

Obnoviteľné zdroje energie



Tomáš Boleman

Jozef Fiala

TOMÁŠ BOLEMAN - JOZEF FIALA

Obnovitelné zdroje energie




Trnava 2009



AGENTÚRA
NA PODPORU
VÝSKUMU A VÝVOJA

Táto publikácia bola podporovaná
Agentúrou na podporu výskumu a vývoja
na základe zmluvy č. LPP-0171-07.



Publikácia je určená stredoškolským učiteľom na podporu vyučovania environmentálnej výchovy, ako aj študentom prejavujúcim záujem o štúdium environmentálne špecializovaných univerzitných študijných programov.

© Ing. Tomáš Boleman, Ing. Jozef Fiala, 2009

Recenzenti: doc. Ing. Stanislav Hostin, PhD., Ing. Anna Michalíková, CSc.

Ilustrácie použité v publikácii sú voľne dostupné na internete.

tomas.boleman@stuba.sk, jozef.fiala@stuba.sk

ISBN: 978-80-89422-07-4

Obsah

Úvod	7
Obnoviteľné zdroje energie	9
Slnčná energia	15
Slnčné žiarenie	15
Využívanie slnečnej energie	17
Tepelné solárne systémy	18
Fotovoltaika – výroba elektrickej energie zo slnka	21
Využitie slnečnej energie na Slovensku	26
Solárne laboratórium	27
Veterná energia	33
Energia vetra	33
Veterné elektrárne	34
Zariadenia veterných turbín	36
Pozitívne vplyvy na životné prostredie	37
Negatívne vplyvy na životné prostredie	38
Využitie veternej energie na Slovensku	39
Vodná energia	41
Potenciál vodnej energie u nás a vo svete	42
Vodné elektrárne	43
Typy vodných turbín	45
Malé vodné elektrárne	46
Výhody a nevýhody vodnej energie	49
Vodné elektrárne na Slovensku	50
Biomasa	52
Zdroje biomasy využiteľné k energetickým účelom	53
Výroba energie z biomasy	54
Príklady využitia biomasy	55
Výroba bioplynu	56

Výroba bioetanolu	57
Výhody využitia biomasy	58
Nevýhody využitia biomasy	58
Využitie biomasy na Slovensku	59
Geotermálna energia	61
Geotermálne vykurovanie	62
Geotermálne elektrická energia	63
Využitie geotermálnej energie na Slovensku	64
Záver	67
Zoznam použitej a odporúčanej literatúry	69

Zoznam skratiek

AT	– Rakúsko
EÚ	– Európska únia
FV	– Fotovoltika
MVE	– Malá vodná elektráreň
OTEC	– Oceánska tepelná elektrická konverzia
OZE	– Obnoviteľné zdroje energie
PVE	– Prečerpávacie vodné elektrárne
SR	– Slovenská republika
STU	– Slovenská technická univerzita
TÚV	– Teplá úžitková voda
ÚBEI	– Ústav bezpečnostného a environmentálneho inžinierstva
VE	– Vodná elektráreň

Úvod

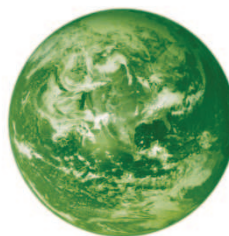
Keď spaľujete kus dreva, stáva sa z neho popol. Je možné použiť tento popol znovu na zapálenie ohňa? Nie, nie je to možné. Toto je presne to isté, čo sa stáva s neobnoviteľnými zdrojmi energie ako sú uhlie, zemný plyn a ropa. Ak ich raz použijete, už nie je možné ich znovu použiť. Okrem toho, spôsobujú aj rozsiahle škody na životnom prostredí.

Náš spôsob života stále závisí od fosílnych palív. Vznikli pred miliónmi rokov z pozostatkov prehistorických lesov. Časom sa pod zemou pôsobením tlaku premenili na obrovské ložiská ropy, zemného plynu a uhlia. Ľudia však už spotrebovali viac ako polovicu týchto palív a o pár desaťročí z nich neostane vôbec nič, a preto sa v dnešnej dobe do popredia dostávajú výrazy ako obnoviteľné zdroje energie (OZE), alternatívne zdroje a zelená energia. Všetky tieto výrazy predstavujú bezpečné zdroje energie, ktoré sa nevyčerpajú.

Taktiež sa v poslednom storočí zistilo, že spotreba neobnoviteľných zdrojov energie spôsobila viac škôd na životnom prostredí ako akýkoľvek iný druh ľudskej aktivity. Spaľovanie fosílnych palív a následný zisk energie je spojený s vysokými koncentraciami škodlivých plynov, ktoré unikajú do atmosféry. To vedie k mnohým problémom, ktorým čelíme v súčasnosti ako globálne otepľovanie, ničenie ozónovej vrstvy, kyslé dažde atď. Toto sú hlavné príčiny, prečo sa ľudia začali obzerať po nejakej náhrade za fosílnu palivá.

Obnoviteľná energia nie je žiadnou novinkou. Po stáročia sa budovy stavali tak, aby sa v nich udržiavalo slnečné teplo. Na kúrenie a varenie sa používalo drevo. Na poháňanie mlynov sa používala veterná energia a tovar a ľudia sa po celom svete prepravovali na lodiach. Obnoviteľné zdroje energie sa nezmenili, ale technológia sa rozhodne zmenila. Moderné veterné turbíny sú dnes už veľmi účinné a vyrábajú energiu pre tisíce domácností v Európe. A čo je dôležité, pri takejto výrobe energie nedochádza k emisiám uhlíka, ktoré spôsobujú globálne otepľovanie.

V dnešnej dobe je veľmi ťažké hovoriť o náhrade fosílnych palív OZE, pretože keď sa hovorí o fosílnych palivách, tak uvažujeme o megawattoch ($1 \cdot 10^6$ Watt) vyrobenej energie, pričom pri OZE môžeme hovoriť iba o wattoch, prípadne kilowattoch ($1 \cdot 10^3$ Watt). Je teda veľmi ťažké kompletne nahradiť kapacity, ktoré



nám poskytujú fosílna palivá obnoviteľnými zdrojmi energie. Toto si uvedomujú i odborníci, ktorí v danej problematike pracujú, a preto sa snažia presadiť názor, že OZE sú tu ako výpomoc pre fosílna palivá a nie ako konkurencia, ktorá ich chce nahradiť. Je to zatiaľ nemožné nie iba z horeuvedeného dôvodu, ale sú tu i ďalšie dôvody ako:

- fosílna palivá sú ešte stále neporovnateľne lacnejšie ako OZE,
- dlhá návratnosť investícií do OZE,
- technológia obnoviteľnej energie má vysoké náklady,
- situácia ohľadom zásob fosílnych palív je stále únosná,
- energetické giganty založené na fosílnych palivách majú ešte stále neotrasiteľnú pozíciu,
- nevyvinutý trh s OZE,
- chýbajú legislatívne opatrenia k presadeniu OZE,
- nestálosť dodávok energií (napr. veľký vplyv počasia),
- verejná mienka.

Treba si uvedomiť, že raz tu fosílna palivá už nebudú, ale ľudia budú stále potrebovať energiu a teplo. Určite sa to ešte netýka dnešnej generácie, ale táto generácia by práve mala začať presadzovať OZE, aby aj budúce generácie mali dostatok tepla, paliva a energie.

Práve táto brožúra slúži na priblíženie jednotlivých obnoviteľných zdrojov energie.

Autorský kolektív

Obnoviteľné zdroje energie

Často sa môžeme stretnúť i s výrazom alternatívne zdroje energie, zelená energia, čo v podstate znamená to isté ako OZE. Tento názov vychádza z toho, že sa jedná o energetické zdroje, ktoré sú alternatívou k fosílnym palivám.

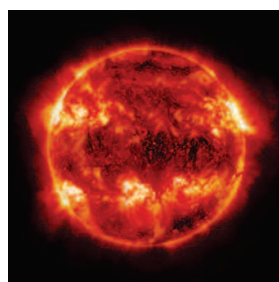
Definícia obnoviteľných zdrojov energie podľa Renewable Energy Working Party (REWP), ktorá pracuje v rámci Medzinárodnej energetickej agentúry (IEA): „Obnoviteľná energia je získavaná z prírodných procesov, ktoré sú neustále dopĺňané. V jej rôznych formách je čerpaná priamo alebo nepriamo zo slnka alebo z tepla generovaného hlboko vo vnútri Zeme. Táto definícia zahŕňa tieto formy obnoviteľnej energie:

- slnko,
- vietor,
- oceán,
- malé vodné zdroje,
- biomasu,
- geotermálne zdroje,
- biopalivá a vodík z obnoviteľných zdrojov."



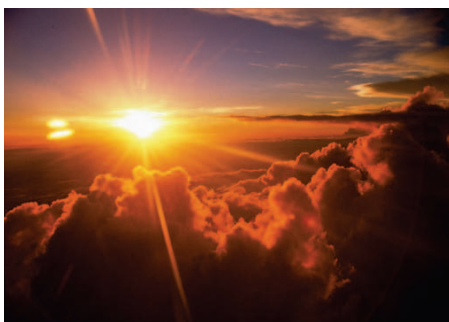
V dnešnej dobe sa už medzi obnoviteľné zdroje nezaradujú veľkú vodnú elektrárnu a to hlavne z environmentálnych a trvalo-udržateľných dôvodov.

Slnko ako centrálna hviezda slnečnej sústavy predstavuje zdroj energie, bez ktorého by nebol možný život na Zemi. Na Zem dopadá elektromagnetické žiarenie zo Slnka, čo je vlastne prenos energie v podobe elektromagnetického vlnenia. Množstvo dopadajúcej slnečnej energie na Zem je približne 14 000-krát väčšie ako celá energia spotrebúvaná ľudstvom v súčasnosti. Slnečná energia a z nej pochádzajúce obnoviteľné zdroje energie – veterná, vodná a biomasu môžu byť využité na výrobu všetkých foriem energie, ktoré dnes ľudstvo využíva.



Slnéčné žiarenie sa po dopade na zemský povrch premieňa na iné formy energie:

- tepelnú energiu - ohrievanie zemského povrchu - pôda, voda, vzduch
- mechanickú energiu - vzdušné prúdy
- chemickú energiu - fotosyntéza - viazanie energie prostredníctvom fotosyntézy v rastlinách a iných organizmoch



Energia vetra je formou slnečnej energie, ktorá vzniká pri nerovnomernom ohrievaní zemského povrchu v dôsledku rozdielov tlaku zohrievaných oblastí vzduchu v zemskej atmosfére. Vietor, keďže je prítomný všade, bol človekom využívaný od nepamäti. Vietor môže byť

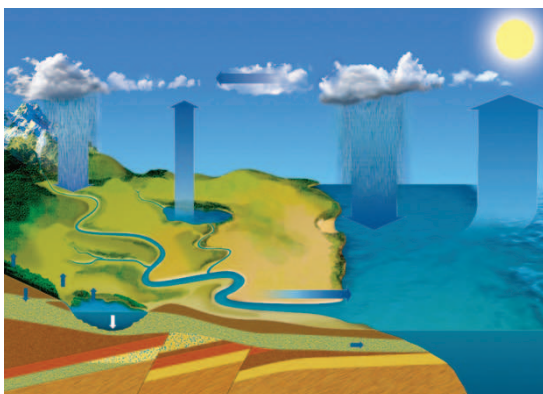
premenený na využiteľnú energiu bez akýchkoľvek strát. O takomto niečom museli vedieť aj naši predkovia. Stačí si predstaviť tisíce veterných mlynov, ktoré boli využívané v poľnohospodárstve po minulé storočia. Alebo si predstaviť moreplavectvo bez vetra. Bolo by ľudstvo objavilo Ameriku bez moreplavectva? Veterná energia môže byť chápaná aj ako "dar prírody, ktorý chce byť využitý." Navyše táto energia je prístupná aj dnes, pretože jej využívanie neprodukuje žiadne odpady, neznečisťuje ovzdušie a nemá negatívny vplyv na zdravie ľudí. Vietor ako primárny zdroj energie je zadarmo a je ho možné využiť decentralizovane takmer v každej časti sveta.





Vodná energia má tiež svoj pôvod v energii dopadajúcej na Zem zo Slnka. Každý pozná kolobeh vody (viď obrázok), t.j. termín označujúci stály obeh vody na Zemi, poháňaný slnečným žiarením a gravitačnými silami Zeme. Slnečná energia spôsobuje vyparovanie vody z

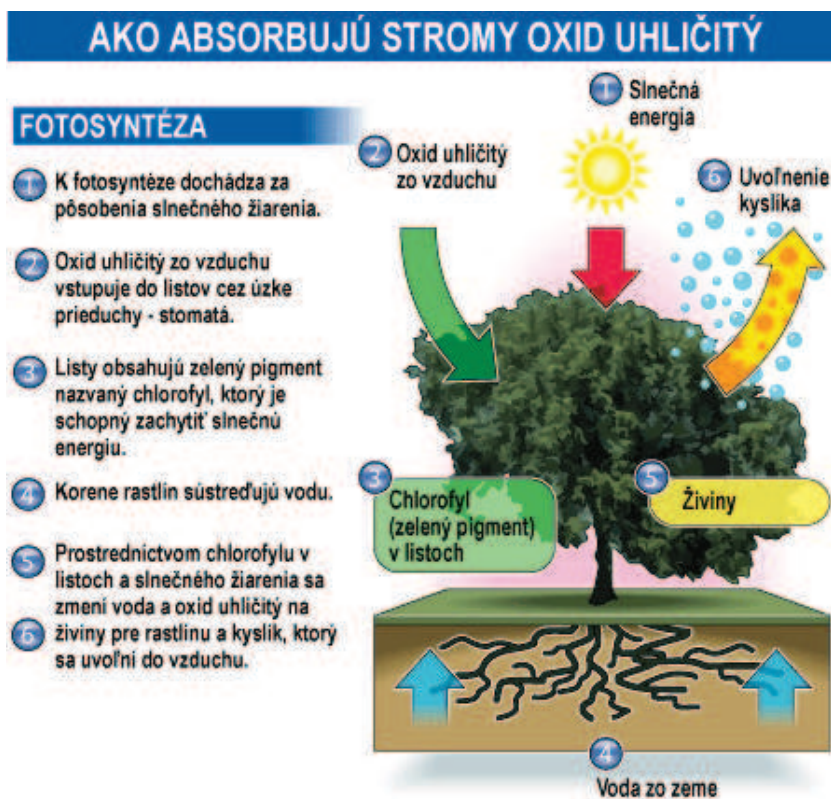
oceánov, morí, jazier a vodných tokov. Vodné pary sa presúvajú nad zemským povrchom a ich ochladzovanie vedie ku kondenzácii a zrážkam. Tie zaisťujú vytváranie potenciálnej energie vysoko položených zdrojov vody, ktorá sa mení na kinetickú energiu pohybom v riekach. Kinetická a potenciálna energia vody sa bežne využíva na výrobu elektrickej energie vo vodných elektrárňach. Technológia využívania vodnej energie je najrozvinutejšou medzi obnoviteľnými zdrojmi.



