

BACKGROUND REPORT

PRAGUEPRAŽSKÝ
STUDENTSTUDENTSKÝ
SUMMIT



UNEP

Primární zdroje energie



Autor: Jan Hlaváček
Imprimatur: Vojtěch Bahenský
Jazyková úprava: Jakub Kopřiva, Tereza Rasochová
Grafická úprava: Jan Hlaváček

Model OSN

Vydala Asociace pro mezinárodní otázky pro potřeby XX. ročníku Pražského studentského summitu.

© AMO 2014

Asociace pro mezinárodní otázky
Žitná 27, 110 00 Praha 1
Tel./fax: +420 224 813 460, e-mail: summit@amo.cz
IČ: 65 99 95 33

www.amo.cz

www.studentsummit.cz



1 Co je energie?

Energie je zjednodušeně řečeno schopnost konat práci. Energie je to, co potřebujeme k pohybu, co auto potřebuje k jízdě nebo raketa ke svému letu. Všechny tyto činnosti stejně jako mnoho dalších jsou z fyzikálního pohledu konáním práce. A prací se rozumí síla násobená vzdáleností, po kterou je tato síla vydávána. Energie nám tedy udává zásobu, kapacitu či potenciál vydávat určitou sílu na určité vzdálenosti.

Pokud se budeme bavit o energii, je nutné mít v paměti, co říká první termodynamický zákon potažmo zákon o zachování energie. Energii nelze vyrobit ani zničit, pouze přeměnit jeden druh energie na druhý. Hovořit proto o výrobě energie jako takové je nesprávné. Lidé stejně jako ostatní organismy pouze přeměňují energie do podoby, která je pro ně nejvýhodnější. Rostliny využívají fotosyntézu k přeměně sluneční energie na energii pro ně využitelnou, stejně jako lidé přeměňují sluneční energii na elektřinu, která jim dobře poslouží.

Zde je nutné udělat ještě jedno stručné vymezení pojmů. Energie je stavová veličina, je uchována pro užití v jakémkoliv čase. Ropa či uhlí byly dlouho dobu uchovány v zemi do té doby, než lidé přišli na způsob jakým tuto energii použít a přeměnit do užitečnější podoby. Ta užitečnější podoba je v současné době zejména elektřina. Elektřina už je připravena k okamžitému použití, je to výkon nikoliv energie. Další významným užitečným využitím energie je teplo.

V celém textu budeme hovořit o primárních zdrojích energie. Vysvětlení si proto zaslouží i tento pojem. Primárním zdrojem energie je energie ve formě nacházející se v přírodě. Například ropa je primárním zdrojem energie. Sekundární zdroje energie jsou již zpracované, ušlechtilé zdroje. Je jím například benzín nebo nafta.

2 Světová nabídka energie

Roční světová spotřeba primární energie se v současné době pohybuje okolo 13 000 Mtoe.^{1,2} Toto číslo je přibližně 91 miliard barelů ropy ročně nebo 549 015 084 TJ ročně. Složení zdrojů energie ukazuje graf 1. Nejvýznamnějším zdrojem primárním zdrojem energie je v současné

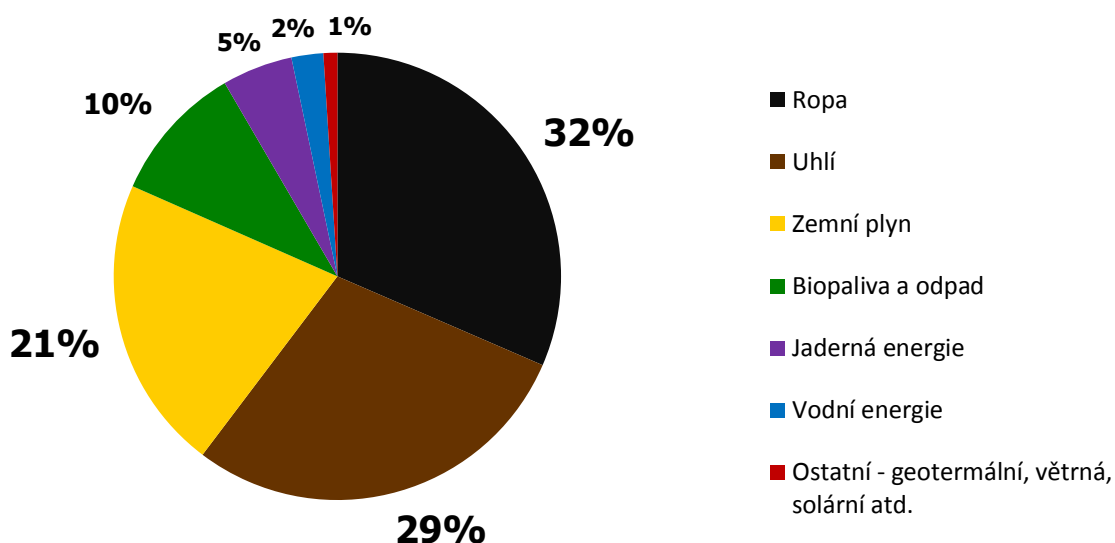
¹ Mtoe je jednotka energie a značí ekvivalent tun ropy. Hodnota 13 000 Mtoe tak říká, že dané množství energie odpovídá 13 000 milionům tun ropy.

² International Energy Agency. *Key World Energy Statistics*. Paříž, 2013. Dostupné z <<http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorld2013.pdf>>



době ropa. Svět z ní získává přibližně třetinu potřebné energie. Energie z uhlí a rašeliny je o něco méně, pro jednoduchost však můžeme počítat také s jednou třetinou energie. Pětina pak připadá na zemní plyn. Tyto tři zdroje jsou jednoznačně nejvýznamnější. Jejich role se však relativně velmi pomalu snižuje. V roce 1973, tedy v roce prvního ropného šoku³, na tyto tři zdroje připadalo 87 % energie, dnes je to 82 %. Významněji se snížil podíl ropy ze 46 % na dnešních 32 %, využití uhlí i zemního plynu vzrostlo zhruba stejným dílem z 25 na 29 % resp. 16 na 21 %. Nicméně je důležité si uvědomit, že celková spotřeba energie vzrostla za stejnou dobu více jak dvojnásobně. V absolutních hodnotách se tak využití všech typů primárních zdrojů energie významně zvyšuje.

Graf 1: Primární zdroje energie v roce 2011



Zdroj: International Energy Agency. *Key World Energy Statistics*.

V následující části textu postupně projdeme jednotlivé typy primárních zdrojů energie. Zjistíme, jakým způsobem je lidé využívají, jaké jsou přednosti a naopak omezení jednotlivých zdrojů a jakou budoucnost mají jednotlivé typy zdrojů. Zdroje můžeme rozdělit do třech kategorií: fosilní, obnovitelné a jadernou energii. Začneme těmi nejvýznamnějšími.

³ Kartel zemí vyvážejících ropu OPEC převzal kontrolu nad množstvím produkované ropy ve členských státech a záměrně jí snížil. Oficiálním důvodem byla reakce na Jomkipurskou válku mezi Egyptem spolu se Sýrií a Izraelem. Důsledkem snížení produkovaného množství byl skokový růst ceny ropy na světových trzích. Druhý ropný šok se odehrál v roce 1979 v souvislosti s íránskou islámskou revolucí. Od té doby je patrná snaha o hledání nových zdrojů ropy i energie jako takové stejně jako snaha snižovat spotřebu energie.



3 Fosilní zdroje

3.1 Ropa

3.1.1 Co je ropa?

Ropa je kapalná směs uhlovodíků s proměnlivým množstvím organických a anorganických příměsí, jako jsou například síra, dusík, kyslík, železo, nikl, chrom nebo vanad. Surová ropa obsahuje až 1 milion různých složek. Při zpracování ropy tedy probíhá oddělování jednotlivých složek, které mají následně různé využití.

Všechna ropa, kterou v současné době máme, pochází z mikroskopických organismů – planktonu. Ten může být rostlinný i živočišný a vyskytuje se v mořích. Odumřelé organismy pak padají na mořské dno. Pokud žijí na mořském dně jiné organismy, odumřelý plankton poslouží jako potrava právě pro ně. Pro nás je zajímavější situace, kdy je ve vodě nedostatek kyslíku, a žádné jiné organismy se na dně nevyskytují. V takovém případě dochází k hromadění planktonu, a pokud je dostatečně velké (5 % sedimentu je organického původu) vznikají břidlice. Aby z těchto břidlic vznikla ropa, je nutné, aby břidlice byla vystavena určité teplotě. Při relativně nízkých teplotách (v nízké hloubce při 30° C) vzniká kerogen což je pevná forma hydrokarbonátů. Při teplotě okolo 90° C konečně vzniká ropa. Pokud budou břidlice vystaveny teplotám okolo 150° C bude vznikat zemní plyn.

