

# Energetické zdroje Země

Autor: Mgr. Jaromír JUŘEK

Kopírování a jakékoliv využití výukových materiálů je povoleno pouze s uvedením odkazu na [www.jarjurek.cz](http://www.jarjurek.cz).



# 1. Energetické zdroje Země

## Rozdělení energetických zdrojů Země

|            |                                           |
|------------|-------------------------------------------|
| Slunce     | Zdroj nevyčerpatelný, nezměnitelný        |
| Vítr       | Zdroj nevyčerpatelný, nezměnitelný        |
| Řeky       | Zdroj nevyčerpatelný, ale lze ho poškodit |
| Moře       | Zdroj nevyčerpatelný, ale lze ho poškodit |
| Teplo Země | Zdroj nevyčerpatelný, nezměnitelný        |
| Biomasa    | Zdroj nevyčerpatelný, obnovitelný         |
| Vodík      | Zdroj vyčerpatelný, obnovitelný           |

### Energetické zdroje můžeme také dělit na:

- udržitelné - obnovitelné
- udržitelné - neobnovitelné
- neudržitelné - nahraditelné (recyklovatelné)
- neudržitelné - nenahraditelné (nerecyklovatelné)

### Zdroje nevyčerpatelné

- prakticky se jedná o neomezené zdroje biosféry, které společnost nemůže vyčerpat z hlediska množství, případně je změnit v oblasti do kvality (např. sluneční záření, větrná a vodní energie)
- neexistuje nebezpečí vyčerpání těchto zdrojů, ale vlivem poškozování je omezen maximální užitek při jejich využívání. Patří sem např. voda světového oceánu, sladká voda ve vnitrozemí, plocha v krajině atd. Pro tyto zdroje je nutná ochrana.

### Zdroje vyčerpatelné

- Tyto zdroje mohou být trvale udrženy, obnoveny nebo dokonce i rozmnoženy (v různém stupni obtížnosti) na vysoké úrovni využitelnosti, ale též rychle vyčerpány v materiální podstatě. Obnovující proces probíhá jen v podmínkách ekologické rovnováhy. Za cenu finančních nákladů, vložené práce a energie mohou být tyto zdroje opět obnoveny - např. úrodnost půdy. Je proto třeba racionálně plánovat jejich využívání
- Situace je podobná jako v předchozím bodě, s tím rozdílem, že po zničení přírodního zdroje v jeho podstatě obnova již možná není. Například zničenou půdu s přihlédnutím k průměrnému lidskému věku nelze obnovit. Vedle účelného využívání (za plného uplatnění územního plánování) je nutná přísná kontrola poškozování těchto přírodních zdrojů i jejich ochrana před dalším poškozením
- Jednou vyčerpané zdroje již nelze obnovit, a proto je nutné prodloužit dobu jejich využívání i pro příští generace (v podstatě jde o nerostné bohatství a užitkové suroviny). Řešení spočívá v racionalizaci využití, ve snížení měrné spotřeby a v záměně méně hojných nerostů za častěji se vyskytující. Předpokladem je účinná kontrola státu, event. mezinárodních organizací a jejich dohled
- Po jednom použití jsou tyto zdroje trvale ztraceny, např. fosilní paliva. Jejich zásoby na Zemi jsou omezeny. Pro některé účely jsou tyto zdroje nenahraditelné. Řešení jejich ochrany spočívá v regulační moci státní správy a v budoucnosti pravděpodobně i mezinárodních orgánů

## Slunce

Energetickou bilanci naší planety ovlivňuje dominujícím způsobem Slunce. Na Zemi dopadá asi 178 000 TWr Sluneční energie ročně. Asi třetina (35 %) 63 000 TWr se však odrazí od Zemské atmosféry a povrchu. Zbytek, tj. asi 115 000 TWr se zapojí do energetických procesů Země a podléhá nejrůznějším přeměnám. Lze konstatovat, že 99,9 % energie dostupné na zemském povrchu, má svůj původ ve sluneční energii. Zbývající část představuje geotermální energie (35 TWr), energie gravitační (příliv, odliv; 3 TWr) a jaderná energie získaná štěpením těžkých jader. Dalších přibližně 8 TWr je získáno z fosilních paliv, které využívá lidská civilizace.