Energia biomasy má svoj prapôvod v slnečnom žiarení a fotosyntéze, preto ide o obnoviteľný zdroj energie. Fotosyntéza (viď schéma na str.12) je základný proces tvorby organických látok (uhlíkovodíkov- stavebné články biomasy), pri ktorom sa fixuje oxid uhličitý za pomoci slnečnej energie.



Väčšina z nás pozná fotosyntézu ako sumárnu rovnicu:



Slnečná energia, ktorá je hybnou silou fotosyntézy je v skutočnosti uskladnená v chemických väzbách tohto organického materiálu. Pri spaľovaní biomasy opätovne získavame energiu uvoľnenú v chemických väzbách.



Jedine **geotermálna energia** nemá pôvod v slnečnom žiarení, nakoľko má pôvod v horúcom jadre Zeme. Slovo „geotermálna“ pochádza z gréčtiny. „Geos“ znamená „zem“ a „thermal“ znamená „teplo“. Pod „geotermálnou energiou“ teda rozumieme teplo

(termálnu energiu), ktorá sa nachádza vo vnútri našej planéty a pomaly preniká na povrch.

Navonok sa prejavuje:

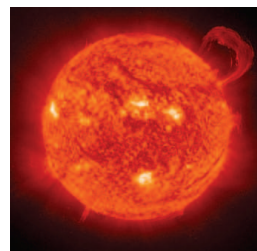
- a) mechanicky (zemetrasenia, vrásnenia horských masívov),
- b) alebo tepelne (sopky, gejzíry a horúce pramene).



Geotermálna energia nie je v pravom slova zmysle obnoviteľným zdrojom energie. Vzhľadom na obrovské, takmer nevyčerpatelné zásoby tejto energie, však býva medzi tieto zdroje zaraďované.

Slnčná energia

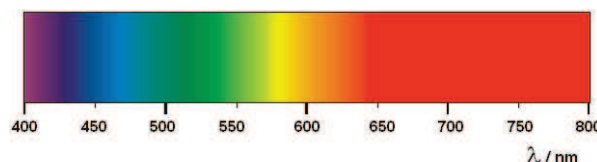
Ako slnečnú energiu označujeme energiu, ktorá dopadá na Zem vo forme slnečného žiarenia. Slnko je obnoviteľný a prakticky nevyčerpatelný zdroj energie. Je v porovnaní so Zemou veľmi veľké. Jeho priemer je 1 392 000 km, teda 109 priemerov Zeme. Hmotnosť Slnka je taktiež obrovská a predstavuje $1,99 \cdot 10^{30}$ kg. To je 99,9 percent hmotnosti celej slnečnej sústavy. Priemerná hustota je asi 25 percent priemernej hustoty Zeme, ale v jadre Slnka je hustota 15krát väčšia než je hustota vody. Gravitácia na povrchu Slnka je 28krát väčšia než zemská gravitácia. Žiarivý výkon je pre ľudské pomery nepredstaviteľný – $3,85 \cdot 10^{26}$ W čo je 385 triliónov megawattov.



Slnčná energia vzniká na základe jadrových procesov pri syntéze jadier vodíka na jadrá hélia za vysokých teplôt a tlakov v jadre Slnka. Slnko je vlastne vodíková guľa s centrálnym jadrovým reaktorom pracujúcim na princípe syntézy pri nesmiernych tlakoch daných veľkou hmotnosťou Slnka a pri teplotách asi 15 miliónov stupňov pri danej hustote.

Slnčné žiarenie

Slnko produkuje neustále obrovské množstvo energie, približne $1,1 \cdot 10^{20}$ kWh každú sekundu. Táto energia je na Zem „dopravovaná“ vo forme elektromagnetického žiarenia. Slnko ho vyžaruje v širokom rozsahu vlnových dĺžok. Pre nás je najvýznamnejšia oblasť žiarenia v rozsahu približne 400 až 650 nm (pozri obrázok); žiarenie týchto vlnových dĺžok je totiž pre naše oči



viditeľné. V tejto oblasti taktiež na Zem dopadá najväčšie množstvo energie (asi

tri štvrtiny). Energeticky významné je ešte takzvané blízke infračervené žiarenie v oblasti od 650 nm do približne 2000 nm. Naproti tomu je väčšina ultrafialového žiarenia (hlavne oblasť pod 280 nm) pohltaná ozónom v stratosfére a na povrch zeme sa nedostane. Podobne je atmosférou zadržované dlhovlnné infračervené žiarenie (nad 3000 nm).

Na hranici zemskej atmosféry je priemerná hustota energie dopadajúceho žiarenia 1370 W/m^2 . Tento údaj zvykneme označovať ako „slniečna konštanta“. Slniečna konštanta určuje maximálne



množstvo slnečnej energie (1360 W/m^2), ktoré môže dopadnúť do stratosféry. Z toho vyplýva, že nie je možné získať viac slnečnej energie na štvorcový meter ako 1360 W . Z toho atmosférou na zemský povrch prenikne pri najpriaznivejších podmienkach približne 1000 W/m^2 .

Dostupnosť slnečnej energie

Slniečna energia je na Zemi dostupná všade, existujú však značné rozdiely medzi jednotlivými lokalitami. Koľko energie je možné zo slnečného žiarenia získať, závisí na nasledujúcich faktoroch.

Zemepisná šírka – najväčšie množstvo žiarenia dopadá na Zem v oblastiach okolo rovníka, najmenej pri pólach.

Ročné obdobie – množstvo slnečného žiarenia sa taktiež mení v priebehu roka. V našich podmienkach najviac slnečnej energie získame v letných mesiacoch kedy je intenzita najvyššia (júl), minimum na prelome decembra a januára, kedy je deň kratší a slnko je na oblohe nízko, čo spolu s častejším výskytom oblačnosti výrazne obmedzuje množstvo dopadajúceho slnečného žiarenia.

Miestna klíma, oblačnosť – pri prechode žiarenia zemskou atmosférou je časť žiarenia odrazená a časť pohltaná. Zásadný vplyv majú v tomto ohľade mraky – za jasnej oblohy dopadá na povrch Zeme približne 75 % žiarenia, pri zatiahnutej

oblohe je to pod 15%. Taktiež znečistenie atmosféry a niektoré lokálne vplyvy, ako je napr. výskyt prízemnej hmly, ovplyvňujú množstvo energie, ktoré je možné zo slnečného žiarenia získať.

Sklon a orientácia plochy, na ktorú slnečné žiarenie dopadá – je zrejmé že maximálny výkon zo slnečného žiarenia získame na ploche, ktorá je kolmá k dopadajúcim lúčom. Optimálne je preto natáčať zariadenia za slnkom tak aby lúče dopadali stále kolmo. V praxi sa to robí skôr výnimočne. Spravidla sa v našich podmienkach solárne kolektory alebo fotovoltaické články umiestňujú so sklonom 45° , čo zaručuje dobrý celoročný zisk. Ak chceme zvýšiť zisk v zimnom období, je možné zvýšiť sklon na 60° a pre zvýšenie zisku v letnom období môžeme použiť sklon okolo 30° . Optimálna orientácia pre kolektory je juh pričom malé odchýlky na západ alebo východ nemajú veľkú váhu.

Využívanie slnečnej energie

Využívanie energie slnka prispieva k trvalo udržateľnému spôsobu života a nezaťažuje budúce generácie. Samotné využívanie energie slnka nemá nijaké negatívne environmentálne dopady počas celej doby životnosti, ktorá sa v našich podmienkach pohybuje okolo 20 až 30 rokov. Podľa toho, v akej forme bude slnečná energia využitá, pomocou akých technických prostriedkov, hovoríme o jej pasívnom alebo aktívnom využití.



Pasívne využitie

Pasívna slnečná architektúra (dizajn) je v súčasnosti využívaná v budovách pomocou existujúcich technológií a materiálov s cieľom zohrievať (resp. chladiť)

a osvetľovať priestory budov. Takáto architektúra v sebe zahŕňa integrovanie tradičných stavebných elementov ako je kvalitná izolácia alebo energeticky účinné okná a umiestnenie budovy resp. rozmiestenie vnútorných priestorov budov tak, aby bol



dosiahnutý maximálny energetický účinok. Dnešná solárna architektúra využíva konštrukciu budovy ako kolektor, akumulátor a zariadenie na transport tepelného žiarenia. Takáto definícia vyhovuje väčšine systémov, kde je slnečné tepelné žiarenie absorbované v stenách alebo podlahách budov. K pasívnemu



využitíu slnečnej energie a úsporám energie taktiež prispievajú aj zimné záhrady alebo presklené balkóny, tie si však často vyžadujú dodatočné náklady. Ďalšou z možností ako pasívne využívať slnečnú energiu je tzv. eko-architektúra domov s obytným podkrovím so strešnými oknami.

Aktívne využitie

Aktívne solárne systémy sa odlišujú od pasívnych tým, že k využívaniu energie slnečného žiarenia nedochádza priamo, ale prostredníctvom buď fotovoltických článkov premieňajúcich slnečné žiarenie na elektrinu, alebo slnečných kolektorov, ktoré pohlcujú slnečné žiarenie a premieňajú ho na tepelnú energiu, ktorá sa z nich prostredníctvom solárneho systému odčerpáva a skladuje v zásobníku alebo sa priamo využíva. Je potrebné si uvedomiť, že slnečné kolektory sú len jednou z častí solárnych systémov.

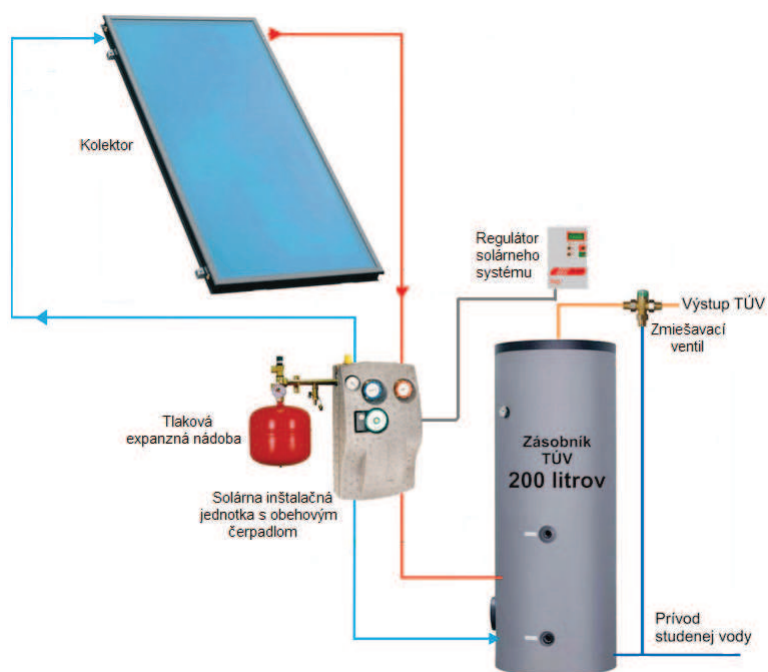
Tepelné solárne systémy

Získať zo slnečného žiarenia teplo nie je v dnešnej dobe žiadny problém, postačí nám k tomu akýkoľvek matný čierny povrch. Základným problémom všetkých tepelných systémov je však to, ako zabrániť tepelným stratám a ako vzniknuté teplo odvieť a uložiť pre neskoršiu potrebu. Dá sa povedať, že práve

tým sa zaoberala väčšina výskumu a vývoja v oblasti solárnej energie. Problém zníženia tepelných strát a zaistenia akumulácie sa rozhodujúcim spôsobom podieľa na cene solárnych systémov.

Každý solárny systém obsahuje v zásade tieto hlavné časti (pozri schému nižšie):

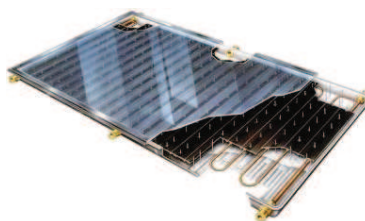
- **Kolektor**, ktorý (ako názov napovedá) slnečné žiarenie „zbiera“ a mení ho na teplo.
- **Zásobník**, v ktorom je teplo uložené pre neskoršiu potrebu.
- **Transportný systém**, ktorý teplo odvádza z kolektoru do zásobníka alebo priamo na potrebné miesto (rozvody, čerpadlá, ventily...).
- **Regulačné zariadenie**, ktoré zaisťuje, aby teplo prechádzalo z kolektoru do zásobníka a nie naopak.
- **Záložný zdroj tepla**, ktorý pokryje spotrebu v dobe bez slnečného svitu.



Tepelné solárne systémy sa najčastejšie využívajú na tieto účely:

- Systémy pre ohrev teplej vody,
- Systémy pre ohrev bazénov,
- Systémy pre vykurovanie,
- Systémy pre chladenie a klimatizáciu.

Základným stavebným prvkom **solárneho kolektora** je **absorbér**. Je to obvykle plochá doska s neodrážavým (tmavým) povrchom, na ktorom sú uchytené trubice na odvod ohriateho teplotného média. Z hľadiska teplotného média delíme kolektory na kvapalinové a vzduchové, resp. kombinované. Slnéčné absorbéry



premieňajú zachytené slnečné žiarenie na tepelnú energiu, ktorá je odvádzaná pomocou teplotného média prúdiaceho trubicami absorbéra do miesta okamžitej spotreby alebo je akumulovaná v zásobníku. Kolektory delíme podľa tvaru na ploché a trubicové (majú absorbér zatavený vo vákuovej trubici). Vákuum znižuje tepelné straty a zvyšuje účinnosť, taktiež sa používa pri plochých kolektoroch. Pri koncentrujúcich kolektoroch koncentruje žiarenie čelná alebo odrazová plocha na menšiu absorpčnú plochu. Dosiahne sa tak vyšších teplôt a vyššej účinnosti.

