



Energetická gramotnost

Energetika

21



MORAVSKOSLEZSKÝ **ENERGETICKÝ** KLASTR

Energetická gramotnost

CZ.1.07/3.1.00/37.0276

PODĚKOVÁNÍ

Realizační tým Moravskoslezského energetického klastru
věnuje poděkování autorům vzdělávacího manuálu k rozšíření informovanosti občanů
o ústřední roli energie v moderním životě.

Vzdělávací manuál byl realizován za finančního přispění Evropské unie v rámci projektu:
Energetická gramotnost - propagace a zkvalitnění nabídky vzdělávání jednotlivců v oblasti energetiky.



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

1. ÚVOD	5
2. ENERGIE	5
3. ENERGETIKA	6
4. ZDROJE ENERGIE	7
4.1. Energetické využití uhlí	8
4.2. Energetické využití ropy	10
4.3. Energetické využití zemního plynu	10
4.4. Jaderná energetika	11
4.5. Energetické využití vody	13
4.6. Energetické využití biomasy	14
4.7. Energetické využití Slunce	16
4.8. Energetické využití větru	18
4.9. Využití geotermální energie	20
4.10. Využití tepla prostředí	21
4.11. Energetické využití odpadů	21
4.12. Energetické využití vodíku	21
5. ROZBOR POJMŮ ELEKTRIZAČNÍ SOUSTAVY	23
5.1. Elektrárny	24
5.2. Elektrické stanice	24
5.3. Transformátory v přenosové soustavě	27
5.4. Vedení přenosové soustavy	27
6. TEORIE VEDENÍ VVN A ZVN	29
6.1. Elektrické parametry vedení	29
7. TEORIE ZTRÁT ELEKTRICKÉ ENERGIE	30
7.1. Jouleovy ztráty	32
7.2. Ztráty svodem	33
7.3. Ztráty korónou	34
8. ŘÍZENÍ ENERGETICKÉ SOUSTAVY	34
9. LIBERALIZACE TRHU S ELEKTRINOU	35
9.1. Liberalizace odvětví energetiky	36
9.2. Subjekty působící v oblasti liberalizované energetiky	36
10. ZÁVĚR	39
POUŽITÉ ZDROJE	41
SEZNAM ZNAČEK A ZKRATEK	42
SLOVNÍČEK POJMŮ	43

1. ÚVOD

V současnosti je Česká republika zemí, ve které většina lidí považuje za naprostou samozřejmost, že po zapnutí vypínače svítí světlo, na čerpacích stanicích je dostatek pohonných hmot, podle potřeby můžeme topit, vařit, ...

Je to ale opravdu samozřejmost? Mnozí se příliš nezamýšlí, nebo vůbec neví, kde se energie, kterou využívají, bere. V následujících kapitolách chceme čtenáři představit vybrané informace o současné energetice.

První polovina textu je věnována především jednotlivým zdrojům energie a možnostem jejich využívání. Čtenář se může postupně seznámit s energetickým využitím uhlí, ropy, zemního plynu, jadernou energetikou, energetickým využitím vody, biomasy, Slunce, větru, odpadů, využitím geotermální energie a tepla prostředí.

Druhou část tvoří popis elektrizační přenosové soustavy. Materiál má široké veřejnosti představit základní pojmy z oblasti elektroenergetiky, přenosu a řízení energetické soustavy.

Tato kniha vychází svou koncepcí z projektu *Energetická gramotnost – propagace a zkvalitnění nabídky vzdělávání jednotlivců v oblasti energetiky* (CZ.1.07/3.1.00/37.0276), v rámci něhož vznikly i publikace *Energetická náročnost budov* a *Energie a život*, které se zabývají dalšími oblastmi energetiky.

Autoři jsou dlouholetí pedagogové Ostravské univerzity. Pavel Dostál (autor kapitol 2 až 4; pavel.dostal@osu.cz) přednáší o energetice v předmětech Stroje a zařízení, Environmentální politika a Životní prostředí, Ladislav Rudolf (autor kapitol 5 až 9; ladislav.rudolf@osu.cz) v předmětech Elektroenergetika a Elektrotechnika. Autoři Vám budou vděční za veškeré náměty a připomínky k tomuto textu.

2. ENERGIE

V obecném pojetí vyjadřuje pojmem energie schopnost nějakého výkonu, činnost, ráznost, osobní vitalitu apod. **Z fyzikálního hlediska je energie definována jako schopnost konat práci nebo množství utajené práce.** Rozlišujeme různé druhy energie – mechanickou, tepelnou, elektrickou, chemickou, jadernou, ...

Hlavní jednotkou energie (a práce) je **joule [J]**. Jeden joule je práce, kterou vykoná síla 1 N působící po dráze 1 m ve směru síly. Protože se jedná o jednotku malou, používají se často jednotky násobné – kJ, MJ, GJ, TJ, PJ.

Energie vykonaná v určitém čase je výkon. Tedy:

$$P = \frac{E}{t}$$

kde P je výkon, E je energie a t je čas.

Hlavní jednotkou výkonu je **watt [W]**. Jeden watt je rovnoměrně vykonaná práce 1 J za 1 s. Opět se často používají násobné jednotky – kW, MW, GW.

Další často používaná jednotka energie vyplyne z předchozí rovnice, přepíšeme-li ji do tvaru

$$E = P \cdot t$$

a dosadíme jednotky, tedy: $[J = W \cdot s]$ neboli $[J = Ws]$. Častěji se používá jednotka Wh respektive násobná jednotka kWh (tedy 1 kWh = 3 600 000 J).

Všechny organismy, všechny ekosystémy, stejně jako lidská civilizace nezbytně potřebují pro svou existenci energii. Prapůvodním zdrojem energie, která nám v nejrůznějších podobách slouží, je Slunce. Slunce je obrovský termonukleární reaktor. Energie se uvolňuje přeměnou vodíku na helium. Teplota na povrchu Slunce je přibližně 6000 °C, ve středu se odhaduje na 15 miliónů °C. Přestože se každou sekundu přemění okolo půl miliardy tun vodíku na helium, předpokládá se, že je Slunce z našeho pohledu nevyčerpatelným zdrojem a bude vydávat energii ještě okolo 6 miliard let.

Slunce uvolní každou sekundu obrovské množství energie $3,8 \cdot 10^{23}$ J (jeho výkon je tedy $3,8 \cdot 10^{23}$ W). Z tohoto množství směřuje k Zemi jen zlomeček, ale stále se jedná o obrovských $180 \cdot 10^{15}$ J za sekundu. Z tohoto množství se:

- asi 34 % odrazí od atmosféry (tedy přibližně třetina);
- asi 66 % projde k Zemi (tedy asi $120 \cdot 10^{15}$ J za sekundu), přičemž
 - asi 41 % ohřeje povrch Země;
 - asi 23 % je spotřebováno na koloběh vody;
 - asi 2 % je spotřebováno na pohyb vzdušných proudů;
 - a pouze asi 0,05 % je využito k fotosyntéze (tedy k tvorbě organické hmoty).

Veškerá tato energie se však nakonec vrací v podobě tepelného záření do Vesmíru, čímž se tepelná bilance Země (a tím i její povrchová teplota) udržuje v rovnováze.

Zásadní je zákon o zachování energie. **Energie nemůže ani vznikat ani zanikat, pouze dochází ke vzájemné transformaci jejích forem.**

Dále je zásadní, že děje spojené s transformacemi a přenosem energie mají vždy nižší než 100 % účinnost. Jsou tedy spojeny se ztrátami, které jsou realizovány v podobě ztrátového tepla.

3. ENERGETIKA

Energetika je průmyslové odvětví (nebo věda) zabývající se získáváním, přeměnami, dopravou a použitím jednotlivých forem energie.

Průměrná roční spotřeba energie v potravinách je u jednoho člověka okolo 4 GJ. Spotřeba energií našich předků se postupně zvyšovala. Když začal používat ohně a chovat domácí zvířata, zvýšila se jeho celková spotřeba energie 3 – 5 krát. Další prudký nárůst byl podmíněn využitím páry, průmyslovou revolucí a 20. století je možno přes různé výkyvy charakterizovat stále prudce rostoucí spotřebou energií. V dnešním světě jsou státy, ve kterých je průměrná celková spotřeba energie na osobu menší než 20 GJ/rok (Etiopie, Filipíny, Haiti, Jemen, Súdán apod.), ale také státy, ve kterých je vyšší než 150 GJ/rok (Kanada, USA, ČR, Německo apod.).

Vysoká spotřeba energie na osobu však nemusí vždy znamenat vyspělost a vysokou životní úroveň, ale je ovlivněna například klimatickými podmínkami. Dalším významným faktorem je efektivnost využívání energie, kterou můžeme zjednodušeně stanovit tak, že vztáhneme spotřebu energie na hrubý národní produkt (tak můžeme například zjistit, kolik energie je ve kterém státě potřeba k vyprodukování 1 EUR). Z tohoto ukazatele je možné zjistit, že ČR patří ke státům s nejvyšší energetickou náročností ekonomiky.

Hlavními primárními zdroji energie jsou dnes fosilní paliva (uhlí, ropa a zemní plyn), které jsou vlastně „konzervovanou koncentrovanou“ sluneční energií transformovanou fotosyntézou v tělech rostlin, kterou nám příroda v dávné minulosti připravila. Problémem je tedy jejich vyčerpatelnost a dále poškozování životního prostředí při jejich těžbě, dopravě a využívání.

Dalšími zdroji energie jsou radioaktivní látky a tzv. obnovitelné zdroje energie (vodní energie, energie biomasy, solární energie, větrná energie, geotermální energie, energie prostředí).

Proč nejsou obnovitelné zdroje energie používány ve větším měřítku, když nehrozí jejich vyčerpání a jejich využívání není spojeno s tak velkým poškozováním životního prostředí jako u fosilních paliv? Na tuto otázku by Vám měly poskytnout odpověď následující kapitoly.

Současným trendem v energetické politice je prosadit vyrovnaný „**energetický mix**“, ve kterém každý druh zdrojů hraje svoji opodstatněnou roli, odvislou zejména od své pozice ve filosofii udržitelného rozvoje, ekonomických ukazatelů a technických parametrů. Není jednoduché a jednoznačné řešení pro vytvoření tohoto mixu, neboť každý zdroj má své výhody i nevýhody. Výsledek bude také značně rozdílný podle podmínek jednotlivých energetických soustav. Vytvořením optimálních energetických mixů je cílem energetických politik jednotlivých států, případně Evropské unie. Spotřebitele však většinou zajímá něco jiného, především **bezpečné a pohodlné zajištění dodávek elektřiny, tepla a pohonných hmot, za co nejnížší cenu**. Část spotřebitelů se také zajímá o vlivy energetiky na životní prostředí.

Nyní je čas na dvě poznámky:

1. Podle zákona o zachování energie nemůže energie ani vznikat ani zanikat. Kdybychom tedy byli důslední, museli bychom tvrdit, že „v elektrárnách se vyrábí elektrická energie“, považovat za nesmyslné (*energii přece nelze vyrobit, lze pouze transformovat její formy*). Protože se ale jedná o běžně používané srozumitelné slovní spojení, bude i v tomto textu běžně používáno.

2. Hovoří-li se o energii, je třeba pozorně rozlišovat, o kterou formu energie jde (zda o elektrickou energii, tepelnou energii, celkovou energii atd.), protože v této věci často dochází k omylům a nedorozuměním. V energetice se nejčastěji hovoří o elektrické energii. Její místo je v mnoha oborech nezastupitelné (například v počítačové technice); je „čistou“ formou energie (opomeneme-li způsob její výroby); s poměrně dobrou účinností se dá přenášet na velké vzdálenosti a transformovat na tepelnou a mechanickou energii. Jejími „špatnými“ vlastnostmi jsou především obtížná skladovatelnost a malá účinnost při její výrobě (s příslušnými environmentálními dopady), nízká je také účinnost přeměny elektrické na světelnou energii.

4. ZDROJE ENERGIE

Zjednodušeně bývají zdroje energie děleny na neobnovitelné a obnovitelné.

Neobnovitelné zdroje energie jsou především:

- fosilní
 - uhlí
 - ropa
 - zemní plyn
- jaderné

Obnovitelné zdroje energie jsou především:

- voda
- slunce
- vítr
- biomasa
- odpady
- geotermální energie
- teplo prostředí

Jedním z pilířů energetické politiky EU je podpora rozvoje využívání obnovitelných zdrojů energie (OZE). Na přelomu tisíciletí byla přijata směrnice EU 2001/77/ES, se závazkem navýšit výrobu elektrické energie z OZE ze 13,9 % v roce 1997 na 22 % v Evropské unii jako celku do roku 2010. Jednotlivé státy přijaly dílčí závazky podle vlastních podmínek. ČR se zavázala navýšit výrobu elektřiny z OZE z přibližně 4 % na 8 %. Vyvolalo to pochopitelně širokou diskusi, jestli je to možné, jak toho dosáhnout, které zdroje a jak podporovat, co to bude stát a podobně.

Byla přijata řada legislativních opatření, byl nastaven systém podpory OZE. Přes některé velmi diskutabilní efekty, jako například enormní rozvoj fotovoltaických elektráren na zemědělské půdě s příslušným negativním dopadem na státní rozpočet, je možné konstatovat, že ČR k roku 2010 svůj závazek splnila.

Povyhodnocení průběhu plnění směrnice 2001/77/ES byla 23. dubna 2009 přijata směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/28/ES o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů, z níž pro **Evropskou unii jako celek vyplývá cíl 20 % podílu energie z obnovitelných zdrojů**. Pro každý členský stát EU byla stanovena konkrétní závazná výše tohoto podílu podle jeho podmínek. **Pro Českou republiku byl Evropskou komisí stanoven podíl energie z OZE na hrubé konečné spotřebě minimálně ve výši 13 % v roce 2020**. Je zcela v kompetenci našeho státu, jakým způsobem tohoto cíle dosáhneme. Vláda ČR schválila 8. listopadu 2012 Národní akční plán České republiky pro energii z obnovitelných zdrojů, který stanovuje scénář vývoje pro jednotlivé konkrétní OZE tak, aby bylo v roce 2020 tohoto cíle dosaženo.

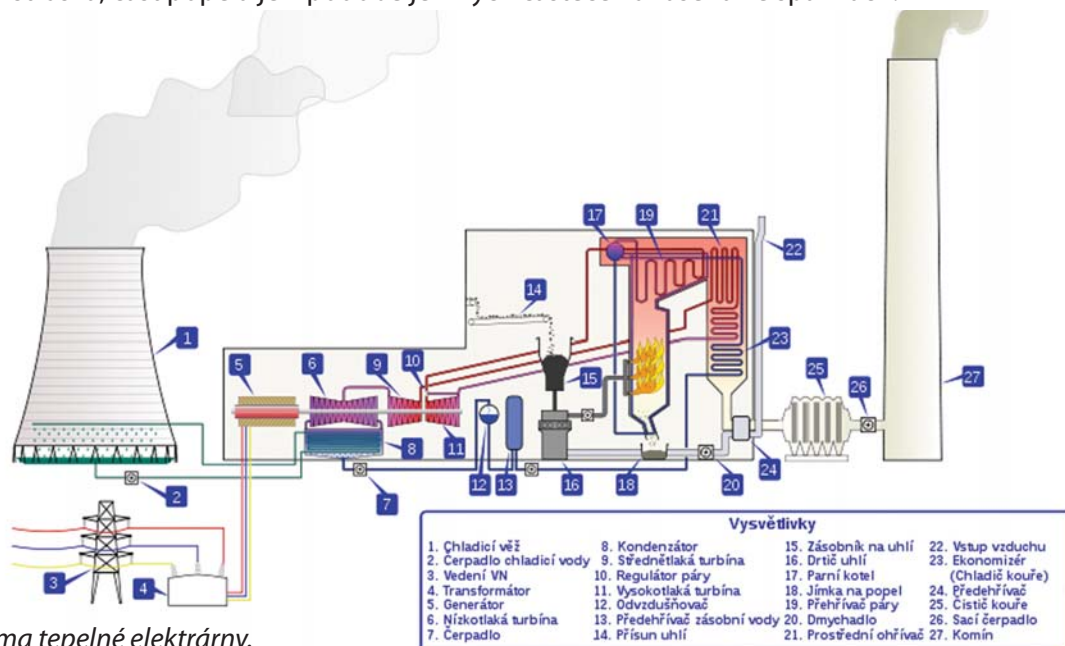
4.1. ENERGETICKÉ VYUŽITÍ UHLÍ

České energetice dominují uhelné zdroje, které dodávají, jako zdroje základního zatížení, téměř 60 % elektrické energie (průměr EU je přibližně 15 %) a velkou část tepla jak prostřednictvím centrálního tak individuálního vytápění. Většina elektráren v ČR spaluje hnědé energetické uhlí, výjimkou je několik černouhelných elektráren v Moravskoslezském kraji.

Uhlí vzniklo před milióny let z rostlinných a živočišných zbytků, které byly uloženy bez přístupu vzduchu. Ložiska uhlí jsou rozmístěna prakticky po celém světě. Největší zásoby uhlí jsou evidovány v USA, Rusku, Číně, Austrálii a Indii (milióny tun zásob uhlí v ČR představují pouze přibližně 0,5 % celosvětových zásob). Nejvíce (okolo 40 %) uhlí se těží v Číně. Přibližně 40 % celosvětové výroby elektřiny je založeno na spalování uhlí.

V ČR se těží kvalitní černé uhlí hlubinným způsobem na Karvinsku, přičemž téměř jeho polovina se exportuje. Hnědé uhlí se v ČR těží v povrchových dolech v Mostecké a Sokolovské pánvi v severozápadních Čechách a naprostá většina se spotřebovává v tuzemské energetice.

Výroba elektrické energie v moderních elektrárnách je složitý proces. K dopravě uhlí se většinou využívá železnice. K zajištění provozu průměrné elektrárny na jeden den je zapotřebí okolo 300 vagonů uhlí. Přivezené uhlí je možné skládkovat a tím vytvářet rezervu pro případ přerušení dodávky paliva. Uhlí se drtí a mele na uhelný prach, který je spolu se vzduchem vháněn do hořáků **kotle**. V kotli palivo shoří a hrubší část popela padá do spodní části ohniště jako struska, část popela je v podobě jemných částíček unášena ve spalínách.



Obr. 1: Schéma tepelné elektrárny.

Ve stěnách kotle jsou svislé trubky, kterými proudí voda. Ta přejímá vzniklou tepelnou energii a následně se odpařuje. Vzniklá tzv. sytá pára je dále přehřívána spaliny na teplotu okolo 550 °C. Tato tzv. ostrá pára proudí potrubím do parní **turbíny**. Zde předá svou energii a roztočí turbínu, která následně roztočí **generátor**, ve kterém se generuje elektrická energie.

