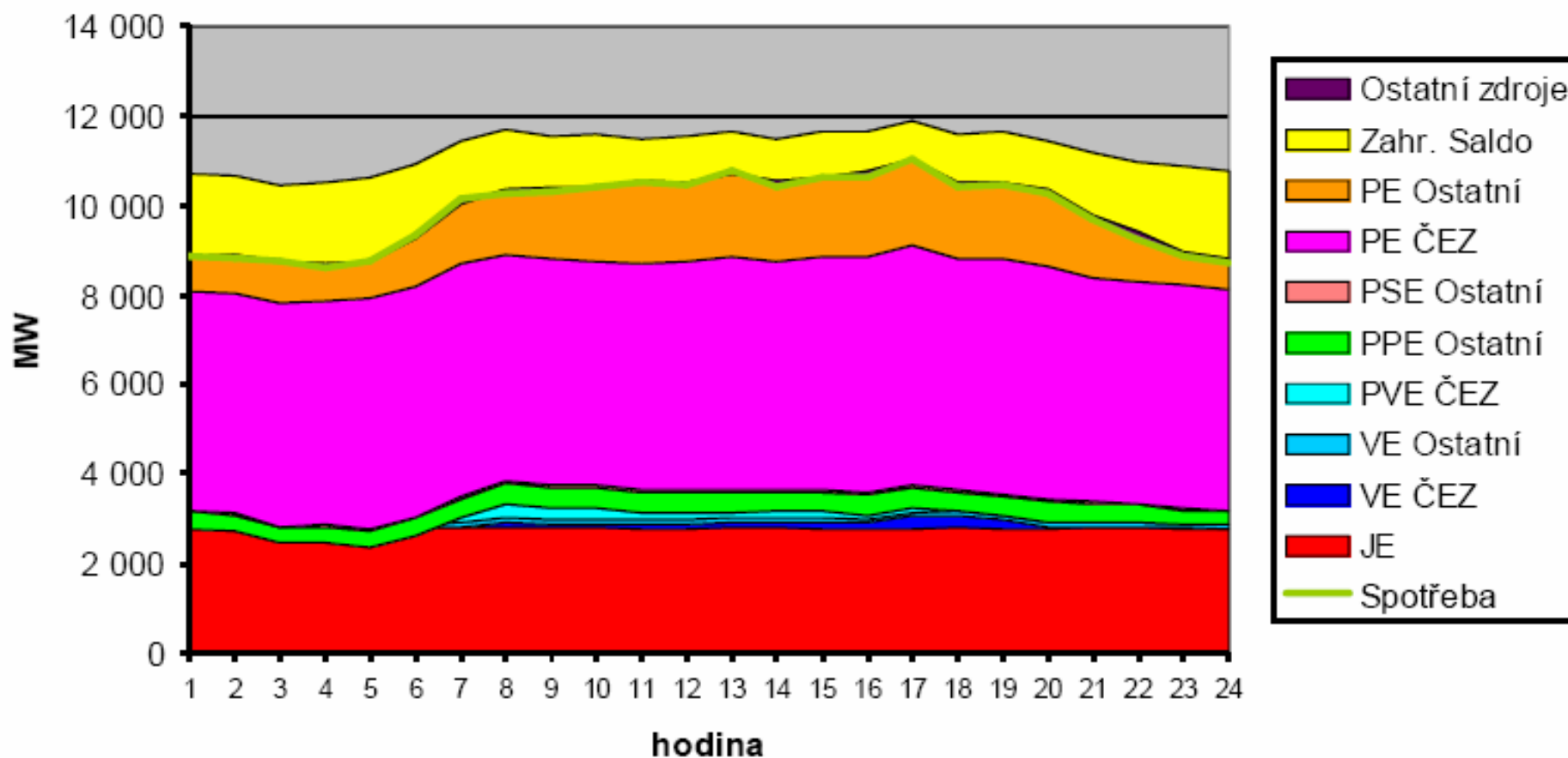
Denní diagramy zatížení - roční maximum

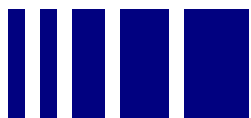




Diagramy zatížení nasazení zdrojů R max

Průběh spotřeby brutto ke dni ročního maxima (16.12.2004)