Solárny zásobník slúži na akumuláciu tepla a prípravu TUV (teplej úžitkovej vody). Je to vlastne zásobník naplnený vodou, ktorá je ohrievaná solárnymi kolektormi. Pretože v našich klimatických podmienkach je nutné pre celoročnú prevádzku používať nemrznúcu zmes ako teplotné médium, musí byť na odovzdanie tepla do zásobníka použitý **výmenník tepla**. **Potrubné rozvody** by mali byť čo najkratšie s kvalitnou tepelnou izoláciou, navrhnuté



na odpovedajúci požadovaný prietok, teplotu a tlak teplotnosnej kvapaliny v solárnom okruhu. **Obehové čerpadlo** zabezpečuje cirkuláciu teplotnosného média. Vyrovnávanie tlakov vplyvom značného kolísania teplôt zabezpečuje **tlaková expanzná nádoba**. **Automatická regulácia** zabezpečuje optimálny výkon systému, chráni ho pred poškodením a umožňuje potrebnú reguláciu tepla medzi spotrebičmi.

Fotovoltaika – výroba elektrickej energie zo slnka

Fotovoltaika je súbor technológií, ktoré s využitím polovodičových materiálov premieňajú slnečné svetlo (fotóny) na elektrinu. Proces energetickej premeny je **priamy** (bez medzistupňov) a neuvolňujú sa pri ňom **žiadne emisie skleníkových plynov alebo častíc**. Proces premeny svetla na elektrinu tzv. **fotovoltický jav** objavil Alexander Bequerel v roku 1839. Tento jav sa využíva v tzv. **slnečných** (fotovoltických) **čláňkoch** (FV články).

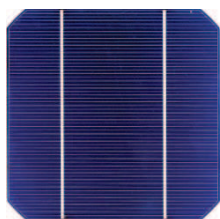
Účinnosť premeny slnečnej energie na elektrickú pri súčasných moduloch je od 4 – 11 % (tenké filmy) až po 13 – 18 % (kryštalický kremík). Na rozdiel od konvenčných energetických zariadení, efektívnosť výroby slnečnej elektriny nezávisí od veľkosti systému, ten možno škálovať od mikrosystémov až po rozsiahle elektrárne.

Veľkosť FV systému sa vyjadruje wattmi špičkového zaťaženia (watt-peak, Wp) a charakterizuje nominálny energetický výkon (peak power) konkrétnej plochy FV modulov (m^2) v štandardných testovacích podmienkach.

Fotovoltaika sa vyznačuje **vysokou spoľahlivosťou**. Výrobcovia modulov garantujú ich životnosť 20 rokov, ale na základe skúseností z prevádzky najstarších modulov sa predpokladá, že dosiahne 25 – 30 rokov.

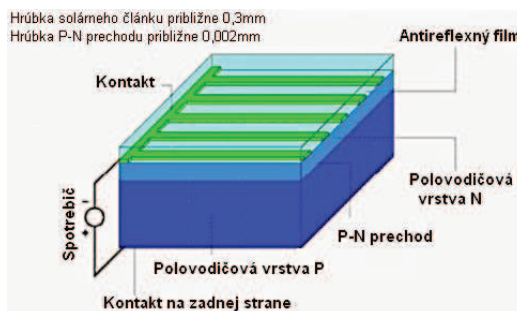
Fotovoltický článok

Solárny fotovoltaický článok je vlastne veľkoplošná polovodičová fotodióda. Je vytvorená tak, že v tenkom plátku kremíka je v malej hĺbke pod povrchom



vytvorený P-N prechod zaobstaraný z oboch strán vhodnými kovovými kontaktmi. Keď na neho dopadá slnečné žiarenie generujú sa voľné elektróny a diery. Elektrické pole P-N prechodu ich oddelí, a pošle na opačné strany; elektróny do vrstvy typu N, ktorá sa tak stane záporným pólom fotovoltaického článku a diery do

vrstvy typu P, ktorá tvorí kladný pól. Vďaka tomu vznikne na kontaktoch elektrické napätie a do pripojenej záťaže (spotrebiča) začne tiecť jednosmerný elektrický prúd. Najpoužívanejším materiálom pre fotovoltaické



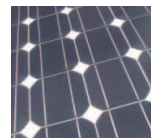
články je **kremík Si**. Kremík je pevná kryštalická látka so štruktúrou podobnou štruktúre diamantu. Na rozdiel od diamantu absorbuje časť slnečného žiarenia a má vlastnosti polovodiča, tzn. zahriatím alebo osvetlením dochádza k prudkému zvýšeniu jeho vodivosti. Hoci je kremík najrozšírenejší prvok na Zemi, jeho spracovanie do formy polovodiča je technologicky náročné.

Existujú **tri základné druhy solárnych článkov**, ktoré sa odlišujú v type kryštálu, ktorý je v nich použitý:

- monokryštalický,
- polykryštalický,
- amorfný.

Fotovoltický panel

Z fotovoltických článkov sa skladajú fotovoltické panely. Každý fotovoltický panel sa obyčajne skladá z 33 až 36 fotovoltických článkov, ktoré sú zapúzdrované do sústavy vrstiev uzatvorených sklom s malým obsahom železa. Mechanickú pevnosť panelov zvyšuje rám, väčšinou z hliníka alebo korozivzdornej ocele, ktorý zároveň tvorí konštrukčný diel pri inštalácii na steny budov, strechy a pod.



Fotovoltický systém

Pre využitie elektrickej energie zo solárnych panelov je potreba pripojiť k panelu okrem elektrických spotrebičov ďalšie technické prvky. Ktoré ďalšie komponenty musí určitý solárny systém obsahovať závisí na tom, k akému účelu ma slúžiť. Sem sa zaraďujú všetky zariadenia, ktoré sú k prevádzke systému potrebné ako napr.:

akumulátorové batérie, regulátor nabíjania, napäťový menič, indikačné, zobrazovacie, komunikačné a meracie prístroje, prípadne automatické sledovače Slnka. Množstvo a skladba jednotlivých prvkov fotovoltického systému závisí na druhu aplikácie a na konkrétnom riešení fotovoltického systému.

Vo všeobecnosti fotovoltické systémy delíme na:

- **systémy pripojené k rozvodnej sieti (grid-connected)** - používajú sa najmä v krajinách s plne rozvinutou elektrickou rozvodnou sieťou. Sú priamo prepojené na miestnu elektrickú sieť, čo im umožňuje podľa vyrobenú elektrinu dodávať do siete alebo v prípade potreby ju z nej odoberať. Tieto systémy obsahujú menič napätia, pretože vyrobený jednosmerný elektrický prúd sa mení na striedavý prúd so sieťovým napätím 230 V/50 Hz . Pripojenie k sieti podlieha schvaľovaciemu riadeniu pri rozvodných závodoch, pričom je nutné dodržať dané technické parametre,

- **systémy nezávislé na rozvodnej sieti (off-grid), tzv. ostrovné systémy** - sú inštalované na miestach, kde nie je účelné budovať elektrickú prípojku (náklady na vybudovanie a prevoz prípojky sú väčšie ako náklady na fotovoltický systém). Súčasťou väčšiny z nich je batérie na uskladnenie energie pre použitie keď nesvieti slnko a kontrolný mechanizmus, chrániaci pred nadmerným nabíjaním a vybitím batérie, prípadne tiež menič napätia.



Netradičné možnosti využitia fotovoltiky

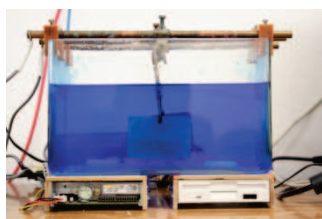
Pre mnoho aplikácií sú FV články výhodnou alternatívou ku klasickým palivám, alebo všade tam, kde je problém s dodávkou elektrickej energie zo siete. Využitie vo svete je veľmi pestré.

V poslednom čase sa začali malé FV články používať na prevádzku verejných telefónnych automatov, na osvetlenie autobusových zastávok, diaľničných odpočívadiel, dopravných značiek, parkovacích automatov, ako aj všade tam, kde nie je elektrická energia bežne dostupná. Keďže sa osvetlenie využíva hlavne v noci je potrebné zabezpečiť akumuláciu energie vyrobenej počas dňa pomocou batérií špeciálne na to určených. Také isté požiadavky platia aj pre výstražné zariadenia s tým rozdielom, že je nutné zabezpečiť aj napájanie z verejnej siete v prípade nepriaznivého počasia.

V poslednej dobe sa fotovoltika taktiež využíva pri elektrochemických procesoch. Uplatňuje sa hlavne pri povrchových úpravách (galvanické pokovovanie), ale aj pri výrobe niektorých plynov. Elektrolýzou vody môžeme získať jednoduchým spôsobom veľmi čistý **vodík**. Je to proces, kedy je voda pomocou dodanej elektrickej energie štiepená na vodík a kyslík. Aby bola však tak táto výroba ekonomicky výhodná, je potrebné mať dostatočne lacný zdroj elektrickej energie. Takýmto zdrojom môže byť elektrina získaná z FV panelov.

Výroba elektrolytického vodíka je zvlášť výhodná pre malých odberateľov, ktorý ocenia jednoduchú obsluhu a pružnosť výroby. Ďalším využitím fotovoltiky je jej použitie ako zdroja jednosmerného elektrického prúdu pri chemickej elektrolyze soľanky s následným vznikom plynného **chlóru** na dezinfekciu pitnej, úžitkovej alebo bazénovej vody.

Využitie fotovoltických systémov pri **galvanickom pokovovaní** (napr.



elektrolytické medenie, niklovanie a pod. vodivých predmetov) je jedna z technológií, ktorá by mohla mať v budúcnosti veľké uplatnenie v strojárskom priemysle a to hlavne pre možnosť zisku „lacnej“ elektrickej energie. Ďalšou výhodou takéhoto spôsobu zisku

elektrickej energie je zníženie nepriaznivého dopadu na životné prostredie. Galvanické pokovovanie je jednou z technológií povrchových úprav, ktoré sa vykonáva z rôznych dôvodov či potrieb, väčšinou ako ochrana proti korózii. Ďalšie požiadavky sú kladené na funkčné vlastnosti ako tvrdosť, oteruvzdornosť, dlhodobá využiteľnosť či životnosť, predovšetkým v strojárskych technológiách.

Výhody a nevýhody fotovoltiky a solárnych panelov

Výhody:

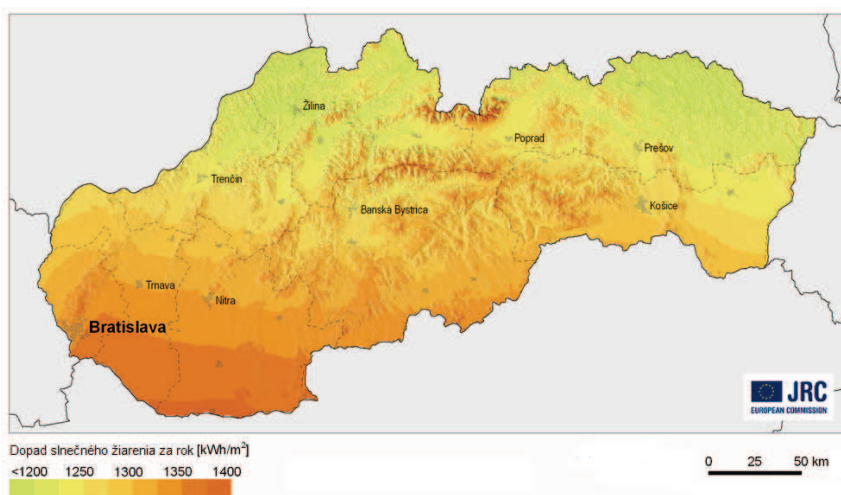
- všadeprítomný potenciál,
- minimálne vplyvy na ŽP,
- nízke prevádzkové náklady,
- dlhá životnosť aj bez údržby,
- pracujú bezpečne a ticho,
- panely sa dajú jednoducho pridávať, a tak zväčšovať výkon celého zariadenia. Majiteľ takéhoto zariadenia môže zväčšovať jeho výkon, v závislosti na narastajúcej spotrebe energie,
- panely sú prenosné podobne ako ostatné súčasti solárnych zariadení, a tak je ich možné bez problémov inštalovať na akomkoľvek mieste.

Nevýhody:

- výkon podmienený sezónnou a dennou variabilitou klímy a zmenou počasia,
- vysoké prvotné investičné náklady.

Využitie slnečnej energie na Slovensku

V našich klimatických podmienkach je potenciál slnečnej energie obrovský (pozri obrázok). Podľa vládnej Koncepcie využívania obnoviteľných zdrojov energie z roku 2004 je množstvo dopadajúcej slnečnej energie na územie SR 200-krát väčšie ako súčasná spotreba zo všetkých primárnych zdrojov energie v krajine.



V súčasnosti sa solárna energia na Slovensku využíva len veľmi málo. Jediné aktívne solárne systémy sú solárne kolektory. Využívanie fotočlánkov je momentálne obmedzené v dôsledku ich vysokej ceny, ale aj kvôli pokrytiu SR hustou sieťou elektrickej energie. Využívanie solárnej energie pasívnymi systémami je prakticky nulové. Predpokladá sa, že v blízkej budúcnosti dôjde k orientácii na aktívne solárne termálne systémy.

Podľa kvalifikovaných odhadov bolo v roku 2005 na Slovensku nainštalovaných celkom 55 až 60 tisíc m² kolektorovej plochy. Predpokladá sa, že inštalácia slnečných kolektorov v nasledujúcich rokoch bude dosahovať viac ako 5 000 m²/rok.

V prípade výroby elektriny, skúsenosti viacerých krajín ukazujú, že fotovoltika sa stala štandardnou technológiou s nesmiernou perspektívou ďalšieho rastu. Fotovoltika teda aj na Slovensku bude predstavovať najdynamickejšie sa rozvíjajúcu technológiu a je možné očakávať ešte pred rokom 2020 významný nárast jej inštalácií.

Solárne laboratórium

Od 30. marca 2007 spustilo svoju činnosť Technicko-poradenské laboratórium pre využitie a následnú propagáciu slnečnej



energie na Materiálovotechnologickej fakulte STU v Trnave, Ústave bezpečnostného a environmentálneho inžinierstva (ÚBEI), ktoré vzniklo v rámci programu iniciatívy spoločenstva INTERREG IIIA AT-SR.



Úlohou Technicko–poradenského laboratória pre využitie a následnú propagáciu slnečnej energie je:

- iniciovať a sprostredkovať spoluprácu medzi organizáciami na projektoch zameraných na výskum, vývoj a výstavbu zariadení, ktoré využívajú solárnu energiu,
- spolupracovať s odbornými centrami na Slovensku aj v Rakúsku,
- poriadat' pravidelné odborné semináre a workshopy zamerané na túto oblasť,
- poskytovať poradenské služby pri tvorbe projektov na využitie solárnej energie - pomáhať pri implementácii týchto projektov.