Výhody Sluneční energie: Praktická nevyčerpatelnost, ekologická čistota, teoretická možnost využití po celém zemském povrchu.

Nevýhody: Využití sluneční energie pro energetické účely je silně ovlivněno počasím, střídáním denních a ročních období a především zeměpisnou šířkou. Nejvyšší výkon má sluneční záření na východní Sahaře, kde na jeden m<sup>2</sup> dopadne ročně 2 500 kWh sluneční energie, u nás v Česku je to pouze kolem 1 150 kWh. Pouze na některých místech se v současnosti vyplatí stavět velké sluneční elektrárny, pokud tam nejsou jiné levnější zdroje. Taková místa jsou v Kalifornii, Austrálii, na jihu Španělska, v Izraeli a v rovníkové Africe. Další problémy vyplývají z nízké účinnosti přeměny slunečního záření na prakticky upotřebitelný typ energie - na teplo nebo elektřinu.

## **Sluneční teplo**

Jednou z možností je přeměna energie slunečního záření ve slunečním kolektoru k ohřevu vody (nebo jiné látky) pro ohřev teplé užitkové vody (TUV). Tento způsob se již poměrně široce používá.

Typickým kolektorem je černá kovová (nebo plastová) deska, která pohlcuje sluneční záření (absorbér) a teplo přenáší na soustavu trubek s teplotou látkou. Pro čtyřčlennou domácnost je třeba přibližně 6 - 8 m<sup>2</sup> kolektorové plochy, 400 - 600 litrový zásobník a případné ohřívací zařízení k dodatečnému ohřevu vody. Přibližně polovinu celoroční spotřeby pak lze krýt využitím sluneční energie.

Účinnost slunečních kolektorů je asi 50 - 75 %.

## **Tepelné čerpadlo**

Velmi zajímavá je možnost nepřímého využívání sluneční energie pomocí tepelných čerpadel. Jejich princip připomíná činnost chladničky, místo chladu však využíváme tepla. Dalo by se říci, že se jedná o chladničku naruby. Princip spočívá v tom, že teplo, které normálně chladnička odebírá potravinám, získáváme z nějaké látky, například vzduchu, podzemní vody (která má celoročně stabilní teplotu), a tímto teplem pak topíme (jistě jste si všimli, že mřížka za ledničkou bývá horká i když je teplota v lednici velmi nízká). Při dostatečném množství málo teplé látky a při dodání elektrického proudu k pohonu čerpadla, lze získat 3x až 4x více tepla než kdybychom topili elektrickou energií přímo. Nemusíme přitom využívat jen sluneční energie, kterou jsme v létě uložili do absorbérů. Můžeme používat i přirozených zásobníků sluneční energie, jako je země, voda - povrchová i podzemní, okolní vzduch. Avšak nejvýhodnější je využívání odpadního tepla např. z větrání (obchodních domů, restaurací), využití geotermální energie a tepla z odpadních vod, kterými již nelze vytápět přímo.

## **Fotovoltaické články**

Připomeňme si jen, že tento způsob výroby elektrické energie není zatím konkurenceschopný, ačkoliv v posledních letech nastává jeho rozmach - zejména vlivem finančních dotací na pořízení. Existuje ale i projekt satelitní sluneční elektrárny vypuštěním synchronní družice Země. Elektrický proud by byl dopravován na Zem jako paprsek mikrovlnného záření (přenos elektrické energie na dálku vynalezl průkopnický vynálezce Nikola Tesla).

## **Sluneční tepelné elektrárny**

Jedná se o klasickou tepelnou elektrárnu s parní turbínou, pro výrobu páry se však místo fosilního paliva užívá slunečního tepla. Existují dvě základní metody, obě však dosahují velmi malé účinnosti (10 - 30 %):

**Sluneční věžová elektrárna** - velký počet zrcadel soustředí sluneční záření na kotel umístěný na vrcholku vysoké věže

**Sluneční farma** - používá sluneční kolektory ve tvaru parabolických žlabů 100 až 150 m dlouhých orientovaných ve směru sever - jih. Sluneční paprsky se koncentrují na trubici vedenou ohniskem kolektoru.

## **Vítr**

Česká republika nemá tak výhodné podmínky pro využití větrné energie jako například přímořské státy, přesto je u nás mnoho dobrých lokalit. Podle odhadů lze v ČR teoreticky výrobou elektrické energie z energie větru pokrýt asi 5 % současné spotřeby elektřiny.

Značnou nevýhodou větru jako zdroje je především jeho malá spolehlivost. Určitou výhodou je skutečnost, že v období zimních měsíců, tedy v době nedostatku slunečního svitu, je naopak energie větru dostupnější, zatímco v letních měsících vítr vane méně.

Při rychlosti větru pod 3 m/s je jeho výkon tak malý, že se nedá technicky využít. Optimální rychlost větru je 12 m/s. Při překročení této hranice musí být větrem poskytovaný výkon omezen a část energie zůstává nevyužita. Přesáhne-li rychlost větru 25 m/s, musí být větrná elektrárna odstavena, aby se zabránilo jejímu zničení.

## **Řeky**

Účinnost přeměny vodní potenciální energie na elektrickou je při větším výškovém spádu asi 85 - 90 %, při využití přímého proudění v řekách je účinnost nižší - asi 50 %.

## **Vodní elektrárny**

Mezi největší díla své doby patří Hooverova přehrada v USA, o výkonu 1,3 GW postavená ve třicátých letech 20. století. Největší současnou hydroelektrárnou je Itaipu v Brazílii s výkonem 14 GW. Ačkoliv jsou hydroelektrárny dosti rozšířené, nepřesahuje zpravidla jejich celkový podíl na výrobě elektrické energie 5 %.

### **Přednosti vodních elektráren:**

- obnovitelný zdroj energie neprodukující žádné odpady
- dostatečně známá a vyvinutá technologie
- přijatelná cena elektřiny
- určité možnosti akumulace s následnou možností její využití ve špičkách
- vysoká účinnost přeměny a malá vlastní spotřeba energie
- vysoký stupeň pohotovosti, malá poruchovost, snadná obsluha

### **Nedostatky vodních elektráren:**

- omezený potenciál vodních toků, nejlepší lokality již využity
- vysoké náklady na vybudování vodního díla

### **Ekologické problémy:**

- zanášení přehradních nádrží a jejich eutrofizace (= "zmrtvění" v důsledku přemnožení především vodních řas)
- negativní lokální změny životního prostředí
- možnost velkých havárií (protržení hráze)

## **Moře**

Plocha světových oceánů a moří zabírá asi 79 % zemského povrchu. V pohybu těchto vod a v teplotním rozdílu mezi hladinami a hlubinami je skryto obrovské množství energie. Bylo vypočteno, že jen z energie ve vln všech mořích a oceánech by bylo teoreticky možné získat 95 miliard kWh elektrické energie ročně. Zatím se však této energie využívá nepatrně.

## **Energie moří**

### **Přílivové elektrárny**

Periodické dmutí mořské hladiny (příliv, odliv) vysvětlil již anglický fyzik Isaak Newton (1642 - 1727). Příliv a odliv se vystřídá na témže místě dvakrát za den po 6 hodinách a 12 minutách. Po sedmi dnech a 9 hodinách nastane na témže místě příliv místo plánovaného odlivu. Podmínkou pro využití slapové energie je, aby rozdíl hladin mezi přílivem a odlivem byl alespoň 6 metrů a aby tvar pobřeží umožňoval stavbu hráze s průtokovými turbínami.

### **Energie mořských vln**

Mořské vlny nesou na každém metru své délky výkon 40 až 80 kW. Bylo vyvinuto množství odlišných systémů k využití této energie. Například vynálezce vznášedel, anglický inženýr Cockerall, u skotského pobřeží donedávna zkoušel zakotvené třídlíne plovoucí pramy. Jejich prohýbání se přenášelo na vodní motor spojený s alternátorem. Problémy s údržbou velkého množství prámů vedly k zastavení pokusů.

Zajímavý je norský a švédský princip založený na kolísání vodního sloupce v betonové šachtě (umístěné na pobřeží), který jako píst střídavě vytlačuje a nasává přes speciální Wallsovu turbínu vzduch. Naději na realizaci mají ta zařízení, která slouží zároveň k ochraně přístavů před mořským vlnobitím. V provozu již je příbojová elektrárna Madrás v Indii, 150 kW.

### **Využití teplotního rozdílu - projekt "OTEC"**

Po první světové válce se pokoušel francouzský fyzik G. Claude poprvé využít k získání elektřiny teplotní rozdíl mezi hladinou moře a vodou v hloubce 600 m - 1 km, který může být vyšší než 20° C. K těmto pokusům se vrátili Američané v roce 1980 v projektu "OTEC" (Ocean Thermal Energy Conversion) na Havaji (výkon zařízení 50 kW). Předpokladem je fakt, že 1/4 dopadajících paprsků na povrch Země je absorbována v moři - ohřev hladiny. Tato teplá voda z povrchu moře ohřívá čpavek, jeho páry pohánějí speciální plynovou turbínu s alternátorem a srážejí se v kondenzátoru ochlazeném vodou čerpanou z hloubky 600 m. Nevýhodou podobných projektů je jednak riziko úniku čpavku, jednak ochlazení moří, které by mohlo vyvolat nežádoucí klimatické změny. Navíc teoretická účinnost přeměny energie je okolo 7 %, prakticky se však v současné době počítá s účinností 2 až 3 %. Nevýhodou

jsou též vysoké náklady na tato zařízení. Vzhledem ke všem těmto faktům se v nejbližší době s rozsáhlejším nasazením projektu "OTEC" nepočítá.

## **Teplo Země - Geotermální energie**

### **Teplo skryté v magmatu**

Každých 100 m do hloubky stoupá teplota průměrně o 3° C. Magma je nesmírný zdroj tepla, ale jen jeho nepatrná část se dostane na povrch. I tak, množství energie, které se během jednoho roku dostane ze zemských hlubin na povrch, odpovídá energii, kterou lze získat z 35 miliard tun černého uhlí. Je to čtyřikrát více než spotřebuje celá lidská společnost!

Využití zemního tepla se od doby ropné krize rozvíjí. Přesto však v r. 1987 neposkytovaly všechny geotermální elektrárny světa výkon větší než 4 800 MW. Z toho byla téměř polovina instalována v USA. Dále následovaly Filipíny, Mexiko a Itálie asi po 500 MW.

### **Kde se využití vyplatí**

Při přepočtu na jeden m<sup>2</sup> zemského povrchu poskytuje zemské teplo svými 0,06 - 0,08 W méně energie než například světlo jedné svíčky. Ale ne všude je hustota energie zemního tepla tak malá. Například z islandských gejzírů prýští horká voda přímo na zemský povrch.

### **Elektrická energie ze zemního tepla**

Elektrárny, které využívají zemského tepla, používají buď systém suché páry nebo horkovodní systém (systém mokré páry).

#### **Systém suché páry**

Na některých místech z vrtů nebo přírodních vývěřů uniká přímo přehřátá pára. Ta pak (po odfiltrování kapiček vody) pohání turbínu elektrárny. Po ochlazení a zkondenzování se vrací sousedními vrty zpět do země. Teplota páry může dosáhnout při sedminásobku atmosférického tlaku až 200° C.

#### **Systém mokré páry**

Obvykle není možné získat z podzemních zdrojů páru s tak dobrými parametry, aby mohla přímo pohánět turbínu. Tam, kde voda v podzemí dosahuje teploty od 180 do 350° C (a díky vysokému tlaku se nezměnila v páru), vede se do odtahovací nádrže, ve které se po rychlém snížení tlaku část vody změnila v páru. Ta se opět vede na turbínu.

#### **Horkovodní (binární) systém**

Tam, kde má voda jen malý tlak a poměrně nízkou teplotu, slouží horká voda pouze k ohřátí pracovní kapaliny s nižším bodem varu. Zde připadají v úvahu organické látky propan, isobutan a freony. První jsou však explozivní a freony zase poškozují ozónovou vrstvu. Další vývoj tohoto systému bude proto záviset na nalezení méně škodlivého pracovního média.

#### **Horká suchá skála, aneb pokusy s metodou "Hot-Dry-Rock"**

Jestliže nejde v nitru Země najít žádné vrstvy propustné pro vodu, chybí médium, které by mohlo přenášet teplo na zemský povrch. Tento problém řeší postup "H-D-R". Odstřelem nebo tlakem vody se v hloubce kolem vrtu vytvoří umělé trhliny. Pak se do vrtu zavádí voda, která po ohřátí vystupuje zpět na povrch. Teplo ohřáté vody se využije buď k výrobě páry v tepelném výměníku nebo přímo k vytápění.

## **Biomasa**

Pod pojmem biomasa rozumíme rostlinnou látku - organickou hmotu, obsahující uloženou sluneční energii.

### **Využití odpadů a biomasy**

Lidstvo využívalo energii biomasy odpradáva. Například dřevo bylo nejstarším palivem člověka. Existují však i jiné, zajímavější a účinnější metody přeměny živé hmoty v energii.

Dva druhy zdrojů

Organické látky vhodné k energetickému zpracování můžeme získat dvojím způsobem:

- zužitkováním odpadů z domácností, zemědělství i průmyslu
- pěstováním rychle rostoucích rostlin v "energetických farmách"

## **Dřevěné brikety**

Z rozdrčeného a vysušeného dřeva stromů, které poměrně rychle rostou (vrby, topoly, osiky, olše), lze lisovat brikety s výhřevností až 21 GJ na tunu. V dosud nevyužitém pohraničním pásmu mezi Švédskem a Finskem se ověřuje pěstování takových "energetických lesů".

Roste také zájem o dřevěné uhlí vyrobené moderními metodami nízkoteplotní karbonizace (zahřívání bez přístupu vzduchu). Dají se i získat vedlejší produkty jako jsou kyselina octová, methanol, aceton a dřevný dehet. Plynné zplodiny obsahují značné množství spalitelných látek, kterými se dotuje spotřeba tepelné energie pro nízkoteplotní karbonizaci. Tímto způsobem je možné "spalovat" - zpracovávat - i některé odpady.

Jinou možností zhodnocování odpadů je jejich přímé spalování. V SRN pracuje okolo 50 spaloven, které využívají zhruba čtvrtinu domovního odpadu. Z jedné tuny odpadu se vyrobí okolo 360 kWh elektřiny. K výrobě stejného množství spotřebuje uhelná elektrárna přibližně 360 kg hnědého nebo 120 kg černého uhlí. Získaného tepla lze rovněž využít do tepelné sítě k vytápění měst a pod.

## **Bioplyn**

Zkvašením organických odpadků (například kejdy, hnoje, kalů z čistíren vod) vzniká při omezeném přístupu vzduchu hořlavý plyn (bioplyn). Tuna chlěvské mrvy vydá až na 50 m<sup>3</sup> bioplynu, tuna drůbežního trusu dokonce 100 m<sup>3</sup>. To je srovnatelné s energií 30 až 60 litrů topného oleje. Odpad z vyhnívacího procesu navíc bývá velmi výborným hnojivem. Tímto způsobem by naše zemědělství mohlo krýt 5 % vlastní energetické spotřeby. Předpokladem k rentabilnímu využití je usedlost, která chová celkem alespoň 60 krav, koní nebo vepřů.

Výroba bioplynu je rozšířena hlavně v zemích s velkým množstvím ustájeného dobytka (Čína, Indie).

## **Fermentace**

Zkvašením roztoků cukrů je možné vyprodukovat ethanol. Vhodnými materiály jsou cukrová řepa a třtina, obilí, kukuřice, ovoce a brambory. Cukry mohou být vyrobeny i ze zeleniny nebo celulózy. Po třiceti hodinách obsahuje fermentační kaše 6 - 10 % alkoholu. Teoreticky lze získat z 1 kg cukru 0,65 l čistého ethanolu, v praxi je však výtěžnost 90 - 95%. Vzniklý alkohol je oddělen destilací.

Ethanol je velmi hodnotným palivem pro spalovací motory. Jeho přednostmi jsou ekologická čistota a antidetonační vlastnosti. Nedostatkem ethanolu jako paliva je jeho schopnost vázat vodu a působit korozi motoru, což lze odstranit přidáním antikoročních přípravků.

Když vypukla ropná krize, pokusila se Brazílie snížit dovoz ropy využitím nadměrné produkce cukrové třtiny a kasavy. Zkvašením rostlinné hmoty získali ethanol. Jeho smíšením s benzínem pak začali vyrábět palivo gasohol. Výrobní náklady paliva však převyšují cenu normálního benzínu. Aby byl gasohol prodejný, nezbylo než aby stát tento program dotoval několika miliardami USD ročně.

Výtěžnost ethanolu z rostlin obsahujících glycidy

| <b>Surovina</b> | <b>Výnos (t/ha)</b> | <b>Obsah glycidů (%)</b> | <b>Obsah ethanolu (l/t)</b> | <b>Obsah ethanolu (hl/ha)</b> |
|-----------------|---------------------|--------------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| Řepa cukrová    | 30 až 40            | 16                       | 90 až 100                   | 38 až 48                      |
| Třtina          | 50 až 100           | 13                       | 60 až 80                    | 35 až 70                      |
| Kukuřice        | 4 až 8              | 60                       | 360 až 400                  | 15 až 30                      |
| Pšenice         | 2 až 5              | 62                       | 370 až 420                  | 8 až 20                       |
| Ječmen          | 2 až 4              | 52                       | 310 až 350                  | 7 až 13                       |
| Proso - zrno    | 2 až 5              | 70                       | 330 až 370                  | 7 až 8                        |
| Brambory        | 20 až 30            | 18                       | 100 až 120                  | 22 až 33                      |

## **Limity**

Celý projekt pěstování rostlin pro energetické účely naráží na vážnou kritiku, jejíž podstata spočívá v otázce: "Jak je možné připustit, aby se na půdě nepěstovaly potraviny, když tolik lidí hladoví?"

Proto je nutno tyto energetické plantáže budovat především na místech, které nelze pro zemědělství využít, například rekultivované skládky, nebo přímo skládky hlusiny, prostory kolem dálnic, popílkoviště a výsyvky jaké se nacházejí např. v severních Čechách.

Experimenty s pěstováním biomasy pro energetické účely provádí již řadu let Výzkumný ústav rostlinné výroby (Ruzyně) na popílkovištích a výsypkách v Chomutově. Vynikajících výsledků bylo dosaženo s pěstováním konopí setého (neobsahuje na rozdíl od konopí indického - marihuany téměř žádné sloučeniny THC), topolů a obilnin. Z rostlin produkujících olej je zejména výhodná řepka (řepkový olej lze totiž zpracovávat na naftu a mazadla).

## **Vodík**

Již Jules Verne ve své době předpovídal vyčerpání zásob fosilních paliv a sám jako náhradu předpokládal vodík. "Voda je uhlím budoucnosti!", avšak voda rozložená v prvky - vodík a kyslík.



## Obsah



### 1. Energetické zdroje Země

2