Když pára odevzdala při průchodu turbínou využitelnou energii a tím se ochladila na přibližně 40 °C, přechází do **kondenzátoru**. To je velká nádoba, kterou proudí studená voda chladicího okruhu. Pára se zde ochlazuje, kondenzuje a vzniklá voda je následně **čerpádly** opět vháněna do kotle a celý oběh se opakuje. Voda chladicího okruhu je ochlazována v **chladicích věžích** většinou hyperbolického tvaru (z nichž vystupuje pouze čistá pára).



Obr. 2: Rotor parní turbíny.

Všechny velké uhelné elektrárny v ČR jsou vybaveny technologiemi čištění spalin. K zachycování tuhých znečišťujících látek (jemného popílku) jsou obvykle používány tzv. elektrostatické odlučovače, které dokáží zachytit více než 99 % popílku. Tuhu spalin se staví do cesty soustava drátěných vysokonapěťových elektrod, které přitahují jemné částičky popílku s opačnými elektrickými náboji.

Uhlí obsahuje podle druhu a místa původu 0,5 až 10 % síry („české“ hnědé uhlí má 1 až 3 % síry, „karvinské“ černé uhlí pod 1 %), která při spalení přechází do spalin ve formě oxidu siřičitého (SO_2). Nejrozšířenější metoda odsiřování je tzv. mokrá vápencová vypírka spalin, při níž se SO_2 zachycuje na vodní suspenzi jemně mletého vápence s účinností zachycení až 96 %. Vzniklým produktem je tzv. energosádrovec ($\text{CaCO}_3 \times 2\text{H}_2\text{O}$), který je využíván jako kvalitní náhrada přírodního sádrovce (který je průmyslově těžen) především ve stavebnictví (při výrobě cementu, sádry nebo známých sádkartonových desek).

Ke snížení emisí oxidů dusíku (NO_x) je možné elektrárny vybavit denitrifikačními technologiemi založenými jednak na principu snížení tvorby NO_x úpravou spalovacího procesu jednak na čištění spalin selektivní redukcí.

Výhody energetického využívání uhlí:

- tradiční technologie (to má vliv nejen na vysokou míru znalostí v této oblasti, ale máme také zavedenou logistiku těžby, dopravy a zpracování uhlí, včetně průmyslové výroby technologických zařízení);
- stálý a dlouhodobý výkonný zdroj;
- relativně dobrá cena (nevyžadující dotace ze strany státu);
- „dostatečné“ zásoby v ČR (nejsme závislí na dovozu a tím jsou eliminována rizika s tím spojená);
- dobrá výhřevnost;
- možnost akumulace energie (skládkováním zásob uhlí).

Nevýhody:

- poškození ekosystémů těžbou (v případě povrchové těžby naprostá devastace původního ekosystému);
- emise tuhých a plyných znečišťujících látek (CO_2 , CO , SO_x , NO_x , PAU, ...; přestože jsou spaliny čištěny, jsou uhelné elektrárny nezanedbatelným zdrojem znečištění);
- neobnovitelný zdroj;
- nízká účinnost výroby elektřiny (účinnost samostatné výroby elektřiny je pouze okolo jedné třetiny, to znamená, že dvě třetiny se ztrácejí v „odpadním“ teple; proto je jednoznačným trendem snaha využít co největší část „odpadního“ tepla například k centrálnímu vytápění měst nebo v průmyslu a tím podstatně zvýšit energetické využití uhlí; bohužel ne vždy se daří najít pro vznikající teplo efektivní využití);
- neekonomická a relativně pomalá regulace (uhelné elektrárny není příliš vhodné využívat k regulacím výkyvů v sítích, nejvhodnější je, když jsou provozovány na konstantní výkon; navíc náběh elektrárny na plný výkon může trvat i několik hodin).

Využívání významného domácího zdroje energie, zásob uhlí, by mělo v ČR v dlouhodobé perspektivě postupně klesat, některé uhelné elektrárny budou postupně odstaveny, část bude modernizována. Nové uhelné zdroje by měly být orientovány výhradně na společnou výrobu elektřiny a tepla s vysokou účinností využití uhlí a co nejmenším dopadem na životní prostředí.

4.2. ENERGETICKÉ VYUŽITÍ ROPY

Ropa je směs uhlovodíků světle žluté až černé barvy. Ložiska ropy se vyskytují většinou mezi dvěma nepropustnými vrstvami okolních hornin v hloubkách až několika stovek metrů. Vznik ložisek není zcela jednoznačně objasněn, nejčastěji se předpokládá, že vznikla rozkladem odumřelých drobných organismů za příznivých podmínek bez přístupu vzduchu.

Ropná ložiska se těží hlubinnými vrty na souši i z mořského dna pomocí vrtných plošin. Dopravuje se především ropovody a po moři tankery. Ropa je strategická surovina, která významně ovlivňuje hospodářství (ale i politiku) na celém světě. Protože jsme v ČR kromě malého množství, které se těží na jižní Moravě, téměř stoprocentně závislí na dovozu ropy, je v našem strategickém zájmu mít ropovody z více zemí a snižovat tak rizika spojená s přerušením dodávek. Dále je důležité mít dostatečné „nouzové“ zásoby. ČR má zásoby ropy přibližně na 90 dnů. Tyto zásoby budou do budoucna ještě přibližně o třetinu navýšeny.

V té podobě, v jaké je ropa vytěžena, není prakticky použitelná a většina se zpracovává v rafineriích. **Ropa je především surovinou pro výrobu pohonných hmot** a dále surovinou pro chemický průmysl. V mnoha státech mají ropné topné oleje významný podíl při výrobě tepla, v ČR je podíl topných olejů na vytápění jen přibližně 2 %.

4.3. ENERGETICKÉ VYUŽITÍ ZEMNÍHO PLYNU

Hlavní složkou zemního plynu je metan (CH_4). Většinou se vyskytuje ve společných ložiscích s ropou. Těží se vrty na souši i z mořského dna.

Doprava zemního plynu je zajišťována především plynovody. Podobně jako u ropy je ČR kromě malého množství zemního plynu, které se těží na jižní Moravě, závislá na dovozu této strategické suroviny a je proto potřebné mít diverzifikované zdroje a současně dostatečné zásoby (v podzemních zásobnících).

Plyn se využívá pro výrobu elektřiny, pro individuální i centrální vytápění, vaření i v dopravě. Pro lokální vytápění využívá zemní plyn v ČR přibližně 27 % domácností, dalších přibližně 10 % je napojeno na centrální zásobování teplem založeném na spalování zemního plynu. V dopravě je očekáván nárůst počtu vozidel na stlačený zemní plyn (CNG), ve výstavbě jsou další plnicí stanice.

Podíl zemního plynu na výrobě elektrické energie v ČR činil v roce 2012 přibližně 4 %, vzhledem k výstavbě první paroplynové elektrárny v ČR je již v roce 2013 očekáván podstatný nárůst.

Hlavní výhody výroby elektřiny ze zemního plynu:

- výborná regulovatelnost umožňující vykrývat kolísání výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů;
- ve srovnání se spalováním uhlí menší emise znečišťujících látek;
- relativně dobrá cena.

Hlavní nevýhody:

- závislost na dovozu;
- neobnovitelný zdroj.

Dá se předpokládat, že podíl plynových zdrojů konstruovaných pro kombinovanou výrobu elektřiny a tepla bude v ČR narůstat i v souvislosti s ukončováním provozu uhelných elektráren.

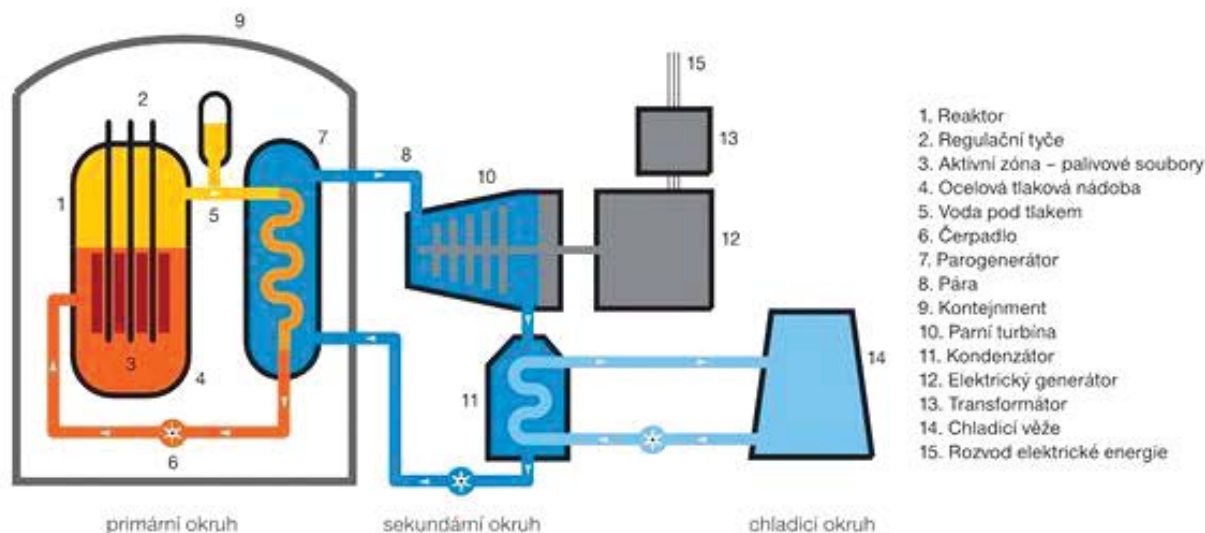
4.4. JADERNÁ ENERGETIKA

Jaderné elektrárny jsou druhým největším zdrojem elektrické energie v ČR, v současnosti dodávají přibližně 33 % elektřiny. Princip činnosti jaderné elektrárny je do značné míry podobný elektrárně uhelné. Také zde pára roztáčí turbínu a turbína elektrický generátor, ale zdrojem tepla je štěpení jader uranu v jaderném reaktoru.

Palivem v jaderných elektrárnách je uran. Uranové rudy se nacházejí a těží ve více státech světa. V Česku se dříve těžil uran i loužením se značnými negativními dopady na životní prostředí. Dnes se těží pouze hlubinným způsobem v jediném dole poblíž Dolní Rožínky u Žďáru nad Sázavou. Předpokládá se, že do deseti let bude toto naleziště vyčerpáno a proto se uvažuje o těžbě na některém z jiných míst v ČR.

Vytěžený uran (obsahuje více než 99 % izotopu ^{238}U) však není přímo energeticky využitelný. Aby mohl být použit v našich jaderných elektrárnách, musí být přepracován, především obohacen (to znamená zvýšení koncentrace izotopu ^{235}U z přibližně 0,7 % na 2 až 5 %). Touto technologií však ČR nedisponuje (tuto náročnou technologii má k dispozici jen několik málo jaderných mocností). Uran proto musí být obohacen v zahraničí (obvykle v Rusku nebo USA).

Ve světě jsou v provozu stovky jaderných reaktorů různých typů. Nejběžnější jsou tzv. tlakovodní reaktory (PWR), které máme i v ČR. V reaktoru se přeměňuje jaderná energie uranu pomocí řízené štěpné reakce na energii tepelnou. V reaktoru jsou palivové soubory (kazety) tvořené z palivových proutků, které jsou tvořeny z palivových tablet. Tepelná energie je odváděna vodou z primárního okruhu, která je současně moderátorem (tzn. slouží ke snížení rychlosti volných neutronů, což je nezbytné k dalšímu štěpení). Oběh vody zajišťuje několik oběhových čerpadel. Teplo z primárního okruhu se předává v tepelných výměnících (parogenerátorech) do sekundárního okruhu (v parogenerátoru se předává pouze teplo, zatímco voda z primárního okruhu, je z důvodu jaderné bezpečnosti od sekundárního okruhu oddělena). V sekundárním okruhu se nachází parní turbína, kondenzátor a oběhová čerpadla, obdobně jako v uhelných elektrárnách.



Obr. 3: Schéma jaderné elektrárny.

Hlavní výhody jaderné energetiky:

- žádné emise znečišťujících látek;
- stálý, výkonný, dlouhodobý zdroj (koeficient ročního využití JE Temelín v roce 2012 byl 85,51 %);
- velmi vysoká „výhřevnost“ paliva (z 1 kg uranu získáme přibližně stejně energie jako z 30 000 kg černého uhlí, to umožňuje na rozdíl od všech ostatních zdrojů vytvořit strategické rezervy na několik let provozu).

Hlavní nevýhody jaderné energetiky:

- vysoké investiční náklady a dlouhá doba výstavby;
- radioaktivní odpad (vyhořelé palivo je nejprve 3 až 4 roky uloženo v bazénu pod vodou, která ho chladí, zde jeho radioaktivita klesne o cca 50 % a následně je ve speciálních kontejnerech převezeno na desítky let do tzv. meziskladu vyhořelého paliva, poté bude ukládáno v „trvalém“ úložišti);
- potenciální nebezpečnost (přestože provozované jaderné elektrárny mají velmi vysoký stupeň bezpečnosti, stoprocentní bezpečnost neexistuje; dále je třeba mít na mysli možnou zneužitelnost radioaktivního materiálu a jaderných technologií);
- závislost na dovozu (přestože máme vlastní ložiska uranu, k přepracování ho musíme posílat do zahraničí);
- poškozování životního prostředí těžbou;
- neobnovitelný zdroj (nové typy reaktorů, které dokáží využít i to, co je dnes odpadem, nejsou zatím ekonomicky konkurenceschopné);
- špatná regulovatelnost (regulace je značně neekonomická a proto je jednoznačně nejvýhodnější provozovat jaderné elektrárny jako základní zdroj konstantního výkonu).

Podle návrhu Aktualizace státní energetické koncepce ČR z roku 2012 by jaderná energie „*dlouhodobě mohla přesáhnout 50 % podíl na výrobě elektřiny a nahradit tak významnou část uhelných zdrojů. Současně je žádoucí, aby se začala významněji využívat část produkované tepelné energie z jaderných zdrojů k vytápění větších městských aglomerací.*“ Toto je však problematické, protože teplo se dopravuje na větší vzdálenosti výrazně obtížněji než elektřina. V současnosti jsou v ČR dvě jaderné elektrárny, jihočeský Temelín se dvěma bloky (s instalovaným výkonem 2 x 1000 MW) a starší jihomoravské Dukovany se čtyřmi bloky (s instalovaným výkonem 3 x 460 MW + 1 x 550 MW). Výše zmíněná koncepce počítá s dostavbou dvou bloků v Temelíně (jeden by měl být uveden do provozu do roku 2025), prodloužení životnosti stávajících bloků v Dukovanech a přístavbou pátého bloku. Prozatím spíše ve stádiu úvah je stavba třetí jaderné elektrárny v nové lokalitě (po roce 2040).

Velké naděje a finanční prostředky jsou ve světě vkládány do nových typů štěpných reaktorů a do výzkumu termojaderné fúze (kdy je obrovské množství energie uvolňováno slučováním lehkých atomových jader, například vodíku za vzniku helia; nicméně nepředpokládá se, že by fúzní reaktor byl k dispozici pro komerční využití v nejbližších třiceti letech).

4.5. ENERGETICKÉ VYUŽITÍ VODY

Energii vody lidstvo využívá už dlouhá staletí. Současné energetické využití vody je možné rozdělit na využití moří a využití řek. Ve světě bylo realizováno, nebo je připravováno, mnoho projektů na využití obrovské energie moří a oceánů založených na různých principech – na využití energie přílivu, vlnění, příboje, mořských proudů, tepelné energie, či principu osmózy. Pro světovou energetiku je však stěžejní energetické využití sladké vody ve vodních elektrárnách.

Vodní elektrárny můžeme rozdělit různým způsobem, například:

podle instalovaného výkonu:

- malé – do 10 MW;
- střední – 10 až 200 MW;
- velké – nad 200 MW;

podle velikosti spádu:

- nízkotlaké – do 20 m;
- středotlaké – 20 až 100 m;
- vysokotlaké – nad 100 m (až 2000 m);

podle způsobu získání spádu a akumulace energie:

- bez vzdouvací stavby (přímo v toku);
- derivační (s přívodním kanálem – „náhonem“);
- jezové;
- přehradní;
- s horní nádrží.

Zcela zvláštní kapitolou jsou přečerpávací vodní elektrárny, které vlastně více elektrické energie spotřebují než vyrobí, ale využívají elektřinu v době, kdy je jí v síti přebytek k čerpání vody do horní nádrže. Když je naopak elektřina potřeba, je akumulovaná voda využita k výrobě elektřiny. Přečerpávací elektrárny tedy slouží k akumulaci energie a k regulaci výkyvů v síti. Největší přečerpávací elektrárna v ČR jsou Dlouhé Stráně v Jeseníkách s instalovaným výkonem 650 MW, druhou největší Dalešice s instalovaným výkonem 480 MW, jejímiž dalšími funkcemi jsou zásobování Jaderné elektrárny Dukovany vodou, vyrovnávání průtoků řeky Jihlavy, zásobárna vody pro zavlažování a také funkce rekreační.

Princip činnosti vodních elektráren spočívá v tom, že voda přitékající přívodním kanálem roztáčí vodní turbínu, která je na společné hřídeli s elektrickým generátorem. Energie vody se tak mění na energii elektrickou. **Výkon vodní elektrárny** je dán koeficientem účinnosti a násobkem **průtoku** a **spádu**. Pro různé podmínky byly vyvinuty různé typy vodních turbín.



Obr. 4: Rotory vodních turbín (a/ Kaplanovy; b/ Francoisovy; c/ Peltonovy).

Vodní elektrárny jsou v ČR tradičním zdrojem elektrické energie. Známa je především soustava vodních děl nazývaná Vltavská kaskáda, kterou tvoří devět přehrad. Možnosti výstavby vodních elektráren jsou již do značné míry vyčerpány a jejich podíl na výrobě elektřiny, který je v současnosti okolo 3 %, se už nebude zásadně navyšovat. Vhodné lokality pro výstavbu malých vodních elektráren ještě v ČR jsou, další výstavba středních či velkých elektráren je diskutabilní (byť se některé připravují – např. na Labi nebo na řece Opavě v Nových Heřmínovech).

Výhody:

- žádné emise znečišťujících látek;
- obnovitelný zdroj;
- možnost využít vodní díla k dalším funkcím (protipovodňové, rekreační, zásobárna pitné vody nebo vody pro zavlažování, ...);
- vynikající regulovatelnost (umožňující využívat vodní elektrárny jako špičkový zdroj k operativnímu vyrovnávání energetické bilance v elektrizační soustavě);
- vysoká účinnost přeměny vodní na elektrickou energii (okolo 80 %);
- možnost akumulace energie.

Nevýhody:

- narušení vodního ekosystému;
- změna splavnosti toků (přehrady a jezy brání běžnému lodnímu provozu, je nutno vybudovat systém plavebních komor, zdymadel);
- u větších vodních děl značný zábor území.

4.6. ENERGETICKÉ VYUŽITÍ BIOMASY

Obecně vzato je biomasa veškerá organická hmota, tedy těla všech organismů, živých i mrtvých, od největších druhů až po mikroskopické – tj. živočichů, rostlin, hub, bakterií, ...