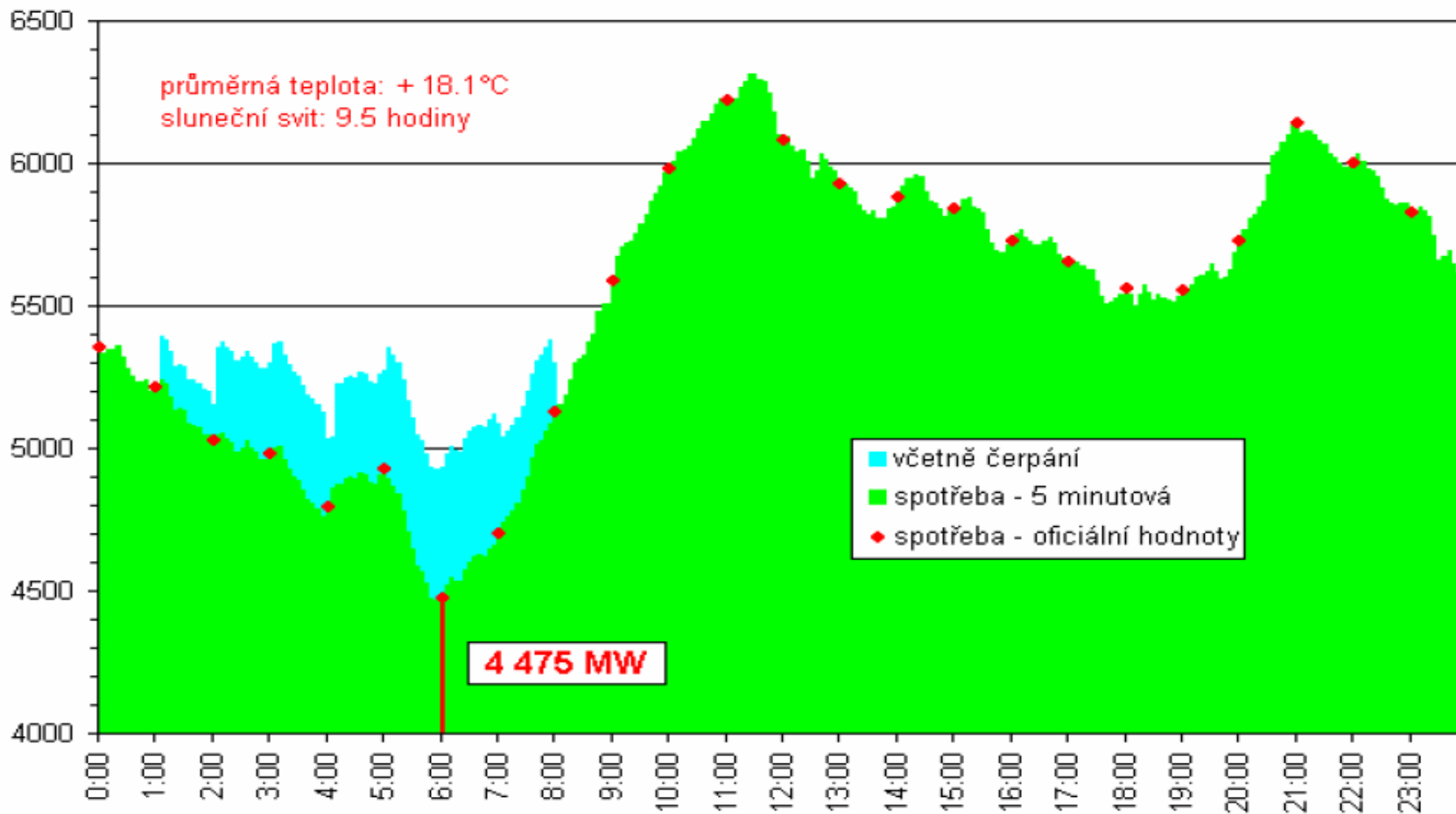


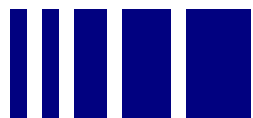


Denní diagramy zatížení - roční minimum

MW

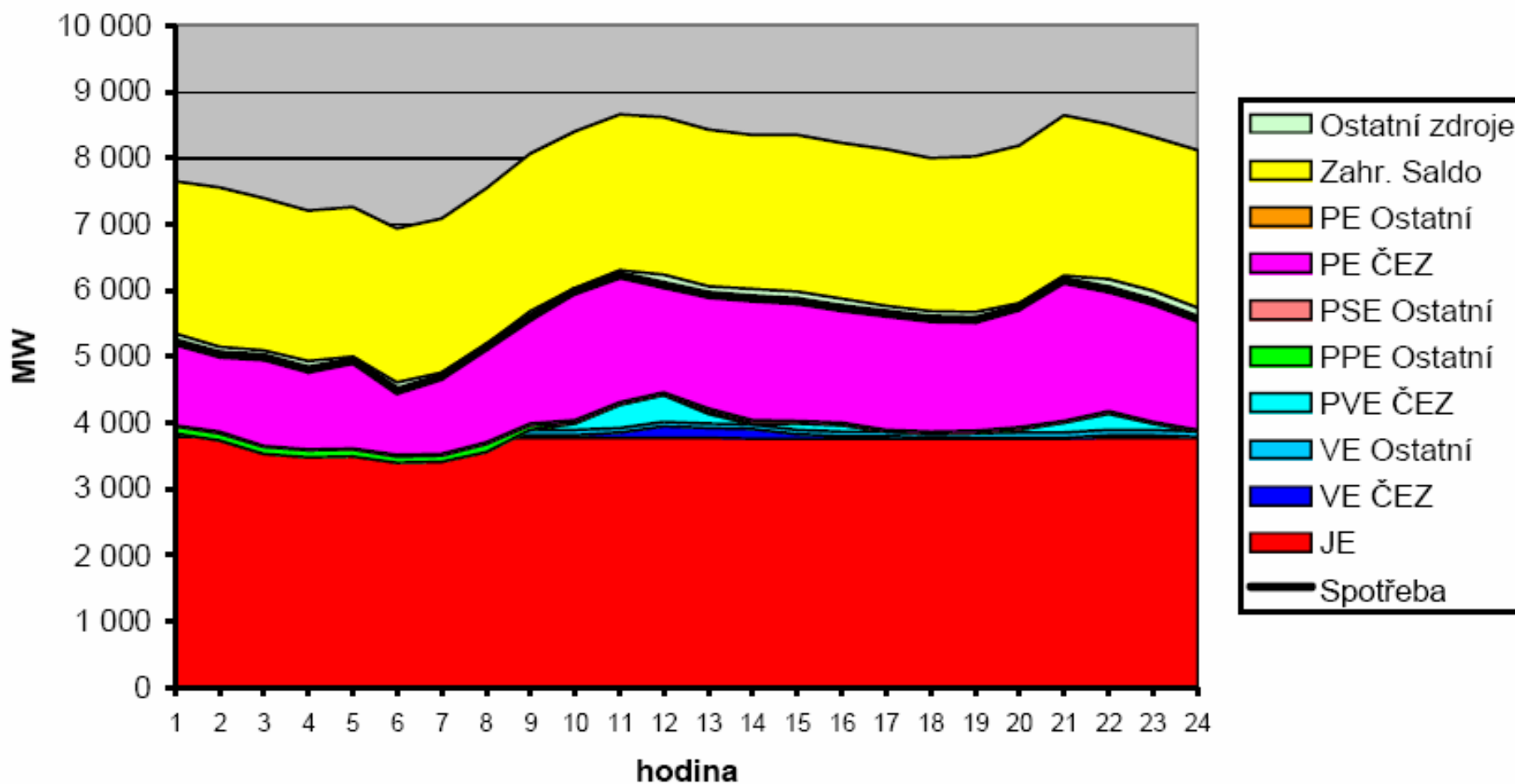
Průběh spotřeby ve dni ročního minima: 15.08.2004





Diagramy zatížení nasazení zdrojů R min

Průběh spotřeby brutto ke dni ročního minima (15.08.2004)