Ropa má pochopitelně v různých oblastech různé složení a vlastnosti. První sledovanou vlastností je viskozita. Zjednodušeně můžeme říci, že je to odpor tekutiny téct. Ideální kapalina má viskozitu nulovou, viskozita reálných kapalin již není nulová a obvykle je nepřímo úměrná teplotě – se zvyšující se teplotou viskozita klesá a naopak. Například voda se zvláště při vyšších teplotách blíží ideální kapalině. Ropa s nižší viskozitou se díky svým vlastnostem snadněji těží a není nutné při její těžbě vydávat velké množství energie. Druhou klíčovou vlastností je obsah síry v ropě. Pokud je její obsah nízký (< 0,5%) nazýváme takovou ropu sladkou, pokud je vyšší jedná se o kyselou ropu. A platí pravidlo, že čím sladší, tím lepší ropa. Ropa s vysokým obsahem síry vyžaduje náročnější zpracování a tím pádem je její produkce nákladnější. Ideální ropou je tedy ropa s nízkou viskozitou a velmi nízkým obsahem síry. Můžete se také setkat s členěním ropy podle hustoty na lehkou, střední a těžkou ropu. V tomto případě platí, že čím větší hustota ropy tím náročnější je její zpracování. Na trzích se tak objevuje mnoho typů ropy s různými kombinacemi těchto vlastností. Mezi základní typy můžeme zařadit:

- Brent,
- West Texas Intermediate,



- Dubai,
- Ruská exportní ropa.

Ropa Brent je směs různých druhů ropy ze Severního moře. Je lehká a sladká, její cena je proto obvykle vyšší. West Texas Intermediate má podobné charakteristiky jako Brent. Dubai a Ruská exportní ropa jsou střední a kyselé ropy. Cena ropy na světových trzích se v současné době pohybuje těsně nad 100 USD za barel.⁴

Nyní víme, jak ropa vzniká a jaké vlastnosti u ropy sledovat. Ale k čemu vlastně ropy slouží? A jakou cestu musí ropa urazit od vytěžení k finálnímu výrobku? Na tyto otázky se podíváme v následující části.

3.1.2 Ropné produkty

Směle můžeme říci, že ropa je všude okolo nás. Používáme jí jako palivo do letadel či aut, používáme jí k výrobě plastů, léků nebo například k výrobě asfaltu. K výrobě všech těchto výrobků však nemůžeme používat surovou ropu. Například při výrobě benzínu musí ropa projít procesem rafinace, který má tři fáze. První fází je obyčejná destilace. Dochází k zahřívání pomocí páry a tím dochází k oddělování jednotlivých složek ropy. Pouze 40 % z destilované ropy je benzín. Zbytek tvoří plyn, diesel, kerosin atd. Druhou fází je krakování. Při této fázi dochází k rozbíjení velkých sloučenin hydrokarbonátů na menší. To se děje pomocí vysoké teploty nebo katalyzátorů. Posledním krokem je odstranění nečistot, mj. zmiňované síry. Výroba jiných produktů je pochopitelně odlišná a nemusí mít tolik fází jako výroba uvedeného benzínu. Po výrobě ropných produktů se podíváme, kolik ropy vlastně prochází tímto procesem.

3.1.3 Ropa v číslech

Jak již bylo řečeno, ropa je zdrojem třetiny průmyslově zpracovávané energie. Ročně se jí vytěží okolo 4 000 mil. tun neboli 28 miliard barelů. Celková hodnota této produkce se pohybuje okolo 2,8 bilionu amerických dolarů. Je to například částka, která by v současné době vystačila českému státnímu rozpočtu na 46 let. Nejvíce z celkové produkce surové ropy pochází ze Saudské Arábie, která je následována Ruskem a USA. Tyto tři země se podílí na světové produkci více než třetinou. Druhou třetinu produkce obstará sedm dalších zemí, na zbytek světa připadá poslední třetina.⁵ Největšími světovými spotřebiteli ropy jsou USA, Čína a

4 BLOOMBERG. *Energy and Oil Prices*. [online], [cit.: 25. 7. 2014]. Dostupné z <<http://www.bloomberg.com/energy/>>.

5 International Energy Agency. *Key World Energy Statistics*. Paříž, 2013. Dostupné z <<http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorld2013.pdf>>.



Japonsko. Ale zatímco v USA a Japonsku spotřeba stagnuje či mírně klesá, v Číně se od počátku nového tisíciletí více jak zdvojnásobila.⁶ Možná, že vás v průběhu předešlých kapitol napadla otázka, proč vlastně vůbec ropu používáme. Na to se podíváme právě v následující části textu.

3.1.4 Pro a proti užívání ropy

Ropa je levná. Nebo spíše nesmírně levná. Přestože ceny ropy jsou oproti minulosti vysoké, stále se jedná o velice lacinou záležitost. Jeden barel ropy stojí přibližně 100 až 110 dolarů. Uvedeme si jednoduchou ukázkou. Člověk za den spotřebuje při obvyklé fyzické aktivitě okolo 2 500 kcal za den. Jeden litr benzínu obsahuje přibližně 8 000 kcal. Energetická hodnota benzínu by tak vystačila jednomu člověku asi na tři dny. Zvládne se někdo stravovat za 12 korun na den, aniž by hladověl? Příklad je to možná lehce úsměvný, ale ukazuje na hlavní přednost ropy a potažmo ropných produktů. Kapalná paliva jsou navíc ideální formou pro využití. Obsahem energie v jednotce objemu se velmi blíží pevným materiálům (u nich je poměr objem/obsažená energie nejlepší, u plynů je naopak horší) a zároveň mají dobré vlastnosti při spalování (jako plyny). Využívání plynu, při jehož spalování nedochází ke vzniku takového množství CO₂ jako v případě ropy, jako pohonné hmoty má proto svá omezení. V současné době není ekonomicky možné stlačit plyn se stejnou energetickou hodnotou do stejného prostoru jako kapalná paliva v podobě benzínu či nafty.

Často se v diskuzi o ropě a její budoucnosti poukazuje na fakt, že ropa může dojít a je proto nutné hledat jiné (nejlépe rychle obnovitelné) zdroje. U tohoto problému je nutné odlišit dva pojmy. Ekonomické vyčerpání zdroje a fyzické vyčerpání zdroje. Fyzickým vyčerpáním zdroje je chápán stav, kdy zdroj vůbec není – byl kompletně vytěžen a není již vůbec dostupný. Ekonomické vyčerpání zdroje je stav, kdy zdroj sice fyzicky existuje, ale není ekonomicky smysluplné ho využívat – může se například nacházet v nedostupných místech, může být v podobě, která je náročná na další úpravy apod. Je proto velmi odvážné tvrdit, že může dojít k fyzickému vyčerpání ropy. Aby došlo ke globálnímu fyzickému vyčerpání zdroje, nesměl by fungovat tržní cenový mechanismus, kdy cena je mj. ukazatelem vzácnosti daného zdroje. Pokud by se zásoby ropy výrazně zmenšovaly, její cena by musela velmi rychle růst. Na trhu by byl nebo by hrozil nedostatek této komodity a lidé by byli ochotni za ní platit více. Pro určitou část spotřebitelů by se stala ropa příliš drahou záležitostí a přecházeli by na jiné typy zdrojů, začali by tak se surovinou šetřit. Příkladem takového chování budiž konec éry klasických amerických muscle cars. Muscle cars jsou velmi silné vozy, které byly hojně využívány pro

⁶ ENERDATA. *Global Energy Statistical Yearbook 2014*. [online] Dostupné z <http://yearbook.enerdata.net/#oil-consumption.html>.



legální i nelegální závody.⁷ Jejich zlatá éra spadá do 60. let 20. století. Ústup ze slávy nastal v první polovině let 70., kdy nastal již zmiňovaný první ropný šok. Právě díky drahé ropě a potažmo benzínu se pro Američany staly tyto vozy nedostupné a přestali si je pořizovat. Vidíme tedy, že spotřebitelé se chovají poměrně racionálně a na změny cen a dostupnost surovin reagují pružně. Obava z toho, že ropa dojde a civilizace zkolabuje se tak ukazuje jako lichá.

Význačným dopadem, který má těžba ropy a její zpracování, je negativní ovlivnění ekosystému, v jehož rámci k takové činnosti dochází. Můžeme vzpomenout známou nehodu plošiny Deepwater Horizon v Mexickém zálivu v roce 2010. Plošina se následkem exploze zřítila do moře. Vrt však zůstal otevřený a začala z něj unikat ropa, která zamořila i pobřeží Spojených států. Tato havárie byla svým rozsahem jednou z největších v historii. Kromě havárií plošin dochází také k haváriím tankerů, které ropu převáží. Méně často se objevují havárie zařízení na pevnině. V každém případě důsledky jsou pro místní ekosystémy zničující. V postižených oblastech dochází k úhynu zvířat i rostlin a následky si ekosystémy mohou nést dlouhá desetiletí.