Biomasu pro energetické účely můžeme rozdělit různým způsobem, například:

- biomasa odpadní (odpadní dřevní hmota, sláma, exkrementy z chovu zvířat, kaly z odpadních vod, odpady z údržby zeleně, organické odpady z potravinářského průmyslu, ...);
- biomasa záměrně pěstovaná (byliny, zemědělské plodiny, dřeviny, ...).

Biomasa se také často rozděluje podle obsahu vody:

- suchá (především dřevo a dřevní odpady, sláma, suché energetické rostliny) – lze ji přímo spalovat, případně po dosušení);
- mokrá (keřda a další odpady z živočišné výroby, tráva a další rostliny) – nelze ji přímo spalovat, využívá se nejčastěji k výrobě bioplynu v bioplynových stanicích);
- speciální (olejiny, škrobové a cukernaté plodiny) – využívají se ve speciálních technologiích především k výrobě bionafty nebo bioetanolu.

Dalších rozdělení by bylo možné uvést ještě celou řadu, uvedme ještě alespoň rozdělení biopaliv podle skupenství:

- tuhá biopaliva (dřevo, dřevní štěpka, piliny, pelety, brikety, sláma, ...);
- kapalná biopaliva (bionafta, bioetanol, oleje, ...);
- plynná biopaliva (bioplyn, dřevoplyn, skládkový plyn, ...).

Rozdělení energetické biomasy zde byla uvedena pro ilustraci velké různorodosti tohoto energetického zdroje a s tím související různorodostí technologií využívaných k jeho využití. Z mnoha používaných technologií jsou zde uvedeny jen některé nejvýznamnější.

Spalování je i dnes základním a nejčastějším způsobem energetického využití biomasy. Produktem je tepelná energie, která se následně může využít na vytápění nebo na výrobu elektrické energie. Zařízení pro spalování biomasy se výkonově pohybují od několika kW do desítek MW. Zařízení o menších výkonech (cca do 100 kW), jako jsou klasická kamna, krby a krbová kamna (ve kterých se topí především kusovým dřevem, případně briketami) či automatické kotle na dřevěné pelety, se využívají k lokálnímu vytápění. Střední kotle se využívají pro větší zdroje ústředního vytápění, malé průmyslové aplikace nebo v menších systémech centrálního zásobování teplem. Nejčastějším palivem je dřevní štěpka a sláma, případně dřevěné pelety či brikety, někdy bývá spalována i jiná suchá biomasa. Velké zdroje o tepelných výkonech v řádu MW se využívají pro průmyslové aplikace, centrální zásobování teplem nebo pro kombinovanou výrobu elektřiny a tepla. Je možné spalovat prakticky jakoukoliv suchou biomasu, nejčastěji se však používá dřevní odpad a sláma. Úspěšně bylo otestováno i přidávání biomasy do kotlů uhelných elektráren.

Zplyňování je přeměna biomasy při teplotách 500 až 950 °C za přívodu omezeného množství kyslíku na spalitelný plyn. Tento plyn může být spalován v klasických kotlových hořácích, spalovacích motorech či plynových turbínách.

Pyrolýza je termický rozklad biomasy za nepřístupu kyslíku, kdy při ohřevu materiálu nad mez termické stability organických sloučenin dochází k jejich štěpení na stále nízkomolekulární produkty (páry, plyny, kapaliny) a na tuhý zbytek. Příkladem je tzv. rychlá pyrolýza, při níž je dřevo či jiná biomasa transformována v pyrolýzním reaktoru za teplot 450 až 600 °C na pyrolýzní plyn, bio-olej a pyrolýzní koks.

Anaerobní digesce (synonymem je anaerobní fermentace nebo anaerobní vyhnívání) je mikrobiologická transformace mokré biomasy v podmínkách bez přístupu vzduchu při mírně zvýšené teplotě (obvykle okolo 40 °C) za vzniku bioplynu a digestátu. Bioplyn je tvořen především metanem (CH_4) a využívá se jako palivo pro výrobu tepla nebo společnou výrobu tepla a elektřiny. Digestát (zbytek hmoty po fermentaci) představuje výborné hnojivo. Surovinou je nejčastěji kejda, hnůj, kal z čističek odpadních vod a „zelená“ biomasa (tráva, kukuřice, řepka apod.). Obvykle je tato technologie realizována v bioplynových stanicích u zemědělských závodů, kde anaerobní digesce probíhá v rozměrných fermentačních nádržích.



Obr. 5: Bioplynová stanice.

Alkoholové kvašení (synonymem je alkoholová fermentace) je biochemický proces, při němž jsou rostlinné polysacharidy přeměňovány za přítomnosti kvasinek na alkohol. Ze vzniklého meziproductu se destilací vyrábí bioetanol. Pro tuto technologii je vhodná biomasa s vysokým obsahem polysacharidů (např. cukrová řepa, obilí, brambory apod.). Bioetanol je možné přímo použít jako palivo k tomu uzpůsobených spalovacích motorů nebo je přimícháván do běžných benzínů.

Esterifikace spočívá v mísení metanolu s hydroxidem sodným (NaOH) a pak s olejem vylisovaným ze vhodné biomasy (v ČR se nejčastěji jedná o olej z řepky olejky, ve světě se také využívá olej palmový, slunečnicový, sójový, lněný atd.). Vzniklý metylester rostlinných olejů je nazýván jako bionafta a využívá se buď přímo jako palivo do spalovacích motorů nebo jako příměs do ropné nafty.



a/



b/

Obr. 6: a/ Dřevěné pelety; b/ Řepka olejka - pěstování energetických plodin se stalo pro zemědělce ekonomicky zajímavým oborem.

Výhody energetického využití biomasy:

- obnovitelný zdroj;
- místní dostupnost zdroje;
- „nulová bilance CO₂“ (CO₂, který vzniká při spalování biopaliv, byl předtím navázán při „růstu“ biomasy);
- energetické rostliny je možné pěstovat na půdách nevyužitelných pro výrobu potravin;
- porosty energetických rostlin můžou plnit další funkce, např. protierozní;
- možnost akumulace energie (skládčováním biopaliv);
- možnost energeticky využít „odpady“ z jiných technologií;
- odpady vzniklé při energetickém využívání biomasy je možné využít, např. jako hnojivo v zemědělství.

Nevýhody energetického využití biomasy:

- emise tuhých a plyných znečišťujících látek;
- možné poškození ekosystémů při „těžbě“ biomasy;
- menší výhřevnost tuhých biopaliv než uhlí (nutnost větších objemů dopravy i skladování);
- malá energetická hustota pěstované biomasy (pokud by měla pěstovaná biomasa významně nahradit fosilní zdroje, byly by pro její pěstování potřebné obrovské plochy).

4.7. ENERGETICKÉ VYUŽITÍ SLUNCE

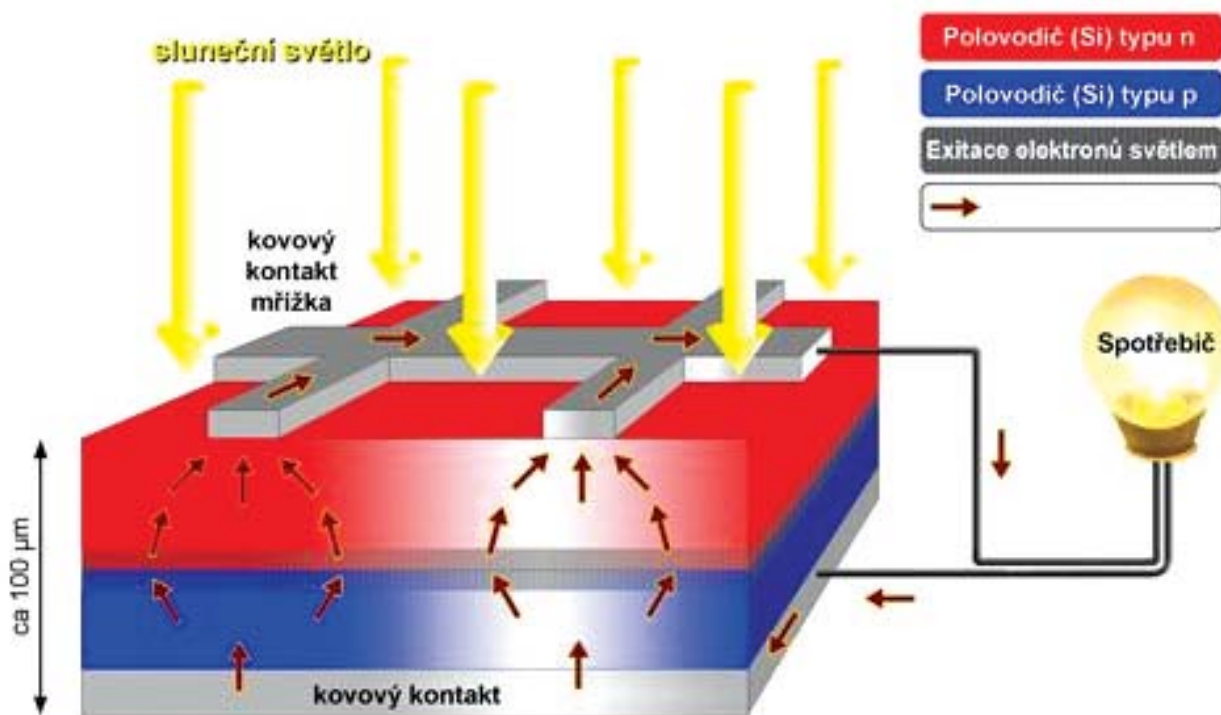
Slunce Zemi poskytuje mnohonásobně více energie, než spotřebovává celá lidská civilizace. Lidstvo však je schopno využít jen její zlomek. Energetické využití Slunce můžeme rozdělit na:

- pasivní (v létě prostě topit nemusíme, dále např. prosklené fasády budov, skleníky, ...);
- aktivní
 - přeměnou na **tepelnou** energii s využitím absorpce (např. v solárních kolektorech);
 - přeměnou nejprve na **tepelnou** a následně na **elektrickou** energii (ve slunečních tepelných elektrárnách);
 - přímou přeměnou na **elektrickou** energii s využitím fotovoltaiického jevu (ve fotovoltaiických článcích).

Jak je vidět z předchozího rozdělení, cest k využití energie Slunce je více. V teplo se sluneční záření mění velmi snadno. Dopadne-li světelný paprsek na hmotu (např. černý plech), je více či méně absorbován, rozkmitá její molekuly, tedy ji zahřeje. Tohoto jevu je možné využít ve slunečních ohřívačích vody, slunečních sušičkách, slunečních vařičích apod. Často využívaným zařízením jsou **solární kolektory**, které bývají umísťovány nejčastěji na střechách budov. Sluneční záření dopadá na absorber kolektoru, který předává tepelnou energii teplotně kapalině, která proudí mezi kolektorem a výměníkem tepla umístěném většinou v akumulční nádobě. Obvyklým využitím je ohřev teplé užitkové vody případně ohřev vody pro vytápění.

Elektrickou energii je možné vyrábět ve Slunečních tepelných elektrárnách. Principiálně se jedná vlastně o tepelnou elektrárnu s parní turbínou, která roztáčí elektrický generátor, s kondenzátorem a oběhovým čerpadlem, ale zdrojem tepla pro vznik páry je Slunce. Sluneční záření je koncentrováno buď zrcadly na kotel, nebo v tzv. slunečních žlábech. Taková elektrárna není v ČR v provozu a ani není plánována její výstavba.

Naopak rozšířenou technologií je výroba elektřiny ve **fotovoltaických článcích**. Princip spočívá v aplikaci fotoelektrického jevu, při němž fotony slunečního záření dopadají na polovodičový P-N přechod a svou energií uvolňují elektrony. Tyto elektrony jsou odváděny pomocí elektrod, vzniká stejnosměrný proud. Pokud má být vyrobená elektřina odváděna do sítě, musí být zařízení doplněno o střídač. Většina fotovoltaických článků je vyráběna na bázi křemíku. Různým zpracováním křemíku se vyrábějí články monokrystalické, polykrystalické či amorfni. Fotovoltaické články se obvykle sestavují do fotovoltaických panelů.



Obr. 7: Princip činnosti fotovoltaického článku

Výhody:

- nevyčerpatelný zdroj energie;
- čistá energie, žádné emise znečišťujících látek;
- působí na celém zemském povrchu (i ve vesmíru);
- pomocí fotovoltaických článků je možné vyrábět elektřinu i v místech mimo rozvodnou síť.

Nevýhody:

- jedná se o energii s velmi malou hustotou;
- nízká účinnost přeměny již tak „řidké“ sluneční energie na elektrickou energii (účinnost komerčně provozovaných článků je jen okolo 10 %);

- vysoká cena vyrobené elektřiny (státy, které chtějí fotovoltaiku podpořit, přenášejí náklady na daňové poplatníky a spotřebitele);
- nelze ji využívat kdykoli podle potřeby (noc, zataženo, roční doby – tomu odpovídá nízký koeficient ročního využití – kolem 12 %);
- Sluneční energii nelze přímo akumulovat (neefektivně lze akumulovat pouze vyrobenou elektřinu nebo teplo).

Enormní nárůst fotovoltaické energetiky je v posledních letech jedním z nejdiskutovanějších energetických témat. Jedním ze základních způsobů podpory rozvoje obnovitelných zdrojů energie v ČR je dotování výkupních cen, přičemž je tato cena garantována v podstatě na celou dobu životnosti elektrárny. Od roku 2006 byla v České republice výrazně zvýšena výkupní cena elektřiny z fotovoltaických elektráren. Ale zatímco například v Německu byla stanovena vyšší výkupní cena pro malé elektrárny na střechách a nižší pro velké elektrárny na zemi, v ČR byly stanoveny stejné výkupní ceny pro malé střešní i velké pozemní elektrárny. Když pak došlo k prudkému poklesu cen fotovoltaických panelů, upozorňovali odborníci na to, že je potřeba situaci rychle řešit. Německý parlament schválil snížení výkupních cen od poloviny roku 2010. Vláda ČR sice deklarovala zájem snížit výkupní ceny, ale příprava novely příslušného zákona a následný proces jejího schvalování v parlamentu znamenal, že výkupní ceny v ČR byly sníženy až od 1. 1. 2011. Díky tomu jsou výkupní ceny pro fotovoltaické elektrárny uvedené do provozu v letech 2009 a 2010 pro investory velmi výhodné, což vedlo k boomu výstavby fotovoltaických elektráren v těchto letech. V současné době se vláda ČR snaží minimalizovat dopady dotování fotovoltaiky na státní rozpočet. Jedním z důsledků je výrazné přibrzdění rozvoje tuzemské fotovoltaiky.



Obr. 8: Copak nám to na těch polích vyrostlo?

Do budoucna se dá očekávat další snižování cen fotovoltaických panelů a zvyšování jejich účinnosti. Pro středoevropské podmínky České republiky považujeme v nejbližší době za smysluplný rozvoj malých fotovoltaických elektráren na střechách, fasádách budov a podobně, nikoliv výstavbu velkých fotovoltaických elektráren na zemědělské půdě.

4.8. ENERGETICKÉ VYUŽITÍ VĚTRU

Vítr je pohyb vzduchu vůči zemskému povrchu. Je dán nerovnoměrným zahříváním vzduchu slunečním zářením, střídáním teplot a teplotními rozdíly mezi oceánem a pevninou, horami a údolími, zalesněnými, holými či zastavěnými plochami apod. Celková energie větru je obrovská a mnohonásobně překračuje energetickou spotřebu současné civilizace. Lidstvo se po staletí snaží využít alespoň zlomeček této energie. Dnes převládá využití větru ve větrných elektrárnách.

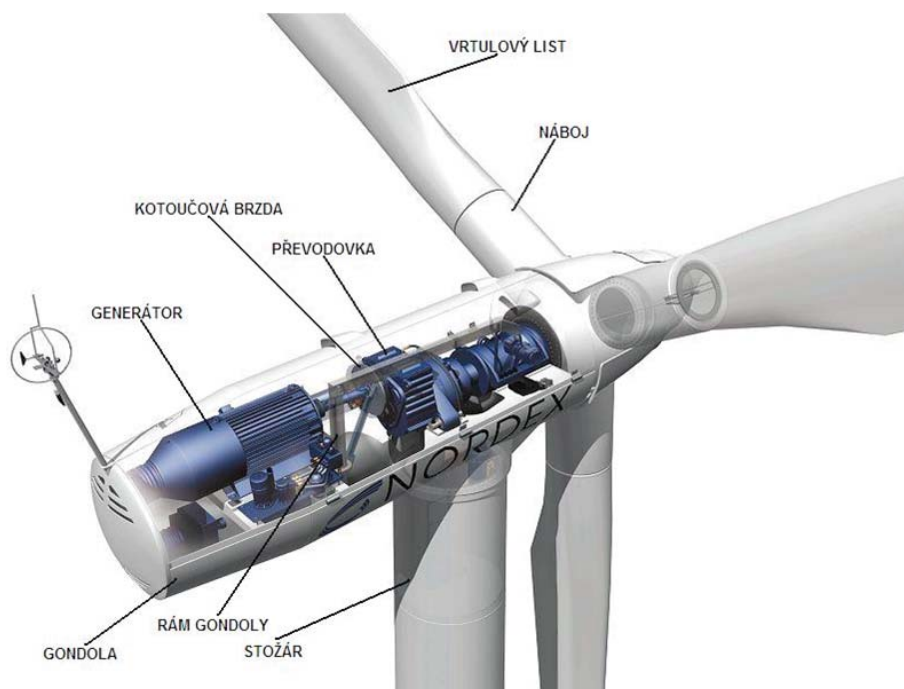
Výkon větrné elektrárny P je dán vztahem

$$P = c_p \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot v^3$$

kde c_p je součinitel výkonnosti (teoreticky maximálně 0,59; prakticky nepřesahuje 0,5), ρ je hustota proudícího vzduchu, S je plocha rotoru (daná délkou listů vrtule) a v je rychlost větru. Klíčová je především třetí mocnina u rychlosti větru, z čehož vyplývá velmi strmá závislost výkonu na rychlosti větru.

Aby bylo možné ekonomické využívání energie větru, je třeba vhodně zvolit lokalitu. Důležitá je průměrná rychlost větru (jsou k dispozici větrné mapy), ale hlavně četnost výskytu rychlostí větru (uvádí se v grafech pro jednotlivé lokality). V potaz musí být brány také překážky proudění a mnohé další parametry.

Větrné elektrárny se obvykle skládají z větrného motoru, který přeměňuje kinetickou energii větru na mechanickou práci rotujícího hřídele. Přestože existuje mnoho typů větrných motorů, nejčastěji se používají motory s vrtulí se 2 či 3 listy s horizontální osou rotace. Obvyklým příslušenstvím větrné elektrárny je gondola, převodovka, brzda (která je důležitá k regulaci a především k zastavení vrtule při příliš silném větru), systém natáčení do směru větru (v místech s jednoznačně převládajícím směrem větru nemusí být, čímž se konstrukce elektrárny zjednoduší), generátor přeměňující mechanickou práci rotujícího hřídele na elektrickou energii a v neposlední řadě stožár (nejčastěji tubusové konstrukce).