Od začiatku činnosti laboratória, prebiehali v jeho priestoroch exkurzie pre školy a poradenská činnosť nielen pre verejnosť ale i pre rôzne firmy.

Tepelný solárny systém

Zostava inštalovaného tepelného systému na ÚBEI Trnava:

- 4 kusy vákuových kolektorov TS400V s celkovou plochou kolektorov 8m^2 , podstavová konštrukcia pre upevnenie panelov
- potrubný systém s izoláciou
- akumulačná nádrž teplej vody (SOLAR akumulčný bojler SISS/150L) s celkovým objemom 550 litrov (l) a objemom na ohrievanú vodu 150 l
- obehové čerpadlo pre primárny okruh s príslušenstvom (plniaci a uzatvárací ventil, spätná klapka, poistný ventil, tlakomer, teplomer, expanzná nádrž), teplotné médium voda + nemrznúca zmes
- obehové čerpadlo pre sekundárny okruh s ohriatou vodou, expanzná nádrž, a dva radiátory ako spotrebiče tepelnej energie
- riadiaca jednotka - datalogger DX4120.S s digitálnym výstupom veličín do počítača, softvérom pre vyhodnocovanie nameraných údajov



Slniečné žiarenie dopadajúce na **kolektory** pri absorbovaní ohrieva vodu v kolektore. Studená voda je tlačaná na ohrev do kolektorov, kde ju absorbované

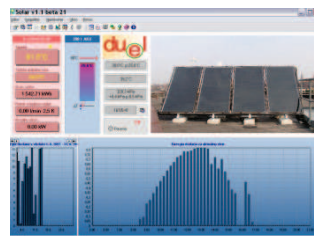


slniečné žiarenie ohrieva a putuje ďalej do **zásobnej nádrže s výmenníkom tepla**. Ohriata voda je následne používaná ako **teplá úžitková voda** na oplach laboratórneho skla, alebo sa využíva aj na ohrev vzduchu v miestnosti prostredníctvom 2 radiátorov.

„Mozgom“ celého systému je **riadiaca jednotka**, ktorá na základe podnetov zo snímačov riadi celú činnosť **čerpadla** a zabezpečuje tak efektívny ohrev vody v kolektoroch. Riadiaca jednotka je vybavená **datalogerom**, ktorý spracováva a posíla hodnoty do počítača cez univerzálny sériový port.

Tento solárny tepelný systém je volený tak, aby reprezentoval najlepšie a najefektívnejšie riešenie tepelného predohrevu vody v našich podmienkach, preto sú inštalované kolektory vákuové a sú nasmerované smerom na južnú stranu so sklonom 45° voči zemi pre optimálny zisk tepelnej energie počas celého roka.

Počítač s nainštalovaným programom Solar slúži na vyhodnocovanie a nastavovanie tepelného systému, program umožňuje kontinuálne meranie, zobrazovanie a zaznamenávanie nameraných hodnôt.

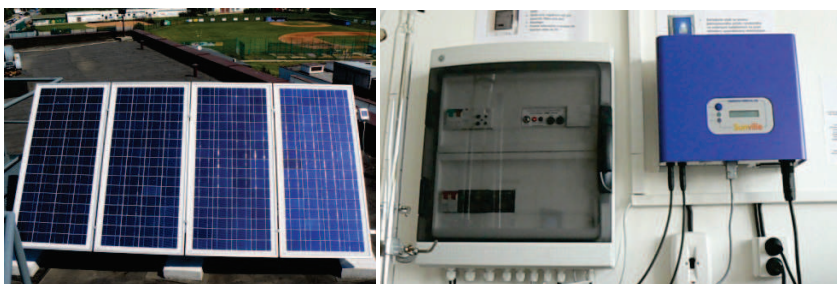


Fotovoltický systém

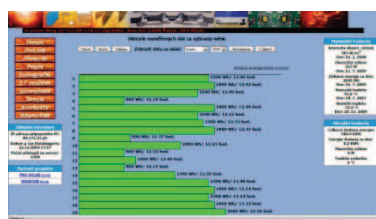
Fotovoltický systém pozostáva z:

- 4 fotovoltických panelov typu PM125, 1 fotovoltický panel typu SG170 s celkovým inštalovaným výkonom 670 W s účinnosťou 16%,
- fotovoltický panel typu SOLARTEC SG 72-170 / 24V s inštalovaným výkonom 170 W, napätím 24 V a účinnosťou 15-16%,

- meniča napätia Sunville 1500 W, ktorý premieňa jednosmerné napätie na striedavé sieťové napätie 230 V a 50 Hz,
- spínacích a istiacich prvkov pre jednosmerný okruh, prepäťovej ochrany, prúdového ističa, bleskoistky pre striedavý okruh, prúdového chrániča, merača súslednosti a vyváženosti fáz,
- dataloggera pre zber a vysielanie informácií do siete, odkiaľ je možné informácie prehliadať v bežnom internetovom prehliadači a následne ich spracovávať a vyhodnocovať.



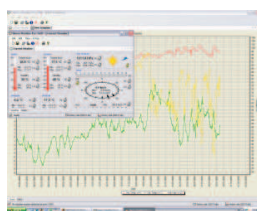
Srdcom fotovoltického systému sú **fotovoltické panely**, ktoré menia energiu dopadajúceho slnečného žiarenia na **jednosmerný elektrický prúd**. Tento jednosmerný prúd je potom privádzaný do **riadiacej a kontrolnej jednotky**, ktorá vyhodnocuje prúdové charakteristiky a na základe zhody alebo nezhody s nastavenými parametrami riadi činnosť celého systému. **Datalogger** posiela informácie na internet, a tie potom slúžia na vyhodnocovanie činnosti celého zariadenia. Vyrobený jednosmerný prúd s požadovanými hodnotami relevantných charakteristík sa potom premieňa na **prúd striedavý** v **meniči DC/AC**, z ktorého je striedavý prúd pripojený priamo do **rozvodu elektrického prúdu** čím znižuje našu spotrebu. Tento **sieťový systém** má neporovnateľnú výhodu oproti ostrovným systémom. Neobsahuje systémy na akumuláciu energie, ktoré



sú drahé a z hľadiska environmentálnych dopadov náročné na výrobu, údržbu a následnú likvidáciu.

Malá meteorologická stanica

Súčasťou technologického zariadenia Solárneho laboratória je aj meteorologická stanica pre sledovanie poveternostných podmienok. Tieto informácie slúžia na lepšie dodatočné sledovanie a hodnotenie solárnych systémov. Meteorologická



stanica zaznamenáva kontinuálne údaje o vonkajšej a vnútornej teplote, vlhkosti vzduchu, rosnom bode, atmosférickom tlaku, rýchlosti a smere vetra a množstve zrážok. Tieto hodnoty sú zaznamenávané v počítači a po vyhodnotení sú súčasťou experimentov.

Súčasťou meteorologickej stanice je i zariadenie na kontinuálne monitorovanie intenzity slnečného žiarenia pomocou snímaču globálneho žiarenia FLA 613 GS a meracej ústredne ALMEMO 5690-1M. Zariadenie umožňuje online prenos dát do PC a ich následné spracovanie pomocou softwaru AMR Control.

Bližšie informácie o Technicko-poradenskom laboratóriu pre propagáciu a následné využitie slnečnej energie nájdete na adrese:

<http://www.solarlab.mtf.stuba.sk/>



Veterná energia

Veterná energia má najdlhšiu tradíciu spomedzi všetkých obnoviteľných zdrojov energie.

Veterná energia môže byť premenená na:

- elektrickú (veterné turbíny),
- mechanickú (napr. veterné mlyny používané na čerpanie vody),
- tepelnú (najmä v kombinácii s tepelným čerpadlom).



Veterná energia je však nestály zdroj energie, ktorý závisí od:

- počasia,
- času v priebehu dňa,
- ročného obdobia.

Energia vetra

Pre hodnotenie energetickej využiteľnosti energie vetra treba v danej lokalite poznať početnosť dní (distribúciu) výskytu rýchlosti vetra, pretože energia vetra je priamo úmerná:

- ploche rotora,
- tretej mocniny rýchlosti vetra (v) a
- hustote vzduchu (ρ).



Dá sa vypočítať podľa nasledujúceho vzťahu:

$$E = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^3$$

Hustota vzduchu - ρ

Rotor turbíny sa krúti v dôsledku tlaku vzduchu na jeho listy. Hustota vzduchu je závislá na barometrickom tlaku a teplote. S nadmorskou výškou klesá (napr. pri nadmorskej výške 1600 m bude tlak vzduchu 82% tlaku vzduchu na morskej hladine).

Rýchlosť vetra - v

Rýchlosť vetra je najdôležitejším parametrom ovplyvňujúcim množstvo energie, ktoré je turbína schopná vyrobiť. Narastajúca intenzita vetra znamená vyššiu rýchlosť rotora a teda väčšiu produkciu energie.

Plocha rotora

Rotor (vrtuľa) veternej turbíny "zachytáva" energiu vzduchu, ktorá naň dopadá. Je zrejmé, že čím je plocha rotora väčšia, tým viac energie je schopný vyrobiť. Avšak zväčšovanie priemeru rotora nie je jednoduché, pretože narastajúci priemer vrtule má za následok väčší tlak na celý systém pri danej rýchlosti vetra. Aby mohla turbína tento tlak vydržať je potrebné použiť pevnejšie mechanické časti čo celý systém predražuje.

Drsnosť terénu

Zemský povrch (reliéf terénu) so svojou vegetáciou a budovami je dôležitým faktorom ovplyvňujúcim rýchlosť vetra. Množstvo prekážok v teréne sa často označuje ako jeho drsnosť. So zvyšujúcou sa výškou nad terénom sa drsnosť znižuje, čo znamená aj vyššiu rýchlosť vetra. Rýchlosť vetra je najviac spomaľovaná lesmi a veľkými mestami, kým na rovinách alebo vodných plochách prakticky nie je ovplyvňovaná. Budovy, lesy a iné prekážky nielen spomaľujú rýchlosť vetra, ale často vytvárajú aj jeho turbulencie, ktoré nepriaznivo vplývajú na chod turbíny.

Veterné elektrárne

Premieňajú energiu prúdenia vzduchu na elektrickú energiu. Sila vetra sa oprie o vhodne nastavené krídla rotora turbíny a roztáča ich. Točivá sila z rotora sa prenáša cez prevodovku, alebo priamo do



elektrického generátora, kde sa vyrába jednosmerný, resp. striedavý prúd.

Podľa polohy osi rotora poznáme dva základné typy veterných turbín:

- s horizontálnou osou - všetky väčšie zariadenia,
- s vertikálnou osou - niektoré typy menších zariadení.



Turbíny s horizontálnou osou môžu mať rotory aj s jedným, alebo s dvoma listami, ale v prevažnej väčšine majú trojlistové rotory.



Osobitnú skupinu tvoria veterné elektrárne inštalované v morských pobrežných vodách. Na mori dosahuje rýchlosť vetra vyššiu úroveň ako na súši. Na otvorenom mori sú vhodné podmienky pre výstavbu hlavne na miestach s plytčinami, ktoré nie sú veľmi vzdialené od pobrežia (10 - 20 km).

Veľké turbíny

Veľké turbíny s výkonom nad 50 kW dodávajú zvyčajne elektrinu do verejnej elektrickej siete. Veľká väčšina dnešných turbín má horizontálnu os, je vybavená tromi listami s priemerom 15-50 metrov. Tieto turbíny sú často stavané v skupinách a vytvárajú tzv. veterné parky (farmy). Výroba elektrickej energie megawattovými turbínami je obrovská. Bežná turbína s výkonom 1 MW dokáže pri priemernej rýchlosti vetra asi 9 m/s vyrobiť viac ako 5 milión kWh za rok.

Malé turbíny

Malé veterné turbíny sa vo svete využívajú väčšinou ako samostatné energetické zdroje. Používanie malých veterných turbín sa pre izolovaných

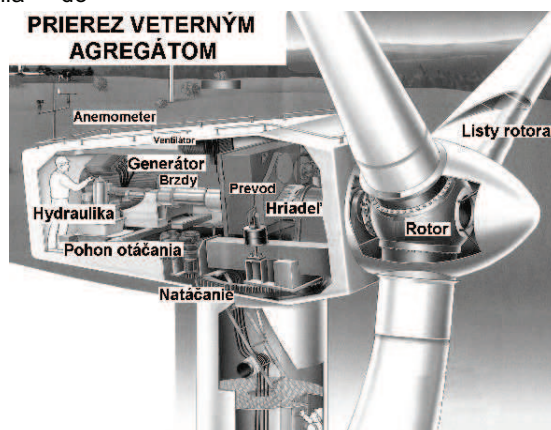


užívateľov ukázalo výhodnejšie ako používanie napr. naftových generátorov alebo predlžovanie elektrického vedenia. Výhodou je, že veterné systémy sú nielen relatívne malé, ale je ich možné rýchlejšie vybudovať.

Zariadenia veterných turbín

Moderné veterné turbíny sa zvyčajne skladajú z nasledujúcich komponentov:

- Listy rotora
- Rotor
- Prevody
- Generátor
- Stožiar a rám strojovne (gondola)
- Systém natáčania do smeru vetra
- Elektronika
- Regulačné zariadenie



Listy rotora sú časťou turbíny, ktoré zachytávajú energiu vetra. Listy sú vyrábané z laminátov, polyesterov alebo iných plastických materiálov. Priemer listov rotora sa pre veľké turbíny pohybuje od 25 do viac ako 50 metrov a každý list môže vážiť aj jednu tonu.

Rotor je časť veternej elektrárne, ktorá sa vo vetri roztáča a energia, ktorú takto "polapíme" sa potom prenáša cez hlavný prevod a ložiská na generátor el. prúdu. Existujú štyri typy veterných motorov: vrtuľa, lopatkové koleso, Darrieov motor, Savoniov rotor.

Využitie veternej energie

- dodávka elektrickej energie do siete,
- samostatné energetické zdroje (napájanie malých elektrospotrebičov – žiarovky, rádiá, televízory),
- čerpanie vody,
- napájanie telekomunikačných zariadení na odľahlých miestach;
- príprava teplej vody – veterné turbíny dodávajú jednosmerný prúd, ktorý využíva elektrická špirála umiestnená v zásobníku vody;
- hybridný systém - napr. kombinácia solárneho a veterného zariadenia, ktoré sa vhodne dopĺňajú v priebehu roka. V zime je totiž vyššia intenzita vetra ako v lete, kedy je možné využívať slnečnú energiu napríklad na ohrev vody solárnymi kolektormi.