U ropy je však nejvýznamnější znečištění, které vzniká při spalování ropy a ropných produktů (nejčastěji formou paliva v motorech). Při spalování paliva dochází k vázání jednotlivých prvků v palivu na kyslík. Při spalování ropy se váže uhlík na kyslík a vzniká známý oxid uhličitý (CO_2). Ten není sám o sobě toxickým plynem (ve vzduchu, který dýcháme, je jeho koncentrace okolo 0,05 % hmotnosti a sami ho při dýchání produkujeme⁸) nicméně patří mezi tzv. skleníkové plyny. Skleníkové plyny tvoří ochrannou vrstvu naší planety, díky které si dokáže udržet teplotu příznivou pro život. Při zvyšující se koncentraci těchto skleníkových plynů se však zvětšuje množství energie, které vrstva plynů odráží zpět k Zemi a dochází k oteplení planety. Ke změnám v atmosféře a teplotě planety samozřejmě přirozeně dochází. O vlivu člověka na tyto procesy se vedou diskuze. Jedno je však jisté. Ke změnám dochází a lidstvo se chťe nechtě bude muset přizpůsobovat nebo radikálně změnit současný způsob života. Spalování ropy je právě díky vzniku oxidu uhličitého při spalování „první na ráně“. Snahou posledních let (alespoň v západních státech) je díky úsporám snižovat produkci toho skleníkového plynu.

⁷ Např. Ford Mustang, Dodge Challenger.

⁸ Jistě jste si všimli, že pokud je delší dobu větší počet lidí zavřený v místnosti (např. třídě), vzduch se stává méně kvalitní a začínáte pociťovat únavu. Je to právě kvůli zvyšující se koncentraci CO_2 . Únavu, zhoršené dýchání apod. začínáte pociťovat, když se jeho koncentrace začne pohybovat na úrovni 0,15 % hmotnosti vzduchu. Při koncentraci nad 5 % dochází k omdlávání a ke kolapsu lidského organismu.



Při spalování ropy nevzniká jen oxid uhličitý. Vodík z ropy se váže s atmosférickým kyslíkem a vzniká voda v podobě vodní páry. Ze zmiňované síry vzniká oxid siřičitý (SO_2), který je toxický a stojí například za jevem tzv. kyselých dešťů. Přesný výstup při spalování záleží na konkrétním složení daného paliva i na způsobu spalování. Obecně při méně kvalitním spalování (při nižší teplotě) vzniká více nežádoucích látek než při kvalitním spalování.

Ropa má v současné době pro lidstvo jako zdroj energie významnou pozici zejména v dopravě. V tuto chvíli nejsou dostupné cenově srovnatelné alternativy. Vzhledem k vlivu těžby i spalování ropy na prostředí, ve kterém žijeme, je však důležité se zabývat možnostmi zda a jak ropu nahrazovat jinými typy paliva.

3.2 Uhlí

Uhlí je v současnosti po ropě druhý nejvýznamnější primární zdroj energie. Na rozdíl od ropy, která se používá jako palivo v dopravě a při výrobě jiných ropných produktů, se uhlí využívá v energetice, teplárenství a těžkém průmyslu. Z uhlí pochází více než 40 % elektrické energie⁹. A jeho relativní podíl a reálná spotřeba roste. Například v Číně je uhlí surovinou naprosto klíčovou – více než třetina elektrické energie vyrobené z uhlí pochází z Číny.¹⁰

Stejně jako u ropy se krátce podíváme na to, jak vzniklo uhlí, jak ho získáváme i na diskuzi o výhodách a nevýhodách uhlí.

3.2.1 Co je uhlí?

Podobně jako ropa je i uhlí fosilní zdroj energie. To znamená, že vzniklo z odumřelých těl živých organismů, které se za určitých specifických podmínek přeměnily právě na uhlí. Rostliny pomocí fotosyntézy absorbují energii ze Slunce, kterou poté dále využívají ke svému růstu. V této souvislosti si znovu připomeňme první termodynamický zákon. Ten nám říká, že energie nemůže být vyrobena, pouze se mění její forma. Sluneční energie tak zůstává v rostlinách uchována. V normálních podmínkách při odumření rostliny dojde k jejímu postupnému rozkladu a energie využijí jiné živé organismy. Uhlí však vzniklo z rostlin, které se dostaly na dno bažin. Tam je velmi nízká koncentrace kyslíku a rostliny se tak nemohly dále rozkládat. Na dně bažin (nebo jiné vody) tak vznikala vrstva rašeliny. Ta se dostávala pod tlak sedimentů, které se tvořily nad ní a díky pohybu desek zemské kůry i zvýšené teplotě. Rašelina se tak mění na

⁹ International Energy Agency. *Key World Energy Statistics*. Paříž, 2013, s. 24. Dostupné z <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorld2013.pdf>.

¹⁰ Tamtéž, s. 25.



lignit a později na tzv. hnědé uhlí, což je nejméně kvalitní typ uhlí. Čím vyšším teplotám a tlaku byla vystavena, tím kvalitnější uhlí dále vzniká. Po hnědém uhlí následuje tzv. hnědo-černé uhlí, černé uhlí a konečně antracit, což je nejkvalitnější uhlí používané jako zdroj energie. Nad antracitem stojí ještě grafit nicméně jeho využití je zcela odlišné. To jak kvalitní uhlí vznikne, tedy záleží na následujících proměnných:

- typ rostlin, ze kterého vzniká,
- hloubce, ve které vzniká,
- teplotě a tlaku, kterému je vystaveno,
- době po jakou vzniká.

V současné době připadá 53 % zásob uhlí na černé uhlí a antracit a 47 % na méně kvalitní uhlí.¹¹ Hnědé uhlí se využívá především v energetice na výrobu elektrické energie. Hnědo-černé typy uhlí se také využívají v energetice. Používají se však i v průmyslu nebo při výrobě cementu. Obdobné využití má i uhlí černé. Antracit jako nejkvalitnější typ se používá na domácí vytápění.

3.2.2 Uhlí v číslech

Nyní se podíváme v krátkosti na některé číselné údaje o produkci a spotřebě uhlí. Ročně se vytěží téměř 8 mld. tun uhlí.¹² Jednoznačně největším producentem uhlí je Čína. Její produkce dosahuje 45 % světové produkce. S velkým odstupem jsou druhé Spojené státy (12 %) a třetí Indie (8 %).¹³ Dnešní odhad světových zásob uhlí činí 800 miliard tun uhlí ve více než 75 zemích světa.¹⁴ Zásoby jsou tak i při dnešní spotřebě velmi vysoké. Cena uhlí je tak například i oproti ropě relativně nízká, na jednotlivých trzích se však významněji liší. V minulém roce byla v západní Evropě 80 USD za tunu, v Asii to však bylo 90 USD. 15 Tyto rozdíly jsou vyvolané

¹¹ WCA. *What is coal?* [online] [cit.: 20. 7. 2014]. Dostupné z <<http://www.worldcoal.org/coal/what-is-coal/>>.

¹² International Energy Agency. *Key World Energy Statistics*. Paříž, 2013, s. 14. Dostupné z <<http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorld2013.pdf>>.

¹³ Tamtéž, s.15.

¹⁴ WEC. *World Energy Resources. 2013 Survey: Summary*. Londýn, 2013, s. 11. Dostupné z <http://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2013/10/WEC_Resources_summary-final_180314_TT.pdf>. ISBN 978 0 946121 29 8.

¹⁵ BP. *BP Statistical Review of World Energy June 2014*. 2014, s. 30. Dostupné z <<http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/Energy-economics/statistical-review-2014/BP-statistical-review-of-world-energy-2014-full-report.pdf>>.



různou nabídkou a poptávkou na jednotlivých trzích v kombinaci s menší propojeností trhů než je tomu u ropy.

3.2.3 Pro a proti užívání uhlí

U ropy bylo zmiňováno, že je to velmi levný zdroj energie. Pro uhlí to platí dvojnásob. Kromě samotné výše ceny hraje ve prospěch uhlí i stabilita cen. Zejména pro velké energetické závody, kdy je návratnost investic velmi dlouhá, je tento fakt rozhodující. Cena uhlí nepodléhá takovým výkyvům jako například cena ropy. Díky tomu mohou podnikatelé lépe a s nižším rizikem plánovat svoje aktivity. Další nespornou výhodou uhlí je geografické rozložení zásob. Zatímco u ropy má několik málo států drtivou většinu zásob, zásoby uhlí má mnoho států světa. S tím souvisí právě zmiňovaná stabilita cen uhlí. Trh s uhlím je konkurenčnější, otevřenější. Na trhu s ropou mají jednotlivé státy nebo ropné společnosti lepší postavení, mohou vlastním rozhodováním více ovlivňovat cenu na světových trzích (mají lepší tržní postavení, trh je koncentrovanější). Trh s uhlím není tolik koncentrovaný, zásoby uhlí jsou rozmístěny do více států světa. Na trhu se tak pohybuje více subjektů. Třetí výhodou jsou nové technologie¹⁶, které umožňují spalovat i těžit uhlí s nižšími dopady na životní prostředí. Ty jsou zmiňovány jako nejvýznamnější nevýhoda uhlí. Proces využití uhlí od těžby až ke koncovému uživateli vyprodukuje značné množství emisí CO₂ i dalších znečišťujících látek. To je způsobeno tím, že uhlí má pevné skupenství. Výhodou pevného skupenství látek je, že v nejmenším objemu lze uložit největší objem energie. Nezanedbatelnou výhodou je také snadné skladování i transport. Nicméně vlastnosti pevných látek nejsou při vzplanutí tak dobré jako u kapalin a plynů.¹⁷ Jejich spalování není tak dokonalé jako u plynu, a vzniká tak množství znečišťujících látek. Produkci CO₂ při výrobě 1 kWh elektrické energie ukazuje tabulka 1. Vidíme, že při spalování uhlí vznikne více než dvojnásobné množství CO₂ při produkci stejného množství elektřiny než při spalování zemního plynu. Uhlí tak můžeme označit za špinavý, ale levný a dostupný zdroj energie. A právě proto ještě rozhodně neřeklo své poslední slovo.