Obr. 9: Uspořádání zařízení v gondole větrné elektrárny.

Výhody využívání větrné energie:

- obnovitelný zdroj;
- žádné emise znečišťujících látek;
- malé náklady na údržbu a provoz.

Nevýhody využívání větrné energie:

- nelze ji využívat kdykoli podle potřeby (výkon je odvislý od proměnlivé rychlosti větru – z toho vyplývá i nízký koeficient ročního využití – v ČR kolem 20 %);
- nelze ji efektivně využít kdekoli (v ČR máme velmi omezené množství vhodných lokalit; nejlepší větrné podmínky jsou na hřebenech pohraničních hor a na Vysočině, většinou v chráněných krajinných oblastech);
- poškození krajiny;

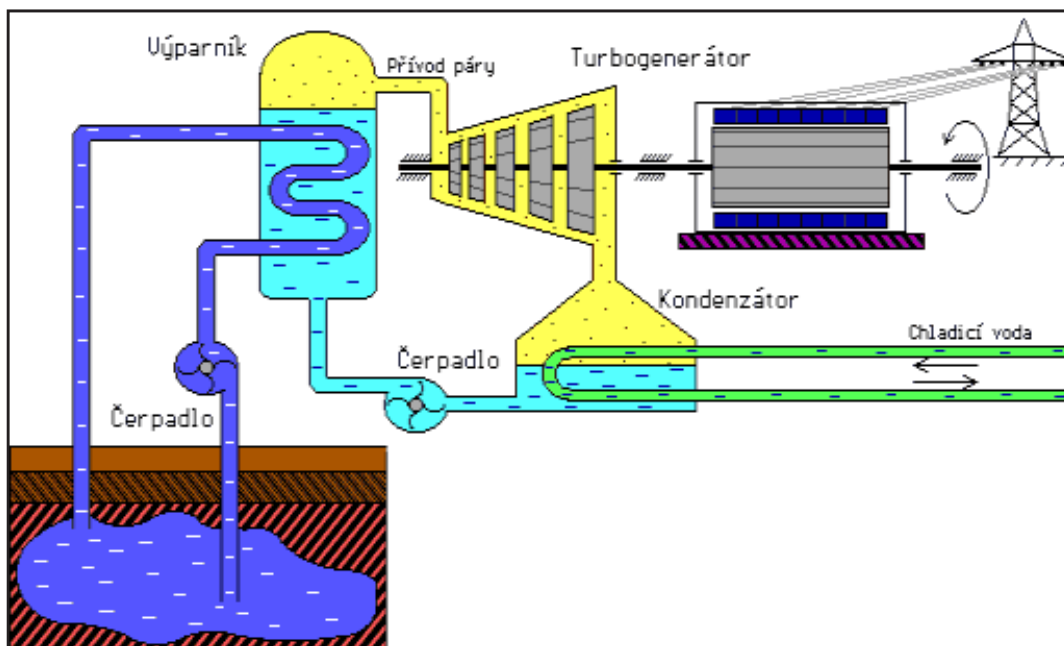
- hluk;
- nebezpečí pro ptáky a netopýry;
- větrnou energii nelze přímo akumulovat (neefektivně lze akumulovat pouze vyrobenou elektřinu).

V minulých letech zaznamenala větrná energetika ve světě prudký rozmach, především v Číně a USA. Celkový instalovaný výkon překročil 200 000 MW. V Evropě je nejvíce větrných elektráren v Německu a Španělsku. V ČR je jejich výstavba z různých důvodů pomalejší, dá se předpokládat minimálně zdvojnásobení jejich výkonu v nejbližším desetiletí.

4.9. VYUŽITÍ GEOTERMÁLNÍ ENERGIE

Geotermální energie je přirozený projev tepelné energie zemského jádra. Jejimi projevy jsou erupce sopek a gejzírů, horké prameny či výrony páry. Využívá se ve formě tepelné energie pro vytápění a pro výrobu elektrické energie v geotermálních elektrárnách. Obvykle se řadí mezi obnovitelné zdroje energie, ale vždy to neplatí, některé geotermální zdroje jsou vyčerpatelné v řádu desítek let.

Princip činnosti geotermální elektrárny je podobný jako klasické tepelné elektrárny, pouze zdrojem tepelné energie pro vznik páry je zemské teplo. Pára roztáčí parní turbínu, ta roztáčí elektrický generátor, pára z turbíny kondenzuje na vodu v kondenzátoru, která je čerpadlem poháněna do výparníku, zde přebere tepelnou energii, odpaří se, je vedena do turbíny, ...



Obr. 10: Princip činnosti geotermální elektrárny.

Ve světě je geotermální energie využívána k vytápění a výrobě elektrické energie ve vhodných lokalitách, především v USA, na Filipínách, v Indonésii, Mexiku, Itálii, na Novém Zélandu a Islandu. V ČR je její význam především z důvodu geologických podmínek menší. K vytápění se využívá v Děčíně a v Ústí nad Labem. K výrobě elektřiny se nevyužívá, v přípravě jsou geotermální elektrárny s instalovaným výkonem v řádu jednotek až desítek MW například v Litoměřicích a Liberci.

4.10. VYUŽITÍ TEPLA PROSTŘEDÍ

Veškeré okolní prostředí je nosičem tepelné energie, ale obvykle o teplotě nižší než je potřeba k vytápění. Zařízení, která slouží k „čerpání“ tepla z okolního prostředí a k jeho převedení na vyšší teplotní hladinu tak, aby bylo využitelné k vytápění, se nazývají **tepelná čerpadla**. Prakticky může jako zdroj tepla sloužit země, voda či vzduch (případně může být zpětně využíváno odpadní teplo). Více informací o tepelných čerpadlech je uvedeno ve vzdělávacím manuálu *Energetická náročnost budov*.

4.11. ENERGETICKÉ VYUŽITÍ ODPADŮ

Obecně platí, že by se mělo vzniku odpadů předcházet, nebo alespoň minimalizovat jeho množství. Když už odpad musí vzniknout, mělo by být upřednostňováno jeho materiálové využití (recyklace). Pokud není materiálové využití možné, je smysluplné využití energetického potenciálu odpadů. Za nejhorší (ale v ČR velmi rozšířený) způsob nakládání s odpady je považováno jeho skládkování.

V České republice připadá na jednoho obyvatele přibližně 510 kg komunálních odpadů ročně. Přes 60 % komunálních odpadů je v ČR skládkováno, přičemž jsou v EU země, ve kterých se nesládkuje vůbec, nebo skoro vůbec. Přestože jsou v různé fázi příprav další projekty, jsou v současnosti v ČR v provozu pouze tři zařízení pro přímé energetické využívání směsných komunálních odpadů (obvykle zjednodušeně zvané „spalovny“). Energie vázaná v odpadech zde může být využívána pouze k výrobě tepla, smysluplnější je společná výroba tepla a elektřiny. Návrh Státní energetické koncepce ČR z roku 2012 předpokládá více než zdvojnásobení energetického využívání komunálních odpadů do roku 2020 a další prudký nárůst v následujících letech.

Jiným způsobem využití rozložitelné složky odpadů na skládkách je zachytávání vznikajícího skládkového plynu, který je následně využíván jako palivo.

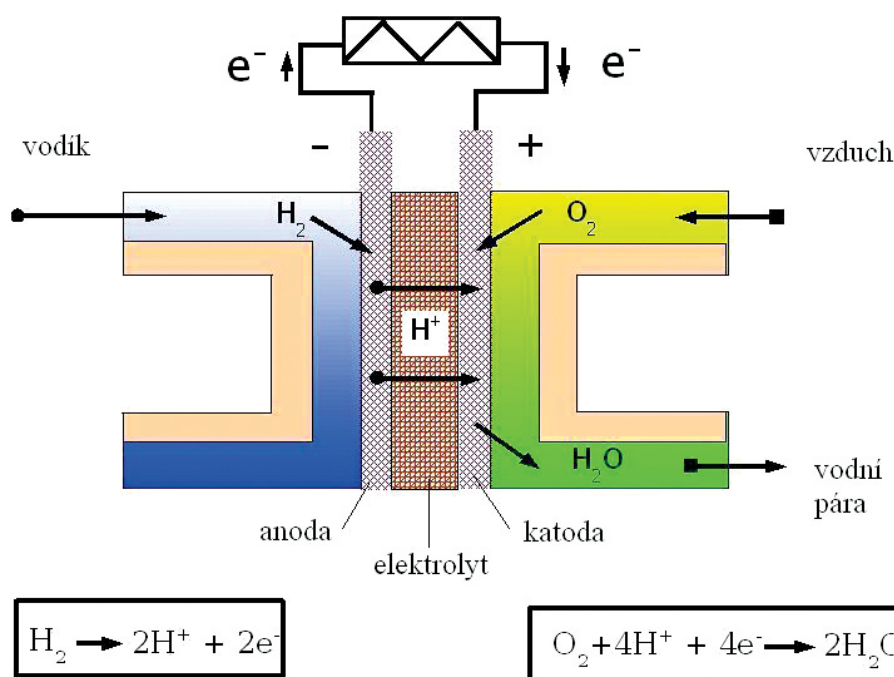
Hlavními výhodami energetického využití odpadů jsou náhrada fosilních paliv tímto obnovitelným zdrojem a zmenšení objemu odpadů ukládaných na skládky. Naopak projekty „spaloven“ vzbuzují obavy z upřednostňování energetického využívání odpadů před materiálovým, z emisí tuhých a plyných znečišťujících látek do ovzduší, případně z lokálního nárůstu dopravy.

4.12. ENERGETICKÉ VYUŽITÍ VODÍKU

V současnosti nemůžeme vodík označit za zdroj energie, ale pouze za nosič energie (podobně jako benzín nebo naftu). Vodík je sice velmi rozšířený prvek, ale na Zemi se vyskytuje především ve sloučeninách s kyslíkem (voda), uhlíkem (metan, ropa, ...), dusíkem (amoniak) a dalšími prvky, je také jednou ze složek zemního plynu. Abychom mohli „čistý“ vodík využívat, musíme ho nejprve „vyrobit“. K „výrobě“ vodíku je však zapotřebí více energie, než z něho dokážeme v současnosti dostupnými technologiemi získat. Energetickému využití vodíku je zde věnováno několik odstavců, protože se často hovoří o jeho perspektivách.

První možností energetického využití vodíku je jeho **spalování**. Za perspektivní je považováno především jeho využití jako paliva v pístových spalovacích motorech automobilů.

Druhou možností je výroba elektrické energie z vodíku v **palivových článcích**. Palivový článek se skládá ze dvou elektrod, které jsou odděleny membránou nebo elektrolytem. K anodě je přiváděno palivo (vodík), ke katodě je přiváděno okysličovadlo (nejčastěji vzdušný kyslík). Palivový článek může vyrábět elektrickou energii nepřetržitě, pokud je přiváděno palivo a kyslík. Jednou z nejperspektivnějších možností využití palivových článků je opět v automobilech, kdy je z vodíku v palivovém článku vyráběná elektrická energie využívána pro pohon elektromotoru.



Obr. 11: Princip činnosti palivového článku.

Hlavní výhodou automobilů s vodíkovým pohonem je, že emise tvoří pouze vodní pára (u spalovacích motorů také určité množství oxidů dusíku). Nevýhodami jsou v současné době především neekonomičnost a chybějící síť vodíkových čerpacích stanic. Většina předních automobilek se vývojem vodíkových pohonů zabývá, případně má automobily využívající vodíkové technologie v nabídce (ať už jde o čistě vodíkové pohony nebo o tak zvané pohony hybridní, které kombinují dva principy pohonu). Rozvoj vodíkových technologií je také velmi podporován některými státy (například Německem, Norskem, ...).

Třetí možností energetického využití vodíku je **jaderná fúze**. Jak již bylo uvedeno v kapitole 4.4, jaderná fúze spočívá ve slučování lehkých atomových jader (nejvhodnější je právě vodík) za velmi vysoké teploty, přičemž se uvolní velké množství energie. Hlavním problémem této technologie je, že k realizaci jaderné fúze je zapotřebí teploty milionů °C. Kdyby se podařilo tuto technologii přivést k praktickému využití, bylo by to poprvé, kdy by z vodíku mohlo být získáno více energie (a to mnohonásobně více), než je spotřebováno při jeho „výrobě“. Přestože jsou ve světě do výzkumu jaderné fúze investovány obrovské prostředky, není v nejbližších třiceti letech její energetické využití očekáváno.

Další možností, o níž se v souvislosti s vodíkem hovoří, je akumulace energie. Jak bylo uvedeno výše, zvyšující se podíl výroby elektrické energie z nestálých obnovitelných zdrojů (ze slunce a větru) přináší zvyšující se závislost výroby elektrické energie na okamžitých přírodních podmínkách, nikoliv na potřebách elektrizační soustavy. Z opačného důvodu i nárůst využívání jaderných elektráren, které je optimální provozovat na konstantní výkon a nikoliv jejich výkon neustále regulovat, přináší rozdílnost okamžité výroby a okamžité spotřeby v síti. Jednou z možností, jak tuto disproporci řešit, je využívání vodíku. Jednoduše řečeno, když bude v síti elektřiny přebytek, může být využívána k výrobě vodíku, když bude naopak elektřina potřeba, může být z vodíku vyráběna.

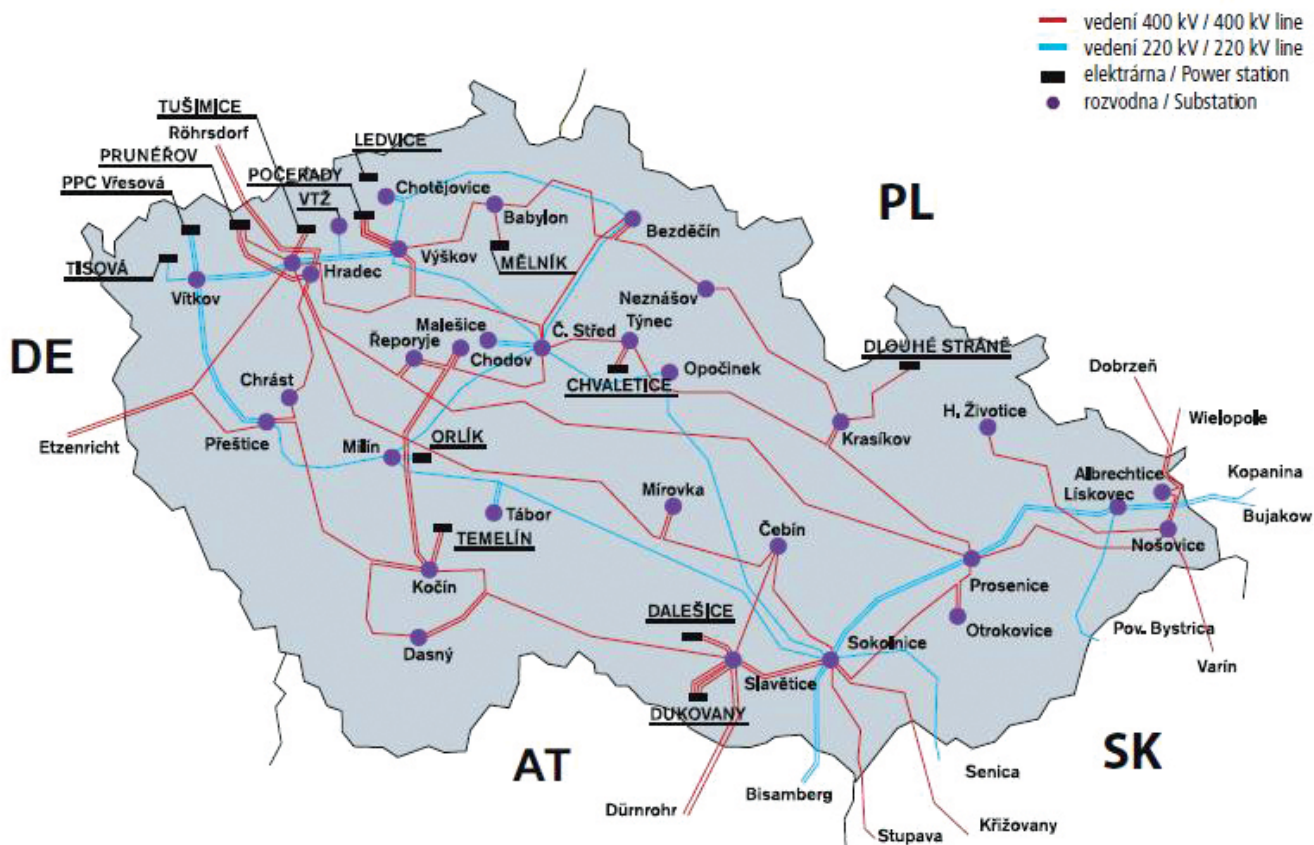
5. ROZBOR POJMŮ ELEKTRIZAČNÍ SOUSTAVY

Elektrická energie je zušlechtnou formou transformované energie. Je jí možné využít v mnoha lidských činnostech při poměrně malých ztrátách, a stojí za obrovským technologickým pokrokem naší civilizace. Je možné ji jednoduše transformovat v místě spotřeby na jinou formu energie, nejčastěji na světelnou, mechanickou nebo tepelnou. Úvodní část je zaměřena na popis výroby a distribuci elektrické energie.

Elektrická energie má své specifické vlastnosti, kterými jsou:

- neskladovatelnost
- jednoduchost
- stejnorodost

Elektrická energie se nedá skladovat ve velkých množstvích. Veškerá vyrobená energie je ihned spotřebována. Jednoduchost představuje užití této formy energie pro široké spektrum průmyslových a domácích aplikací. Stejnorodost vyplývá z jednoznačnosti její fyzikální definice kdekoli v celé síti. Její parametry jsou přesně stanoveny z pohledu kvalitativního i kvantitativního. Elektrizace soustava (ES) je systém elektrických zařízení všech úrovní napětí sloužících k výrobě, přenosu a rozvodu elektrické energie až do místa její spotřeby. Její provoz musí být zároveň bezpečný a spolehlivý. Přenos a rozvod je zajištěn soustavou přenosovou a distribuční, které napájejí odběrné uzly a odběratele přímo, nebo dalšími transformacemi ze sítí nižších napěťových hladin. Přenosová soustava České republiky slouží k přenosu velkých výkonů mezi hlavními uzly elektrizační soustavy a je charakteristická použitím napěťových hladin 220 kV a 400 kV. Užití těchto napětí je dáno rozlohou zásobovaného území. ES naší republiky nefunguje izolovaně, ale je součástí celoevropského rozvodu elektrické energie. Její další subsystémy jako jsou distribuční soustavy, mají za úkol rozdělit elektrickou energii z napájecího uzlu do jednotlivých skupin nebo oblastí spotřebičů, popř. k jednotlivým spotřebičům. Veřejné rozvodné soustavy slouží k napájení oblastí terciární sféry (byty, občanská výstavba) a jsou z nich napájeny i rozvodné sítě průmyslové, zemědělské a dopravní.