Pozitívne vplyvy na životné prostredie

- bez emisií,
- bez žiarenia,
- bez odpadov,
- bez ťažby,
- bez nákladov na palivo,
- bez importu energetických zdrojov,
- podpora šetrenia neobnoviteľných energetických zdrojov,
- podpora energetickej nezávislosti (decentralizácia).



Ďalšie pozitívne vplyvy veternej energie:

- sociálne a ekonomické prínosy:
 - ❖ vytvorenie pracovných miest,
 - ❖ nezávislosť na dovoze paliva (sebestačnosť, bezpečnosť v zásobovaní),
- rozvoj miestnej infraštruktúry,

- čas potrebný na realizáciu stavby až do jej uvedenia do prevádzky je neporovnateľne kratší ako pri iných energetických zdrojoch.

Negatívne vplyvy na životné prostredie

Hluk

Mechanický hluk môže dosahovať pri veternej elektrárni 1MW hlučnosť okolo 100 decibelov (dB). Tento zvuk je však tlmený konštrukciou a teda pre občana ťažko počuteľný, keďže zvuk vzniká v strojovni. Z toho vyplýva, že hluk, ktorý elektrárňa vydáva je spôsobený prúdením vzduchu okolo listov rotora. Táto hlučnosť sa pohybuje okolo 40-50 dB.

Stroboskopický efekt

Pri nízko stojacom slnku a určitej polohe pozorovateľa voči veternej elektrárni možno vnímať tzv. stroboskopický efekt – nepríjemné kmitanie svetla a tieňa. Kmitajúci tieň sa dá odstrániť viacerými opatreniami:

- vhodné umiestnenie veterných elektrární,
- dodržanie bezpečných vzdialeností od obcí cez výsadbu stromov medzi turbínami a obydliami

Vplyv na vtáctvo

Veterné elektrárne môžu pôsobiť na vtáky priamo aj nepriamo:

K priamym vplyvom patria:

- kolízie vtákov s rotujúcimi vrtuľami alebo samotnými stožiarimi veterných elektrární,
- rušenie v čase realizácie stavby a samotnou prevádzkou veterných elektrární,
- zmena v ich správaní v blízkosti veterných turbín.

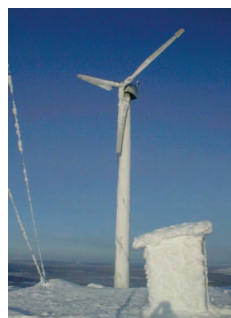
K nepriamym vplyvom patria:

- strata alebo poškodenie hniezdnych a potravných biotopov a ich fragmentácia,
- narušenie migračných trás alebo komunikačných koridorov (tzv. bariérový efekt).

Priame kolízie vtákov predstavujú najväčšie a aj u nás najviac diskutované riziko spojené s veternými elektrárnami. Úmrtnosť vtákov v Európe je približne 5,42 vtákov na jednu turbínu za rok.

Odhadzovanie ľadu (icing)

V horských lokalitách alebo severských oblastiach sa môže na listoch rotora v stave nečinnosti vytvoriť námraza. Po uvedení turbíny do prevádzky môže padajúci ľad z jej listov znamenať určité riziko pre osoby prechádzajúce okolo alebo pre údržbárov samotných turbín. Riziko padania námrazy sa eliminuje použitím špeciálneho tvaru a ohrevom turbín.



Vplyv na ráz krajiny

Absolútne posudzovanie estetického vplyvu veterných elektrární na krajinu je veľmi komplikované, pretože sa zakladá na subjektívnom vnímaní (vkuse) každého človeka, ktorý ich v krajine pozoruje. Časti ľudí sa veterné elektrárne nepáčia, časti naopak páčia a ďalšiu časť ľudí nechávajú ľahostajnými. Preto je potrebné vypracovať hodnotenie vplyvu na krajinný ráz, pri ktorom sa vytvoria pohľadové štúdie, vizualizácie. Tie umožnia posúdiť, ako bude veterná elektrárňa v krajine pôsobiť.

Využitie veternej energie na Slovensku

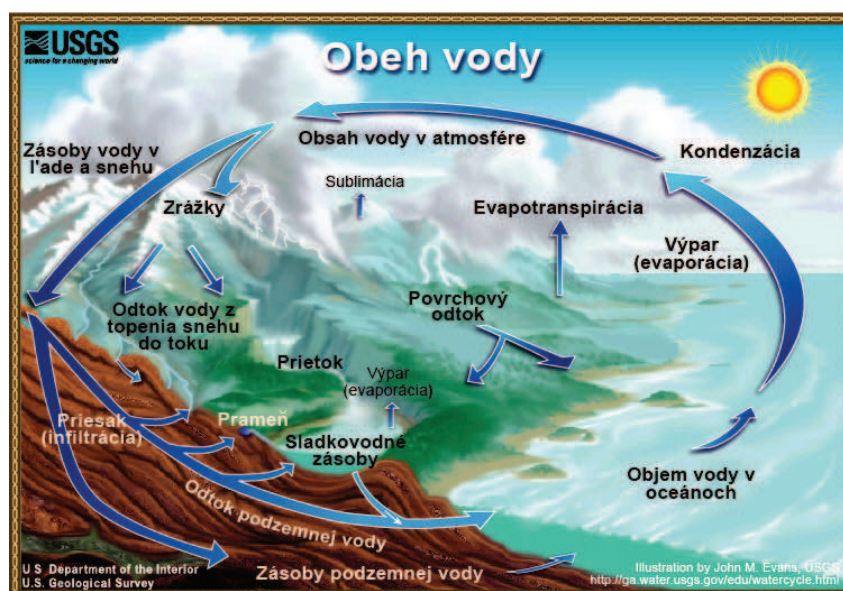
Dnes je na rozdiel od ostatných krajín Európskej únie Slovensko vo využívaní veternej energie úplne na začiatku. V súčasnosti sa u nás prevádzkuje iba 5

veterných elektrární (4 v obci Cerová na obrázku s výkonom 4 x 660 kW a 1 pri meste Myjava, lokalita Ostrý Vrch s výkonom 500 kW). Aj z toho vyplýva, že naše skúsenosti s veternou energiou sú pomerne malé. Jednoducho u nás chýba štandardný „európsky“ projekt s najmodernejšou technológiou, ktorý by mohol slúžiť ako príklad vhodného využitia veternej energie.



Vodná energia

Vodná energia je klasický príklad obnoviteľného zdroja energie a jeho využívanie často prináša aj ďalšie pozitívne vplyvy na životné prostredie a na krajinu. Voda v prírode je nositeľom energie **mechanickej, chemickej a tepelnej**. Mechanická energia vôd v prírode zahŕňa aj kinetickú energiu vodných tokov. Pohyb povrchových vôd tokov je článkom v reťazci veľkého kolobehu vody na zemi. Zdrojom tohto kolobehu je slnečná energia, preto vodná energia tokov patrí k stále obnovujúcim sa energetickým zdrojom. Pôsobením tepla sa voda vyparuje, a to z hladín oceánov a morí, ako aj z vôd na pevnine.



V podobe pár ju unášajú vzdušné prúdy, kondenzuje a vo forme zrážok opäť padá na hladinu morí a na pevninu. Časť oteká do morí alebo povrchovými tokmi, alebo ako spodná voda. Časť sa znova vyparí alebo doplna zásoby podzemných vôd. Rozlišujeme dva druhy tohto obehu: **malý obeh**, ktorý prebieha len nad plochami morí a **veľký obeh**, pri ktorom dochádza k výmene vody medzi morom a pevninou. Malá časť vody pritom vykoná samostatný obeh nad bezodtokovými oblasťami.

Množstvo energie obsiahnutej v zemskom vodnom cykle je obrovské, avšak jej využitie je zložité. Napriek tomu, že existuje viacero spôsobov ako využívať energiu vody, najrozšírenejšia je **výroba elektriny vo vodných elektrárnach**. Výhodou tejto výroby je, že je to obnoviteľný energetický zdroj nespôsobujúci emisie škodlivín do ovzdušia a navyše je možné ho využiť na okamžité pokrytie spotreby t.j. v čase kedy to je potrebné. Nevýhodou sú však vysoké investičné náklady na výstavbu a tiež aj negatívne dopady na okolité životné prostredie, hlavne v prípade veľkých vodných diel. Z tohto pohľadu sa za environmentálne prijateľné zdroje pokladajú vodné elektrárne s menším inštalovaným výkonom, tzv. malé vodné elektrárne (MVE).

Potenciál vodnej energie u nás a vo svete

Potenciál vodnej energie na ktoromkoľvek mieste je daný dvoma veličinami: **množstvom vody (prietok)** pretekajúcim za jednotku času a **vertikálnou výškou spádu vody**. Spád môže byť prirodzený v dôsledku sklonu terénu alebo môže byť umelo vytvorený napr. priehradou. Výška spádu na rozdiel od prietoku vody je nemenná. Prietok sa mení v dôsledku premenlivej intenzity, rozloženia a trvania zrážok. Obe uvedené veličiny (t.j. prietok a výška spádu) zohrávajú najdôležitejšiu úlohu pri stanovení hydroenergetického potenciálu danej lokality. Pre výpočet teoretického hydropotenciálu potom platí nasledujúci vzorec:

$$P = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H$$

Pričom:

- ρ je hustota vody (konšt. $1\,000\text{ kg/m}^3$)
- g je gravitačná konštanta = $9,81\text{ m/s}^2$
- Q je prietok (m^3/s)
- H je výška spádu (m)

Vodná energia v roku 2006 mala inštalovaný výkon na svete 843 GW z čoho 770 GW predstavujú veľké vodné elektrárne a 73 GW malé vodné elektrárne. Veľké vodné elektrárne predstavujú 15% výroby svetovej elektriny. Technicky využiteľný hydroenergetický potenciál Slovenska predstavuje 7361 GWh/rok energie a v súčasnej dobe sa využíva v 243 vodných elektrárňach na 57,5 %. Zostáva využiť potenciál, v hodnote 2500 GWh/rok. Na Slovensku bolo v malých vodných elektrárňach v roku 2005 vyrobených 250 GWh elektrickej energie. Kumulovaný inštalovaný výkon v roku 2006 predstavoval na Slovensku 63 MW. Podľa oficiálnych štúdií a strategických dokumentov („Stratégia vyššieho využitia obnoviteľných zdrojov energie” resp. návrh „Stratégie energetickej bezpečnosti SR do roku 2030“), by malo byť pri zohľadnení všetkých environmentálnych rizík vyrobených v malých vodných elektrárňach na Slovensku v roku 2010 350 GWh a v roku 2015 celkovo 450 GWh elektrickej energie.

Vodné elektrárne

Vodné elektrárne fungujú na princípe premeny mechanickej energie vody na elektrickú energiu. Vodný prúd prechádza nepohyblivými rozvážzacími kanálmi turbíny a takto usmernený vodný prúd vteká do opačne zakrivených lopatiek obežného kola vodnej turbíny, roztáča tieto lopatky a odovzdáva im svoju mechanickú energiu. Mechanická energia vody sa mení na mechanickú energiu hriadeľa, tá sa následne mení pomocou elektrických generátorov na energiu elektrickú.



S vysokou účinnosťou premieňa elektrický generátor vodnej elektrárne energiu mechanickú na energiu elektrickú. Vyrobená elektrická energia sa prenáša pomocou elektrických sietí pozostávajúcich z rozvodných zariadení, z transformovní a cez rozvodné siete až ku konečnému spotrebiteľovi.

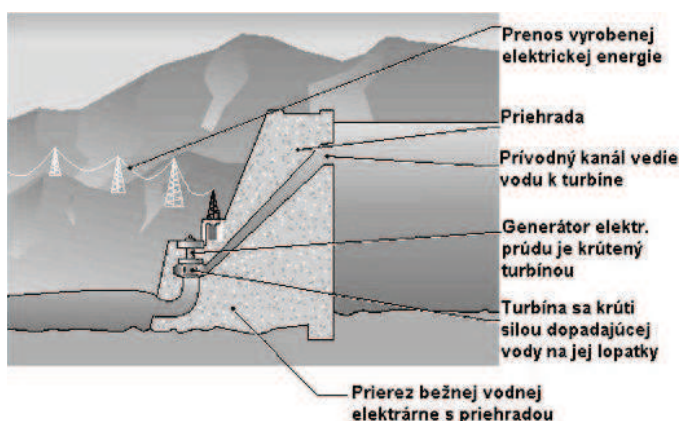
Vodné elektrárne (VE) sa členia podľa toho, pre aké spády a akým spôsobom vodný tok využíva:

- Akumulačné VE - ich súčasťou je veľká akumulačná nádrž
- Derivačné VE - sú postavené na derivačnom kanále
- Prietokové VE - prehradzujú pôvodné alebo nové koryto vodného toku
- Prečerpávacie VE - v čase nízkej záťaže prečerpávajú vodu do vyššie položenej nádrže. V čase vyššej záťaže táto voda potom poháňa hydrogenerátor na výrobu elektrickej energie.
- Kombinované VE

Základné časti vodných elektrární

Väčšina konvenčných vodných elektrární pozostáva z nasledujúcich častí (samozrejme modifikovaných vzhľadom na konkrétnu lokalitu a potreby):

- priehrada, ktorá reguluje prítok a vytvára potrebný spád vody,
- priehradné jazero je formou uskladnenej energie (niektoré vodné elektrárne využívajú namiesto priehrady privádzací kanál, ktorý odvádza vodu z vodného toku k turbíne),
- turbína, ktorá sa otáča v dôsledku tlaku vody dopadajúcej na jej lopatky,
- generátor, ktorý je pripojený k turbíne a vyrába elektrickú energiu,
- transformátor, ktorý mení elektrickú energiu vyrobenú generátorom na napätie využiteľné v elektrickej sieti.



Typy vodných turbín

Na výrobu elektrickej energie sa dnes využívajú turbíny vyrobené z kovu, ktoré sa otáčajú veľkými rýchlosťami. Viac ako storočný vývoj viedol v súčasnosti k širokej ponuke viacerých typov, ktoré sa svojou konštrukciou líšia v závislosti od spôsobu využitia, prietoku vody alebo usporiadania technologického zariadenia. Existuje viacero rozdelení vodných turbín avšak medzi najzákladnejšie rozdelenie patrí rozdelenie podľa spôsobu premeny vodnej energie na mechanickú prácu, a to na:

- rovnotlakové vodné turbíny (Bankiho, Peltonova),
- pretlakové vodné turbíny (Kaplanova, Francisova).