¹⁶ Nové technologie však zdražují využití uhlí. Jiné zdroje tak díky tomu mohou získávat lepší postavení.

¹⁷ Můžete se podívat okolo sebe a kouknout se na různé druhy zboží. Kde se nejčastěji objevují upozornění, že se jedná o hořlaviny, že je nemáte vyhazovat do ohně apod.? Nejčastěji to budou různé spreje, tekutá čisticí, ředidla atd. Snadno hořlavých či výbušných pevných látek okolo sebe tolik nemáte.

**Tabulka 1: Produkce CO₂ při výrobě elektrické energie (v gramech)**

Palivo	CO ₂ /kWh
Černé uhlí	860
Hnědé uhlí	990
Topné oleje	670
Zemní plyn	400

Zdroj: IEA. *CO₂ Emissions from Fuel Combustion. Highlights*. 2012, s.41.

3.3 Zemní plyn

Naopak zemní plyn je „nejčistější“ fosilní palivo. Již víme, že na primárních zdrojích energie se podílí jednou pětinou. A zatímco relativní význam ropy se za poslední 40 let snižuje, význam zemního plynu (stejně jako uhlí) roste.¹⁸ V posledních letech je velmi často skloňován díky těžbě plynu pomocí frakování.¹⁹ Co je zemní plyn, již víme z kapitoly o ropě. Zemní plyn vzniká totiž stejně jako ropa. Rozdíl je v teplotě, která je potřebná ke vzniku. U ropy je okolo 90° C, u zemního plynu 150° C. Ropa i zemní plyn se proto velmi často vyskytují společně v kapsách pod nepropustnými vrstvami hornin. Využití zemního plynu je pestré. Uplatňuje se v domácnostech, kde slouží k vytápění či vaření. Své uplatnění našel i při výrobě elektrické energie, jako palivo v dopravě nebo například při výrobě hnojiv. Nyní se rovnou podíváme na čísla o zemním plynu.

3.3.1 Zemní plyn v číslech

Roční světová produkce zemního plynu činí přibližně 3,5 bilionu metrů krychlových. Od roku 1973 stoupla produkce téměř třikrát.²⁰ Největším světovým producentem zemního plynu jsou Spojené státy (20 % produkce) následované Ruskem (18 % produkce) a Íránem (5 %

¹⁸ International Energy Agency. *Key World Energy Statistics*. Paříž, 2013, s. 6. Dostupné z <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorld2013.pdf>.

¹⁹ Frakování (angl. hydraulic fracturing i fracking) je způsob získávání plynu z břidličných vrstev. Pomocí směsi vody, písku a chemikálií se ve vrstvě vytváří pukliny. Ty pak slouží k vytlačení plynu případně ropy na povrch země.

²⁰ International Energy Agency. *Key World Energy Statistics*. Paříž, 2013, s. 12. Dostupné z <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorld2013.pdf>.



produkce).²¹ Zásoby v dnešní době dosahují 190 bilionu metrů krychlových plynu. Při dnešní spotřebě by tak vystačily na více než padesát let.²² Nicméně je nutné poznamenat, že díky objevům nových ložisek se za posledních 20 let zvýšily rezervy zemního plynu o 36 %.²³ Zmíněných 190 bilionů metrů krychlových tak nemusí být (a nejspíše není) konečná hodnota. Největším spotřebitelem jsou opět Spojené státy (22 % spotřeby) následované Ruskem (12 % spotřeby) a Íránem společně s Čínou (5 % spotřeby).²⁴ Cena zemního plynu byla v roce 2013 v rozmezí 3,8 USD/MMBtu²⁵ pro americký plyn přes 11 USD/MMBtu pro německý importní plyn až po 16 USD/MMBtu v Japonsku. Pro srovnání cena ropy byla přes 18 USD/MMBtu.²⁶

3.3.2 Pro a proti užívání plynu

Jak již bylo uvedeno, největší předností zemního plynu jako zdroje energie je čistota jeho spalování. Alespoň mezi fosilními palivy. Při jeho spalování vznikne o polovinu méně CO₂ než při spalování uhlí. Nevznikají ani další škodliviny jako při spalování uhlí. Nespornou výhodou plynu je také efektivita a flexibilita s jakou dokáže elektrárny na zemní plyn vyrábět elektřinu. Elektrárny na zemní plyn pracují s účinností okolo 50 % (tzn., že 50 % vložené energie se přemění na elektřinu, zbytek se ztratí v elektrárně). Elektrárny na uhlí mají běžně účinnost lehce mezi 30 a 40 %. Plynové elektrárny mají zároveň výhodu rychlého startu. Náběh odstavené elektrárny se počítá v řádech minut. U uhelných elektráren jsou to hodiny potřebné k dostatečnému zahřátí elektrárny. Plynové elektrárny jsou tak z tohoto pohledu velmi vhodné ke krytí obnovitelných zdrojů jako je vítr a slunce. Dalším plusem zemního plynu jsou jeho

²¹ BP. *BP Statistical Review of World Energy June 2014*. 2014, s. 22. Dostupné z <
<http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/Energy-economics/statistical-review-2014/BP-statistical-review-of-world-energy-2014-full-report.pdf>>.

²² Tamtéž, s. 20.

²³ WEC. *World Energy Resources. 2013 Survey: Summary*. Londýn, 2013, s. 14. Dostupné z <
http://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2013/10/WEC_Resources_summary-final_180314_TT.pdf>. ISBN 978 0 946121 29 8.

²⁴ BP. *BP Statistical Review of World Energy June 2014*. 2014, s. 23. Dostupné z <
<http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/Energy-economics/statistical-review-2014/BP-statistical-review-of-world-energy-2014-full-report.pdf>>.

²⁵ Btu je označení pro britskou termální jednotku ve které se na komoditních trzích obchoduje zemní plyn. 1 Btu je energie potřebná pro ohřátí stanoveného množství vody na určitou teplotu. MMBtu je pak označení pro tisíc jednotek Btu. Jedna MMBtu je přibližně 28 krychlových metrů.

²⁶ BP. *BP Statistical Review of World Energy June 2014*. 2014, s. 27. Dostupné z <
<http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/Energy-economics/statistical-review-2014/BP-statistical-review-of-world-energy-2014-full-report.pdf>>.



velké zásoby, které se navíc zvětšují díky břidličným plynům, které se těží pomocí zmíněného frakování. V posledních letech došlo k velkému boomu této těžby zejména v USA. Díky těžbě se dostává na trh levný plyn. Jistým omezením takovéto těžby je velmi krátká životnost jednotlivých vrtů a potřeba velkého množství vrtů pro efektivní těžbu. Možnou nepříjemnost do budoucnosti tvoří fakt, že zásoby se často nacházejí v odlehlých, těžko dostupných místech. Jejich těžba se tak může značně prodražovat. Transport plynu není tak snadný jako například transport uhlí. Náklady na vybudování přepravního a distribučního systému jsou proto vysoké. To jsou překážky, které by mohly zbrzdit využívání plynu jako primárního zdroje energie.

Tímto zakončíme část o fosilních palivech, která jsou v současné době pro celý svět naprosto klíčová. Nejsou však jedinými typy zdrojů energie. Na zbývající zdroje připadá 18 % světové energie.²⁷ Nyní zaměříme pozornost na jadernou energii, která je speciálním druhem energie. Poté se již budeme věnovat velmi rozmanitým obnovitelným zdrojům energie.

4 Jaderná energie

Po skupině fosilních paliv se budeme věnovat speciálnímu zdroji – jaderné energii. Ta má ze všech zdrojů energie nejkratší historii. První reaktor byl spuštěn teprve v roce 1954.²⁸ Hlavním palivem v reaktorech je uran. Jako prvek se v přírodě nachází v nejrůznějších minerálech – rudách. Proto je jaderná energie někdy také řazena mezi minerální zdroje energie. Nejznámější uranovou rudou uraninit (česky nazývaný smolinec). Zhruba polovina uranu v současnosti pochází z Austrálie, Kanady, Kazachstánu, Namibie, Nigeru a Ruska.²⁹ Uran získaný z těchto rud se následně obohacuje. Uran, který se nachází v přírodě, totiž není jako palivo vhodný. Obsahuje příliš málo izotopu ^{235}U , který je pro jaderné účely nejlepší. Při obohacování tedy dochází k navyšování podílu toho izotopu. Tento obohacený uran pak získává formu malých peletek, které slouží elektrárnám jako palivo. V reaktoru elektrárny dochází k řízenému štěpení tohoto uranu. Při štěpení vzniká velké množství energie. Ta ohřívá vodu, z níž vzniká vodní pára. Zbytek je shodný jako například u běžných uhelných elektráren. Vodní pára roztáčí turbínu, která pohání generátor. A vzniká elektřina.

²⁷ International Energy Agency. *Key World Energy Statistics*. Paříž, 2013, s. 6. Dostupné z <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorld2013.pdf>.

²⁸ WEC. *World Energy Resources. 2013 Survey: Summary*. Londýn, 2013, s. 18. Dostupné z http://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2013/10/WEC_Resources_summary-final_180314_TT.pdf. ISBN 978 0 946121 29 8.

²⁹ Tamtéž.



4.1 Jaderná energetika v číslech

Elektřiny z uranu pochází 13 %.³⁰ Zlatá éra jaderné energetiky je prozatím však již pryč. Největší produkce elektrické energie byla v roce 2006. Do roku 2012 klesla o 12 %.³¹ Pokles lze z části přičítat obavám po nehodě japonské elektrárny Fukušima I, z části finanční náročnosti výstavby nových elektráren či snaze diverzifikovat zdroje elektřiny. Velkou pětku zemí produkující více než 60 % světové elektřiny z jádra tvoří USA, Francie, Rusko, Jižní Korea a Německo. Německá vláda však vyhlásila ambiciózní plán do roku 2022 uzavřít všechny své jaderné elektrárny.³² Pokud tento plán naplní, stane se tak nejspíše díky vyšší produkci elektřiny z uhlí a plynu. Není bez zajímavosti, že Česká republika se řadí mezi země, kde je pravidelný meziroční nárůst elektrické energie vyrobené v jaderných elektrárnách v jednotkách procent.³³ Nejvíce nově stavěných reaktorů se nachází v Rusku, Číně a Indii.³⁴ Předpokládá se proto, že jaderná energetika znovu nabere na síle, až budou nové reaktory v těchto zemích spuštěny.

4.2 Pro a proti užívání jádra

Jaderné elektrárny se řadí mezi nejvýkonnější elektrárny dnešní doby. Jejich výhodou je vysoká efektivita, s jakou pracují. Výhodný je také nízký podíl nákladů na palivo z celkových nákladů. Díky tomu nejsou tak náchylné na změny tržních cen paliva. Mají tak lépe předvídatelné náklady i ceny elektřiny než jiné typy elektráren. Z pohledu změn klimatu a produkce CO₂ jsou jaderné elektrárny také ideální. Při samotném štěpení uranu žádný oxid uhličitý nevzniká. Oproti těmto výhodám však stojí značná rizika. Jaderné elektrárny mohou být velmi

³⁰ WEC. *World Energy Recources. 2013 Survey*. Londýn, 2013, s. 190. Dostupné z <http://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2013/09/Complete_WER_2013_Survey.pdf>. ISBN 978 0 946121 29 8.

³¹ Tamtéž.

³² iHNED.cz. *Německá vláda rozhodla. Jaderné elektrárny uzavře do roku 2022*. [online], [cit.: 24. 7. 2014]. Dostupné z <<http://byznys.ihned.cz/c1-51975330-nemecka-vlada-rozhodla-jaderne-elektrarny-uzavre-do-roku-2022>>.

³³ BP. *BP Statistical Review of World Energy June 2014*. 2014, s. 37. Dostupné z <<http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/Energy-economics/statistical-review-2014/BP-statistical-review-of-world-energy-2014-full-report.pdf>>.

³⁴ WEC. *World Energy Recources. 2013 Survey*. Londýn, 2013, s. 192. Dostupné z <http://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2013/09/Complete_WER_2013_Survey.pdf>. ISBN 978 0 946121 29 8.



nebezpečné, což nám ostatně ukázaly nehody ve Fukušimě v roce 2011 a Černobylu v roce 1986. Zejména v malých, hustě osídlených státech mohou mít nehody katastrofální důsledky. Uniklá radioaktivita z elektráren zamoří rozsáhlá území na desítky let. Pozornosti se dostává také jaderné palivo. Elektrárny vyhořelé palivové tyče skladují v betonových krytech pod zemí s tím, že v budoucnosti je možné zbytky paliva znovu použít. Nikdo však nechce žít poblíž skladu jaderného paliva, jakkoliv dobře může být zabezpečený. Poslední čistě finanční nevýhodou jaderných elektráren je finanční náročnost jejich výstavby. Náklady na 1 kW se pohybují okolo 5 500 USD.³⁵ To samo o sobě není nijak extrémní částka (některé typy uhelných elektráren mají podobné náklady), ale v kombinaci s faktem, že jaderné elektrárny mají v průměru největší výkon, jsou celkové náklady velmi vysoké. Soukromé společnosti si bez státních záruk nedovolí stavět jaderné elektrárny. A ne všechny státy jsou ochotné poskytovat záruky na stavbu jaderných elektráren. Navíc ani provozní náklady jaderných elektráren nejsou vůbec malé. Jakou má budoucnost jaderná energetika se ukáže v nejbližších letech. Zatím se ale zdá, že poslední slovo ještě ani zdaleka neřekla.

5 Obnovitelné zdroje energie

Obnovitelným zdrojům energie se v souvislosti se změnami klimatu dostává v poslední době velké pozornosti. Nicméně lidstvo využívalo obnovitelné zdroje již od nepaměti. Zejména pak vodní energii. Kromě té se v následujících kapitolách budeme věnovat sluneční energii, větrné, geotermální a využití biomasy.

5.1 Vodní energie

Vodní energie je poměrně rozšířeným obnovitelným zdrojem energie, který není záležitostí pouze posledních let. Vodní energie se v dnešní době využívá k výrobě elektrické energie. V minulosti sloužila přímo k pohánění průmyslových zařízení – mlýny, hamry apod. V zásadě fungují čtyři typy vodních elektráren. Prvním typem jsou průtočné elektrárny. Ty jsou stavěny přímo na řekách. Proud řeky pak pohání turbínu, která je spojená s generátorem. Taková elektrárna má jen velmi malou nebo žádnou možnost akumulace vody pro pozdější použití. Poskytuje proto souvislou nabídku elektřiny s menší možností výkon upravovat podle denních výkyvů spotřeby elektrické energie. Typicky nalezneme tyto elektrárny u jezů na řekách a výkonem se jedná o malé elektrárny. Druhým typem jsou elektrárny v přehradách. Ty umožňují skladovat vodu (energii) pro další využití. Jejich činnost je proto mnohem méně závislá na

³⁵ EIA. *Updated Capital Cost Estimates for Utility Scale Electricity Generating Plants*. Washington, 2013, s. 6. Dostupné z <http://www.eia.gov/forecasts/capitalcost/pdf/updated_capcost.pdf>.



aktuálním průtoku řeky. Tyto elektrárny také dokáží lépe pokrývat spotřebu energie ve špičce. Vodu z přehrady mohou v regulovaném množství pouštět na turbínu, která je opět spojena s generátorem. Třetí typ vodních elektráren slouží výhradně k pokrytí zvýšené spotřeby ve špičce. Jsou to elektrárny přečerpávací. Ty během noci, kdy je elektřina levnější, čerpají vodu do své horní nádrže. Během špičky, kde je naopak elektřina dražší, horní nádrž přes turbínu pohánějící generátor vypouštějí do dolní nádrže. Posledním typem jsou elektrárny příbojové či přílivové. Ty využívají mořské vlny resp. rozdíly mezi přílivem a odlivem. Oba typy elektráren nejsou příliš rozšířené. Je to způsobené technologickou náročností přeměny této energie na elektřinu. Vodní elektrárny jsou schopné velmi rychle dosáhnout plného výkonu. Jestliže u plynových elektráren je to do čtvrt hodiny nebo u uhelných záležitostí hodin, u vodních jsou to jednotky minut. Například česká elektrárna Lipno je schopná na plný výkon naběhnout během 150 vteřin.³⁶ Vodní elektrárny mají také excelentní účinnost. Jsou schopné využít okolo 90 až 95 % energie.

5.1.1 Vodní energie v číslech

Největší produkci elektřiny pocházející z vodních elektráren má Čína (20 % světové produkce), Brazílie (12 %) a Kanada (11 %).³⁷ Na vodní elektrárny však nejvíce spoléhá Norsko (95 % domácí výroby elektřiny pochází z vodních elektráren), Brazílie (81 %) a Venezuela (69 %).³⁸

5.1.2 Pro a proti užívání vodní energie

Velkou výhodou vodní energie, například oproti fosilním palivům, jsou nízké provozní náklady elektráren. Elektrárny nepotřebují nakupovat žádné zdroje pro své fungování. Stejně jako technologie výroby elektrické energie je jednoduchá (alespoň u průtočných elektráren a klasických přehrad). Třetí znatelnou výhodou je nulová produkce oxidu uhličitého samotnou elektrárnou během svého provozu. Vodní elektrárny tak mohou pomoci naplnit ideu „bezuhlíkové společnosti“, která je v mezinárodním společenství aktuálně velmi módní. Jestliže je samotný provoz elektrárny levný, o výstavbě to zdaleka neplatí. Investiční náklady na vybudování přehrady nejsou zanedbatelné. V průměru stojí vodní elektrárna 3 000 USD na 1 kilowatt svého výkonu. Pro srovnání konvenční plynové elektrárny stojí méně než

³⁶ ČEZ. *Vodní elektrárny Lipno*. [online], [cit.: 25. 7. 2014]. Dostupné z <<http://www.cez.cz/cs/vyroba-elektriny/obnovitelne-zdroje/voda/lipno.html>>.

³⁷ INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. *Key World Energy Statistics*. Paříž, 2013, s. 19. Dostupné z <<http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorld2013.pdf>>.

³⁸ Tamtéž, s.19.



1 000 USD/kW. Naopak cena jaderných elektráren se pohybuje okolo 5 500 USD/kW.³⁹ Dalším problémem zejména přehrad je odpor veřejnosti k jejich výstavbě. Přehrada vyžaduje vyklizení velkého území. A jen málokde na něm nežijí žádní lidé. Výstavba přehrad také ovlivňuje místní mikroklima. V okolí velkých vodních elektráren se zvyšuje vlhkost vzduchu a tím se mění i místní počasí. Ty největší vodní nádrže mohou zvýšit počet zemětřesení v oblasti, tak jak se to stalo u čínské přehrady Tři soutěsky. Menší neznámou pak tvoří i bezpečnostní rizika přehrad. Přehrady se mohou stát cílem útoku a způsobit tak velké škody v oblasti pod přehradou. Vybrat vhodné umístění velkých vodních elektráren proto není v demokratických státech vůbec snadnou záležitostí.

5.2 Větrná energie

Větrná energie je stejně jako energie vodní využívána po staletí. Stačí připomenout holandské větrné mlýny, které sloužily k vysoušení polderů nebo klasické mlýny vyrábějící mouku. V současné době je využívána k výrobě elektrické energie. Odhaduje se, že potenciál větrné energie na celé souši je až 1 milion GW. Kdybychom dokázali využít 1 % této plochy, zajistíme tím stejnou kapacitu, jako mají všechny současné elektrárny.⁴⁰ Nejzajímavější lokality pro umístění větrných elektráren jsou navíc poměrně dobře rozmístěny napříč všemi světadíly. Nejlepší lokality ukazuje tabulka 2.

Tabulka 2: Nejlepší lokality pro větrnou energii

Region	Lokalita
Evropa	severní a západní pobřeží Skandinávie a Velké Británie; některé oblasti ve středomoří
Asie	východní pobřeží; Tichomořské ostrovy
Afrika	severní a jihozápadní pobřeží
Austrálie	většina pobřežních oblastí

³⁹ EIA. *Updated Capital Cost Estimates for Utility Scale Electricity Generating Plants*. Washington, 2013, s. 6. Dostupné z <http://www.eia.gov/forecasts/capitalcost/pdf/updated_capcost.pdf>.

⁴⁰ WEC. *World Energy Resources. 2013 Survey*. Londýn, 2013, s. 416. Dostupné z <http://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2013/09/Complete_WER_2013_Survey.pdf>. ISBN 978 0 946121 29 8.



Severní Amerika	většina pobřežních oblastí; ve vnitrozemí zejména horské oblasti
Jižní Amerika	na jihu nejlepší oblasti; východní a severní pobřežní oblasti

Zdroj: WEC. *World Energy Resources. 2013 Survey*. Londýn, 2013, s. 417.

Fungování větrných elektráren je jednoduché. Větrná elektrárna má několik lopatek (obvykle tři), které se díky proudění vzduchu otáčejí. Vítr není sám schopen pohánět lopatky elektrárny dostatečně rychle pro výrobu elektrické energie. Za lopatkami je proto umístěno převodové ústrojí, které otáčky podstatně zvyšuje (až 100 krát). Za převodem je pak umístěn generátor elektrické energie. Elektrárny mají také mechanismus, kterým omezují výkon při příliš velkém větru. Větrné elektrárny jsou v porovnání s jinými typy elektráren relativně levné. Kapitálové náklady na vybudování 1 kW výkonu se pohybují pod 2 500 USD v případě elektráren na souši. U větrných parků na moři je cena 2 až 3 krát vyšší.⁴¹

5.2.1 Vítr v číslech

V současné době je instalovaný výkon větrných elektráren 318 GW. Největší podíl má Čína (29 %), Spojené státy (19 %) a Německo (11 %).⁴² Celkový instalovaný výkon začal významně růst po roce 2000. Nejvíce nových větrných elektráren se nachází v Číně – 45 % instalovaného výkonu v roce 2013 bylo právě tam.⁴³

5.2.2 Pro a proti větru

Výhodou využití větrné energie je jednoduchá a známá technologie. Ta se víceméně po staletí nemění. Výhodou je také snadná instalace nebo zrušení elektrárny. To platí zejména pro ty na souši. Stejně jako vodní energie má i větrná energie výhodu nulových nákladů na palivo nebo odstraňování odpadu. Využívá energie, která je (alespoň v současnosti) volně dostupná. Třetí velkou výhodou je možnost umisťovat čistý zdroj energie i do odlehlých oblastí. S tím se však pojí i výzva spojená s větrnou energií. Jednotlivé větrné elektrárny mají v porovnání s jinými typy elektráren velmi malý výkon. Je proto nutné jich do sítě zapojit hodně. Síť se tak stává složitější. Ještě ve spojení s častým přerušováním dodávek elektrické energie do sítě

⁴¹ EIA. *Updated Capital Cost Estimates for Utility Scale Electricity Generating Plants*. Washington, 2013, s. 6. Dostupné z <http://www.eia.gov/forecasts/capitalcost/pdf/updated_capcost.pdf>.

⁴² GWEC. *Global Wind Statistics 2013*. Brusel, 2013, s. 3. Dostupné z <http://www.csve.cz/img/wysiwyg/file/GWEC-PRstats-2013_EN.PDF>.

⁴³ Tamtéž.



způsobeným nerovnoměrným a obtížně kontrolovatelným výkonem elektráren je to značná nevýhoda využívání větrné energie. Žádný zdroj elektrické energie nemůže být zcela bez emisí. U větrných elektráren se to týká zejména emisí hlukových. Hluk způsobuje jednak samotné otáčení větrníku stejně jako mechanické části – převodovka a generátor. Větrné elektrárny také často mění vzhled velkých území. A často v místech, kterých si lidé cení jako nedotčené přírody – na horách, v pouštích apod. Lopatky elektráren představují nebezpečí i pro ptactvo. Větrná elektrárna však není významná příčina smrti ptáků. Odhaduje se, že ročně způsobí větrné elektrárny v USA smrt nejméně 20 000 ptáků.⁴⁴ Pro srovnání, okna stojí v USA za smrtí nejméně 100 mil. ptáků ročně, kočky i lovci zabijí podobné množství, automobilová doprava nejméně 50 milionů, elektrické vedení 175 mil. nebo jedy používané v zemědělství 70 mil. ptáků.⁴⁵

5.3 Sluneční energie

Sluneční energie je nejčastějším typem energie. Sluneční energie, která ročně dopadne na povrch Země je přibližně 7 500 větší než je roční spotřeba primárních zdrojů energie. Skýtá tak ohromný nevyužitý potenciál.⁴⁶

V současnosti jsou rozšířené dvě technologie využití sluneční energie při výrobě elektřiny. První z nich jsou fotovoltaické elektrárny. Ty mění sluneční energii přímo na energii elektrickou. Využívají k tomu solární panely, které produkují stejnosměrný proud. Stačí tedy za panely připojit transformátor na proud střídavý, který putuje do sítě. Druhým typem jsou sluneční tepelné elektrárny. Ty soustřeďují velké množství sluneční energie do jednoho bodu, kde dochází k zahřátí speciální kapaliny. Ta následně ohřívá vodu a vzniká pára. Zbytek funguje jako u jiných tepelných elektráren. Vodní pára roztáčí turbínu, která je napojena na generátor elektrické energie. Dalším způsobem využití energie ze Slunce je ohřev vody. Zejména v rozvojovém světě, kde je dostupnost elektrické energie velmi nízká, je tento způsob využití velmi významný.

⁴⁴ SOVACOL, B. K. The avian benefits of wind energy: A 2009 update. *Renewable Energy*, vydání 49, leden 2013, str. 19-24, ISSN 0960-1481.

⁴⁵ PASQUALETTI, M. J. Wind Power: Obstacles and Opportunities. *Environment*, září 2004, str. 22 – 38.

⁴⁶ WEC. *World Energy Resources. 2013 Survey*. Londýn, 2013, s. 327. Dostupné z <
http://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2013/09/Complete_WER_2013_Survey.pdf>. ISBN 978 0 946121 29 8.



5.3.1 Sluneční energie v číslech

Využití sluneční energie zažívá v posledních letech velký boom. Například v Německu se mezi roky 2008 a 2011 zvýšil instalovaný výkon solárních elektráren pětikrát na 25 000 MW. Nárůst výkonu lze připisovat snižujícím se cenám solárních panelů stejně jako štedrým státním podporám tohoto typu energie. Největší instalovaný výkon má Německo následované Itálií a Spojenými státy.⁴⁷

5.3.2 Pro a proti užívání sluneční energie

Podobně jako větrné elektrárny mají i solární elektrárny výhodu v podobě rychlé výstavby a snadného zrušení. Instalace panelů a jejich uvedení do provozu je u domácích panelů v řádech hodin. Díky tomu je to (podobně jako vítr) vhodný zdroj energie v odlehlých a nedostupných oblastech. Solární elektrárny se navíc vyznačují vysokou spolehlivostí. Samotné panely totiž neobsahují žádné pohyblivé části, které jsou nejnáchylnější na mechanické poškození.

Využívání solárních elektráren má podobná úskalí jako elektrárny větrné. Trápí je nestálé dodávky proudu závislé na tom, kdy svítí Slunce a kdy ne. Jejich zapojování do sítě je tak složité. Nepřispívá tomu ani fakt, že se jedná o mnoho relativně malých roztržštěných zdrojů. U některých typů elektráren se navíc používají vysoce toxické látky, které tak trochu znevažují solární elektrárny jako zelený zdroj energie. Otázkou je také životnost panelů a nakládání s nefunkčními panely.

5.4 Geotermální energie

Zatím relativně málo využitým zdrojem je geotermální energie. Země má pod povrchem mnohem vyšší teplotu než panuje na povrchu. Ideou je tedy tuto energii využít k výrobě elektrické energie či tepla. Výroba elektřiny je zajištěna jako v klasických tepelných elektrárnách. Pára pohání turbínu napojenou na generátor, který elektřinu vyrábí. Liší se pouze způsob, jakým dochází k ohřevu vody a vzniku páry. Tady se to děje pomocí vrtů do hlubin země, kde dochází k zahřívání vody. Geotermální energie se také hojně využívá v domácnostech k vytápění domu či bazénů či naopak k jejich chlazení. Pomocí kompresoru v systému pod zemí kluje speciální kapaliny, která teplo ze země sbírá nebo ho tam naopak odvádí.

⁴⁷ EPIA. *Global Market Outlook for Photovoltaics 2014-2018*. Brusel, 2014. Dostupné z <http://www.epia.org/news/publications/>. ISBN 9789082228403.



Nejvíce instalovaného výkonu je ve Spojených státech, Číně, Švédsku, Norsku a Německu. Dohromady přes 60 % světové kapacity.⁴⁸ Výhodou geotermální energie je stálost. Elektrárny či jiná zařízení mohou fungovat téměř nepřetržitě s nulovými variabilními provozními náklady (využívají energie, která je volně dostupná). Již jednou bylo zmiňováno, že žádný zdroj energie není čistý. I geotermální zařízení mají své dopady na životní prostředí. Kapaliny, které se pod zemí ohřívají, obsahují mnoho chemických látek – oxid uhličitý, dusík, rtuť, radon apod. Jejich únik do okolního prostředí může být nebezpečný. Nejistota se vznáší i nad možností, že geotermální elektrárny zvyšují pravděpodobnost zemětřesení v dané oblasti. Většímu rozšíření zatím brání poměrně vysoké vstupní kapitálové náklady. Vstupní kapitálové náklady na 1 kW se pohybují v rozmezí 4 000 až 6 000 USD. To je srovnatelné s jadernými elektrárnami. Zároveň fungují s vysokými fixními provozními náklady, jak ukazuje tabulka 3. Ty se pohybují nad 100 USD/1 kW/rok. U uhelných elektráren to je 50 až 80 USD, plynových 7 až 30 USD, jaderných 90 USD, větrných 40 až 70 USD, solárních 25 až 65 USD a vodních pod 20 USD. Na provoz jsou dražší jen elektrárny na biomasu, kde mohou náklady dosahovat až 350 USD a zařízení na energetické využití odpadu (tzv. spalovny), kde jsou fixní provozní náklady až 400 USD/1 kW/rok.⁴⁹

Tabulka 3: Fixní provozní náklady elektráren (USD/1 kW/rok)

Typ elektrárny	Náklady
Energetické využití odpadu	až 400
Biomasa	až 350
Geotermální	>100
Jaderné	90
Uhelné	50 až 80
Větrné	40 až 70
Solární	25 až 65

⁴⁸ WEC. *World Energy Resources. 2013 Survey*. Londýn, 2013, s. 365. Dostupné z <http://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2013/09/Complete_WER_2013_Survey.pdf>. ISBN 978 0 946121 29 8.

⁴⁹ EIA. *Updated Capital Cost Estimates for Utility Scale Electricity Generating Plants*. Washington, 2013, s. 6. Dostupné z <http://www.eia.gov/forecasts/capitalcost/pdf/updated_capcost.pdf>.



Plynové	7 až 30
Vodní	<20

Zdroj: EIA. *Updated Capital Cost Estimates for Utility Scale Electricity Generating Plants*. Washington, 2013, s. 6. Dostupné z <http://www.eia.gov/forecasts/capitalcost/pdf/updated_capcost.pdf>.

V současnosti je tedy významné rozšíření využití geotermální energie nepředstavitelné bez státních intervencí.

5.5 Bioenergie

Posledním zdrojem energie, který bude v tomto textu představen, je bioenergie. Bioenergie je velmi široká skupina energetických zdrojů získaných z rozličných surovin biologického původu. Stejně tak zahrnuje množství způsobů využití této energie. Ideou využívání bioenergie je pěstování plodin, které následně přeměníme na elektřinu či teplo. Takové chování by mělo být udržitelné, neboť využíváme pouze energii, kterou máme nyní a kterou nečerpáme ze zásob uložené energie tak jako u fosilních paliv.

Způsobů využití bioenergie je vícero. Základním způsobem je přímé spalování za účelem vytváření tepla (jako když si zatopíte v krbu). To je v současnosti převládající způsob. Často je z hlediska nákladů konkurenceschopný vůči podobným zařízením využívající fosilní paliva. Bioenergie se také využívá k výrobě elektřiny. Technologie je víceméně stejná jako u uhelných elektráren. Dalším využitím může být přeměna na bioplyn s jeho následným využitím. Bioenergie se prosazuje i v dopravě. Biosložka vyrobená ze škrobu, cukru či obilí se buď přimíchává do konvenčních paliv vyrobených z ropy, nebo se dokonce využívají samostatně jako bioethanol označovaný E85.

Bioenergie v současnosti zajišťuje 10 % světové spotřeby primární energie.^{50,51}

5.5.1 Pro a proti užívání bioenergie

Státy usilující o energetickou soběstačnost mohou shledat využití bioenergie jako výhodné. Téměř vždy se jedná o domácí zdroje, není nutné zdroje nakupovat z cizích zemí. Technologie spalování je jednoduchá. Ostatně lidé využívali biopaliva od vynalezení ohně. Výhodou

⁵⁰ WEC. *World Energy Resources. 2013 Survey*. Londýn, 2013, s. 288. Dostupné z <http://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2013/09/Complete_WER_2013_Survey.pdf>. ISBN 978 0 946121 29 8.

⁵¹ Do bioenergie se obvykle započítává i energetické využití odpadů.



bioenergie také může být, že na rozdíl od jiných obnovitelných zdrojů energie je alternativou užívání ropy v dopravě.

Nevýhodou jsou důsledky pěstování, přepravy a zpracování. Proces pěstování je velmi náročný. Spotřebovává se při něm značné množství vody i energie. Plocha využívaná k pěstování technických plodin navíc zabírá místo pro klasické zemědělství. I díky tomu rostou ceny potravin. Růst cen potravin má pak dopady na ty nejchudší obyvatele planety. Bioenergie je také velmi náročná na vstupní energii. Když se podíváme na index Energy return on investment (EROI), který ukazuje poměr mezi získanou a vloženou energií, zjistíme, že biopaliva jsou ze všech primárních zdrojů energie nejhorší. Hodnota se pohybuje okolo 1,5.⁵² To znamená, že z jedné vložené jednotky energie získáme 1,5 jednotky energie. Zemní plyn a ropa se pohybují v současnosti okolo 10, jaderná energie mezi 50 a 75, uhlí 80 a vodní energie 100.⁵³ Posledním úskalím, kterým biopaliva čelí je fakt, že při jejich spalování vznikají oxidy dusíku a oxidy síry souhrnně označované jako NO_x a SO_x. Tyto škodlivé látky mají negativní dopady na lidské zdraví i stav životního prostředí. Způsobují tzv. kyselé deště, přispívají ke globálním změnám klimatu či způsobují smog ve městech. Využívat bioenergie je tedy nutné ostražitě. Mohlo by se totiž lehce stát, že budeme „vytloukat klín klínem“.

6 Shrnutí

Ekonomové se ve svých výzkumech snaží kvantifikovat zejména dopady na životní prostředí. Ty totiž jen málokdy vstupují přímo do ceny (nákladů). Takovou ambici nicméně tento text nemá. Celý text představuje jednotlivé druhy primárních zdrojů energie. Popisuje způsob jejich využití a hlavní výhody i nevýhody každého zdroje. Některé z nich jsou významnějšího rázu, jiné jsou méně významné. V níže uvedené závěrečné tabulce jsou přehledně uvedeny hlavní argumenty, které hovoří pro jednotlivé zdroje. Volby optimálního mixu zdrojů je však záležitostí komplikovanou a záleží na mnoha faktorech – od vyspělosti ekonomiky po geografickou polohu.

⁵² MURPHY, D. J., HALL. Ch. A. S. Year in review - EROI or energy return on (energy) invested. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 2010, roč. 1185, č. 1, s. 102-118. DOI: 10.1111/j.1749-6632.2009.05282.x.

⁵³ Tamtéž.



Typ zdroje	Výhody	Nevýhody
Ropa	+ v dopravě a průmyslu nepostradatelná + nejčastěji obchodovaná komodita + snadná přeprava paliva	– proměnlivost cen – geograficky nerovnoměrné rozmístění zásob – trh významně ovlivněn kartelem OPEC
Uhlí	+ široké geografické rozmístění + stabilní a předvídatelné náklady + nové technologie zlepšují efektivitu	– vysoké emise CO₂ a dalších škodlivin – negativní efekt zachycování uhlíku na efektivitu – nevhodné k pokrývání špiček spotřeby
Zemní plyn	+ nejčistější fosilní palivo + flexibilní a efektivní zdroj + zvyšující se zásoby zdroje	– zásoby v odlehlých mořských oblastech – složitá distribuce a transport – dlouhé zásobovací vzdálenosti
Jádro	+ efektivita + předvídatelné náklady po celou dobu životnosti + žádný CO₂	– kapitálová náročnost – veřejné obavy z provozu a odpadu – zodpovědnost v případě nehod
Voda	+ nízké provozní náklady + žádné CO₂ a odpad + jednoduchá technologie	– kapitálová náročnost – značné územní nároky pro přehrady – veřejný odpor kvůli přesunování a vlivu na mikroklima



Vítr	+ známá technologie, snadná montáž a demontáž + žádné náklady na palivo, žádný odpad + řešení pro odlehlé oblasti	– přerušované dodávky – složité napojení do sítě, způsobuje komplikace v síti – závislost na dotacích
Slunce	+ spolehlivost, žádné (omezení množství) pohyblivých částí + rychlá montáž a demontáž + řešení pro odlehlé oblasti	– přerušované dodávky – složité napojení do sítě, způsobuje komplikaci v síti – použití toxických materiálů u některých typů
Bioenergie	+ domácí zdroje + jednoduchá technologie spalování + alternativa pro dopravu	– důsledky přepravy a zpracování – emise NO_x a SO_x – vliv na cenu a dostupnost potravin a vody

Otázky k zamyšlení

- Jaké zdroje využívá váš stát? Musí je dovážet nebo jsou z vlastních zdrojů?
- Které zdroje se těší ve vaší zemi podpoře?
- Máte v nějaké oblasti velký nevyčerpaný potenciál?
- Obejdeme se bez některých zdrojů energie? Čím je nahradíme?

Co dalšího si k tématu přečíst?

IEA: Key World Energy Statistics 2013 – souhrn statistik z oblasti energetiky. Dostupné z <<http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorld2013.pdf>>.

BP: BP Statistical Review of World Energy June 2014. – další podrobné statistické údaje o energetice. Zde i pro jednotlivé státy. Dostupné z <<http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/Energy-economics/statistical-review-2014/BP-statistical-review-of-world-energy-2014-full-report.pdf>>.

UNEP, EU, EPA, IEA – některé mezinárodní a národní orgány zabývající se energetikou. Dostupné z

<<http://unep.org/climatechange/>>, <http://europa.eu/pol/ener/index_cs.htm>, <<http://www.epa.gov/climatechange/impacts-adaptation/energy.html>>, <<http://www.iea.org/topics/climatechange/>>.



Zdroje

BLOOMBERG. *Energy and Oil Prices*. [online], [cit.: 25. 7. 2014]. Dostupné z <<http://www.bloomberg.com/energy/>>.

BP. *BP Statistical Review of World Energy June 2014*. 2014, s. 37. Dostupné z <<http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/Energy-economics/statistical-review-2014/BP-statistical-review-of-world-energy-2014-full-report.pdf>>.

ČEZ. *Vodní elektrárny Lipno*. [online], [cit.: 25. 7. 2014]. Dostupné z <<http://www.cez.cz/cs/vyroba-elektriny/obnovitelne-zdroje/voda/lipno.html>>.

EIA. *Updated Capital Cost Estimates for Utility Scale Electricity Generating Plants*. Washington, 2013. Dostupné z <http://www.eia.gov/forecasts/capitalcost/pdf/updated_capcost.pdf>.

ENERDATA. *Global Energy Statistical Yearbook 2014*. [online] Dostupné z <<http://yearbook.enerdata.net/#oil-consumption.html>>.

EPIA. *Global Market Outlook for Photovoltaics 2014-2018*. Brusel, 2014. Dostupné z <<http://www.epia.org/news/publications/>>. ISBN 9789082228403.

GWEC. *Global Wind Statistics 2013*. Brusel, 2013. Dostupné z <http://www.csve.cz/img/wysiwyg/file/GWEC-PRstats-2013_EN.PDF>.

iHNED.cz. *Německá vláda rozhodla. Jaderné elektrárny uzavře do roku 2022*. [online], [cit.: 24. 7. 2014]. Dostupné z <<http://byznys.ihned.cz/c1-51975330-nemecka-vlada-rozhodla-jaderne-elektrarny-uzavre-do-roku-2022>>.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. *CO₂ Emissions from Fuel Combustion. Highlights*. 2012. Dostupné z <<http://www.iea.org/co2highlights/co2highlights.pdf>>.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. *Key World Energy Statistics*. Paříž, 2013. Dostupné z <<http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorld2013.pdf>>.

MURPHY, D. J., HALL. Ch. A. S. Year in review - EROI or energy return on (energy) invested. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 2010, roč. 1185, č. 1, s. 102-118. DOI: 10.1111/j.1749-6632.2009.05282.x.

PASQUALETTI, M. J. Wind Power: Obstacles and Opportunities. *Environment*, září 2004, str. 22 – 38.

SOVACOOOL, B. K. The avian benefits of wind energy: A 2009 update. *Renewable Energy*, vydání 49, leden 2013, str. 19-24, ISSN 0960-1481.

WCA. *What is coal?* [online] [cit.: 20. 7. 2014]. Dostupné z <<http://www.worldcoal.org/coal/what-is-coal/>>.



WEC. *World Energy Resources. 2013 Survey*. Londýn, 2013. Dostupné z http://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2013/09/Complete_WER_2013_Survey.pdf>. ISBN 978 0 946121 29 8.

WEC. *World Energy Resources. 2013 Survey: Summary*. Londýn, 2013, s. 18. Dostupné z <http://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2013/10/WEC_Resources_summary-final_180314_TT.pdf>. ISBN 978 0 946121 29 8.

Top partneři

Generální partner
Modelu OSN



Hlavní partner
Modelu OSN



Hlavní partner Modelu NATO



Ministerstvo zahraničních věcí
České republiky

Model NATO is co-sponsored by
the North Atlantic Treaty Organization



Hlavní partner Modelu EU



Partner konference



Univerzitní
partner



Partner zahájení



Partner jednání



Partneři Modelů



Mediální partneři

Hlavní mediální partner



Hlavní mediální partner



Partner Chronicle





**Asociace
pro mezinárodní
otázky**
Association
for International
Affairs

Pražský studentský summit
projekt Asociace pro mezinárodní otázky