Obr. 12: Mapa přenosové soustavy 400 kV a 220 kV a elektráren vyvedených do těchto napětí.

Ukázka sítí přenosové soustavy je uvedena na obr. 12. Z pohledu bezpečného provozu je nutné, aby byly splněny určité požadavky pro její využití.

Můžeme je shrnout do těchto základních bodů:

- bezpečný provoz
- provozní spolehlivost
- přehlednost, možnost rychlého odstranění poruch
- hospodárnost provozu
- možnost rozšiřování elektrických rozvodů a jejich modernizace, unifikace jednotlivých částí rozvodu

Výše uvedený náhled je doplněn dalšími požadavky plynoucími z řešení připojení konkrétních odběrových míst, která je nutno posuzovat individuálně dle místních podmínek. Při technických řešeních připojení odběratelů se přihlíží k stávajícímu zatížení sítě, požadovanému příkonu, charakteru terénu v okolí odběru, typu a rozloze okolní zástavby a dalších okolností, např. přítomnosti ochranných pásem jiných inženýrských sítí.

Udržení spolehlivého a bezpečného provozu celé sítě je podmíněno spolehlivou účastí všech prvků, ze kterých je síť složena. Z pohledu funkčnosti by však bylo členění příliš složité, proto můžeme soustavu komplexněji popsat třemi základními prvky.

Mezi základní prvky elektrizační soustavy můžeme zařadit:

- elektrárny
- elektrické stanice
- elektrické sítě

Všechny prvky ES jsou ve vzájemné interakci, neboť dochází k neustálým změnám velikosti odběru během dne i roku, a provozovatelé zdrojů s těmito výkyvy musí počítat a provést taková opatření, aby byl chod sítí v tolerancích technických i kvalitativních. Technické a kvalitativní posouzení provozu sítí je řešeno v příslušných normativních předpisech, které jsou pro provozovatele závazné. Podrobněji popíšeme výše uvedené elementy tvořící elektrizační soustavu v dalším textu.

5.1. ELEKTRÁRNY

Elektrárny jsou tvořeny zdroji elektrické energie, které mění v různých formách vázanou energii na energii elektrickou. Z pohledu užití primární formy energie je lze dělit na neobnovitelné zdroje a obnovitelné zdroje elektrické energie. Více informací o jednotlivých druzích elektráren je uvedeno v kapitole 4.

5.2. ELEKTRICKÉ STANICE

Elektrické stanice tvoří uzly v elektrizační soustavě, v nichž dochází ke změně její konfigurace dle provozních podmínek a k transformaci napětí. Způsob jejich vnitřního zapojení odpovídá provozním, bezpečnostním a ekonomickým požadavkům. Schéma stanice se má volit co nejjednodušší a přehledné.

Transformace je ve stanicích přenosové soustavy realizována pomocí síťových transformátorů řádových výkonů stovek MVA. Typické změny napětí jsou ZVN/VVN, či VVN/VVN, tedy 400/110 kV, popř. 400/220 kV a 220/110 kV. Ve stanicích jsou propojeny soustavy různých napěťových hladin, které na sebe vzájemně působí.

Umístění stanic v soustavě je dáno blízkostí transformoven - tedy závislostí jejich optimálního rozložení na velikosti a konzumu zásobovaného území. Typická vzdálenost mezi transformovny přenosové soustavy je 59 km pro oblast rozlohy 10 tisíc m².

Zapojení elektrické stanice je tvořeno přípojnícemi a odbočkami. Odbočky jsou tvořeny souborem zařízení k měření, spínání a přívodu elektrické energie. Příklad jednopólového schématu rozvodny typické stanice ZVN je na obr. 13.

Změna konfigurace soustavy je uskutečněna spínacími prvky:

- vypínači
- odpojovači

Při manipulacích, to znamená zapínání a ovládání prvků, jako jsou vypínače, odpojovače, případně uzemňovače se používá dálkových povelů. Jedná se o využití výpočetní techniky a přenosu informací k ovládaným zařízením pomocí např. světlovodných kabelů. Ovládání má vysoké zabezpečení a povel k ovládání zajišťuje dispečerské řízení. Jedná se o pracoviště, které má stálou službu. Ukázka grafického znázornění vybrané rozvodny např. Kletné 400 kV je uvedeno na obr. 3. Zde jsou jednotlivé ovládací prvky znázorněny pomocí značek, obdélníků a koleček. Prázdný obdélník či kolečko znamená stav vypnuto, naopak vyplněný je stav zapnuto. Vypínače vedení a transformátorů slouží ke spolehlivému zapnutí a vypnutí elektrického obvodu pod zatížením. Jsou navrženy k přerušení a obnově toku elektrické energie při běžných i mimořádných provozních podmínkách, případně poruchách, např. zkratech a přetíženích. Dnes jsou to složité přístroje, které v interakci s řídicím systémem a ochranami vedení představují důležitý spínací element. Dimenzování a konstrukce vypínačů jsou voleny tak, aby byly schopny vypínat jmenovité i poruchové proudy. V současnosti je zhášení elektrického oblouku ve zhášecí komoře realizováno nejčastěji inertním plynem SF_6 nebo pomocí vakua. Mezi nejvíce rozšířené vypínače v přenosové soustavě napěťové hladiny 400 kV (obr. 14b) patří vypínače od společnosti SIEMENS. Pro hladinu 220 kV se hojně používají vypínače od firmy ABB (obr. 14a).



Obr. 13: Jednopólové schéma rozvodny přenosové soustavy 400 kV Kletné.



Obr.14a: Vypínač 220 kV.

Obr. 14b: Vypínač 400 kV.

Odpojovače při běžných i mimořádných manipulačních postupech, při změnách zapojení stanic v soustavě, se uplatňují vypínače v kombinaci s odpojovači (obr. 15a, obr. 15b). S ohledem na zapojení jednotlivých polí rozvodny lze např. převádět provoz mezi přípojnici, odstavovat vedení pro údržbové a montážní práce.

Odpojovače jsou typické tím, že nemohou spínat jmenovité a vyšší proudy, což je dáno jejich jednoduchou konstrukcí bez zhášecí komory. Jejich spínací kontakty se nazývají kontaktní hlavice. Slouží k viditelnému a bezpečnému odpojení elektrického zařízení od napětí. Manipuluje se s nimi pouze bez zatížení a rozepnutí/sepnutí obvodu je realizováno oddálením/přiblížením kontaktních hlavic obou ramen odpojovače. Nejčastějším pohonem je elektrický, realizovaný motorem na střídavý elektrický proud. Tento systém patří mezi nejspolehlivější, energeticky nejméně náročný a přechází se na něj i u stanic nižších napěťových hladin. Na obr. 15a je možné si všimnout skříní elektrického pohonu odpojovače a zemního nože (obr. 15b). V některých distribučních stanicích hladiny VVN ještě dožívají odpojovače poháněné málo spolehlivým a energeticky hodně náročným vzduchovým pohonem. Od tohoto systému se upouští i z důvodu nutnosti instalace dalších pomocných provozů - kompresoroven.



Obr. 15a: Odpojovač 220 kV.

Obr. 15b: Odpojovač 400 kV.

5.3. TRANSFORMÁTORY V PŘENOSOVÉ SOUSTAVĚ

Slouží pro přenos elektrické energie z rozvodných energetických sítí ke konečnému spotřebiteli. Transformátor definujeme jako netočivý elektrický stroj pracující na principu vzájemné elektromagnetické indukce, který mění přivedené střídavé napětí na jinou hodnotu při nezměněném kmitočtu.

Transformátory se vyrábí ve dvou základních provedeních:

Transformátory plněné izolačním olejem v provedení s expanzivní nádrží nebo hermeticky uzavřené. Aktivní část transformátorů je tvořena železným jádrem a vinutím spojeným lisovaným nosníkem a sešroubovaným s krytem nádoby. Tuto aktivní část lze z nádoby kompletně vyjmout. Spodní část tvoří pojízdný podstavec s hladkými kolečky, nastavitelnými na podélný i příčný pohyb.

Vzduchové transformátory GEAFOL s licí pryskyřicí. Izolace ze směsi epoxidové pryskyřice a křemenné moučky činí tento transformátor bezúdržbovým, bezpečným proti vlhkosti a vhodným do tropického podnebí, s nízkým nebezpečím požáru se samozhášecí schopností. Jejich instalace je zejména vhodná v prostorech, kde jsou na blízku lidé. Spodní část tvoří pojízdný podstavec s hladkými kolečky, nastavitelnými na podélný i příčný pohyb. Ukázka transformátoru 400/110 kV z rozvodny Nošovice, která je dálkově ovládaná z dispečinků v Praze nebo v Ostravě.



Obr. 16: Ukázka transformátoru 400/110 kV v rozvodně Nošovicích.

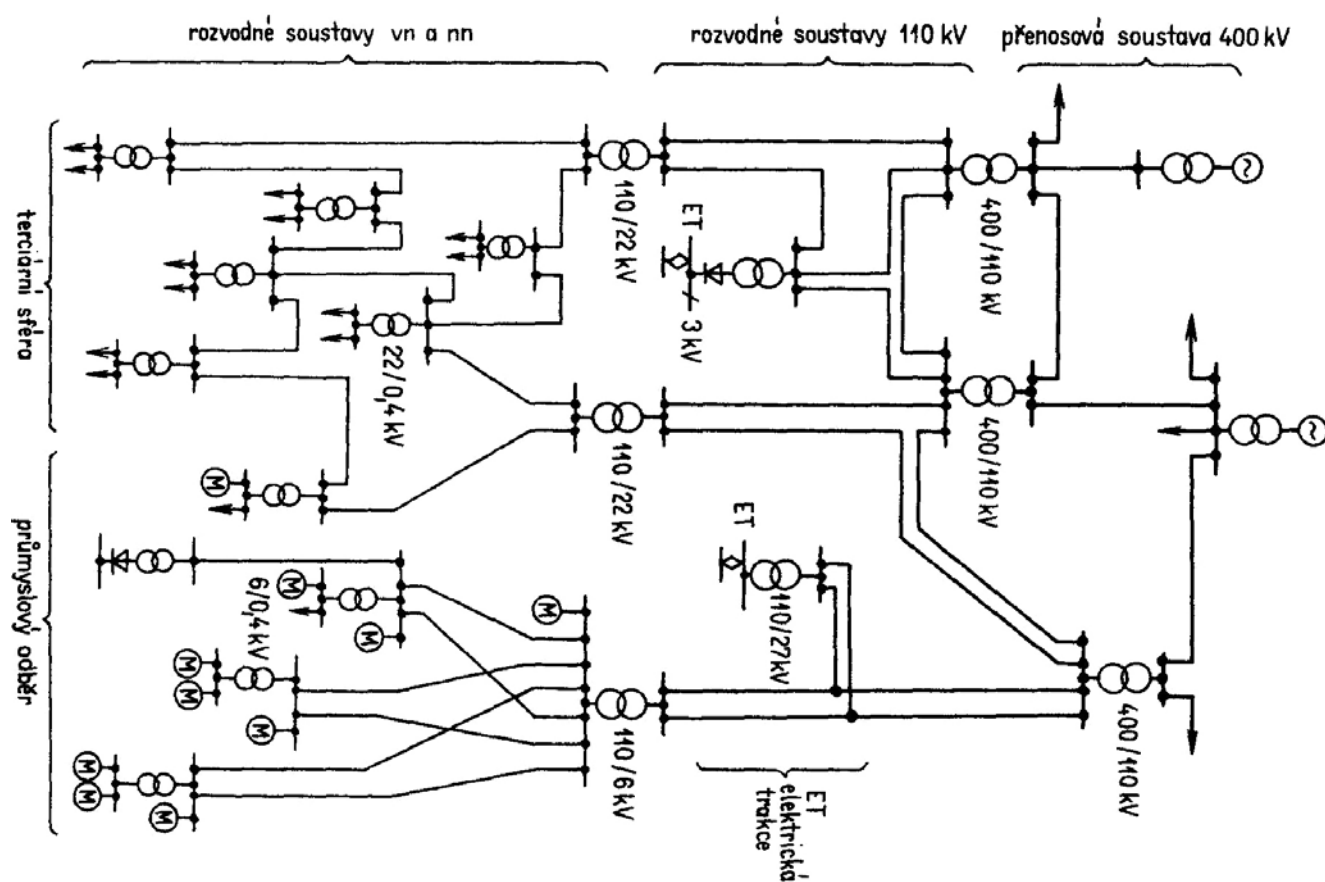
5.4. VEDENÍ PŘENOSOVÉ SOUSTAVY

Sítě tvoří galvanické propojení mezi zdroji a odběrovými uzly. Mohou mít charakter venkovního - nadzemního vedení nebo kabelového - podzemního vedení. Přenosové sítě 400 kV a 220 kV České republiky jsou tvořeny nadzemními vedeními určenými k přenosu velkých výkonů na velké vzdálenosti mezi hlavními uzly ES. Sítě ZVN jsou převážně provedeny jako jednoduché s vícesvazkovými vodiči, VVN 220 kV s dvojitým potahem a jednovodičové. Provozovatelem je společnost ČEPS, a.s. Přehled spravovaného zařízení společnosti ČEPS, a.s. je uveden v tab. 1. Dalšími sítěmi jsou distribuční sítě VVN bývalých rozvodných energetických akciových společností (REAS), které jsou složitější, hustější a slouží pro rozvod elektrické energie menších výkonů do konkrétních oblastí spotřeby a napájení významnějších odběrů. Bývají provedeny jako dvojitě, méně často jako jednoduché a jsou jednovodičové. Tyto sítě jsou vesměs nadzemní, pouze v některých případech podzemní, např. při nedodržení

příslušných prostorových norem či neprůchodnosti trasy, kdy nevyhoví použití připojení nadzemním vedením. Napěťové hladiny VN a NN napájí koncové spotřebitele elektrické energie a jsou jak nadzemního, tak i podzemního charakteru. V městských a průmyslových lokalitách bývá většinou provedení podzemní, v řídkce obydlených oblastech nadzemní a většinou jednoduchá. Pouze některá páteřní vedení, která propojují dvě elektrické stanice, bývají dvojité pro zajištění větší spolehlivosti napájení. Sítěmi nižších napětí se tento text nezabývá. Z grafického vyjádření vztahu napěťových hladin elektrizační soustavy vidíme i hustotu jednotlivých hladin (obr. 17). Nejméně hustá je přenosová soustava 220 kV a 400 kV, větší zahuštění je na úrovni 110 kV a nejvyšší na hladinách napětí 22 kV a 0,4 kV, do kterých je odběratelů připojených nejvíce.

Tab. 1: Přehled zařízení přenosové soustavy společnosti ČEPS, a.s.

Zařízení [-]	Počet [ks]	Jednotka [-]
Množství elektřiny přenesené PS na výstupu	58 480	GWh
Ztráty v přenosové soustavě	699	GWh
Délka tras vedení 400 kV	2 979	km
Počet vedení 400 kV	64	ks
Délka tras vedení 220 kV	1 371	km
Počet vedení 220 kV	34	ks
Délka tras vedení 110 kV	56	km
Transformátory 440/220 kV	4	ks
Transformátory 440/110 kV	44	ks
Transformátory 220/110 kV	22	ks
Rozvodny 420kV	24	ks
Rozvodny 245 kV	14	ks
Rozvodny 123 kV	1	ks



Obr. 17: Schéma vzájemného vztahu sítí.

6. TEORIE VEDENÍ VVN A ZVN

Elektrické ztráty na vedeních přenosové soustavy mají pro řízení a provoz elektrizační soustavy velký význam. Ztráty elektrické energie z podstaty věci vznikají ve všech prvcích přenosové soustavy a nelze je odstranit zcela, můžeme je však cíleně zmenšovat. Jejich snížení se pozitivně projevuje v chodu soustavy i ekonomice provozu.

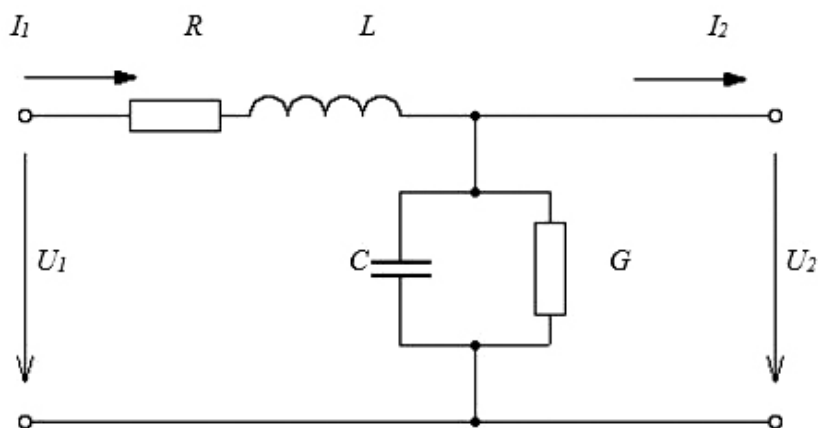
Aby bylo docíleno co nejnižších ztrát, je nutno pochopit příčiny jejich vzniku, z nichž poté lze vyvodit cestu, jak ztráty snižovat či omezovat. V této práci se zabýváme ztrátami technickými, které lze pomocí moderních řídicích a měřicích systémů snadno vyčíslit a archivovat. Data jsou přenášena optickými vlákny ze stanic do dispečinku, který tvoří centrálu řízení provozu a úložiště dat. Optická vlákna jsou součástí tzv. KZL, kombinovaného zemního lana. Z dispečerského pracoviště mohou být data exportována a je možné zpětně provést jejich analýzu.

Data napětí, proudu, činného výkonu a teploty jsou ukládána a mohou být použita pro další zpracování. Činné ztráty jsou dány rozdílem přenosu činného výkonu ze zdroje do místa odběru a obsahují tedy ztráty jak Jouleovy, tak i ztráty korónou a svodem. Při použití současných technologií není možné tyto ztráty evidovat separátně.

Pro pochopení ztrát vedení a jejich vzniku se pokusíme přiblížit teoreticky funkci vedení přenosové soustavy, které je možné popsat elektrickými parametry a náhradními schématy.

6.1. ELEKTRICKÉ PARAMETRY VEDENÍ

V dalších částech tohoto textu se zaměříme podrobněji na teorii elektrických vedení a ztrát. Pro pochopení vzniku ztrát si nejprve definujeme fyzikální veličiny, které tvoří parametry vedení, a jeho zjednodušený popis náhradním obvodem. Náhradní obvod je vytvořen zapojením různého počtu prvků R , L , C a G . Zpravidla se pro fyzikální představu zobrazuje jednopólový model (obr. 18) s uvedením parametrů. Vedení si musíme představit jako čtyřpól.



Obr. 18: Jednopólový model skutečného vedení přenosové soustavy s parametry, které toto vedení obsahuje.