Specifika řízení ES

- Výrobní základna spolu s přenosem a rozvodem elektrické energie na straně jedné a odběrem na straně spotřeby tvoří jeden celek, jehož provoz musí respektovat
- Neskladovatelnost elektrické energie
 - V každém okamžiku platí rovnováha energetické bilance.
 - Rychlost přechodových jevů - změny provozních stavů v důsledku připojení a odpojení některého prvku soustavy, v důsledku zkratu, přepětí, porušení stability soustavy apod. probíhají zpravidla ve zlomcích sekundy.
 - Fyzikální jednotnost - každý děj v elektrizační soustavě se promítá do parametru chodu všech jejích prvků.
- Provoz ES a tedy i její výrobní části musí být řízen jednotně tak, aby byla průběžně zajišťována rovnováha mezi spotřebou a výrobou elektrické energie při maximální efektivnosti technologického procesu její výroby a při respektování programu tvorby a ochrany životního prostředí, jakož i dodržování podmínek chodu propojených soustav.
- Pro optimální řešení provozu ES ČR včetně mezinárodní spolupráce a vytváření prostoru pro údržbu, rekonstrukce a uvádění do provozu nových zdrojů se provádí rovněž krátkodobá, střednědobá a dlouhodobá příprava provozu.
- Pro všechny časové horizonty jsou vytvářeny diagramy zatížení, určující i skladbu výrobní základny.
- Operativní řízení ES zajišťuje řízení kmitočtu a předávaných výkonů, regulaci napětí a jalových výkonů, hospodárnost, plnění ekologických požadavků aj.



Bilanční rovnice ES

- Jedním ze základních problémů zajištění plynulé dodávky elektrické energie je neskladovatelnost elektřiny. Výroba musí probíhat v době, kdy se uskutečňuje spotřeba. V každý časový okamžik musí být v ES udržována rovnováha mezi výrobou a spotřebou elektrické energie.

$$\vec{S}_v(t) = \vec{S}_s(t) + \vec{S}_z(t) + \vec{S}_a(t)$$

- Určující je bilance činného výkonu, která se promítá do změny kmitočtu. Prvky elektrizační soustavy jsou konstruovány pro provoz při jmenovitém kmitočtu 50 Hz.
- Kvalitu elektrické energie určují provozní parametry kmitočet f a napětí U .



Regulace v ES

- Dostačující hodnota instalovaného výkonu
 - je pouze jedním z předpokladů spolehlivého provozu ES.
- Druhým je dostatečné množství regulačního výkonu,
 - který je nutný ke kompenzaci poruch v rovnováze mezi zatížením a výkony zdrojů.
- Obecně lze regulaci rozdělit na:
 - regulaci na straně výroby (regulační výkony)
 - regulaci na straně spotřeby (regulační zatížení)
- Jednotlivá zařízení, jak na straně spotřeby, tak i na straně výroby, poskytují regulační služby.
 1. statické regulační služby
 - Zahrnují výkony, jejichž nasazení se plánuje.
 - Změny výkonu probíhají ve velkém rozsahu při malých rychlostech změny.
 2. dynamické regulační služby
 - Zahrnují výkony, jejichž nasazení nelze plánovat.
 - Změny výkonu probíhají v malém rozsahu při velkých rychlostech změny.



Regulace v ES

- Zařízení poskytující regulační služby se navzájem liší především :
 1. rychlostí změny výkonu v_p
$$v_p = \Delta P / dt \quad [\text{MW}/\text{min}]$$
$$\Delta P \dots \text{změna výkonu} \quad [\text{MW}]$$
$$\Delta t \dots \text{čas potřebný k dosažení změny} \quad [\text{min}]$$
 2. regulačním pásmem RP [MW]
rozsah výkonu, v němž lze s danou rychlostí změny výkonu regulovat
 3. regulačním rozsahem RR [MW]
rozsah výkonu, v němž lze i pomalou rychlostí měnit výkon
 4. dobou, během které může zařízení poskytovat regulační službu