Vo svete bolo vyvinutých veľa typov vodných turbín, z ktorých praktické využitie našli hlavne:

- **Peltonova** – je rovnotlaková turbína vhodná pre spády nad 30 m. V konštrukcii Peltonovej turbíny je zabudovaný princíp starého vodného kola. Táto turbína, ktorá vzhľadom pripomína klasické vodné kolesá sa používa do spádov s výškou až 2000 m. Maximálny výkon Peltonových turbín sa dnes pohybuje okolo 200 MW.
- **Francisova** – je pretlaková turbína na spády od 10 m. Francisova turbína sa veľmi často využíva v malých vodných elektrárňach. Podstatným rozdielom v porovnaní s Peltonovou turbínou je, že Francisova turbína je úplne ponorená vo vode a tak tlak, ako aj rýchlosť prietoku klesajú od vstupu k výstupu vody z turbíny. Voda sa vypúšťa otvorom v strede turbíny. Svojou stavbou je Francisova turbína zložitejšia ako Peltonova a vyžaduje si špecifickú konštrukciu pre danú výšku spádu a prietok, tak aby sa dosiahla maximálna účinnosť. Bežne sa tento typ

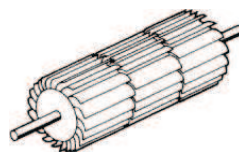


turbíny používa pre spády od 30 do 700 metrov, pričom najväčšia Francisova turbína má výkon až 800 MW

- **Kaplanova** – Pre veľmi nízky spád a vysoký prietok vody sa bežne používa turbína typu Kaplan. Je to klasická pretlaková turbína, ktorá je v základnom vyhotovení výborne regulovateľná, ale výrobné náročná. Touto turbínou voda preteká tak, že zasahuje maximálnu plochu lopatiek. Preto sa tieto turbíny používajú pre veľmi veľké prietoky a spády pre niekoľko málo metrov. Zaujímavou črtou je, že rýchlosť otáčania lopatiek je až dvakrát vyššia ako rýchlosť prúdiacej vody. Toto umožňuje rýchle otáčky aj pri relatívne nízkej rýchlosti prietoku.



- **Bánkiho** – je rovnotlaková turbína s dvojnásobným prietokom obežného kola, výrobné nenáročná. Hlavnou črtou tejto turbíny je, že voda dopadá na lopatky dvakrát pri vstupe aj pri výstupe. Takéto využitie však nemá žiadny zvláštny význam s výnimkou toho, že voda je veľmi účinne a jednoducho vypúšťaná z turbíny. Bánkiho turbíny sa uplatňujú už pri spádoch vody nižších ako 2 metre alebo dosahujúcich výšku až 100 metrov.



Malé vodné elektrárne

Malé vodné elektrárne (MVE) sú charakteristické tým, že ich výstavba a prevádzka zvyčajne nie je spojená s negatívnymi dopadmi na životné prostredie. Podobne ako veľké vodné elektrárne aj MVE sa vyznačujú vysokou účinnosťou využitia vodnej energie. Navyše majú výhodu v tom, že sú tzv. decentralizovaným zdrojom energie. Tým že ich je možné inštalovať v odľahlých oblastiach, poskytujú možnosti rozvoja a často aj energetickej sebestačnosti hlavne na vidieku. Vo svete pracuje mnoho tisíc takýchto zariadení, ktoré majú za sebou viac ako 150 ročný vývoj. V prepočte na jednotku výkonu sú MVE



však v porovnaní s veľkými o niečo drahšie. Vo veľkej väčšine prípadov sú malé elektrárne pripojené na verejnú elektrickú sieť, do ktorej dodávajú energiu. Mnohé z nich sú tzv. prietokové t.j. nemajú žiaden rezervoár (voda nie je skladovaná za

priehradou) a vyrábajú elektrickú energiu len vtedy keď je vody dostatok.

Energiu však malé vodné elektrárne môžu dodávať aj do systému izolovaného od elektrickej siete. V takomto prípade využívanom väčšinou v samostatných objektoch, sa elektrina často používa na dobíjanie batérií, z ktorých sa čerpá v prípade potreby. V prípade dostatku energie vyrobenej malou vodnou elektrárnou je možné použiť aj zariadenie (menič) na zmenu jednosmerného prúdu vyrábaného MVE na striedavý, ktorý využíva väčšina bežných elektrospotrebičov. MVE sa vyznačujú veľkou rôznorodosťou v konštrukcii, ktorá zohľadňuje miestne podmienky ako sú spád a prietok vody.

Z ekonomického hľadiska sú pre MVE charakteristické vysoké investičné a nízke prevádzkové náklady. Aj v prípade MVE platí, že investičné náklady klesajú so zväčšujúcim sa inštalovaným výkonom. Samozrejme závisia od mnohých lokálnych špecifik (výber lokality, hydrologické pomery, topografia atď.). Ekonomickou bariérou by mohla byť aj dlhšia doba návratnosti finančných prostriedkov (15 – 25 rokov), ktorá je ale vyvážená vysokou životnosťou elektrárne (často až nad 60 – 70 rokov).

Mikroturbíny

Malé hydroelektrické zdroje, ktoré využívajú hydroenergetický potenciál z malých vodných tokov (malé riečky a potoky) a spĺňajú prísne ekologické požiadavky na ochranu pôvodnej hodnoty krajiny, by mohli predstavovať novú generáciu zariadení. Ako mikroturbíny sa často označujú zariadenia s výkonom menším ako 1000 W. Takéto turbíny sú schopné zabezpečiť energiu pre jednu domácnosť vybavenú energeticky úspornými spotrebičmi. Mikroturbíny sa umiestňujú v miestach, kde je buď nízky spád alebo prietok vody (resp. oboje).

Medzi zariadenia, ktoré spĺňajú hore uvedené požiadavky možno jednoznačne zaradiť **hydromotor SETUR**. Ochrannou značkou SETUR je označovaný



hydraulický stroj, ktorý predstavuje unikátny, patentovo chránený tekutinový motor s bezlopatkovým rotorom. Je jednoduchšej konštrukcie, pričom pracuje na novo objavenom hydrodynamickom princípe využitia potenciálu tekutinových médií. V prípade hydropotenciálu, pracuje už pri malých rozdieloch tlakov vody a tiež s malými prietokmi vody, s minimálnou mechanickou účinnosťou 55-75 %. Hlavnou výhodou motora je schopnosť získavať

energiu z veľmi malých prietokov tekutín (napr. vody), ktoré doposiaľ nebolo možné využívať, čo ho zaraďuje medzi technické riešenia pre alternatívne spôsoby získavania energie.

Hlavné oblasti využitia hydromotora Setur sú:

- v energetike ako vodná turbína,
- v priemysle, poľnohospodárstve, v domácnosti a podobne ako mikro hydromotor pre pohon rôznych strojov, napr. pre rôzne nástroje na čistenie, brúsenie, vŕtanie, miešanie, navíjanie, rozprašovanie, zvlhčovanie, masáž a iné.

Ďalšie formy vodnej energie

Existuje veľa ďalších foriem vodnej energie:

- energia vín - technológia využívajúca energiu vín je založená na ich zachytávaní do uzatvoreného priestoru a premieňaní ich kinetickej energie na elektrinu,
- energia prílivu - zachytáva energiu z prílivu a odlivu. Energia prílivu sa líši od ostatných zdrojov energie tým, že má svoj pôvod v potenciálnej a kinetickej energii vychádzajúcej z pôsobenia Mesiaca na Zem,

- oceánska tepelná elektrická konverzia (OTEC) - používa teplotný rozdiel medzi teplejším povrchom oceánu a studenšou spodnou hladinou,
- modrá energia - opak odsolovania. Táto forma energie je v procese výskumu.

Výhody a nevýhody vodnej energie

- Vodné elektrárne majú dlhú životnosť, pričom niektoré z nich pracujú 70 a viac rokov.
- Napriek dlhej návratnosti vložených investícií (10-15 rokov) sa v dôsledku nízkych prevádzkových nákladov a dlhej životnosti dosahuje vysoké zhodnotenie investícií.
- Vysoká účinnosť premeny primárnej energie na elektrickú energiu.
- Vysoká spoľahlivosť prevádzky a jej bezpečnosť.
- Plná automatizovateľnosť procesu, možnosť úplnej bezobslužnej prevádzky a diaľkového riadenia.
- Vysoká životnosť technologického zariadenia i celej elektrárne pri neobmedzenej životnosti primárneho energetického zdroja.
- Nízka energetická náročnosť celého procesu.
- Z hľadiska rýchleho pokrývania zmien záťaže je vodná energia veľmi flexibilná, čo je dôležité pre integrované elektrárenské systémy, napr. prečerpávacie vodné elektrárne spotrebovávajú väčšie množstvo elektriny ako ho vyrábajú, avšak ich význam z hľadiska vyrovnávania záťaže elektrizačnej siete je značný.

Jednou z nevýhod veľkých vodných elektrární (s výkonom nad 10 MW) je, že ich budovanie môžu sprevádzať negatívne dopady na okolité prostredie - záber veľkej plochy pôdy, prípadná nestabilita extrémne zaťaženého geologického podložia, zmena hydrologických a mikroklimatických podmienok okolia a iné.

Vodné elektrárne na Slovensku

Našou najväčšou prečerpávacou vodnou elektrárnou a svojim inštalovaným výkonom aj najväčšou vodnou elektrárnou je prečerpávacia vodná elektráreň **Čierny Váh**. Horná nádrž, umiestnená v nadmorskej výške 1160 m nemá vlastný prítok. Elektráreň poskytuje

najmä podporné služby pre elektrizačnú sústavu, vrátane záskoku za najväčší inštalovaný blok v nej.



Vodná elektráreň **Gabčíkovo** je vybudovaná na hraničnej rieke Dunaj a svojou výrobou elektriny je našou najväčšou vodnou elektrárnou. Aj po odstúpení Maďarska od výstavby Sústavy vodných diel Gabčíkovo - Nagymaros je stupeň Gabčíkovo rovnaký, ako bol v pôvodnom Zmluvnom projekte. Vo VE je

inštalovaných spolu 8 agregátov s výkonom po 90 MW, z toho zo 6 je výkon vyvedený cez zapúzdrenú rozvodňu 400 kV, z ktorej vývody sú vyvedené aj do Maďarska. Pri VE sú aj plavebné komory medzinárodnej plavebnej cesty Rýn - Mohan - Dunaj, pretože prírodný kanál k VE tvorí aj časť tejto medzinárodnej plavebnej cesty.

Prečerpávacia vodná elektráreň **Liptovská Mara**

je umiestnená pri druhej „vrcholovej“ nádrži v hornej časti povodia Váhu, ktorá má rovnaké funkcie ako nádrž Orava. V elektrárni sú dva klasické agregáty s Kaplanovou turbínou a dva prečerpávacie s diagonálnou reverzibilnou



turbínou (systém Dériaz). VE tým okrem využitia prirodzených prietokov Váhu využíva na výrobu elektriny aj vodu prečerpávanú do hornej nádrže v dobe prebytku elektriny v sústave.



Vodná elektrárň **Mikšová** je kanálovou elektrárnou, ktorá až do vybudovania PVE Liptovská Mara bola našou najväčšou vodnou elektrárnou. Na budovanie derivačného kanála sa využili svahy na pravej strane, takže v celej dĺžke sa budovala len ľavostranná hrádza, pri elektrárni vysoká až 22 m. Vďaka vysokému spádu má táto VE aj vysoký inštalovaný výkon $3 \times 31,2 = 93,6$ MW.

Hydroenergetický potenciál je jedným z druhov národného bohatstva a jeho nevyužívanie predstavuje pre krajinu nenávratné straty napriek tomu, že je stále sa obnovujúcim zdrojom energie. Vysoké využívanie tohto energetického zdroja vo vyspelých štátoch Európy dokumentuje jeho ekonomickú a ekologickú výhodosť.

Biomasa

Najrôznorodejšou formou obnoviteľnej energie je biomasa – energia z biologickej hmoty.

Biomasa je jediný energetický zdroj obsahujúci uhlík, ktorý je dostatočne veľký na to, aby mohol nahradiť fosílnu palivá. Pod biomasou sa rozumie každý nefosílny organický zdroj obsahujúci viazanú chemickú energiu, t. j. všetka vodná a suchozemská vegetácia, biomasa v odpade – komunálnom, poľnohospodárskom (zvyšky z rastlinnej a živočíšnej výroby) a priemyselnom (najmä lesníckom a drevárskom). Nie každé energetické spracovanie biomasy sa považuje za environmentálne prijateľné.

V tejto súvislosti je treba podotknúť, že za obnoviteľný zdroj energie nie je možné považovať biomasu premenenú na fosílnu palivá, t.j. materiál, v ktorom sa slnečná energia akumulovala pred dávnou dobou (uhlie, ropa, zemný plyn).

Biomasa v podobe rastlín je chemicky zakonzervovaná slnečná energia. Z čisto praktického hľadiska je **biomasa** vzniknutá činnosťou rastlín vlastne akási „**energetická konzerva**“ – je v nej uložená časť zachytenej slnečnej energie a my ju môžeme uvoľniť a využiť pre svoje potreby. Je to súčasne jeden z najuniverzálnejších a najrozšírenejších zdrojov energie na

Zemi. Okrem toho, že poskytuje výživu, používa sa ako stavebný materiál, vyrába sa z nej papier, lieky alebo chemikálie, je tiež výborným palivom. Jej výhodou je, že ponúka nielen veľkú rôznorodosť vstupných surovín, ale aj univerzálne využitie v energetike. Presne tak ako príroda premenila prehistorické lesy na ropu, uhlie a zemný plyn, môžeme pomocou technológie premeniť biomasu na tuhé, kvapalné a plyné biopalivá.



Poznáme:

- Pevné biopalivá – drevo (pelety, brikety, štiepky, slama, rýchlorastúce dreviny),
- Kvapalné biopalivá – etanol, metanol, bionafta a čisté rastlinné oleje,
- Plynné biopalivá – bioplyn, skládkový plyn, drevoplyn.



Zdroje biomasy využiteľné k energetickým účelom

1. Biomasa zámerne pestovaná k tomuto účelu: cukrová repa, obilie, zemiaky, olejniny, cukrová trstina, energetické dreviny, rýchlorastúce dreviny
2. Odpadová biomasa:
 - Rastlinné odpady: kukuričná, repková a obilná slama, seno, atď.
 - Odpady zo živočíšnej výroby: exkrementy, hnoj, hnojovica, zvyšky krmiva, atď.
 - Lesné odpady (dendromasa): drevná hmota, korene, kôra, vetvy, šišky, atď.
 - Organické odpady z priemyselných výrob: odpady z cukrovarov, mliekárni, liehovarov, atď.
 - Komunálne organické odpady: kaly, organický tuhý komunálny odpad, atď.