Mezi základní parametry vedení patří:

- | | | | |
|-----------------------|-----|------------|---------|
| • činná rezistence | R | $[\Omega]$ | Ohm |
| • provozní indukčnost | L | $[H]$ | Henry |
| • svodová vodivost | G | $[S]$ | Siemens |
| • provozní kapacita | C | $[F]$ | Farad |

Těmito čtyřmi hodnotami vztaženými na jednotku délky, zpravidla na 1 km, lze popsat každé vedení, které přenáší elektrickou energii.

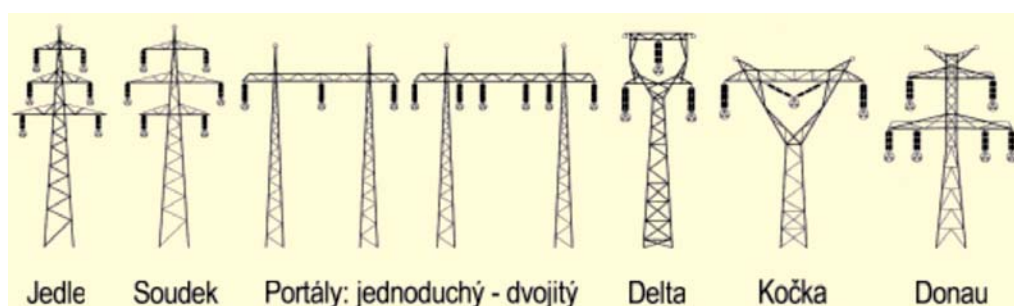
7. TEORIE ZTRÁT ELEKTRICKÉ ENERGIE

Ztráty můžeme rozdělit na obchodní a technické. Obchodní ztráty se týkají nepřesností v použitých měřících prvcích, černých odběrů a jiných událostí. Technické ztráty souvisejí s platnými fyzikálními zákony.

Tyto ztráty můžeme určit dvěma způsoby:

- měřením
- výpočtem

Určení ztrát výpočtem je značně složité a zdlouhavé. Pro jejich správné vyčíslení je nutný detailní technický popis konstrukce počítaného vedení. Předpokladem pro výpočet ztrát je také velmi vysoká znalost teoretické elektrotechniky a vysoká odbornost. Při pojmu ztráty nás ihned napadne myšlenka účinnosti, neboť jsou tyto dva pojmy svázány a souvisejí spolu. Všechny prvky ES mají účinnost η danou použitými přístroji a materiály, ze kterého je dané zařízení vyrobeno, zdroje jsou navíc ještě limitovány použitou technologií výroby elektrické energie. Tyto účinnosti jsou v podstatě výsledkem kompromisu mezi ekonomickými a technickými požadavky pro její výrobu a rozvod. I vedení, které je tvořeno podpěrnými body, izolátory, vodiči, zemními lany atd., jsou navržena tak, aby bylo tomuto kompromisu vyhověno. Při hledání řešení přenosu elektrické energie z místa výroby do místa spotřeby se nejprve vedení navrhne elektricky a poté mechanicky. Základními prvky každého vedení jsou podpěrné body. Jejich správný návrh a vhodné geometrické rozmístění vodičů má velký vliv na ztrátovost celého vedení. U většiny sítí ZVN, VVN se jedná o příhradové stožáry s betonovými základy, jak je uvedeno na obr. 19.



Obr. 19: Základní typy používaných podpěrných bodů hladin ZVN a VVN.

Účinnost vedení můžeme vyjádřit účinností přenosu, která je dána podílem výkonu na konci vedení a příkonu na jeho začátku:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100$$

η	účinnost	[%]	procento
P_2	výkon přivedený na konec vedení	[W]	Watt
P_1	příkon dodaný na začátku vedení	[W]	Watt

Obecně můžeme vyčíslit ztráty jako rozdíl příkonu dodaného a výkonu přeneseného na konec vedení

$$\Delta P = P_1 - P_2 \quad [W] \quad \text{Watt}$$

Vznik elektrické energie je provázen třemi jevy, které spolu souvisí a jsou neoddělitelné. Úvaha platí obecně pro všechny úrovně napětí střídavých sítí. Můžeme o ní prohlásit, že je tvořena obvodem:

- proudovým
- magnetickým
- dielektrickým

Proudový obvod

Proudovým obvodem nazýváme všechny vodiče, které jsou protékány elektrickým proudem a tvoří vodivou cestu, kterou usměrňujeme trasu vedení od místa odběru do místa spotřeby. Vodiče kladou odpor průchodu proudu. Tato vlastnost je nazývána rezistencí a představuje činnou hodnotu ztrát. Mezi proudový obvod můžeme teoreticky zařadit i všechny nevodiče, které neslouží k vedení elektrického proudu. Můžeme prohlásit, že není dokonalých izolantů.

Magnetický obvod

Druhým obvodem je magnetický, vytvářející magnetické pole kolem vodiče protékaného elektrickým proudem. Příslušný magnetický tok je přímo úměrný velikosti proudu, který vodičem teče

$$\Phi = L \cdot I$$

Φ	magnetický tok	[Wb]	Weber
L	indukčnost vodiče	[H]	Henry
I	elektrický proud	[A]	Ampér

Tento obvod však již nemůžeme považovat za ztrátový, neboť bez jeho existence není možný přenos elektrické energie.

Dielektrický obvod

Dielektrickým obvodem můžeme obecně nazvat elektrické pole vznikající mezi různými potenciály. V našem případě, kdy se zabýváme vedením přenosové soustavy, je to pole mezi vodiči samotnými, mezi vodiči a zemí. Zemí myslíme všechny se zemí spojené části, mezi které patří podpěrné body, ukotvení izolátorových řetězců na nich. Charakteristickou vlastností tohoto obvodu je přítomnost elektrického náboje, pro nějž platí:

$$Q = C \cdot U$$

Q	úhrn elektrického náboje	[C]	Coulomb
C	kapacitavodiče	[F]	Farad
U	napětí	[V]	Volt

Zde je velikost náboje úměrná napětí, tedy rozdílu potenciálu.

Z hlediska fyzikálního je každé vedení ztrátové. Ztráty představují část vyrobené elektrické energie, která není využita, ale musí být dodána zdroji.

Mezi technické ztráty můžeme zahrnout:

- ztráty rezistencí (Jouleovy ztráty, skin efekt), mluvíme o ztrátách ve vodiči
- ztráty svodem, ztráty dielektrické
- ztráty korónou, rovněž ztráty dielektrické

Uvedené ztráty mají činný charakter a lze říci, že komplexně vystihují vhodnost konstrukce a použití materiálů daného vedení.

7.1. JOULEOVY ZTRÁTY

Průchodem proudu vodičem vzniká teplo. Teplo je úměrné druhé mocnině proudu jím procházejícím. Tyto ztráty jsou nejvyšší ze všech uvažovaných v této práci a jejich velikost primárně závisí na velikosti proudu procházejícího vodičem. Pro jejich pochopení se jimi budeme zabývat nejpodrobněji. Vedení je tvořeno vodičem, který slouží k vedení elektrického proudu. Materiály vodičů jsou nejčastěji hliník Al, měď Cu a ocel. Rezistence je vlastnost materiálu, určeného k vedení elektrického proudu, klást odpor průchodu elektrického proudu. Schopnost vést nebo nevést elektrický proud je dána atomickým složením každé látky, jež je závislá na počtu volných elektronů v použitém materiálu a na vazbách mezi atomy.

Z tohoto pohledu rozlišujeme 4 základní typy látek:

- vodiče
- izolanty
- polovodiče
- supravodiče

Čím více má materiál volných elektronů, tím lepším je látka vodičem, má menší rezistenci a naopak. V úvahách se zaměříme na první dva typy, které nejvíce nalézají uplatnění v elektroenergetice. V případě Jouleových ztrát mluvíme pouze o vodičích. Mluvíme-li o ztrátách rezistencí, dají se charakterizovat jako energie nutná k překonání odporu vodiče.

Pro vyjádření ztrát vedení rezistencí vyjdeme z Ohmova zákona, kdy platí:

$$R = \rho \cdot \left(\frac{l}{S} \right)$$

R	rezistence vodiče	[Ω]
ρ	měrný odpor vodiče	[Ω·mm ² ·km ⁻¹]
l	délka vodiče	[km]
S	průřez vodiče	[mm ²]

Odpor vodiče je udáván při určité teplotě, většinou 20 °C. Rezistence materiálů používaných v přenosových soustavách bývá nízká, řádově kolem setin až desetin Ω·km⁻¹. Vzhledem k délkám vedení přenosové soustavy vychází celková rezistence vyšší než u soustav nižších napěťových hladin. Mimo závislost rezistence na použitém materiálu vodiče, závisí také na teplotě vodiče, která je závislá na teplotě okolí a zatížení proudem I. Je prokázána přímá úměra mezi teplotou vodiče a rezistencí.

Teplotní závislost rezistence a okolního prostředí můžeme vyjádřit:

$$R_T = R_{20} \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T)$$

R _T	rezistence při dané teplotě	[Ω]	Ohm
R ₂₀	rezistence při 20 °C	[Ω]	
α	teplotní součinitel odporu	[K ⁻¹]	
ΔT	rozdíl teplot	[K]	Kelvin

Z výše uvedeného vzorce je zřejmá závislost činných ztrát na teplotě, které se mohou při velkých přenášených výkonech významně měnit i v závislosti na teplotě okolí a vodiče. V přenosových sítích se používají k vedení elektrické energie především AlFe lana a hodnotu rezistence použitého vodiče pro konkrétní typ vedení vztaženou na jednotku délky lze najít v katalozích firem zabývajících se jejich výrobou. Výsledná hodnota rezistence je součinem délky vedení a velikostí rezistence vztaženou na jednotku délky:

$$R_c = R_v \cdot l$$

R_v	rezistence udávaná výrobcem	$[\Omega \cdot \text{km}^{-1}]$	
l	délka vedení	[km]	kilometr
R_c	výsledná rezistence	$[\Omega]$	Ohm

Pro stanovení ztrát vedení rezistencí platí vztah:

$$\Delta P_r = k_z \cdot R_c \cdot I^2$$

ΔP_r	ztráty rezistencí	[kW]	kilowatt
I	proud vodičem	[A]	ampér
k_z	koeficient zatížení	[-]	

Koeficient zatížení k_z je roven 3 v případě, kdy vedení nemá po své délce odběry a můžeme konstatovat, že celou jeho délkou teče stejný proud až do místa odběru. Toto lze předpokládat u ZVN a VVN a některých distribučních sítí, na které se tento text zaměřuje. U vedení, zpravidla NN, která mají po své délce odběry ve stejných vzdálenostech je $k_z = 1$.

Mezi Jouleovy ztráty zahrnujeme i ztráty povrchovým jevem. Průchodem proudu vodičem vzniká povrchový jev neboli skin-efekt. Je způsoben tím, že střídavé pole má nejvyšší intenzitu na povrchu vodiče. Vnitřní část vodiče není tolik využita k vedení proudu, což se projeví zvýšením činného odporu. Tyto ztráty jsou vzhledem k velikosti síťové frekvence zanedbatelné.

7.2. ZTRÁTY SVODEM

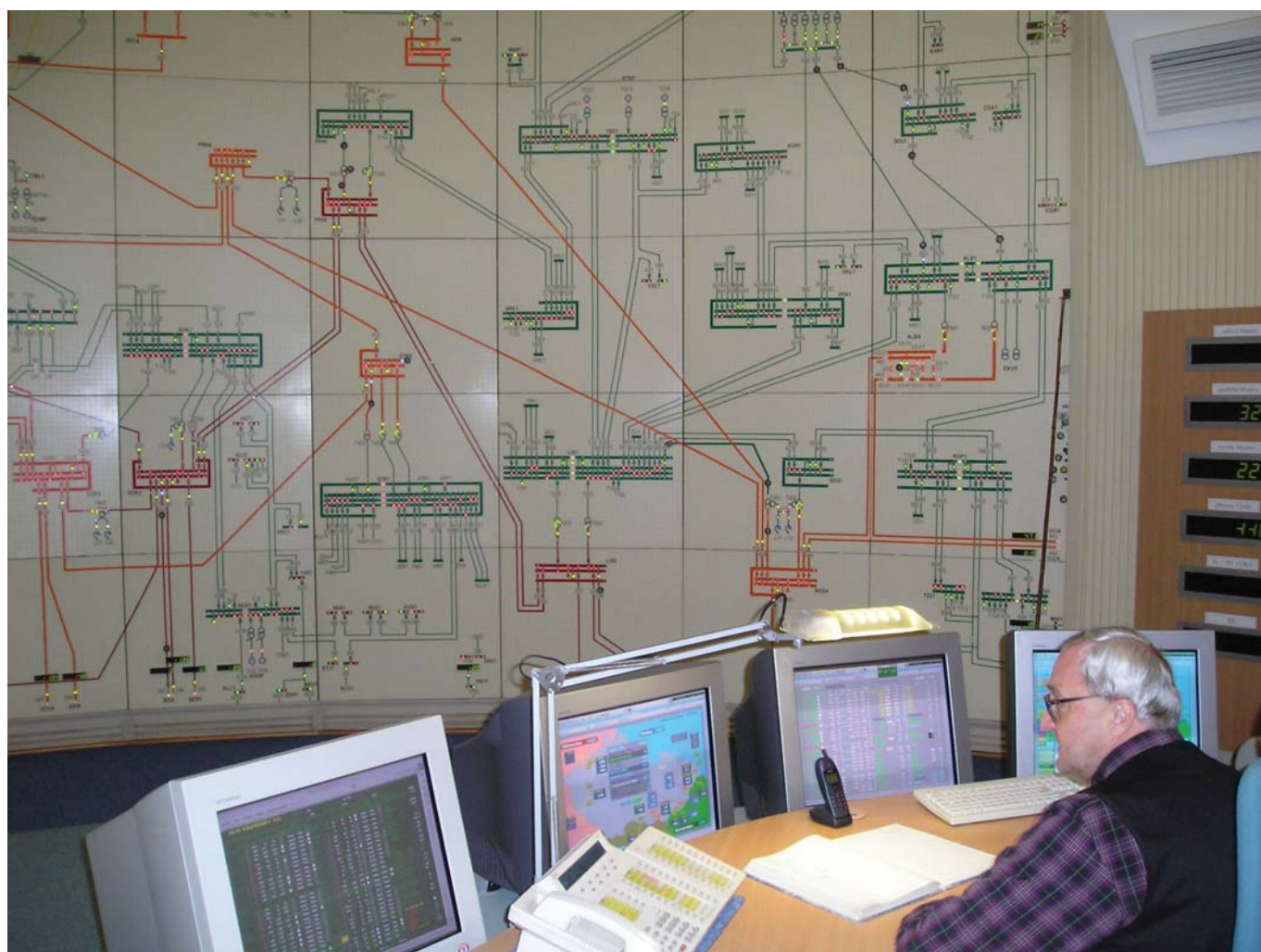
Svodová vodivost, konduktance, tvoří jeden z parametrů příčné admitance vedení, který se u napěťových hladin 400 kV a 220 kV obvykle nezanedbává při výpočtech, protože jeho velikost již dosahuje zajímavých hodnot. Izolátorový řetězec, sloužící k mechanickému upevnění vodivého lana ke konstrukci podpěrného bodu není dokonalým izolantem. Prochází jím tedy uvnitř i vně proud, který vytváří činné ztráty. Ztráty svodem vznikají znečištěním povrchu izolátorů, nebo zmenšením jejich izolačního odporu vlivem vnějších klimatických podmínek. Následný svodový proud vznikající nedokonalostí izolace vodičů vůči zemi teče touto proudovou dráhou. Tyto ztráty rovněž negativně ovlivňuje stárnutí izolace. Snížení svodových ztrát lze dosáhnout použitím nových izolačních materiálů a vhodnou volbou tvaru izolátorů, což lze doložit experimentálně. Nejjednodušší cesta k jejich snížení je prodloužení proudové dráhy mezi vodičem a nevodivou částí. Jedná se o ztráty způsobené nedokonalostí dielektrika použitého materiálu.

7.3. ZTRÁTY KORÓNOU

Koróna je další doprovodný jev přenosu elektrické energie. Projevuje se světelnými a zvukovými efekty. Jedná se o bledě fialový až narůžovělý výboj doprovázený tzv. sršením. Koróna je výbojem vznikajícím na vodičích při sníženém přeskokovém napětí na vedeních při překročení dielektrické pevnosti vzduchu. Toto překročení se nazývá počáteční napětí a je závislé na atmosférických podmínkách a fyzikálních rozměrech vodiče.

8. ŘÍZENÍ ENERGETICKÉ SOUSTAVY

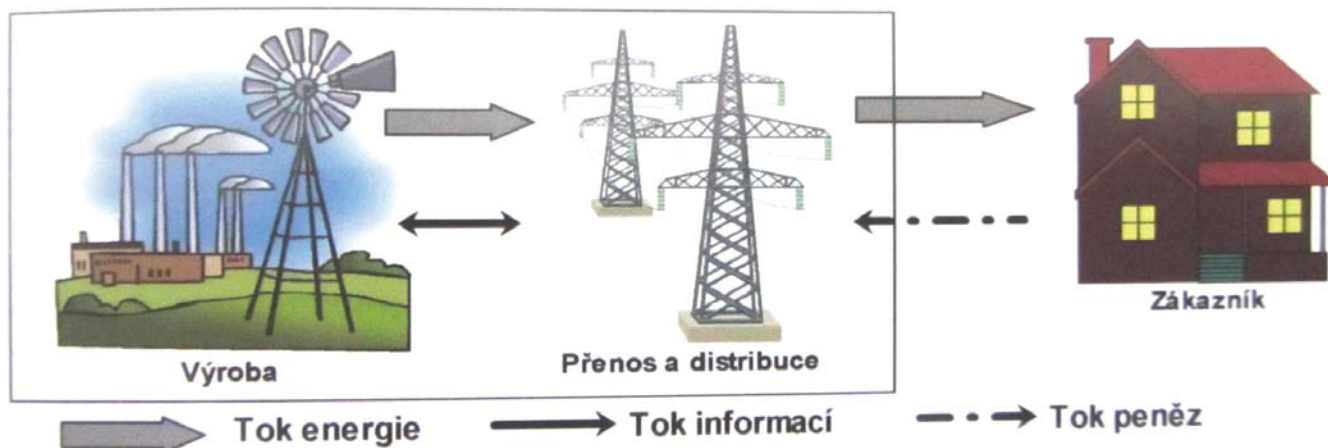
Řízení provozu celé energetické soustavy s mnoha zdroji, které jsou propojeny sítí elektrických vedení (délka linek o napětí 400 kV přesahuje v ČR 3 tisíce km, síť vedení 220 kV měří přibližně 2000 km) má v kompetenci ústřední dispečink v Praze a záložní dispečink v Ostravě. Vzhledem k tomu, že elektřinu nelze skladovat, musí být její výroba v každém okamžiku v rovnováze se spotřebou. Schopnost regulovat soustavu je vyšší, je-li možné vzájemné propojení v rámci přenosových soustav. Česká republika se proto spolu s Polskem, Maďarskem a Slovenskem (sdružení Centrel) propojila v roce 1995 se západoevropskou elektrizační soustavou. Vzájemným propojením se snižují ztráty elektrické energie ve vedení, lze si elektrickou energii vyměňovat a vypomáhat si tak navzájem při poruchách nebo náhlých změnách spotřeby a je také možné si vybrat nejlevnější elektřinu, kterou soustavy nabízejí. V souvislosti s liberalizací evropského vnitřního trhu s elektřinou velmi vzrůstá význam přeshraničních obchodů. Ukázka energetického dispečinku je uvedena na obr. 20.