Regulace v ES na straně spotřeby

- **Řízení spotřeby elektřiny**
- **Usměrňování poptávky po elektrické energii obvykle technickými nebo ekonomickými nástroji. Z technických prostředků je nejvíce rozšířeno hromadné dálkové ovládání, které se v ES ČR používá pro dálkové ovládání elektrotepelných spotřebičů a umožňuje přizpůsobení odběru těchto spotřebičů možnostem elektrizační soustavy a ekonomickým potřebám distribučních společností. Z ekonomických nástrojů na řízení poptávky je možno uvést například vhodně navržené tarify za elektrickou energii, které zvýhodňují odběr v obdobích kdy je to z hlediska celé ES výhodné.**
- **Řízení zatížení - nedochází ke změně celkové poptávky, ale jen k jejímu přesunu.**
- **Pro označení řízení spotřeby opatření na ovlivňování poptávky a netýká se pouze elektřiny. Prostředky řízení spotřeby můžeme rozdělit na přímé a nepřímé.**
- **Mezi přímé prostředky patří hromadné dálkové ovládání a akumulátory energie.**
- **Ve stavech nouze a v poruchových stavech se dále používají tyto prostředky, no**
 - **regulační plán a vypínací plán**
 - **automatické frekvenční odlehčování podle frekvenčního plánu**
 - **jiné smluvně zajištěné prostředky**
- **Mezi nepřímé prostředky patří programy úspor energie a zlepšení účinnosti elektrických spotřebičů a systém tarifů za elektřinu.**



Regulace v ES na straně spotřeby

- HDO
- Původní filosofie použití akumulčních elektrotepelných spotřebičů (nabíjení jednotně v době nočního provalu DDZ) vede při větším rozšíření těchto spotřebičů ke zhoršení tvaru DDZ dané oblasti. Jejich soudobost, typická pro začátek nabíjení, byla příčinou vzniku nočního špičkového zatížení, které v určitých oblastech převýšilo denní maximální zatížení.
- Při provozu akumulčních elektrotepelných spotřebičů bylo dosaženo určitých úspěchů
 - snížení poměru maximálního zatížení k minimálnímu zatížení DDZ
 - zvýšila se doba využití maxima zatížení v lednu.
- Akumulace energie
 - Proces umožňující “uskladnění energie” na vhodném místě, ve vhodné formě, aby byla připravena pro příští použití ve vhodný čas v požadované kvantitě i kvalitě. Zařízení pro akumulaci energie se obecně označuje jako akumulátor.
- V současnosti se považuje za nejdůležitější 5 základních způsobů akumulace energie:



Regulace v ES na straně spotřeby

- **1.Kvantitativní akumulace**
 - zásoby pevných, kapalných nebo plyných paliv.
- **2.Tepelná akumulace**
 - označuje akumulaci energie ve formě tepla. Těto akumulace využívají tepelné akumulátory, které představují buď speciální zařízení, nebo běžné součásti technologických celků (dlouhé teplovody), které umožňují využít akumulovanou tepelnou energii pro přeměnu na jiný druh energie (obvykle elektrické).
- **3.Chemická nebo elektrochemická akumulace**
 - označuje akumulaci elektrické energie ve formě chemické energie a využívá se v chemických bateriích nebo v akumulátorech. Akumulátory využívají přeměnu elektrické energie na energii chemickou, kterou je možno v případě potřeby transformovat zpět na elektrickou energii.
- **4.Mechanická akumulace**
 - využívá potenciální (gravitační) energii nebo kinetickou energii v zařízeních umožňujících přeměnu této energie na jinou formu vhodnější pro praktické využití. V elektroenergetice se tohoto způsobu akumulace energie využívá u akumulčních vodních elektráren a rovněž u přečerpávacích vodních elektráren. U AVE se jedná o prostou mechanickou akumulaci, ale PVE využívají přeměnu elektrické energie na energii potenciální, která se v případě potřeby mění zpět na elektrickou energii.
 - Jinou formou mechanické akumulace energie jsou zásobníky stlačeného vzduchu (plynu), které však nejsou příliš prakticky využívány.
 - Akumulace ve formě kinetické energie využívají tzv. setrvačníky, které v současnosti nejsou příliš prakticky využívány, ale možnosti jejich praktického uplatnění se zkoumají.
- **5.Elektromagnetická akumulace**
 - založená na akumulování energie formou elektromagnetického pole kolem supravodivých vodičů. Tento způsob akumulace energie je poměrně nový a je předmětem intenzivního výzkumu.



Zadání 1. Semestrální práce

Vytvořte dokument Word, který bude obsahovat

- Rešerži možnosti realizace regulace na straně spotřeby
 - Popis principu
 - Regulační výkonový rozsah
 - Rychlost změny výkonu
 - Dobu, během které může zařízení poskytovat regulační službu
 - Úskalí realizovatelnosti
-
- Zadání - 2. týden
 - 10 min prezentace - 6. týden odevzdání