Výroba energie z biomasy

Spôsob využitia biomasy k energetickým účelom je do značnej miery predurčený fyzikálnymi a chemickými vlastnosťami biomasy. Veľmi dôležitým parametrom je vlhkosť, resp. obsah sušiny v biomase. Hodnota 50% sušiny je približná hranica medzi mokkými procesmi (obsah sušiny je menší ako 50%) a suchými procesmi. Z toho vyplýva, že nie všetky druhy biomasy sa hodia na všetky druhy energetického využitia (viď. obrázok). Je nám jasné, že nepoužijem drevo ako surovinu na anaeróbne vyhnívanie, pretože drevo hnije veľmi pomaly.

Z principiálneho hľadiska môžeme rozlíšiť niekoľko spôsobov získavania energie z biomasy:

1. termochemická premena biomasy

(suché procesy využitia biomasy):

- spaľovanie - je najbežnejším spôsobom energetického využitia biomasy. Vo všeobecnosti je to chemická reakcia horľavých zložiek paliva s kyslíkom, pričom sa uvoľňuje teplo. Horľavé časti biomasy (celulóza, polyóza a lignín) oxidujú na CO_2 a vodnú paru a slnečná energia, nahromadená v dreve počas fotosyntézy, sa pri horení mení na teplo.
- termochemické spracovanie s cieľom zvýšenia kvality biopalív - sem patrí napr. pyrolýza (výroba drevného uhlia) alebo splyňovanie.



2. biochemická premena (mokré procesy využitia biomasy):

- alkoholové kvasenie (fermentácia)
- metánové kvasenie

3. fyzikálna a chemická premena biomasy:

- mechanicky (briketovanie, peletovanie, lisovanie, atď.)
- chemicky (esterifikácia surových bioolejov)

4. získavanie odpadového tepla pri spracovaní biomasy: napr. pri kompostovaní, aeróbnom čistení odpadových vôd, atď.

Aj keď existuje viacero spôsobov využitia biomasy k energetickým účelom, v praxi prevláda zo suchých procesov spaľovanie, z mokrých výroba bioplynu anaeróbnou fermentáciou.

Príklady využitia biomasy

Drvo, slama a energetické plodiny, ako napr. vrba a ozdobnica (miscanthus) sa môžu spaľovať v elektrárnach, kde sa z nich dá vyrábať elektrina a teplo.

Hnojivo a poľnohospodársky a potravinový odpad možno premeniť na bioplyn, ktorý sa dá používať na výrobu tepla a elektriny a tiež ako pohonná látka.

Z obilnín a cukrovej repy sa metódou fermentácie vyrába bioetanol, ktorý sa separuje najmä destiláciou. Táto technológia je podobná výrobe alkoholických nápojov.. V špeciálne upravených motoroch sa zmes etanolu a benzínu môže používať ako palivo.

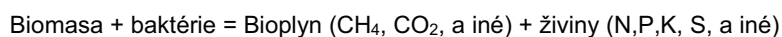
Bionafta sa vyrába z lisovaného oleja z repky olejnej, slnečnice a iných olejnatých plodín. Zlúčením čistého rastlinného oleja a alkoholu vzniká ester, ktorý možno používať ako palivo v bežných dieselových (naftových) motoroch.



Pri spaľovaní bionafty a bioetanolu v motore auta vzniká oxid uhličitý. Plodiny však pri svojom raste oxid uhličitý vstrebávajú. Biopalivá teda ku globálnemu otepľovaniu významne neprispievajú.

Výroba bioplynu

V technickej praxi sa ustálil názov bioplyn pre plynú zmes vzniknutú vyhnívaním biologicky rozložiteľných organických látok bez prístupu vzduchu. Tento proces prebieha za určitých podmienok v prírode samovoľne alebo je vyvolaný zámerne v biotechnických zariadeniach. Reakciu je možné zjednodušene zapísať nasledovne:



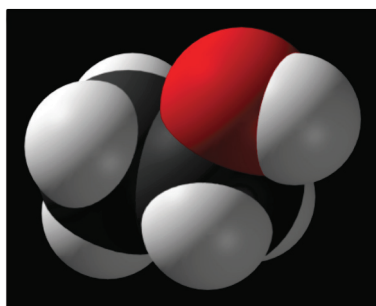
Výsledkom anaeróbného vyhnívania (fermentácie) je vždy zmes plynu a fermentovaný zvyšok organickej látky. Táto zmes plynu vždy obsahuje dva majoritné plyny: metán (CH_4 , podiel 50 až 75%) a oxid uhličitý (CO_2 , podiel 25 až 50 %) a množstvo ďalších minoritných plynov v malých množstvách. Akosť bioplynu je predovšetkým určená pomerom horľavého metánu k „neúžitocnému“, oxidu uhličitému.

Príklady vhodného materiálu na výrobu bioplynu: rastlinné suroviny a odpady, hnoj, hnojovica, živočíšny odpad, bioodpad z domácností, odpad z čistiarní odpadových vôd, atď.

Bioplyn je možné využiť všade, kde sa používajú i iné plyné palivá. Medzi spôsoby energetického využitia bioplynu patrí: priame spaľovanie, kogenerácia (výroba elektrickej energie a tepla), pohon spaľovacích motorov, využitie bioplynu v palivových článkoch - zdroj vodíka.



Bioplynová stanica je technologický celok, ktorý spracováva biologicky rozložiteľné organické materiály formou metánového kvasenia a produkuje tak bioplyn a fermentovaný zvyšok (výborné hnojivo).



Výroba bioetanolu

Etanol (iné názvy: etylalkohol, alkohol, lieh; $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$) je bezfarebná horľavá kvapalina, ktorá sa v prírode vyskytuje len sporadicky a jej požívanie (v malom množstve) na rozdiel od metanolu, nie je pre človeka toxické. Základným rozdielom medzi etanolom a

bioetanolom je, že etanol je etylalkohol vyrobený synteticky z vody a etylénu a bioetanol je etylalkohol získavaný z organických zvyškov (napr. z odpadov z poľnohospodárstva, drevospracujúceho priemyslu) alebo zo špeciálne na tento účel pestovaných plodín. Komerčné skúsenosti s používaním bioetanolu v doprave majú hlavne v Brazílii a v USA, kde sa toto palivo používa už dlhšiu dobu a vo veľkom množstve.

Sacharidické suroviny používané na výrobu etanolu:

- cukornaté - cukrová repa, čakanka;
- škrobnaté- zemiaky, pšenica, žito, jačmeň, kukurica;
- lignocelulóзовé - rýchlo rastúce energetické plodiny (vŕba, eukalyptus), slama, vylisovaná cukrová trstina, odpady.



Výroba bioetanolu závisí od vstupnej suroviny a z toho vyplývajúcej jednoduchosti ako z nej získať jednoduché cukry (sacharidy). Sacharidy

z cukornatých surovín môžu byť fermentované priamo na bioetanol. Výroba bioetanolu zo škrobnatých plodín vyžaduje rozklad škrobu na jednoduchšie cukry, po ktorej nasleduje fermentácia.

Výroba bioetanolu z lignocelulózovej biomasy je komplikovanejšia, pretože štruktúra týchto materiálov je zložitejšia a teda i získavanie sacharidov. Prvým krokom je predúprava materiálu, nasleduje rozklad (hydrolýza) celulózy. Hydrolýzou získaná zmes sacharidov je následne fermentovaná a posledným krokom je izolácia bioetanolu z média, ktorá sa realizuje destiláciou.

Výhody využitia biomasy

- obnoviteľný zdroj energie;
- lokálny zdroj energie, ktorý je ľahko dostupný a prakticky nezávislý na energetickej politike štátu;
- vyznačuje sa stabilnejšou cenou ako fosílna palivá;
- nezaťažuje životné prostredie nadmernou produkciou oxidu uhličitého. Pri spaľovaní dôjde k produkcii rovnakého množstva oxidu uhličitého ako spotrebuje rastlina pre svoj rast;
- popol ako odpadový produkt spaľovania biomasy sa dá využiť, ako vysoko kvalitné hnojivo;
- účelne sa využívajú spáliteľné, niekedy aj toxické odpady;
- stabilné pracovné príležitosti vo vidieckych oblastiach a v malých a stredných podnikoch;
- biopalivá sú vo všeobecnosti biodegradovateľné a netoxické, čo je dôležité pri vyskytnutí sa nehody.

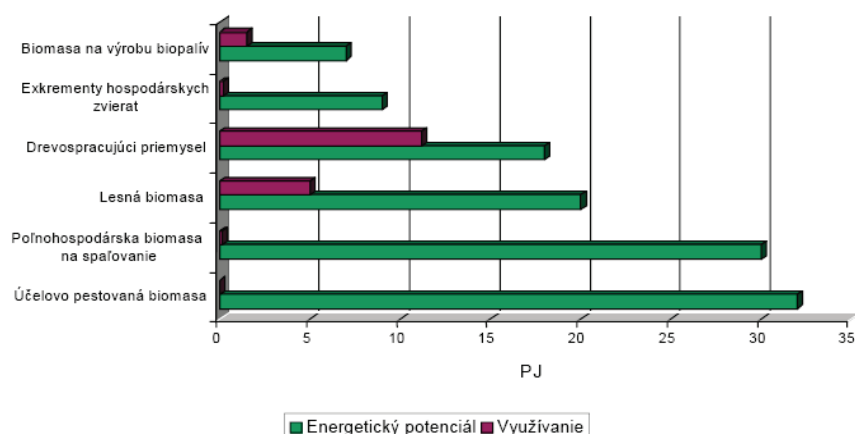
Nevýhody využitia biomasy

- v porovnaní s fosílnymi palivami má nižšiu výhrevnosť a energetickú hustotu;
- „surová“ biomasa nie je vhodná na dlhodobé skladovanie, lebo rýchlo podlieha rozkladu a znehodnocuje sa;

- používanie biomasy kladie nároky na skladovacie priestory. Pre uskladnenie paliva v rozsahu celoročnej spotreby potrebujeme priestor s objemom niekoľko m³;
- dlhodobejšie uskladnenie a nároky na manipuláciu s palivom vyžadujú úpravu základnej formy biomasy (štiepkovanie, peletovanie, briketovanie) a teda doplnkové investície;
- pri manipulácii s palivom musíme v období roka premiestniť váhu niekoľkých ton. Toto si vynútilo dodatočné nároky na transportné mechanizmy.

Využitie biomasy na Slovensku

Biomasa má najväčší technický potenciál z pomedzi všetkých obnoviteľných zdrojov na Slovensku ($120 \text{ petajoule} = 120 \times 10^{15} \text{ J}$), ktorý predstavuje 15 % z celkovej spotreby energie SR. Využívanie biomasy vzhľadom na jej technický potenciál je nedostatočné a je menej ako 14% (viď obrázok). Využívanie biomasy v pomere k hrubej spotrebe energie v roku 2005 bolo len 2 %, pričom priemer EÚ dosiahol viac ako 4%. Ako je vidieť z obrázka, najviac sa využíva drevo ako biomasa, či už na priame spaľovanie alebo na výrobu ušľachtilejších palív (brikety, pelety a štiepky).



Spaľovanie drevnej biomasy prebieha v približne 66 kotolniach s celkovým výkonom 153 MW a ročnou spotrebou dreva 247 300t dreva. Najväčšia spaľovňa sa nachádza v Ružomberku s výkonom 60 MW.

Určite treba spomenúť i spaľovanie slamy, ktoré sa u nás realizuje v Prašiciach, Turni nad Bodvou, Trenčíne, Šali a Lešeniciach s celkovým výkonom 12 035 kW a spotrebou slamy 4 100 ton ročne.

K biomase je potrebné zaradiť aj komunálne odpady s biologicky rozložiteľnými zložkami. Takáto biomasa je na Slovensku využívaná na energetické účely len minimálne, pretože veľká časť týchto odpadov je ukladaná na skládkach odpadov.

Geotermálna energia

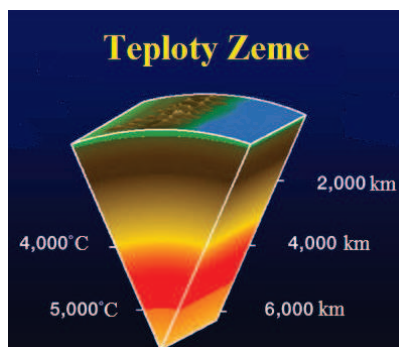
Geotermálna energia súvisí s teplom zemského jadra. Väčšinou sa prejavuje ako zemetrasenia, sopečná činnosť alebo ako gejzíry a horúce pramene. Týmto spôsobom sme na zemskom povrchu zásobovaní tokom energie prichádzajúcej jednak zhora (slnko) a jednak z podzemia (geotermálna energia).



Geotermálna energia nie je v pravom slova zmysle obnoviteľným zdrojom energie, nakoľko má pôvod v horúcom jadre Zeme, z ktorého uniká teplo na povrch. Vzhľadom na obrovské, takmer nevyčerpatelné zásoby tejto energie, však býva medzi tieto zdroje zaraďované. Tento zdroj energie je pritom vzdialený z ľubovoľného miesta na Zemi iba 10 až 12 km smerom do stredu Zeme.

Vo vnútri zeme existuje veľké množstvo energie. Táto energia pomaly preniká na povrch, kde termálne toky činia v priemere $0,063 \text{ W/m}^2$, t.j. z 1 m^2 nie je možné vyťažiť viac energie ako $0,063 \text{ W}$. Na porovnanie, pri slnečnej energii ide o hodnotu max. 1360 W/m^2 (slnečná konštanta).

Blízko povrchu zeme stúpa s hĺbkou teplota približne na každých 30m o 1°C .



V hĺbke 3 km je to teda asi 100°C , v hĺbke 10 km už 300°C . Za jeden rok vyžiari Zem do okolitého prostredia teplo, k výrobe ktorého by bolo treba asi 30 miliárd ton najkvalitnejšieho uhlia. Tieto údaje vedú k záveru, že výsledný výkon je veľmi vysoký, ale je rozložený na takom veľkom území, že jeho hustota je veľmi nízka. To spôsobuje, že

využívanie tejto energie je zložitejšie.

Ak vzniknú trhliny v skalách zemskej kôry, medzery sa v týchto miestach naplnia vodou presakujúcou z povrchu. Táto voda sa zohrieva na rovnakú teplotu, akú majú skaly a v prasklinách skál sa vytvárajú, tzv. „geotermálne nádrže“ s podzemnou horúcou vodou. Niekedy môže časť tejto vody z nádrže vytekať na povrch, pričom vznikajú také fenomény ako para, jazerá s teplou vodou alebo slávne gejzíry, ktoré môžeme nájsť napríklad na Islande alebo v Spojených štátoch (Yellowstonský národný park).



Podľa teploty môžu byť geotermálne nádrže využívané na dva účely:

- geotermálne vykurovanie;
- geotermálna elektrická energia.

Geotermálne vykurovanie

Mnohé krajiny s týmito zdrojmi využívajú geotermálnu energiu na vykurovanie bytov a iných objektov, skleníkov, bazénov a rybníkov. Osobitnú skupinu tvoria tzv. tepelné čerpadlá využívajúce teplo zeme na prípravu tepla na vykurovanie. Priestorové kúrenie je jedným z najzaujímavejších spôsobov priameho využitia nízkej teploty geotermálnej kvapaliny (do 100 °C). Princíp je založený na jednoduchom využití geotermálnej kvapaliny, ktorá odovzdáva teplotu vode vo výmenníku a táto je dopravovaná potrubiami do radiátorov v domácnostiach, prípadne inde. Systém takéhoto kúrenia si vyžaduje veľmi hrubú izoláciu, aby sa teplá voda dostala až k užívateľom (veľké tepelné straty).

Využitie geotermálnej teplej vody pre vykurovacie účely má veľký význam z environmentálneho aspektu, pretože dochádza k obmedzeniu spaľovania fosílnych palív, na miestach, kde sa nachádzajú geotermálne zdroje.

Geotermálna elektrická energia

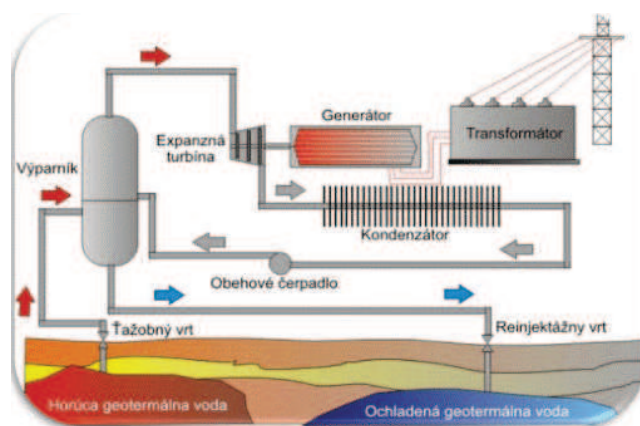
Taliansko je priekopníkom výroby elektriny pomocou geotermálnej energie. Prvá geotermálna elektráreň (elektráreň produkujúca elektrickú energiu z geotermálnej kvapaliny) na svete začala fungovať v roku 1905 v Tuscany, v oblasti Larderello (Taliansko).

Po ťažbe z vrtu je výroba elektrickej energie získavaná pomocou separácie vody a pary. Pramene sú obvykle pripojené k elektrárni. Po separácii je geotermálna para vyvedená k turbíne, transformuje teplo na mechanickú



energiu a generátor mení túto energiu na elektrickú energiu. Systém je podobný bežným tepelným elektrárňam, ktoré využívajú fosílna palivá ako zdroj tepla.

Voda vychádzajúca zo separátora (oddeľovača) je odvádzaná do riek, alebo (oveľa častejšie a účinnejšie) vrátená do rezervoára. Recykláciou vody do rezervoára sa súčasne vyvarujeme znečisteniu a zmenší sa pokles tlaku vo vnútri rezervoára a zároveň sa zníži jeho vyprázdňovanie (viď obrázok).



Z ekonomického hľadiska je výroba elektrickej energie najvýhodnejšia pri teplote geotermálneho zdroja vyššej ako 180 °C.

Krajiny s najvyšším inštalovaným výkonom geotermálnej energie sú Spojené štáty, Japonsko, Filipíny, Taliansko, Island a Mexiko.

Využitie geotermálnej energie na Slovensku

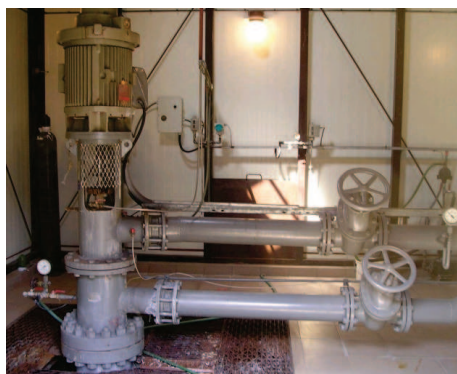
Na Slovensku je doteraz evidovaných 116 geotermálnych vrtov, ktorými sa overilo okolo 1 787 l.s⁻¹ vôd s teplotou na ústi vrtu 18 – 129 °C. Geotermálne vody boli získané vrtmi hlbokými 92 – 3 616 m.

Z hľadiska súčasného stavu využívania geotermálnej energie sa geotermálne vody vyžívajú celkovo na 36 lokalitách v poľnohospodárstve, na vykurovanie budov a na rekreačné účely s celkovo využívaným tepelným výkonom 131 MW, čo predstavuje 2,3 % z celkového potenciálu geotermálnej energie SR.

V poľnohospodárstve sa geotermálne vody využívajú v 12 lokalitách na vykurovanie skleníkov pri produkcii rýchlejšej zeleniny (uhorky, paradajky, paprika, baklažány a i.) ako aj kvetov (Bešeňová, Podhájska, Čiližská Radvaň, Topoľníky, Tvrdošovce, Horná Potôň, Dunajská Streda, Vlčany, Veľký Meder, Topoľovec, Dunajský Klatov, Kráľová pri Senci). Celková plocha pokrytá týmto

typom produkcie je okolo 25,86 ha. Na chov rýb sa geotermálne vody využívajú na dvoch lokalitách vo Vrbove a v Turčianskych Tepliciach.

Geotermálna energia sa využíva na vykurovanie kancelárskych a technických priestorov v Galante, Topoľníkoch, Komárne, Bešeňovej, Liptovskom Trnenci a Poprade. Hotelové priestory sú vykurované v Bešeňovej, Veľkom Mederi, Podhájskej a Štúrove. V Galante sú geotermálnou vodou vykurované aj byty, nemocnica a dom dôchodcov. V Novákoch – Koši sa geotermálna voda využíva na vykurovanie šatní baníkov a na ohrev vetracieho vzduchu pre hnedouhoľné bane.



V 32 lokalitách sa geotermálna voda využíva na rekreačné účely, hlavne na plnenie bazénov (Poprad, Vrbov, Liptovský Trnovec, Bešeňová, Oravice, Podhájska, Senec, Kráľová pri Senci, Dunajská Streda, Galanta, Veľký Meder, Lehnice, Diakovce, Topoľníky, Tvrdošovce, Nové Zámky, Šaľa, Poľný Kesov, Gabčíkovo, Štúrovo, Komárno, Patince, Bánovce nad Bebravou, Malé Bielice, Partizánske, Chalmová, Koplotovce, Kremnica, Sklené Teplice, Rajec, Dolná Strehová, Tornaľa).

Záver

Zmenšujúce sa zásoby fosílnych palív, poškodzovanie životného prostredia a zdravia ľudí rovnako ako etický rozmer problému súvisiaci s tým, či máme morálne právo vyťažiť a spáliť všetky zásoby ropy a odkázať budúce generácie len na spomienky, si vyžadujú premýšľať nad zmenou súčasného stavu. Snaha o zmenu si však vyžaduje nové technológie, a tie si vyžadujú nový spôsob myslenia. Práve s novým spôsobom myslenia je nutné začať v škole.



Škola je tá inštitúcia, kde by sa malo začať s novým spôsobom myslenia, kde by sa malo informovať o súčasných problémoch a diskutovať o nich. Keď ľudia nebudú dostatočne informovaní a vzdelaní o problémoch, ktoré sužujú našu Zem, asi ťažko dokážu týmto problémom čeliť a teda hľadať správne riešenia.

Jednou zo správnych odpovedí na problém zmenšujúcich sa zásob fosílnych palív a poškodzovania životného prostredia sú obnoviteľné (alternatívne) zdroje energie. A práve táto publikácia, ktorá vznikla v rámci projektu APVV Prírodné javy v experimentoch pre malých aj veľkých, poskytuje základné informácie o jednotlivých druhoch obnoviteľných zdrojoch energie. Je určená nielen stredoškolským učiteľom na podporu vyučovania environmentálnej výchovy, ale aj študentom prejavujúcich záujem o environmentalistiku.

Je veľmi dôležité, aby daný typ informácií prenikol i do škôl a mladí ľudia si uvedomili, že treba hľadať riešenia na environmentálne problémy. Veríme, že táto publikácia k tomu prispela, a keď ste si už nenainštalovali solárne kolektory na Váš dom, tak ste aspoň začali so separáciou odpadu a šetrením energií.

Zoznam použitej a odporúčanej literatúry

- BERANOVSKÝ, J., TRUXA, J., a kol. , Alternativní energie pro váš dům. Brno : ERA, 2004. ISBN 80-86517-59-4
- BOLEMAN, T. Výroba bioplynu na Slovensku. In: Novus Scientia 2009: 11. Celoštátna konferencia doktorandov Strojníckých fakúlt technických univerzít a vysokých škôl. Košice : Technická univerzita v Košiciach, 2009. s. 126-140. ISBN 978-80-553-0305-5
- CENKA, M., a kol. Obnovitelné zdroje energie. Praha : FCC PUBLIC, 2001. 208 s. ISBN 80-901985-8-9
- FIALA, J., a kol. Study of usage of photovoltaic systems for chosen electrochemical processes. In: International Doctoral Seminar 2009 : Proceedings. 17-19 May 2009, Smolenice Castle, SR. - Trnava : AlumniPress, 2009. s. 80-89. ISBN 978-80-8096-088-9
- FIALA, J., a kol. Štúdium charakteristík vybraného typu hydromotora Setur z aspektu jeho využitia pre zavlažovanie. In: Novus Scientia 2009 : 11. Celoštátna konferencia doktorandov Strojníckých fakúlt technických univerzít a vysokých škôl. Košice : Technická univerzita v Košiciach, 2009. s. 252-262. ISBN 978-80-553-0305-5
- GABRIEL, P., ČIHÁK, F., KALENDRA, P., Malé vodní elektrárny. Praha : ČVUT, 1998. ISBN 80-01-01812-1
- HENZE, A., HILLEBRAND, W. Elektrický proud ze slunce. Ostrava : HEL, 2000. 136 s. ISBN 80-86167-12-7
- HOSTIN, S., ONDRUŠKA M., SEDLÁČEK, M.: Použitie multifunkčného hydromotora SETUR pre spracovanie zvyšného hydropotenciálu. In Trendy lesníckej, drevárskej a environmentálnej techniky a jej aplikácie vo výrobnom procese : Medzinárodná vedecká konferencia k 10. výročiu vzniku FEVT. Zvolen : Technická univerzita vo Zvolene, 2006. s. 72-78 - ISBN 80-228-1650-7
- KADRNOŽKA, J. Energie a globální oteplování. Brno : VUTUM, 2006. 190 s. ISBN 80-214-2919-4
- KLENOVČANOVÁ, A., IMRIŠ, I. Zdroje a premeny energie, Prešov : MANACON, 2006. ISBN 80-89040-29-2
- LUQUE, A., HEGEDUS, S. Handbook of Photovoltaic Science and Engineering. John Wiley & Sons Ltd, 2003. ISBN 0-471-49196-9
- MURTINGER, K. a kol. Fotovoltaika – elektřina ze slunce. Brno : ERA, 2007. ISBN 978-80-7366-100-7
- MURTINGER, K., TRUXA, J. Solární energie pro váš dům. Brno : ERA, 2006. ISBN 80-7366-076-8

- MURTINGER,K., BERANOVSKÝ,J. Energie z biomasy. Brno : ERA, 2006. 94 s. ISBN: 80-7366-071-7
- PASTOREK,Z., KÁRA,J., JEVIČ,P., Biomasa - obnoviteľný zdroj energie. Praha : FCC PUBLIC, 2004. ISBN 80-86534-06-5
- PEPICH,Š., Druhy biomasy vhodné na výrobu tvarovaných palív a ich fyzikálno-mechanické vlastnosti a technologické linky na energetické využívanie biomasy. Konferencia o biomase, Trenčianske Teplice, 19.marca.2008
- SEDLÁČEK, M., HOSTIN, S.: Nové možnosti využívaní mikropotenciálu vody. In: Alternativní energie, 2003, roč. 5, č. 6, s. 4-5. ISSN 1212-1673
- VARGOVÁ, I. a kol. Atlas využívania obnoviteľných energetických zdrojov na Slovensku, Energetické centrum Bratislava, December 2002
- VILEM, J., Projektovanie vodných elektrární. Bratislava : STU Bratislava, 2001. 223 s. ISBN 80-227-1468-2

www stránky:

- | | |
|----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| ➤ www.agroporadenstvo.sk | ➤ www.peletky-brikety.sk |
| ➤ www.asb.sk | ➤ www.posterus.sk |
| ➤ www.datatherm.sk | ➤ www.sazp.sk |
| ➤ www.economy.gov.sk | ➤ www.seas.sk |
| ➤ www.ekoskola.sk | ➤ www.seps.sk |
| ➤ www.ekowatt.cz | ➤ www.setur.cz |
| ➤ www.enviro.gov.sk | ➤ www.setur.sk |
| ➤ www.enviroportal.sk | ➤ www.skrea.sk |
| ➤ www.fberg.tuke.sk | ➤ www.slnecnaenergia.sk |
| ➤ www.fotovoltaika.sk | ➤ www.slovensko.eco-energy.info |
| ➤ www.hydroenergia.sk | ➤ www.solarenergy.sk |
| ➤ www.inforse.org | ➤ www.solarlab.mtf.stuba.sk |
| ➤ www.infovek.sk | ➤ www.tvojdrom.sk |
| ➤ www.ipofe.sk | ➤ www.tzb-info.cz |
| ➤ www.kut.sjf.stuba.sk | |
| ➤ www.mve.energetika.cz | |

© Ing. Tomáš Boleman, Ing. Jozef Fiala

Obnoviteľné zdroje energie

Vydalo Tlačové štúdio Váry pre MTF STU v Trnave ako informačnú brožúru v rámci projektu *APVV LPP-0171-07 „Prírodné javy v experimentoch pre malých aj veľkých“* s podporou Agentúry na podporu výskumu a vývoja.

1. vydanie

Tlačové štúdio Váry

72 strán

Trnava 2009

ISBN: 978-80-89422-07-4