Obr. 20: Ukázka řízení energetické soustavy z dispečinku v Ostravě.

9. LIBERALIZACE TRHU S ELEKTRINOU

Liberalizace trhu s elektřinou v České republice neboli otevírání trhu znamená, že z původně „chráněného zákazníka“, jehož cena dodávky byla plně stanovována Energetickým regulačním úřadem, se konečný zákazník stává tzv. „oprávněným zákazníkem“ s právem volby svého dodavatele silové elektřiny. Elektrická energie je základem národního hospodářství každého státu. Elektřina je nenahraditelná pro konečné zákazníky a její užití, zejména pro napájení domácích spotřebičů, informačních a komunikačních zařízení a také aplikace v průmyslu. Spotřeba elektrické energie neustále roste. Počátkem 90. let byly v Evropě dodávky elektrické energie v dané geografické oblasti zajišťovány jedinou integrovanou společností, zahrnující všechny oblasti elektroenergetiky od výroby, přes přenos až po distribuci elektrické energie. Ukázka takového integrovaného systému je uvedena na obr. 21.



Obr. 21: Schéma integrovaného systému pro dodávky elektrické energie před liberalizací trhu.

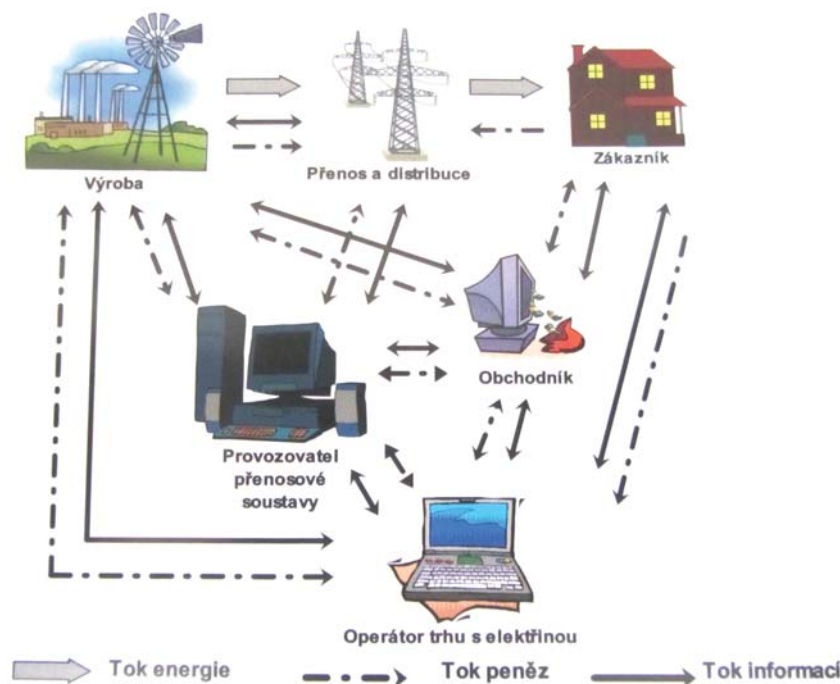
Znaky uvedeného integrovaného systému můžeme shrnout do těchto pojmů:

- centralizace energetické společnosti, zabývající se technologií přeměn, od výroby, přenosu a distribuce až po užití elektrické energie
- maximalizace technických parametrů energetické společnosti
- neexistence konkurence
- jednotná cenová politika

První a finanční dohled byl vykonáván státem, který řídil míru výnosnosti vynaložené investice a zabezpečoval investování finančních prostředků do zařízení pro trvalou a spolehlivou dodávku elektrické energie v daném období a výhledu do budoucnosti. Pro zákazníka to znamenalo větší míru jistoty v zabezpečení dodávek elektrické energie. Na druhou stranu zákazník nesl v ceně elektrické energie investice energetické společnosti bez ohledu, zda byly nutné. Otevírání trhu s elektřinou probíhalo v České republice od 1. ledna 2002, kdy se postupně jednotlivé kategorie původně chráněných zákazníků stávaly oprávněnými zákazníky s právem volby dodavatele elektřiny. Trh s elektřinou byl otevírán pro jednotlivé kategorie zákazníků v následujících krocích:

- od 1. ledna 2002 pro zákazníky s roční spotřebou nad 40 GWh
- od 1. ledna 2003 pro zákazníky s roční spotřebou nad 9 GWh
- od 1. ledna 2004 všichni zákazníci s průběhovým měřením spotřeby mimo domácnosti
- od 1. ledna 2005 všichni koneční zákazníci mimo domácnosti
- od 1. ledna 2006 všichni koneční zákazníci včetně domácnosti

Všichni koneční odběratelé elektrické energie v současné době mají právo na bezplatnou změnu dodavatele a tím i možnost ovlivnit část svých celkových nákladů za dodávku elektřiny.



Obr. 22: Zjednodušené schéma pohledu na liberalizovaný trh s elektrickou energií.

9.1. LIBERALIZACE ODVĚTVÍ ENERGETIKY

Liberalizace energetiky vedla k rozšíření trhu s elektrickou energií o další subjekty, které si konkurují na trhu s elektrickou energií a zároveň nesou všechna investiční rizika. V současné době je rozhodující pro konečného zákazníka cena elektrické energie, která je vytvářena na nezávislém velkoobchodním trhu. Cena silové elektřiny na velkoobchodním trhu má obvykle jednoduchou strukturu peněžní jednotky za jednu megawatthodinu (MWh). Ukázka zjednodušeného pohledu na liberalizovaný trh s elektrickou energií je uvedena na obr. 22.

Znaky liberalizovaného energetického odvětví vyjádřené podmínkami a skutečnostmi:

- existence legislativy umožňující podnikání v energetice
- uskutečnění privatizace v sektoru energetiky
- vytvoření konkurenčního prostředí, kde podnikové strategie jsou zaměřeny na strategii odbytu
- existence nových informačních technologií
- uplatnění marketingu, zákaznické modely chování energetické společnosti
- potřeba průhlednosti trhu energie, průhlednost toku financí

9.2. SUBJEKTY PŮSOBÍCÍ V OBLASTI LIBERALIZOVANÉ ENERGETIKY

- **Výrobci elektřiny (elektrárny)**
Dodávají do sítě elektřinu, která je spotřebována konečnými zákazníky.
- **ČEPS – Česká elektrizační přenosová soustava**
Zajišťuje přenos elektřiny po páteřní síti ČR a zodpovídá za odchylku. Řídí toky elektřiny v přenosové soustavě.
- **Distributoři**
Zajišťují provoz a rozvoj distribuční soustavy v přiděleném území. V tomto území také řídí toky elektřiny. Zajišťují měření spotřeby. Mají právo přerušit nebo omezit dodávku elektřiny v nezbytném rozsahu. V ČR působí ve svém vymezeném území 3 velké distribuční společnosti: E.ON Distribuce, a.s., PREdistribuce, a.s. a ČEZ Distribuce, a. s.. Kromě těchto velkých distributorů jsou v provozu také další místní distribuční soustavy. Ceny distribuce vydává Energetický regulační úřad (ERÚ).

- **Obchodníci**

Nakupují elektřinu za účelem jejího dalšího prodeje odběratelům. Seznam držitelů licence pro obchod se elektrickou energií je k dispozici ke stažení na stránkách ERÚ.

- **Oprávnění zákazníci**

Mají právo být připojeni k distribuční nebo přenosové soustavě, pokud splňují předepsané podmínky. Dále mají právo nakupovat elektřinu ve stanovené kvalitě od držitelů licence na obchod s elektřinou.

- **Operátor trhu s elektřinou (OTE)**

Akciová společnost založená státem. OTE je povinen zpracovávat údaje jemu předávané od účastníků trhu, obchodní bilanci, tu pak předávat provozovateli přenosové soustavy, provozovatelům distribučních soustav. Dále OTE organizuje krátkodobý trh s elektřinou a ve spolupráci s ČEPS organizuje vyrovnávací trh s regulační energií. Zpracovává zúčtování vyhodnocení odchylek.

- **Energetický regulační úřad (ERÚ)**

Vydává licence, podle kterých je možné podnikat v energetických odvětvích. Je správní úřad pro výkon regulace v energetice. V jeho působnosti jsou také podpora hospodářské soutěže, podpora využívání obnovitelných a druhotných zdrojů energie a ochrana zájmů spotřebitelů v těch oblastech energetických odvětví, kde není možná konkurence s cílem uspokojení všech přiměřených požadavků na dodávku energií. Licence udělované ERÚ mají omezenou dobu platnosti. Licence na obchod s elektřinou se uděluje na dobu 5 let, licence činnosti operátora trhu se uděluje na dobu 25 let. Zároveň také platí to, že subjekt, který má jednu licenci v oblasti energetiky již nedostane udělenou další (např. distributor nemůže být zároveň i obchodníkem apod.).

Zákazníci jsou členěni podle místa připojení k síti:

- zákazníci připojení k síti velmi vysokého napětí (VVN)
- zákazníci připojení k síti vysokého napětí (VN)
- zákazníci připojení k síti nízkého napětí (NN)

Domácnosti maloodběř:

Odběratelem kategorie **D** (domácnost) je fyzická osoba, jejíž odběrné místo je připojeno k distribuční soustavě NN a používá elektřinu k potřebám vlastním nebo osob v její domácnosti. Do této kategorie patří také odběry ve společných prostorách obytných domů, v těchto prostorách však nesmí docházet k podnikatelské činnosti.

Podnikatelé maloodběř:

Neboli odběratelé kategorie **C** jsou právnické osoby, či živnostníci, připojení k distribuční soustavě NN. Odebraná elektřina je používána k potřebám podnikání.

Dle způsobu měření jsou zákazníci členěni na typy A, B a C:

Typ C se používá u zákazníků připojených ke zdroji **NN**, pokud je jmenovitá hodnota jističe před elektroměrem nižší než 200 A. Spotřeba se měří jednou ročně fyzickým odpočtem elektroměru. Vyúčtování se zpravidla provádí ročně. V průběhu roku obvykle platí zákazník dodavateli zálohy na svůj předpokládaný odběr.

Typ B se užívá u zákazníků připojených k síti **VN** nebo u zákazníků připojených k **NN**, pokud je jmenovitá hodnota jističe před elektroměrem vyšší nebo rovná 200 A. Spotřeba je měřena každých 15 minut a data jsou odesílána distributorovi. Zákazník je informován měsíčně. Vyúčtování spotřeby se provádí měsíčně na základě naměřených hodnot.

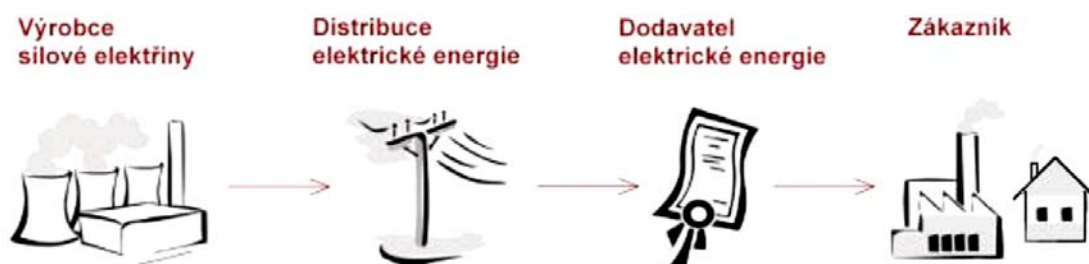
Typ A u zákazníků **VVN nebo VN**. Spotřeba je opět měřena každých 15 min a odesílána. Zákazník je informován denně, vyúčtování je prováděno měsíčně.

Změna dodavatele elektřiny

Proces změny dodavatele je podle ERÚ bezplatný. V praxi se lze setkat s účtováním aktivačního poplatku za přechod k novému dodavateli. Přechod si může zákazník řešit sám, v tom případě je třeba postupovat dle pokynů (ERÚ), nebo jej může vyřídit i nový dodavatel na základě plné moci.

Struktura ceny elektřiny

Cena elektřiny se v současnosti skládá z části regulované a z části neregulované. Obě části se potom skládají ze stálého platu, který se odvozuje od velikosti hlavního jističe, a z platby za dodanou elektřinu. Regulovaných položek vázaných na množství dodané elektřiny je více. K výsledné ceně je nutno přičíst daň z elektřiny a daň z přidané hodnoty. Mezi dodavateli elektřiny existují dvě výjimky: jeden alternativní dodavatel neúčtuje stálý plat za dodávku elektřiny a jiný alternativní dodavatel neúčtuje daň z elektřiny, protože veškerá jím dodaná elektřina pochází z obnovitelných zdrojů. Zjednodušené schéma pro vysvětlení přenosu elektrické energie od výrobce k zákazníkovi je uvedena na obr. 23.



Obr. 23: Obrázek pro vysvětlení přenosu elektrické energie od výrobce k zákazníkovi.

Na faktuře jsou složky ceny elektřiny vyčísleny v následujícím pořadí:

Regulované složky:

a) distribuce elektřiny:

- plat za příkon
- cena za distribuované množství elektřiny

b) související služby:

- systémové služby
- činnost zúčtování OTE (operátor trhu s elektřinou)
- podpora výkupu elektřiny z OZE (obnovitelné zdroje energie), KVET (kombinovaná výroba elektřiny a tepla) a DZ (druhotné energetické zdroje)

Neregulované složky:

- dodávka elektřiny
- stálý plat
- cena za dodávku elektřiny

Daně:

- daň z elektřiny
- daň z přidané hodnoty

Struktura ceny elektrické energie:

- výrobce elektrické energie: Silová energie 30 až 40%
- dodavatel elektrické energie: Marže dodavatele 4 až 10%
- ostatní včetně jističe: 7%
- ČEPS, a.s.: Distribuční soustava VVN (velmi vysoké napětí) 5%
- distributor: Distribuční soustava 45%

10. ZÁVĚR

V předchozích kapitolách se čtenář mohl dozvědět základní informace o současné energetice. První polovina textu je věnována především jednotlivým zdrojům energie a možnostem jejich využívání. Následující část tvoří popis elektrizační přenosové soustavy, včetně její funkce. Pro bližší pochopení činnosti soustavy jsou popsány a uvedeny příklady jejich základních prvků, které se v ní uplatňují a mají ve všech objektech stejnou funkci. Rovněž jsou naznačeny a přiblíženy jejich konkrétní úlohy v elektrizační soustavě.

Energetika je a bude jedním z klíčových odvětví určující chod lidské společnosti. Zajištění dodávek energií, na které jsme si ve vyspělých státech zvykli a mnozí je mylně považují za naprostou samozřejmost, je jednou z nutných podmínek chodu naší civilizace a vysoké životní úrovně.

Aby i do budoucna byly v České republice zajištěny spolehlivé, bezpečné a k životnímu prostředí šetrné dodávky pro potřeby obyvatelstva a ekonomiky za konkurenceschopné a přijatelné ceny je podle návrhu Aktualizace státní energetické koncepce ČR z roku 2012 nutné „se zaměřit zejména na následující klíčové priority:

I. Vyvážený mix zdrojů založený na jejich širokém portfoliu, efektivním využití všech dostupných tuzemských energetických zdrojů a udržení přebytkové výkonové bilance ES s dostatkem rezerv. Udržování dostatečných strategických rezerv tuzemských forem energie.

II. Zvyšování energetické účinnosti a dosažení úspor energie v hospodářství i v domácnostech.

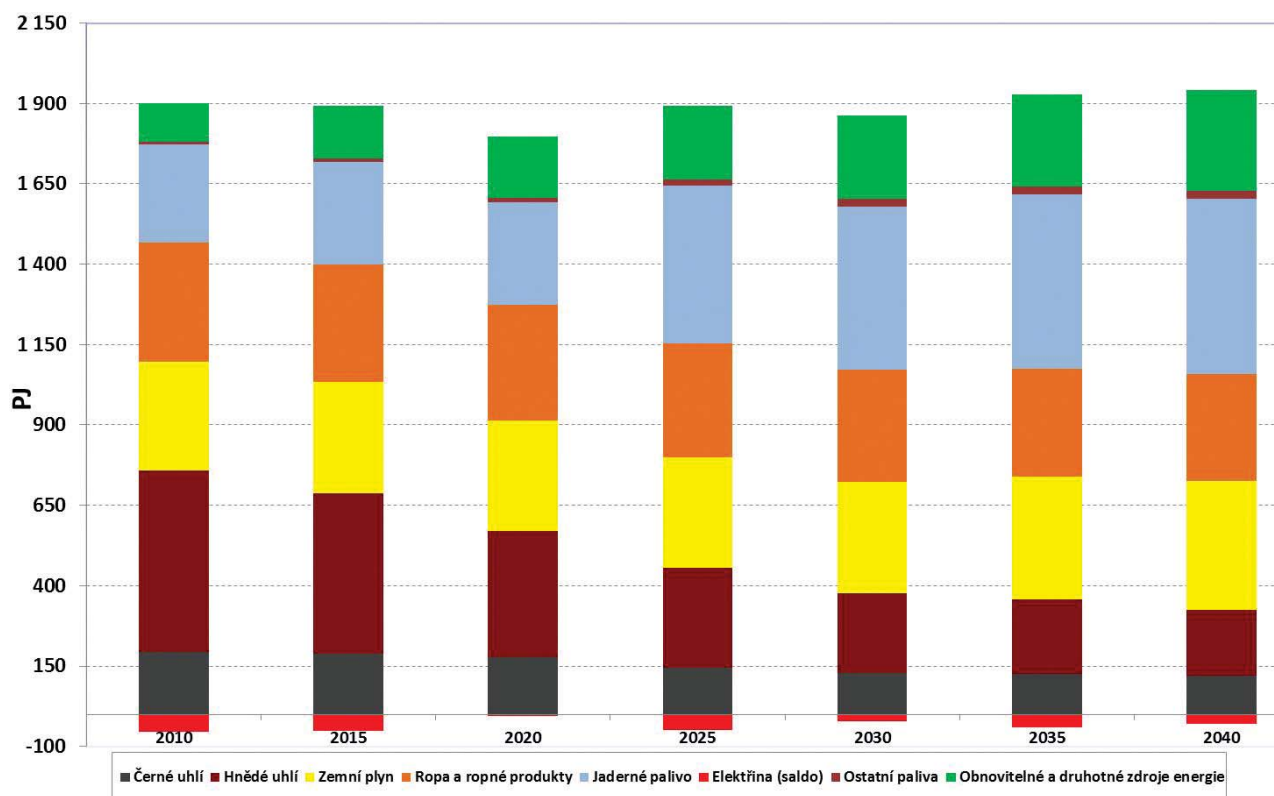
III. Rozvoj síťové infrastruktury ČR v kontextu zemí střední Evropy, posílení mezinárodní spolupráce a integrace trhů s elektřinou a plynem v regionu včetně podpory vytváření účinné energetické politiky EU.

IV. Podpora výzkumu, vývoje a inovací zajišťující konkurenceschopnost české energetiky a podpora školství, s cílem nutnosti generační obměny a zlepšení kvality technické inteligence v oblasti energetiky.

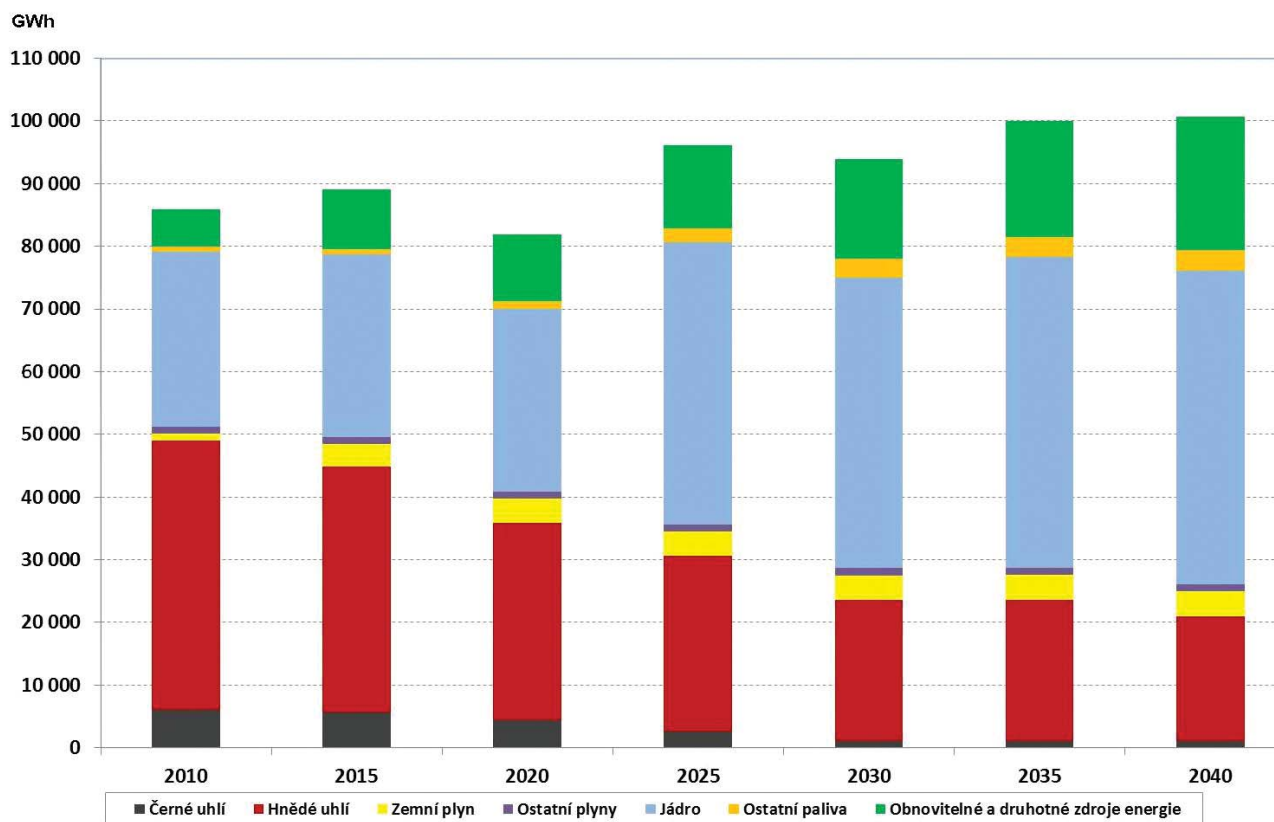
V. Zvýšení energetické bezpečnosti a odolnosti ČR a posílení schopnosti zajistit nezbytné dodávky energií v případech kumulace poruch, vícenásobných útoků proti kritické infrastruktuře a v případech déletrvajících krizí v zásobování palivy.“

Následující grafy přinášejí očekávaný vývoj a strukturu využívání primárních energetických zdrojů a výroby elektřiny do roku 2040, podle výše zmiňovaného návrhu Aktualizace státní energetické koncepce ČR z roku 2012. Hlavními trendy jsou postupný útlum energetického využívání uhlí a naopak nárůst podílu jaderné energetiky a obnovitelných zdrojů energie.

Jestli se uvedená očekávání naplní, ukáže až čas. Vývoj energetiky je a bude ovlivňován velmi mnoha faktory (některými těžko předvídatelnými) a mnoha rozhodnutími (ne vždy racionálními). K tomu, aby se naše energetika smysluplně rozvíjela, potřebuje Česká republika nejen špičkové odborníky, ale také energeticky gramotnou veřejnost.



Obr. 24: Očekávaný vývoj a struktura využívání primárních energetických zdrojů v ČR.



Obr. 25: Očekávaný vývoj a struktura hrubé výroby elektřiny v ČR.

POUŽITÉ ZDROJE

Aktualizace státní energetické koncepce [online]. Praha, 2012 [cit. 13. 2. 2013].

Dostupné z: <http://www.mpo.cz/dokument119078.html>

BECHNÍK, Bronislav. Z čeho se skládá cena elektřiny. *TZB-info*. [online]. Praha: Topinfo, s.r.o., 20. 2. 2012 [cit. 13. 2. 2013]. ISSN 1801-4399.

Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/ceny-paliv-a-energii/8306-z-ceho-se-sklada-cena-elektriny>

Ceny. *SKUPINA ČEZ* [online]. ČEZ, a.s., ©2013 [cit. 16. 2. 2013].

Dostupné z: <http://www.cez.cz/cs/co-delat-kdyz/ceny.html>

ČEPS, a.s. [online]. ČEPS, a.s., ©2011 [cit. 16. 2. 2013].

Dostupné z: <http://www.ceps.cz/CZE/Stranky/default.aspx>

DOUCEK, Aleš, TENKRÁT, Daniel a DLOUHÝ Petr. Vodíkové hospodářství a možnosti využití vodíku k regulaci obnovitelných zdrojů energie. *Paliva* [online]. Praha: VŠCHT, 2011, roč. 3, č. 1, s. 1 – 7 [cit. 13. 2. 2013]. ISSN 1804-2058.

Dostupné z: <http://paliva.vscht.cz/cz/archiv-clanku/detail/10>

Dřevěné pelety [online]. Bernatice u Trutnova: Bečkov, s.r.o., ©2012 [cit. 15. 2. 2013].

Dostupné z: <http://www.beckov.cz/drevene-pelety>

Encyklopedie energie [online]. SIMOPT, s.r.o., ©1999 [cit. 18. 12. 2012].

Dostupné z:

<http://www.cez.cz/cs/vyzkum-a-vzdelavani/pro-studenty/materialy-ke-studiu/pocitacove-programy/5.html>

Fotovoltaický článek. In: *Nemakej.cz* [online]. Tršice: VR OZE systems, s.r.o. [cit. 16. 2. 2013].

Dostupné z: <http://www.nemakej.cz/fotovoltaicky-clanek.php>

HRADÍLEK, Zdeněk. *Elektroenergetika distribučních a průmyslových zařízení*.

Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2008, 364 s. ISBN 978-80-7225-291-6.

CHEMIŠINEC, Igor. *Obchod s elektřinou*. 1. vyd. Praha: Conte, c2010, 201 s. ISBN 978-80-254-6695-7.

JAKUBES, Jaroslav, BELLINGOVÁ, Helena a ŠVÁB, Michal. *Moderní využití biomasy: technologické a logistické možnosti* [online]. Česká energetická agentura, 2006 [cit. 11. 2. 2013].

Dostupné z: <http://www.mpo-efekt.cz/dokument/02.pdf>

JANČAR, Rostislav. Exkluzivní fotoreportáž z modernizace jaderné elektrárny Temelín. In: *Technet.cz* [online]. 1. 10. 2007 [cit. 15. 2. 2013].

Dostupné z:

http://technet.idnes.cz/exkluzivni-fotoreportaz-z-modernizace-jaderne-elektrarny-temelin-1fb-/tec_reportaze.aspx?c=A070827_101055_tec_reportaze_rja

Kompletní energetické poradenství. *PETRA ENERGY* [online]. Brno: Petra Energy, s.r.o., 1. 7. 2011 [cit. 16. 2. 2013].

Dostupné z: http://www.petraenergy.cz/detail_novinky.html?newsID=10

Liberalizace trhu s elektřinou v ČR. In: *Liberalizace.cz* [online]. ©2009 [cit. 16. 2. 2013].

Dostupné z: <http://liberalizace.nycor.cz/text/liberalizace-trhu-s-elektřinou-v-cr.html>

Národní akční plán České republiky pro energii z obnovitelných zdrojů [online]. Praha: Ministerstvo průmyslu a obchodu, 2012 [cit. 15. 2. 2013].

Dostupné z: <http://www.mpo.cz/assets/cz/2012/11/NAP.pdf>

Peltonova turbína. In: *All-Biz*. [online]. Karlovy Vary: Cink Hydro – Energy, k.s., 24. 2. 2012 [cit. 16. 2. 2013].

Dostupné z: <http://www.cz.all.biz/peltonova-turbina-g33374>

RUDOLF, Ladislav. *Komplexní rozbor elektrických ztrát vedení přenosové soustavy*. Ostrava, 2009. Habilitační práce. Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava. Fakulta elektrotechniky a informatiky.

RYCHLÍKOVÁ, Berta, DOSTÁL, Pavel a DOSTÁLOVÁ, Jana. *Environmentální výchova: průřezové téma v rámci vzdělávacím programu pro ZŠ*. Ostrava: OU, Pdf, 2005. ISBN 80-7368-147-1.

SLAVÍKOVÁ, Darja. Nová fotovoltaická elektrárna v Hodonicích. In: *4stav.cz* [online]. 29. 5. 2009 [cit. 15. 2. 2013].

Dostupné z: http://www.4stav.cz/nova-fotovoltaicka-elektrarna-v-hodonicich_4c3152

Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2001/77/ES [online]. Brusel, 27. září 2001 [cit. 16. 2. 2013].

Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=DD:12:02:32001L0077:CS:PDF>

Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/28/ES [online]. Brusel, 23. dubna 2009 [cit. 16. 2. 2013].

Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0016:0062:cs:PDF>

Vše o bioplynové stanici ve Velkém Meziříčí. *NovinyVM.cz* [online]. Velké Meziříčí, 16. 3. 2012 [cit. 15. 2. 2013].

Dostupné z: <http://www.novinyvm.cz/3485-vse-o-biopllynovye-stanici-ve-velkem-mezirici.html>

Wikipedie: otevřená encyklopedie [online]. [cit. 16. 2. 2013].

Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Hlavn%C3%AD_strana

SEZNAM ZNAČEK A ZKRATEK

AlFe	materiál vodivého lana vedení
C	kapacita [F]
CNG	stlačený zemní plyn (Compressed Natural Gas)
ČEPS	Česká elektrizační přenosová soustava
ČR	Česká republika
E	energie [J]
ERÚ	Energetický regulační úřad
ES	elektrizační soustava
EU	Evropská unie
EUR	euro
G	svod (vodivost) vedení [$S \cdot km^{-1}$]
I	elektrický proud [A]
JE	jaderná elektrárna
KZL	kombinované zemní lano
L	indukčnost vodiče [H]
NN	nízké napětí
OTE	operátor trhu s elektřinou
OZE	obnovitelné zdroje energie
P	výkon [W]
P_1	činný výkon vstupní [W]
P_2	činný výkon výstupní [W]

PAU	polycyklické aromatické uhlovodíky
PWR	tlakovodní jaderný reaktor (Pressurized Water Reaktor)
Q	úhrn elektrického náboje [C]
R	odpor (rezistence) [Ω]
R_{20}	odpor při 20 °C [Ω]
R_T	odpor při stanovené teplotě [Ω]
R_c	výsledný odpor [Ω]
R_v	odpor na kilometr vedení [$\Omega \cdot \text{km}^{-1}$]
S	plocha [m^2]
U	elektrické napětí [V]
USA	Spojené státy americké (United States of America)
VN	vysoké napětí
VVN	velmi vysoké napětí
ZVN	zvlášť vysoké napětí
c_p	součinitel výkonnosti větrné elektrárny [-]
l	délka vodiče [km]
t	čas [s]
v	rychlost [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]
ΔP_r	ztráty rezistencí [kW]
ΔT	rozdíl teplot [K]
Φ	magnetický tok [Wb]
α	teplotní součinitel odporu [K^{-1}]
η	účinnost [-]
ρ	hustota [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$]
ρ	měrný odpor vodiče [$\Omega \cdot \text{mm}^2 \cdot \text{km}^{-1}$]

SLOVNÍČEK POJMŮ

biomasa – obecně je to veškerá organická hmota, tedy těla všech živých i mrtvých organismů od největších druhů až po mikroskopické (t.j. živočichů, rostlin, hub, bakterií, ...); v energetice se biomasa dělí na odpadní (odpadní dřevní hmota, sláma, exkrementy z chovu zvířat, kaly z odpadních vod, odpady z údržby zeleně, ...) a záměrně pěstovanou (byliny, zemědělské plodiny, dřeviny, ...)

denitrifikační technologie – technologie sloužící ke snížení emisí oxidů dusíku (NO_x); v uhelných elektrárnách jsou založeny buď na principu snížení tvorby NO_x úpravou spalovacího procesu (pokud spalování probíhá při nižších teplotách (800 – 900 °C), např. v tzv. fluidních kotlích, vzniká podstatně méně NO_x než při běžném spalování), druhou cestou je rozklad NO_x (do kouřových plynů je vstřikován amoniak (NH_3) a směs je vedena přes katalyzátor, kde vzniká čistý dusík a vodní pára)

diverzifikované zdroje – rozrůzněné zdroje; rozrůžňování zdrojů je vedeno snahou snižovat rizika spojená s využíváním pouze jednoho zdroje a naopak využívat výhod více různých zdrojů

energetické rostliny – rostliny pěstované k energetickému využití; obvykle se dělí na energetické byliny (např. šťovík krmný, chrastice rákosovitá, ozdobnice čínská, konopí seté, ...), rychle rostoucí dřeviny (např. topoly, vrby, jilmy, olše, ...) a k energetickým účelům využívané zemědělské plodiny (např. řepka olejka, brambory, cukrová řepa, sója, kukuřice, různé obilniny, ...)

energetické uhlí – uhlí využívané k energetickým účelům (nejčastěji spalováním k výrobě elektřiny a tepla)

energetický mix – pojem, který vyjadřuje, že v energetických soustavách je dnes využívána pestrá skladba zdrojů, kdy každý druh zdrojů má své výhody i nevýhody

environmentální – týkající se životního prostředí (environment = životní prostředí)

fotovoltaické články amorfni – jsou vyrobeny z amorfniho křemíku či jiného polovodiče (amorfni látky nemají v pevném skupenství pravidelnou (krystalickou) strukturu); obvykle se vyrábějí jako tzv. tenkovrstvé články, kdy je na nosnou plochu (sklo, textilií, fólii, ...) nanášena velmi tenká vrstvička křemíku

fotovoltaické články monokrystalické – jsou vyrobeny z monokrystalického křemíku (krystal je pevná látka, v níž jsou atomy pravidelně uspořádány; monokrystalická látka je tvořena jedním krystalem); při jejich výrobě je monokrystal křemíku nařezán na tenké destičky o tloušťce do 0,3 mm, které jsou dále zpracovávány

fotovoltaické články polykrystalické – jsou vyrobeny z polykrystalického křemíku (krystal je pevná látka, v níž jsou atomy pravidelně uspořádány; polykrystalická látka je tvořena z mnoha drobných „krystalů“, tak zvaných zrn); při jejich výrobě jsou polykrystalické křemíkové hranoly nařezány na tenké destičky o tloušťce do 0,3 mm, které jsou dále zpracovávány

hrubý národní produkt – celková peněžní hodnota statků a služeb vytvořená za dané období občany daného státu (jak na území tohoto státu, tak v cizině)

Jouleovy ztráty – ztráty elektrické energie, k nimž dochází v důsledku činného odporu materiálu vodičů, část elektrické energie se přemění v teplo

loužení – rozpouštění jedné složky materiálu; využívá se například při těžbě kovů, kdy je ruda loužena kyselinou nebo kyanidem (loužení rud ohrožuje podzemní vody i další složky životního prostředí)

ostrá pára – vzniká ohřevem syté páry; v uhelných elektrárnách vzniká v přehřívacích ohřevem syté páry kouřovými plyny (na teploty okolo 550 °C); tato ostrá pára je pak přiváděna do parní turbíny

selektivní redukce – redukce je chemická reakce, při níž je sníženo oxidační číslo (např. se odebírá kyslík), opačným dějem je oxidace; většinou se látky redukuje přidáním redukčního činidla, které je samo oxidováno; selektivní redukce znamená, že jsou redukovány jen některé (vybrané) látky; příkladem je rozklad NO_x ve spalínách uhelných elektráren (je přidáván amoniak (NH_3) a kyslík se váže na vodík - vzniká čistý dusík a vodní pára, přičemž se ostatní oxidy (např. CO_2) neredukují)

suspenze – soustava tvořená jemnými pevnými částicemi rozptýlenými v kapalině

syťá pára – pára o teplotě přesně odpovídající teplotě kapaliny v termodynamické rovnováze (vzniká varem vody)

termonukleární – související se slučovací jadernou reakcí, při níž jsou slučována lehká atomová jádra (například vodíku za vzniku helia) při velmi vysokých teplotách za současného uvolňování vazebné energie

základní zatížení – odběr elektřiny v síti se neustále mění, a protože elektřinu nelze efektivně skladovat, musí být odběr a výroba elektřiny v síti v rovnováze; základní zatížení odpovídá minimálnímu výkonu, který musí být dodáván celých 24 hodin (je pokrýván především jadernými a velkými tepelnými elektrárnami, které pracují s konstantním výkonem); dále rozlišujeme zatížení pološpičkové (tuto část zatížení je vhodné pokrývat regulovanými tepelnými a velkými akumulačními vodními elektrárnami) a špičkové (tuto část zatížení je vhodné pokrývat vodními akumulačními elektrárnami, případně přečerpávacími)

MSEK

MORAVSKOSLEZSKÝ **ENERGETICKÝ** KLASTR

Název projektu:

Energetická gramotnost
- propagace a zkvalitnění nabídky
vzdělávání jednotlivců v oblasti
energetiky

Registrační číslo projektu:

CZ.1.07/3.1.00/37.0276

Realizátor projektu:

Moravskoslezský energetický
klastř, občanské sdružení

Moravskoslezský
energetický klastř, o.s.

Studentská 6202

708 33 Ostrava - Poruba

IČ.: 26580845

Tel.: +420 558 272 430

www.msek.cz

www.energetickagramotnost.cz

ISBN 978-80-905392-0-4



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁNÍ