

# Zelená energia

Santiago Silvestre; Jordi Salazar

## Anotácia

Tento kurz popisuje technológie, aplikácie a základné pojmy týkajúce najvýznamnejších obnoviteľných zdrojov energie.

## Ciele

V tomto kurze zelenej energie študent získa vedomosti o hlavných vlastnostiach a aplikáciách najvýznamnejších obnoviteľných zdrojov energie, ako sú vodné elektrárne, veterné a geotermálne energie, biomasa a fotovoltaická solárna energia.

## Kľúčové slová

Vodná energia, veterná energia, fotovoltaika, vodíkové technológie, biomasa, geotermálna energia.

## Dátum vytvorenia

06.12.2021

## Časová dotácia

10 hodín

## Jazyková verzia

slovensky

## Licencia

[Creative Commons BY-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

## ISBN

## Literatúra

- [1] E. D. Coyle, B. Basu, J. Blackledge and W. Grimson. *Harnessing Nature: Wind, Hydro, Wave, Tidal and Geothermal Energy*. Purdue University Press, 2014.  
<https://www.jstor.org/stable/j.ctt6wq56p.9>
- [2] Kumar, A., T. Schei, A. Ahenkorah, R. Caceres Rodriguez, J.-M. Devernay, M. Freitas, D. Hall, Å. Killingtveit, Z. Liu, 2011: Hydropower. In *IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation* [O. Edenhofer, R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, K. Seyboth, P. Matschoss, S. Kadner, T. Zwickel, P. Eickemeier, G. Hansen, S. Schlömer, C. von Stechow (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- [3] Hydro Power Basics. *Energypedia: Hydro Portal*. <https://energypedia.info/wiki/Portal:Hydro>
- [4] A. M. Bagher, M. Vahid, M. Mohsen and D. Parvin. *Hydroelectric Energy Advantages and Disadvantages*, American journal of energy Science, pp. 17-20, 2015
- [5] BizVibe. *Hydropower Generation Industry: Top 20 Hydropower Producing Countries in the World 2020*. <https://blog.bizvibe.com/blog/uncategorized/top-hydropower-producing-countries>
- [6] European Commission. *An EU Strategy to harness the potential of offshore renewable energy for a climate neutral future*, Brussels 2020. [COM\(2020\)741 - EU Strategy to harness the potential of offshore renewable energy for a climate neutral future](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/com(2020)741)
- [7] O. Planas, *What Is a Wind Turbine? Types and Characteristics*, 2019. <https://solar-energy.technology/renewable-energy/wind-power/wind-turbines#horizontal-axis-wind-generator>
- [8] D. Clayton, *Types of Wind Turbines: HAWT, VAWT and More Explained*, 2021. <https://energyfollower.com/types-of-wind-turbines/>
- [9] J. Unwin and M. Farmer, *The top 10 countries with the largest wind energy capacity in 2021*. *Power Technology*, 2021. <https://www.power-technology.com/features/wind-energy-by-country/>
- [10] A. Einstein. *On a Heuristic Point of View about the Creation and Conversion of Light*. *Annalen der Physik* 17 (1905): 132-148.
- [11] P. Bouguer. *Essai d'optique, sur la gradation de la lumiere*. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1921. Collection "Les Maîtres de la Pensée scientifique".
- [12] Luis Castañer and Santiago Silvestre. *Modelling photovoltaic systems using pspice*. Wiltshire, Wiley, 2002.
- [13] Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems: *Photovoltaics Report*. Freiburg, 2021. [Photovoltaics Report \(fraunhofer.de\)](https://www.fraunhofer.de/en/press-releases/2021/01/photovoltaics-report)
- [14] International Energy Agency Report: *IEA-PVPS T1-39:2021. Strategic PV Analysis and Outreach*, 2021. [Snapshot of Global PV Markets - 2020 \(iea-pvps.org\)](https://www.iea-pvps.org/)
- [15] Green, Martin, et al. *Solar cell efficiency tables (version 57)*. *Progress in photovoltaics: research and applications* 29.1 (2021): 3-15.
- [16] Juan Ramón Morante, Teresa Andreu, Gotzon García, Jordi Guilera, Albert Tarancón, Marc Torrell. *Hydrogen The energy vector of a decarbonised economy*. Barcelona, IREC & Fundación Naturgy. 2020.

- [17] European Commission. A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe. Brussels, 2020. [Communication COM/2020/301: A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe | Knowledge for policy \(europa.eu\)](#)
- [18] European Commission, On the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC, 2009. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32009L0028>
- [19] R. Singh, A. Prakash, B. Balagurumurthy, T. Bhaskar, Chapter 10. Hydrothermal Liquefaction of Biomass, Recent Advances in Thermo-Chemical Conversion of Biomass, pp. 269-291, 2015. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63289-0.00010-7>
- [20] Green Square, Advantages and disadvantages of Biomass energy, October, 2020. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63289-0.00010-7>
- [21] EPA website, A student's guide to Global Climate Change, Geothermal Energy, 2017. <https://archive.epa.gov/climatechange/kids/solutions/technologies/geothermal.html>
- [22] TWI Ltd., What is geothermal energy? How does it work?, <https://www.twi-global.com/technical-knowledge/faqs/geothermal-energy>
- [23] ThinkGeoEnergy, "Top 10 Geothermal Countries 2020 – installed power generation capacity", <https://www.thinkgeoenergy.com/thinkgeoenergys-top-10-geothermal-countries-2020-installed-power-generation-capacity-mwe/>

# KAPITOLA 1

## Úvod

Hlavným zdrojom energie bolo do 18. storočia drevo. Využívanie uhlia ako zdroja energie sa začalo prvou priemyselnou revolúciou a v druhej bolo nahradené ropou a plynom. V súčasnosti sú hlavnými zdrojmi energie používanými na celom svete najmä fosílna palivá a jadrová energia.

S jadrovou energiou sú spojené problémy so skladovaním a recykláciou odpadu, ktorý produkuje. Nedávne havárie v jadrových elektrárnach ukázali potenciálne nebezpečenstvo, ktoré predstavuje.

Spaľovanie fosílnych palív je hlavná príčina globálneho otepľovania a zmeny klímy.

Dopyt po energii stále rastie a tento trend bude pokračovať aj v budúcnosti. Je však potrebné zmeniť spôsoby výroby energie a snažiť sa vyhnúť masívnemu využívaniu fosílnych palív s cieľom znížiť skleníkový efekt a zastaviť zmenu klímy.

### DEFINÍCIA

Zelená energia je akýkoľvek druh energie, ktorý pochádza z obnoviteľných zdrojov energie. Vyrába sa pomocou slnečného svetla, vetra alebo vody.

V súčasnosti len 27,3 % výroby elektrickej energie pochádza z obnoviteľných zdrojov energie (Tabuľka 1). Zvyšných 72,7 % pochádza z neobnoviteľných zdrojov výroby elektrickej energie.

Tabuľka 1. Odhadovaný podiel obnoviteľných zdrojov na celosvetovej výrobe elektrickej energie (koniec roka 2019)

Obnoviteľná energia	%
Veterná energia	5.9
Solárna fotovoltika	2.8
Bioenergia	2.2
Geotermálna, CSP a oceánska energia	0.4

V tejto súvislosti musia obnoviteľné alebo ekologické energie zohrávať významnú úlohu pri výrobe energie v budúcnosti. Ekologické zdroje energie nepoškodzujú životné prostredie uvoľňovaním skleníkových plynov do atmosféry. Tento kurz opisuje hlavné zdroje a technológie používané pri výrobe ekologickej energie.

## KAPITOLA 2

# Energia z vodných elektrární

Energia z vodných zdrojov je hlavným obnoviteľným zdrojom na svete, pretože veľká dostupnosť vody umožňuje dosiahnuť vysoký výnos. V súčasnosti pokrýva približne 20 % svetového dopytu po elektrickej energii. Energia z vodných zdrojov zohrá aj v budúcnosti dôležitú úlohu, pretože má významnú úlohu pri znižovaní emisií skleníkových plynov.

### DEFINÍCIA

Elektrina sa z vodných zdrojov získava využitím kinetickej a potenciálnej energie vodného prúdu, vodopádov alebo prílivu a odlivu, prostredníctvom malých vodných elektrární alebo priehrad.

Energia z vodných zdrojov sa využíva už po stáročia. Poľnohospodári už od čias starých Grékov používali vodné kolesá na mletie pšenice na múku. Vodné koleso umiestnené v rieke zachytáva tečúcu vodu lopatkami umiestnenými okolo kolesa. Kinetická energia tečúcej rieky otáča koleso a premieňa sa na mechanickú energiu, ktorá poháňa mlyn. [1]

### DEFINÍCIA

Energiu z vodných zdrojov je jednoduché previesť na elektrickú energiu. Výrobný proces je vysoko efektívny a je schopný dosiahnuť úroveň účinnosti medzi 90 a 95%.

Energiu z vodných zdrojov sa vyznačuje tým, že je jednou z najziskovejších energií. Počiatočná investícia do výstavby vodnej elektrárne je vysoká. Náklady na údržbu tohto typu infraštruktúry sú však nízke.

## 2.1 Typy vodných elektrární

Vodné elektrárne sa zvyčajne nachádzajú ďaleko od veľkých centier spotreby a miesto ich umiestenia je podmienené charakteristikami terénu.

### DEFINÍCIA

Nie všetky vodné elektrárne sú rovnaké. Niektoré vodné elektrárne využívajú priehradu a niektoré nie. V závislosti od spôsobu ich prevádzky existujú v podstate tri prevládajúce typy: akumulčné, prietokové a prečerpávacie [2].

#### **Elektráreň so záchytnou nádržou (akumulačná)**

Je najrozšírenejším a stavebne aj výkonovo najväčším typom vodnej elektrárne. Vybudovaním jednej alebo kaskády viacerých priehrad sa vytvárajú nádrže. Tie slúžia na zadržiavanie veľkého množstva vody a regulovanie toku, ktorý prechádza turbínami vyrábajúcimi elektrickú energiu. To umožňuje, aby výroba energie bola stabilná počas celého roka a uspokojovala potreby elektrickej energie v každom okamihu.

#### **Prietoková elektráreň**

Väčšina malých vodných elektrární je prietokových. Vyznačujú sa tým, že nemajú schopnosť skladovať vodu. To spôsobuje, že tento typ zariadenia podlieha sezónnym riečnym prietokom. Aby sa to minimalizovalo, inštalujú sa zvyčajne na rieky s trvalým a stálym tokom alebo silným prameňom.

V prietokových elektrárňach sa tečúca voda rieky odvádza do kanála, aby roztočila turbínu vyrábajúcu elektrickú energiu. Potom sa odklonená voda vráti do hlavného toku. Výroba elektrickej energie závisí od rýchlosti prúdenia vody.

#### **Prečerpávacie elektrárne**

Ich prevádzka je veľmi podobná prevádzke veľkého akumulátora. Elektráreň má dve nádrže v rôznych nadmorských výškach, ktoré sú navzájom spojené. V čase nízkej spotreby elektrickej energie sa prebytočná energia používa na prečerpanie vody do hornej nádrže pomocou hydraulického čerpadla. V hodinách najväčšieho dopytu po elektrickej energii funguje elektráreň ako bežná akumulčná elektráreň



Obr. 1. Typy vodných elektrární [2].

Vodné elektrárne možno klasifikovať aj podľa veľkosti ich výkonu. Neexistuje medzinárodný konsenzus o stanovení hranice medzi malými a veľkými vodnými elektrárnami. V niektorých krajinách je hranica stanovená na 30 MW, zatiaľ čo v iných na 10 MW. V nasledujúcej tabuľke je uvedená obvyklá klasifikácia [3]:

Tabuľka 2. Klasifikácia vodných elektrární podľa výroby elektrickej energie

Veľkosť vodnej elektrárne	Výkon
Veľká elektráreň	Nad 10-30 MW
Malá elektráreň	1 MW až 10-30 MW
Mini elektráreň	100 kW až 1 MW
Mikro elektráreň	Pod 100 kW



Obr. 2. Vodná elektrárň Mequinenza (Španielsko).



## 2.2 Výhody a nevýhody energie z vodných zdrojov

Niektoré výhody využívania energie z vodných zdrojov [4]:

- **Flexibilita.** Prietok vody, ktorá prechádza turbínami, je možné prispôbiť aktuálnym potrebám.
- **Čistá energia.** Výrobný proces elektrickej energie je ekologický. Neprodukuje odpad ako sa to deje pri energii získanej z fosílnych palív alebo jadrovej energie.
- **Bezpečnosť.** Riziká havárie sú pomerne nízke v dôsledku bezpečnostných opatrení, ktoré sa dnes vo vodných elektrárnach prijímajú.
- **Nevyčerpatel'ný zdroj.** Zdroj energie, voda, je voľný a nevyčerpatel'ný. Obnovuje sa dažďom a topením po snehových zrážkach.
- **Stabilný zdroj energie.** Energia z vodných zdrojov je veľmi stabilná na rozdiel napríklad od slnecnej energie, ktorá priamo závisí od počasia. Vodná energia nezávisí od každodenných dažďov. Zásoby vody je možné uchovávať v priehradách.

Existuje aj niekoľko nevýhod tohoto typu energie, ako napríklad:

- **Vplyvy na životné prostredie.** Výstavba priehrady má dôležité environmentálne dôsledky, pretože ovplyvňuje tok rieky a zaplavuje plochu pôdy, čo má vplyv na flóru a faunu. Budovanie alebo rušenie priehrady má účinky na ryby a riečny ekosystém.
- **Vysoké náklady na vodnú elektrárňu.** Z dlhodobého hľadiska je energia z vodných zdrojov veľmi lacná a údržba jednoduchá, ale výstavba vodnej elektrárne zahŕňa vysoké náklady.
- **Závislosť od podmienok prostredia.** Je pravda, že energia z vodných zdrojov nezávisí od každodenných dažďových alebo snehových zrážok. Nedostatok dažďov však ovplyvní výrobu energie. Ročné obdobia bez zrážok znižujú množstvo zadržovanej vody a limitujú množstvo elektriny, ktorá sa môže vyrobiť.
- **Priehradu nie je možné vybudovať hocikde.** Pre inštaláciu vodnej elektrárne sú dôležité vlastnosti terénu a výška a typ priehradného múru.

## 2.3 Vodná energia vo svete

Najväčším výrobcom vodnej energie na svete je Čína s celkovým inštalovaným výkonom 356,4 GW. Vlastní aj najväčšiu vodnú elektráreň na svete (priehradu Tri roklíny) s kapacitou 22,5 GW [5].

Za Čínou nasleduje Brazília s výkonom 109,1 GW, tesne za ňou nasledujú USA s inštalovaným výkonom 102,8 GW. Jednou z najvýkonnejších elektrární v USA je Grand Coulee s kapacitou 6,81 GW a nachádza sa v rieke Columbia vo Washingtone.

V zozname prvých 10 krajín produkujúcich vodnú energiu na svete v roku 2020 nasleduje Kanada, 81,4 GW, India (50,1 GW), Japonsko a Rusko, obe s výkonom 49,9 GW, Nórsko (32,7 GW), Turecko s výkonom 28,5 GW a nakoniec Francúzsko, ktoré uzatvára zoznam s celkovým inštalovaným výkonom 25,6 GW.

[Interaktívny prvek](#)

[Interaktívny prvek](#)

[Interaktívny prvek](#)

## KAPITOLA 3

# Veterná energia

Veterná energia je jedným z najstarších zdrojov energie využívaných ľuďmi a dnes je najrozšírenejším a najúčinnnejším obnoviteľným zdrojom energie na svete.

### DEFINÍCIA

Veterná energia je po energii z vodných zdrojov druhým najväčším obnoviteľným zdrojom energie na svete.

Slnečné žiarenie nedopadá rovnako na celý povrch Zeme. Niektoré oblasti sú teplejšie ako iné a v týchto oblastiach má vzduch tendenciu stúpať a vytvárať oblasti nízkeho tlaku. V najchladnejších oblastiach vzduch klesá a vytvára oblasti vysokého tlaku. Rozdiel medzi tlakmi spôsobuje pohyb vzduchu a vznik vetra.

### DEFINÍCIA

Veterná energia je obnoviteľná energia, ktorá sa získava zo sily vetra prechádzajúceho veternou turbínou, ktorá premieňa kinetickú energiu prúdenia vzduchu na elektrickú energiu.

Veterná energia je obnoviteľná, efektívna, perspektívna a bezpečná energia, ktorá je kľúčom k prechodu na nový typ energetiky a dekarbonizácii hospodárstva.

### DEFINÍCIA

Veterné turbíny sa zoskupujú do tzv. veterných fariem.

Počet veterných turbín, ktoré tvoria veternú farmu je veľmi variabilný a v zásade závisí od tvaru povrchu a charakteristík vetra v danej lokalite. Pred vybudovaním veternej farmy sa prúdenie vzduchu sleduje na zvolenom mieste po dobu, ktorá je zvyčajne dlhšia ako jeden rok. Dôležitými parametrami sú smery vetra a jeho rýchlosť.

### DEFINÍCIA

Veterné farmy sa môžu nachádzať na pevnine alebo na mori (pobrežné). Na pevnine sú stále najbežnejšie, hoci na mori zaznamenali v Európe v posledných rokoch výrazný rast.

Prvá pobrežná veterná farma na svete bola inštalovaná vo Vindeby pri južnom pobreží Dánska v roku 1991. Po tridsiatich rokoch je energia z veterných elektrární na mori vyspelou, rozsiahlou technológiou poskytujúcou elektrickú energiu miliónom ľudí na celom svete. Nové inštalácie dosahujú

vysoké kapacitné faktory a náklady za posledných 10 rokov neustále klesali [6].

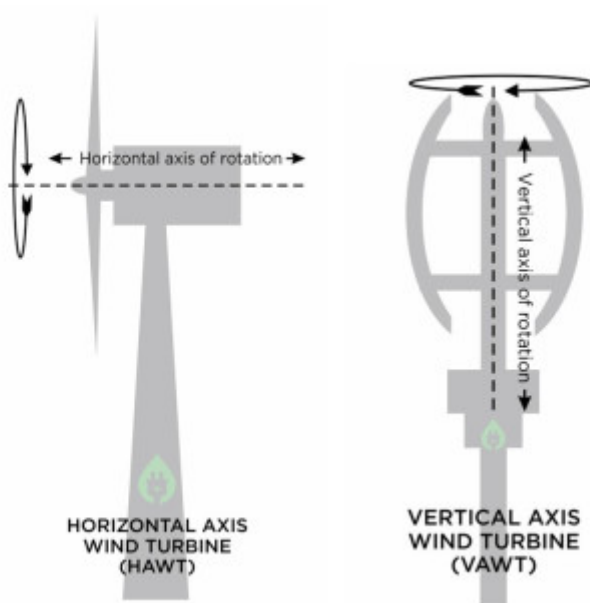
[Interaktívny prvek](#)

### 3.1 Typy veterných turbín

Existujú dva typy veterných turbín v závislosti od smeru osi otáčania: veterné turbíny s horizontálnou osou (HAWT) a veterné turbíny s vertikálnou osou (VAWT) [7-8]. HAWT sú najbežnejším typom veterných turbín, môžeme ich nájsť vo veľkých veterných elektrárnach, kde sa môžu použiť nad 1 MW výkonu.

HAWT pozostáva z ocelevej veže s výškou od 60 do 100 metrov. V hornej časti veže sa nachádza gondola, kde sú umiestnené najdôležitejšie prvky veternej turbíny. V prednej časti gondoly sú dve alebo tri dlhé (20-60 metrov) a tenké lopatky orientované tak, aby smerovali priamo proti prúdeniu vetra. Väčšina lopatiek pre veľké veterné turbíny je vyrobená zo sklenených vlákien alebo kompozitných materiálov. Životnosť lopatky je približne 15-20 rokov. Tento typ veternej turbíny môže generovať veľmi premenlivý výkon, (až 10-12 MW) v závislosti od vetra v danej lokalite a počasia.

VAWT je v podstate veterná turbína, v ktorej je hriadeľ rotora inštalovaný vzpriamene a môže vyrábať elektrickú energiu bez ohľadu na to, odkiaľ vietor prichádza. VAWT majú kratšie a širšie zakrivené lopatky, ktoré sa podobajú šľahačom používaným v elektrickom mixéri. Výhodou tohto typu veternej turbíny je, že dokáže vyrábať elektrickú energiu aj na miestach so slabým vetrom a v mestských oblastiach, kde stavebné predpisy vo všeobecnosti zakazujú inštaláciu horizontálnych veterných turbín. VAWT nepotrebujú smerovací mechanizmus a elektrický generátor môže byť umiestnený na zemi. Výhodou týchto veterných turbín je, že sú menšie a ľahšie ako horizontálne veterné turbíny, ale vyrobenej energie je menej, pretože ich účinnosť je v porovnaní s HAWT oveľa nižšia.



Obr. 3. Veterné turbíny HAWT vs VAWT [8].

#### DEFINÍCIA

Množstvo elektrickej energie vyrobenej veternou turbínou je úmerné tretej mocnine rýchlosti vetra.

Veterné turbíny sú vo všeobecnosti umiestnené v oblastiach s vysokou rýchlosťou vetra, zvyčajne na vrcholoch kopcov alebo v plochých otvorených oblastiach. Veterné turbíny vyžadujú minimálnu rýchlosť (zvyčajne 12-14 km/h) vetra, aby mohli začať vyrábať elektrickú energiu. Táto rýchlosť je tiež známa ako nábehová rýchlosť („cut-in“). Silný vietor s rýchlosťou od 50 do 60 km/h zaručuje maximálny výstupný výkon. Pri rýchlosti vetra nad 90 km/h bývajú turbíny zastavené, aby sa predišlo poškodeniu (rýchlosť „cut-out“).

## 3.2 Výhody a nevýhody veternej energie

Veterná energia ponúka množstvo výhod a tiež pomáha minimalizovať vplyv na zmenu klímy. Tu sú niektoré z hlavných výhod:

- **Obnoviteľná a čistá energia.** Je to obnoviteľný prírodný zdroj, ktorý neprodukuje emisie ani znečisťujúce látky do ovzdušia.
- **Dostupnosť.** Veterná energia je k dispozícii takmer všade na planéte, prispieva k prosperite a vytváraniu lokálnych pracovných miest.
- **Rozmiestnené takmer na akomkoľvek mieste.** Veterné turbíny môžu byť inštalované na miestach, ktoré nie sú vhodné na iné účely, ako sú púštne oblasti. Môžu byť súčasne prevádzkované s iným využitím pôdy. Napr. s pestovaním plodín alebo chovom hospodárskych zvierat.
- **Rýchla inštalácia.** Veterné turbíny môžu byť inštalované v rôznych výškach, aby sa dosiahla stabilná výroba.
- **Lacná energia.** Považuje sa za lacnú energiu, ktorej cena zostáva pomerne stabilná, takže môže konkurovať z hľadiska rentability tradičných zdrojov energie. Môže byť tiež zdrojom úspor.

Najväčšou nevýhodou tohto typu energie je plánovanie získavania energie v dôsledku náhodnosti vetra. Tu sú ďalšie nevýhody:

- **Nedostatok vetra.** Tento dôvod zabraňuje použitiu veternej energie ako jediného zdroja elektrickej energie. To by sa však dalo vyriešiť pomocou zariadení na skladovanie elektrickej energie.
- **Obmedzenie rýchlosti vetra.** Ak je rýchlosť vetra vyššia ako maximum, ktoré veterná turbína vydrží bez poškodenia, zníži sa výroba elektrickej energie. Riadiace systémy veternú turbínu odstavia alebo upraví polohu lopatiek tak, aby sa obmedzil účinok silného vetra.
- **Musia byť vybudované vysokonapäťové vedenia.** Na distribúciu elektrickej energie z veterných elektrární je potrebné vybudovať vysokonapäťové vedenia schopné prenášať maximálne množstvo vyrobenej elektriny.
- **Vplyv na životné prostredie.** Rozmiestnenie veterných fariem spôsobuje škody. Predovšetkým úmrtia vtákov a netopierov a má tiež negatívny vplyv na vizuálny vzhľad okolitej krajiny. Nový dizajn veterných turbín tento trend mení.
- **Veterné elektrárne zaberajú veľké plochy.** Veterné turbíny musia byť oddelené jedna od druhej a tá istá oblasť sa môže používať súčasne na iné účely.
- **Nestabilný zdroj energie.** Náhodnosť vetra je vážnou prekážkou pri plánovaní stabilnej výroby energie napriek tomu, že najnovšie meteorologické pokroky v predpovedi vetra situáciu výrazne zlepšili.

### 3.3 Veterná energia vo svete

Medzinárodná agentúra pre obnoviteľnú energiu IRENA (International Renewable ENergy Agency) odhaduje, že celosvetová výroba veternej energie do konca roka 2020 presiahla 732 GW [9]. V roku 2021 mala Čína najväčšiu inštalovanú kapacitu veternej energie, 342 GW, čo je viac ako štvrtina kapacity veternej energie na svete.

Po Číne nasledujú Spojené štáty s výkonom 139 GW. Samotný štát Texas produkuje štvrtinu veternej energie v Spojených štátoch s výkonom 24,9 GW, čo poskytuje viac veternej energie ako 25 ďalších amerických štátov dohromady.

S určitým odstupom za nimi nasleduje Nemecko s výkonom 64 GW, ktorému patrí prvenstvo medzi európskymi krajinami čo sa týka inštalovaného výkonu veterných elektrární. Nasleduje India so 42 GW a Španielsko s 29 GW.

Taliansko uzatvára zoznam top 10 krajín vyrábajúcich elektrickú energiu pomocou veternej energie s inštalovaným výkonom vetra 12,7 GW

[Video 1](#)



## KAPITOLA 4

# Fotovoltaická solárna energia

Slnčná energia, ktorá celoročne dopadá na zemský povrch, predstavuje asi päťtisícnásobok energetickej náročnosti svetovej populácie. Je hlavným dostupným zdrojom obnoviteľnej energie. Slnčná energia ponúka rad výhod oproti iným obnoviteľným energiám. Neprodukuje žiadne emisie ani znečisťujúce látky. Nevydáva žiadny hluk, jej výroba je tichá a je k dispozícii po celej planéte. Všetky miesta na Zemi nemôžu získať rovnaké množstvo energie zo Slnka. Existujú dve technológie na využívanie solárnej energie: fotovoltaická solárna technológia a solárna termálna technológia.

Termín fotovoltaika (PV) pochádza z gréckeho slova Photo (svetlo) a mena talianskeho fyzika Alessandra Volta, vynálezcu chemickej batérie.

### DEFINÍCIA

Fotovoltaická solárna technológia umožňuje priamu transformáciu slnečného žiarenia na elektrickú energiu. Využíva energiu dopadajúcich fotónov na výrobu elektrickej energie a pomocou solárnych článkov generuje elektrický prúd. Solárne články sú zapojené do solárnych modulov.

Edmund Bequerel objavil fotoelektrický jav v roku 1839. Albert Einstein navrhol matematický popis fotoelektrického javu, pri ktorom bola emisia elektrónov produkovaná absorpciou kvant svetla, ktoré neskôr nazvali fotóny [10]. Za toto vysvetlenie fotoelektrického javu získal Einstein v roku 1921 Nobelovu cenu za fyziku.

Solárna termálna technológia využíva slnečnú energiu na ohrev vody, ktorá môže byť použitá na domácu spotrebu: vykurovanie, úžitkovú teplú vodu alebo na výrobu mechanickej energie, ktorú potom môžeme premeniť na elektrickú energiu. Solárna termálna energia sa tiež používa na napájanie absorpčných chladiacich zariadení, ktoré namiesto použitia elektrickej energie na výrobu chladu používajú teplo.

Základnými prvkami slnečnej termálnej energie sú solárne kolektory. Tie zachytávajú slnečné žiarenie a menia ho na tepelnú energiu. Teplo sa používa na priamy ohrev vody alebo špeciálnej kvapaliny, ktorá následne ohrieva vodu prostredníctvom výmenníka.

### SÚHRN

V tejto kapitole sa zameriame na podrobnú analýzu fotovoltaickej solárnej energie.

[Video 2](#)

## 4.1 Slnčné žiarenie

### DEFINÍCIA

Slnčné žiarenie je energia vyžarovaná Slnkom, ktorá sa šíri vo všetkých smeroch vesmírom formou elektromagnetických vln.

Žiarenie, ktoré prichádza zo Slnka, sa rovná žiareniu vyžarovanému čiernym telesom pri teplote 6000 K. Časť energie, ktorá sa k nám dostáva zo Slnka (asi 30% žiarenia), sa odráža späť do vesmíru. Molekuly plynu a rozptýlené častice, ktoré sú prítomné v rôznych vrstvách atmosféry, absorbujú ďalšiu časť a zvyšok sa dostane na zemský povrch.

V rovníkových oblastiach slnečné žiarenie dopadá kolmejšie a pri pólach šikmejšie, takže jeho intenzita je tam menšia. Atmosféra filtruje slnečné svetlo. Keď sme vo vyššej nadmorskej výške, kde je atmosférická vrstva tenšia, energia, ktorú prijímame zo Slnka, je väčšia.

### DEFINÍCIA

Pojem slnečné žiarenie sa vzťahuje na hodnoty slnečného žiarenia, to znamená množstvo žiarenia prijatého na jednotku plochy.

Slnčné žiarenie odpovedá energii, ktorá pochádza z priameho žiarenia zo Slnka a z rozptýleného žiarenia, ktoré sa šíri atmosférou a pochádza z ostatných zdrojov z vesmíru.

Príkon slnečného žiarenia na vonkajšej hranici zemskej atmosféry, tj. po prekonaní vzdialenosti asi 150 miliónov kilometrov zodpovedá približne  $1\,360\text{ W/m}^2$ . Táto hodnota sa nazýva Slnčná konštanta:  $G_{sc}$ . Obr. 4 ukazuje spektrálnu hustotu žiarenia, ktorú dostávame od Slnka na zemskom povrchu ako funkciu jeho vlnovej dĺžky (mimo atmosféry a na zemskom povrchu) doplnená o absorpciu v atmosfére spojenú s rôznymi prvkami, ktoré sú v ňom prítomné. Ako je vidieť na obrázku, väčšina energie je sústredená vo viditeľnom spektre, medzi vlnovými dĺžkami 0,4 a 0,8  $\mu\text{m}$ .

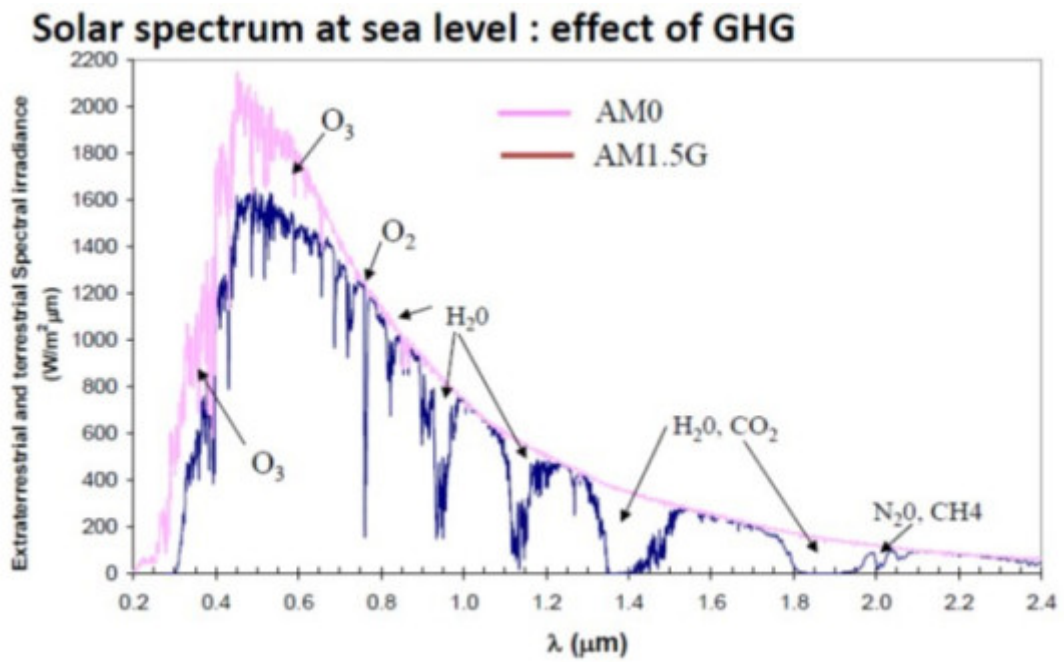
### DEFINÍCIA

Energia fotónov závisí od ich vlnovej dĺžky ako to ukazuje nasledujúca rovnica:

$$E = h \frac{c}{\lambda},$$

kde  $h$  je Planckova konštanta,  $c$  rýchlosť svetla a  $\lambda$  je vlnová dĺžka.

Aby sa fotón absorboval a vytvoril pár nosičov (elektrón/diera) v materiáli je potrebné, aby energia fotónu bola vyššia ako energia zakázaného pásma daného materiálu. Okrem toho má každý polovodičový materiál, ktorý sa používa pri výrobe solárnych článkov určitý absorpčný koeficient  $\alpha$ . Pri prechode materiálom je svetlo oslabené. Absorpcia je úmerná jeho intenzite a závislá na vlnovej dĺžke. Počet fotónov, ktoré prenikajú do polovodičového materiálu, exponenciálne klesá s funkciou  $\alpha$  a vzdialenosťou ktorú prejdú. (Lambertov zákon) [11].



Obr. 4. Úroveň slnečného žiarenia dopadajúceho na zemský povrch.

## DEFINÍCIA

Slnečné spektrum mimo zemskú atmosféru sa označuje AM0 (AM: hmotnosť vzduchu, množstvo atmosféry, ktorou prechádza slnečné žiarenie). Slnečné spektrum zemského povrchu je sa označuje AM1,5.

## 4.2 Fotovoltický generátor

### DEFINÍCIA

Elektronické zariadenie premieňajúce slnečnú energiu vo forme dopadajúcich fotónov pomocou fotoelektrického javu na elektrickú energiu (tok voľných elektrónov vytvárajúcich elektrický prúd) je solárny článok.

Dôležitou vlastnosťou solárneho článku je jeho účinnosť.

### DEFINÍCIA

Účinnosť solárneho článku je definovaná ako pomer medzi elektrickým výkonom, ktorý je schopný dodávať na svojom výstupe a výkonom svetla dopadajúceho na jeho povrch:

$$\eta = \frac{V_m I_m}{G A},$$

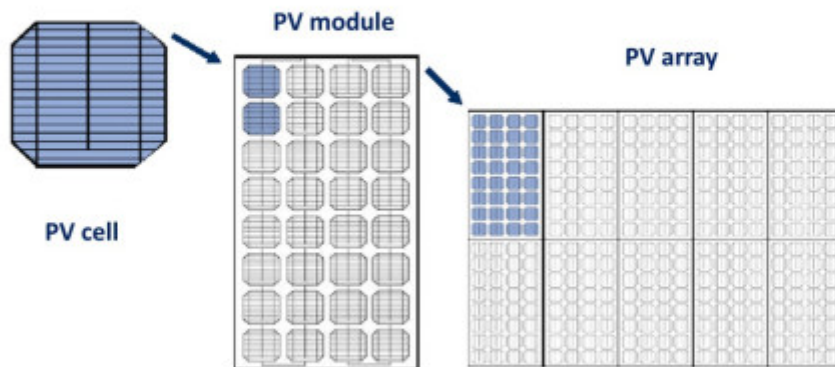
kde  $V_m$ ,  $I_m$  sú maximálne napätie a prúd na výstupe solárneho článku za štandardných podmienok (STC), žiarenie  $G = 1000 \text{ W/m}^2$  pri teplote  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  a  $A$  je plocha solárneho článku.

W. G. Adams a R.E. Day vyrobili prvý solárny článok pomocou selénu (Se) v roku 1877, ale až v roku 1954 bol v Bell Laboratories vyrobený prvý kremíkový (Si) solárny článok s účinnosťou 6%. To nám dáva predstavu o tom aká je fotovoltická technológia mladá. Napriek tomu je to dnes veľmi vyspelá technológia.

Väčšina solárnych článkov je založená na polovodičových materiáloch, kde bol vytvorený p-n prechod zložený z oblasti s nedostatkom elektrónov (p) a oblasti s prebytkom elektrónov (n). Vytvára sa tým elektrické pole, ktoré umožňuje elektrónom pohyb určitým smerom a vytvárať elektrický prúd na výstupe zariadenia.

Solárne články sú zapojené sériovo, aby sa dosiahlo vyššie výstupné napätie. Články vytvárajú fotovoltické moduly [12]. Niektoré fotovoltické moduly majú niekoľko sériových vetiev zapojených aj paralelne, čo umožňuje získať väčší výstupný prúd. Na trhu nájdeme fotovoltické moduly s veľmi odlišnými výstupnými výkonmi v závislosti od počtu solárnych článkov, ktoré obsahujú a ako sú navzájom prepojené. Účinnosť fotovoltických modulov závisí od účinnosti použitých solárnych článkov a teda od materiálov a technológií použitých pri ich výrobe.

## PV is Modular



Obr. 5. Od solárnych článkov až po fotovoltické panely.

PV je modulárna a škálovateľná technológia. Fotovoltické moduly sa prepájajú paralelne aj sériovo ako je to znázornené na obr. 5.

[Interaktívny prvek](#)

### 4.3 Výrobné technológie fotovoltaických modulov

95% solárnych článkov vyrobených v roku 2020 bolo vyvinutých na kremíkovom (Si) substrátovom disku (tzv. wafer). Pri väčšine, 84%, bol použitý monokryštalický kremík (c-Si) a zvyšok multikryštalický kremík (mc-Si) [13]. Maximálna účinnosti c-Si článkov je 26,7%, zatiaľ čo pri mc-Si je dosiahnutá účinnosť 24,4%.

Niektoré tenkovrstvové technológie používajú pri výrobe solárnych článkov lacnejšie materiály (CIGS alebo CdTe) s nižšou účinnosťou. V poslednej dobe sa zvýšil výskum a výroba solárnych článkov založených na materiáloch, ako sú perovskity alebo kesterity. Sú lacnejšie ako Si a v prípade solárnych článkov na báze perovskitov sa dosahuje účinnosť 25,5%.

Najvyššie hodnoty účinnosti pri solárnych článkoch, až 47% [14], dosahujú tzv. tandemové solárne články na báze zlúčenín III-V skupiny, ktoré lepšie využívajú slnečné spektrum. Skladajú sa z niekoľkých solárnych článkov zapojených do série. Ich výroba je nákladná, preto je ich použitie obmedzené na oblasť kozmického priemyslu.

V súčasnosti má väčšina komerčných fotovoltaických modulov založených na c-Si alebo mc-Si účinnosť okolo 20%. Najvyššie hodnoty účinnosti fotovoltaických solárnych moduloch rôznych technológií sú zhrnuté v nasledujúcej tabuľke.

Tabuľka 3. Najvyššia efektívnosť fotovoltaického modulu 2020. [14]

Technológia	Účinnosť (%)	Výrobca
c-Si	24.4	Kaneka
mc-Si	24.4	Hanwha Q cells
GaAs (tenký film)	25.1	Alta devices
CdTe (tenký film)	19	First Solar
Perovskite	17.9	Panasonic
Multi-prechod ( III-V)	31.2	Sharp

Náklady na výrobu fotovoltaických modulov klesli za posledných 40 rokov o 26%.

Dnes je fotovoltaická solárna energia vyspelou technológiou a umožňuje výrobu elektrickej energie za konkurencie schopné náklady (medzi 14 a 20 USD / MWh) [13]. V roku 2021 bola cena na elektrickú energiu v Španielsku na úrovni 200 EUR / MWh a rovnako aj vo zvyšku krajín Európskej únie sa očakáva, že cena elektriny vyrobenej z neobnoviteľných zdrojov bude v budúcnosti naďalej rásť.

#### DEFINÍCIA

Celkový fotovoltaický výkon inštalovaný na svete je dnes 760 GW a zamedzuje emisiám 875 miliónov ton CO<sub>2</sub> ročne. Stále však predstavuje malé percento celosvetovej výroby elektrickej energie.

Rozvoj fotovoltaických solárnych systémov bude pokračovať exponenciálnym tempom. Je jedným z najdôležitejších nástrojov pri riešení globálneho otepľovania a bude zohrávať kľúčovú úlohu pri prechode na nový typ energetiky

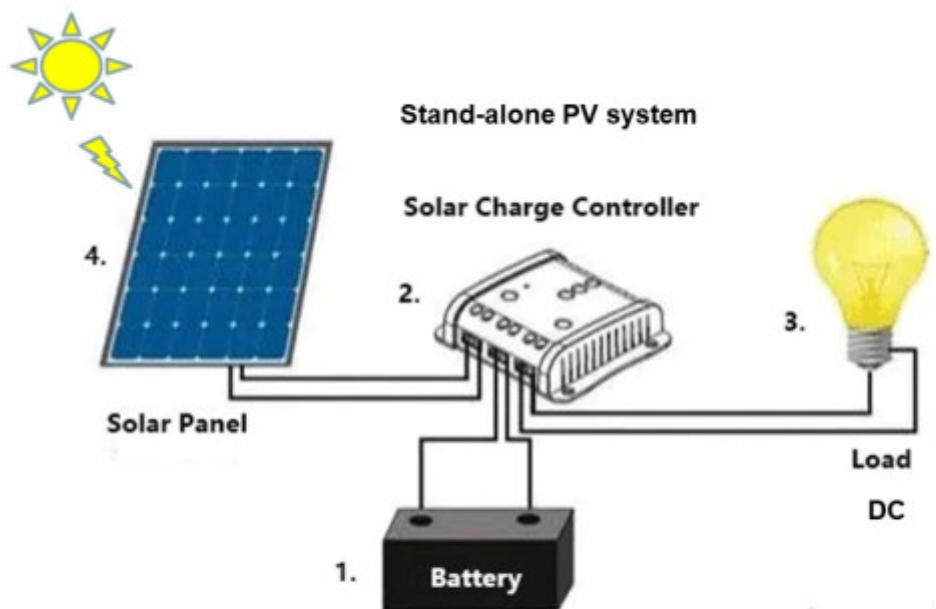
## 4.4 Fotovoltické systémy

Fotovoltické systémy možno rozdeliť na dva typy: samostatné fotovoltické systémy a fotovoltické systémy pripojené do siete .

### DEFINÍCIA

Samostatné fotovoltické systémy sa používajú, keď nie je možné pripojiť sa k elektrickej distribučnej sieti.

Samostatné fotovoltické systémy boli prvými systémami používanými v tejto oblasti a spôsoby ich využitia sú viaceré: čerpanie vody, telekomunikačné zariadenia, rozhlasové a televízne vysielacie, družicové systémy alebo vesmírnych lode, využitie v domácnostiach atď.



Obr. 6. Samostatný fotovoltický systém.

Tabuľka 4. Prvky zahrnuté do samostatného fotovoltického systému

Prvok	Popis
[1] Fotovoltické moduly	V závislosti od spôsobu využitia sa veľkosť modulu môže líšiť od systémov s veľmi nízkym výkonom (jeden modul) až po generátory s niekoľkými kW špičkového výkonu.



[2] Regulator nabijania	Tento prvok je zodpovedný za ochranu batérií a ich udržiavanie v dostatočnom stave nabitia v závislosti od energetickej náročnosti systému a aktuálne dostupného výkonu fotovoltaického modulu. Môže obsahovať sledovače maximálneho výkonu MPPT (systém Maximum power point tracking), aby sa maximalizovalo využitie vyrobenej energie. To umožňuje aby fotovoltaický modul pracoval s maximálnym výstupným výkonom. Zvyšok systému pracuje vždy s napätím batérie a prúdom požadovaným záťažou.
[3] Batérie	Sú to akumulátory energie, ktoré umožňujú dodávať elektrický prúd do záťaže, keď fotovoltaický generátor nevyrába (napríklad v noci). Keď systém začne vyrábať energiu, automaticky dobíja batérie.
[4] Systémová záťaž	Elektrická záťaž, ktorú musí fotovoltaický systém napájať jednosmerným prúdom (DC). Ak sú prítomné záťaže, ktoré je potrebné napájať striedavým prúdom (AC), je možné zapojiť prevodník DC / AC (menič).

## DEFINÍCIA

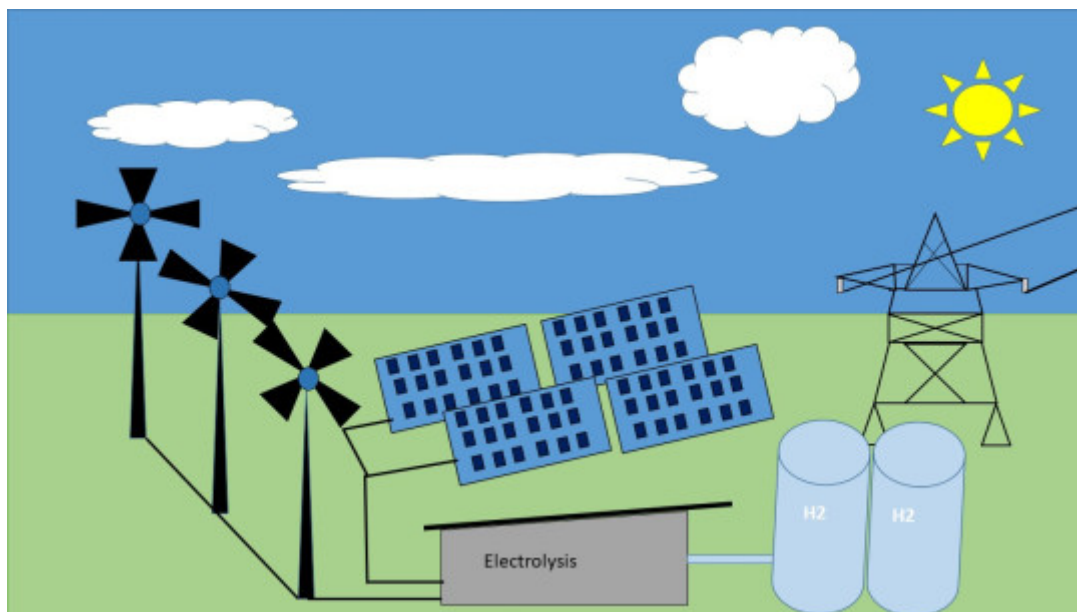
Druhým typom fotovoltaických systémov sú systémy napojené na elektrickú distribučnú sieť.

V súčasnosti je do siete pripojených viac ako 90 % existujúcich fotovoltaických systémov. V tejto skupine systémov nájdeme zariadenia navrhnuté ako veľké generátory elektrickej energie (až stovky MW), ktoré sa používajú na dodávanie energie do distribučnej siete. Okrem toho systémy so stredným výkonom (do 500 kW) sú určené pre priemyselné alebo komerčné sklady, ktoré dodávajú energiu do siete, ale predovšetkým sa používajú na napájanie vnútornej spotreby týchto zariadení. Každý deň sa v domácnostiach inštaluje viac fotovoltaických systémov pripojených k sieti na využitie pre vlastnú spotrebu. Ak je prebytok energie, môže sa dodávať do siete, ak to predpisy krajiny umožňujú. V týchto prípadoch existujú dva typy stratégií na kompenzáciu tejto energie prijatej do siete.

## DEFINÍCIA

V prvom prípade, pri tzv. sieťovom meraní (net metering) elektrárenske spoločnosti, ku ktorým je systém pripojený, dávajú za prijatú energiu zľavu za spotrebovanú energiu. V druhom prípade, pri tzv. výkupných tarifoch (feed-in tariff) elektrárenske spoločnosti platia priamo platia za energiu poskytnutú do siete.

Súčasťou fotovoltaických systémov pripojených do siete, najmä ak sú využité pre vlastnú spotrebu, sú aj batérie na ukládanie energie vyrobenej fotovoltaickým systémom. Znižuje sa tým priama spotreba zo siete v prípade, že fotovoltaický systém nie je schopný uspokojiť energetickú náročnosť zaťaženia.



Obr. 7. Blokový diagram fotovoltaického systému pripojeného k sieti.

Jeho hlavnými prvkami sú:

Tabuľka 5. Hlavné prvky fotovoltaických systémov pripojených do siete

Prvok	Popis
Fotovoltaický generátor	Od niekoľkých kW až po stovky MW v závislosti od spôsobu využitia.
Striedač	Zodpovedný za konverziu jednosmerného prúdu fotovoltaického generátora na striedavý. V závislosti od veľkosti systému sa počet meničov a ich menovitý výkon môžu pri každom spôsobe využitia líšiť. Tieto meniče obsahujú systémy MPPT, aby sa zabezpečilo, že fotovoltaický generátor vždy pracuje v maximálnom výkonovom bode.
Ochrany	Poistky, diódy, ručné a automatické spínače alebo vypínače, uzemňovacie spojenia, systémy ochrany napájania atď. (v závislosti od predpisov každej krajiny).
Meradlá	Merajú energiu poskytovanú do siete. V prípade využitia vlastnej spotreby je možné použiť obojsmerné merače, ktoré merajú energiu dodávanú do siete aj jej spotrebu v prípade spätného odberu.
Záťaže	Záťaže na striedavý prúd prítomné v systéme.

[Video 3](#)

## KAPITOLA 5

# Vodíkové technológie

### DEFINÍCIA

Vodík,  $H_2$ , je dvojatómový plyn, ktorý je bezfarebný, bez zápachu a netoxický. Má vysokú energetickú hodnotu na jednotku hmotnosti (energetickú hustotu), ktorá je oveľa väčšia ako u tradičných palív. Je to obnoviteľné palivo a zásoby sú nevyčerpatel'né.

Tento prvok je na Zemi vždy kombinovaný s inými prvkami, napríklad s kyslíkom tvorí vodu ( $H_2O$ ), s uhlíkom tvorí uhľovodíky a s inými prvkami tvorí množstvo iných zlúčenín. Na jeho výrobu sú potrebné chemické alebo elektrochemické procesy, ktoré spotrebujú väčšie množstvo energie ako bude energia získaná využitím vyrobeného vodíku.

V súčasnosti sa  $H_2$  používa vo viacerých sektoroch priemyslu: v chemickom, petrochemickom, hutníckom a pri výrobe elektroniky. Jeho veľký potenciál spočíva v energetickom sektore.  $H_2$  môže byť použitý ako palivo na získavanie tepla z jeho spaľovania, rovnako ako to je pri zemnom plyne. Výhodou je, že keď  $H_2$  horí, vzniká iba vodná para namiesto skleníkových plynov, ktoré pochádzajú z fosílnych palív. Na druhej strane tiež umožňuje výrobu elektrickej energie prostredníctvom elektrochemických procesov.

Použitie  $H_2$  umožní vývoj širokého množstva súvisiacich technológií. Dobrým príkladom sú palivové články poháňané  $H_2$ , ktoré majú vysokú účinnosť a širokú škálu využitia v mobilných aj stacionárnych systémoch.

Výsledky dosahované v posledných rokoch vo výskumných, vývojových a demonštračných programoch jasne zvýšili medzinárodný záujem o tieto technológie predstavujúce veľký potenciál. Očakáva sa, že sa významnou mierou uplatnia v globálnom energetickom sektore a mohli by výrazne pomôcť zmierniť účinky zmeny klímy.

Vodíkové technológie zahŕňajú všetky procesy spojené s jeho výrobou, skladovaním, prepravou a spaľovaním.

## 5.1 Výroba H<sub>2</sub>

H<sub>2</sub> sa zvyčajne klasifikuje podľa zdrojov energie použitých pri jeho výrobe a ich udržateľnosti. Podľa tejto klasifikácie môžeme hovoriť o troch rôznych typoch: Sivý H<sub>2</sub>, modrý H<sub>2</sub> a zelený H<sub>2</sub>.

Sivý H<sub>2</sub> je ten, ktorý sa vyrába zo zdrojov energie fosílného pôvodu: zemný plyn (metán CH<sub>4</sub>), ropa alebo uhlie. Tieto procesy spôsobujú emisie znečisťujúcich látok. V súčasnosti je 99 % svetovej produkcie H<sub>2</sub> tohto typu a produkuje veľmi významné emisie CO<sub>2</sub>.

Najbežnejšie metódy výroby sivého H<sub>2</sub> sú štiepenie zemného plynu (steam reforming) a splyňovanie uhlia.

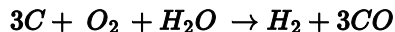
Metóda štiepenia zemného plynu je najlacnejšia a najpoužívanejšia. Tento proces je založený na vystavení reaktantov teplotám medzi 700 a 850 ° C pri tlaku pod 25 barov ako to ukazuje nasledujúca reakcia:



Takto získaný oxid uhoľnatý (CO) v reakcii s vodnou parou, vytvorí oxid uhličitý (CO<sub>2</sub>) a vodík:



Druhým najpoužívanejším procesom pri výrobe H<sub>2</sub> je splyňovanie uhlia. Najjednoduchšia reakcia je nasledovná:

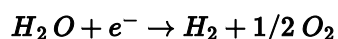


Aby sa predišlo emisiám CO<sub>2</sub> a znížili sa účinky na zmenu klímy, je potrebné vykonať prechod od sivého H<sub>2</sub> k modrému H<sub>2</sub> a predovšetkým podporiť výrobu zeleného H<sub>2</sub>, obnoviteľného aj bez priamych emisií CO<sub>2</sub>.

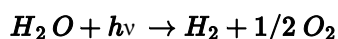
Modrý H<sub>2</sub> sa získava aj zo zdrojov fosílného pôvodu, ale v tomto prípade sa používajú menej znečisťujúce výrobné procesy. Tieto procesy zvyčajne zahŕňajú mechanizmy zachytávania a ukladania CO<sub>2</sub>. Ak pri výrobe nedochádza k emisiám znečisťujúcich látok, výsledný H<sub>2</sub> sa nazýva tyrkysový. Je ho možné získať pyrolýzou pomocou reakcie:



Ďalším známym procesom, ktorý prešiel v poslednom desaťročí veľkým vývojom, je elektrolyza H<sub>2</sub>O. Voda sa rozkladá na vodík a kyslík použitím elektrickej energie nasledovne:



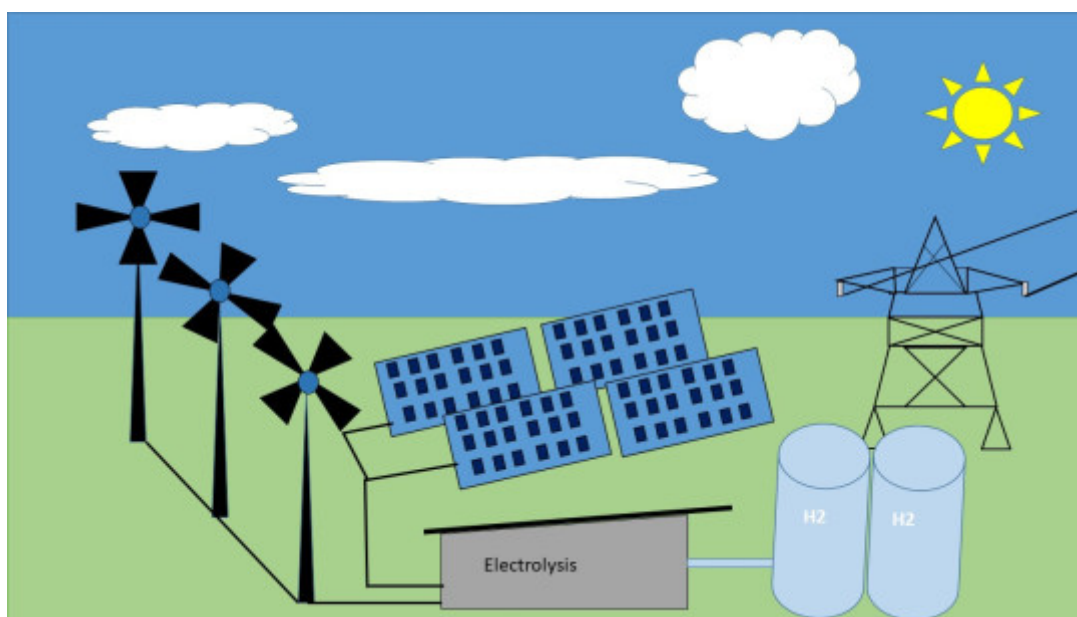
Elektrolyza H<sub>2</sub>O sa môže vykonať aj pomocou slnečnej energie, tzv. fotónov, ktoré priamo rozkladajú molekuly vody. Tento proces sa nazýva fotolýza:



**DEFINÍCIA**

H<sub>2</sub> získaný z obnoviteľných zdrojov energie (veterná, solárna, vodná atď.), s nízkymi alebo žiadnymi emisiami CO<sub>2</sub>, sa nazýva zelený alebo obnoviteľný H<sub>2</sub>.

Najdôležitejšou vlastnosťou tohoto H<sub>2</sub> je, že umožňuje transformáciu elektrickej energie na skladovateľný, prepravovateľný produkt s rôznym využitím. Koncept je však širší, pretože existujú aj iné obnoviteľné a nevyčerpatelné zdroje, ktoré možno použiť v procesoch, pri ktorých vzniká zelený H<sub>2</sub> napr. z lesnej biomasy alebo organických zlúčenín.



Obr. 8. Výroba zeleného vodíka

Najpoužívanejšie metódy výroby H<sub>2</sub> sú uvedené v nasledujúcej tabuľke.

Tabuľka 6. H<sub>2</sub> Výrobné procesy [15 – 16]

Procesy	Elektrolytické procesy	Termolytické procesy	Biologické procesy	Fotonické procesy
Konverzia chémie				
Štiepenie zemného plynu (steam reforming)	Elektrolýza (H <sub>2</sub> O)	Priama termolýza z H <sub>2</sub> O	Fermentácia (baktérie)	Fotolýza
Splynovanie (plyn alebo uhlie)		Tepelné cykly	Rozklad biomasy bez prístupu vzduchu (anaeróbne trávenie)	Fotobiolýza
Pyrolýza (biomasa alebo zemný plyn)				Fotokatalýza

## 5.2 Preprava a skladovanie H<sub>2</sub>

K perspektívnym technológiám skladovania elektrickej energie patrí vodík a syntetický metán vznikajúci pri výrobe vodíka. Umožňujú dlhodobé skladovanie veľkého množstva elektriny z obnoviteľných zdrojov.

Problémom úložiska H<sub>2</sub> je veľký objem, ktorý napriek vysokej energetickej kapacite zaberá. Príčinou je nízka hustota. Na zvýšenie objemovej hustoty sa používa kompresia alebo skvapalnenie.

Najbežnejším spôsobom používaným sa skladovanie vodíka sú tlakové oceľové fľaše alebo nádrže z ľahkých uhlíkových vlákien. Jedná sa o najvyspelejšiu technológiu skladovania.

Vodík sa môže skladovať aj v kvapalnej forme pri kryogénnych teplotách (-253 °C), čo výrazne zvyšuje jeho energetickú hustotu na jednotku objemu aj pri nízkych tlakoch. Veľkou nevýhodou je, že proces skvapalňovania si vyžaduje veľké množstvo energie a že požadované nízke teploty veľmi sťažujú jeho využitie v dopravných prostriedkoch.

Vodík sa môže skladovať aj v pevnom stave pomocou materiálov na báze uhlíka (nanotrúbice a grafitové nanovlákná) alebo nabíjateľných hydridov (dvojprvkových zlúčenín vodíka). V tomto prípade sa skladovanie vykonáva na povrchoch pevných látok adsorpciou (viazanie látky na povrch obvykle pevnej látky) alebo v nich absorpciou (rozpúšťaním či pohlcovaním plynnej látky v kvapaline alebo pevnej látke).

Vodík je možné prepravovať na veľké vzdialenosti po mori pomocou tankerov, po zemi cisternovými nákladnými vozidlami, vlakmi a potrubím (plynovody). Táto posledná možnosť si vyžaduje značné investície do infraštruktúry, ale následne umožňuje nižšie náklady na dopravu ako ostatné možnosti vzhľadom na veľký objem, ktorý umožňuje prepraviť. Náklady na plynovod pre H<sub>2</sub> sú oveľa vyššie ako náklady potrebné na klasický plynovod. Dôvodom je nižšia energetická hustota H<sub>2</sub> na jednotku objemu. Na dodanie rovnakého množstva energie je potrebné potrubie s väčším priemerom alebo vyššie tlaky.

## 5.3 Využitie

V súčasnosti sa väčšina  $H_2$  používa na výrobu amoniaku a iných chemikálií, väčšinou hnojív. Používa sa aj v ropnom priemysle v rafinériách v rôznych procesoch.

Dôležité je využitie vodíka v metalurgii na získanie ocele zo železa. Rovnako aj pri výrobe základných chemických výrobkov (metanol alebo amoniak) a pri vývoji syntetických uhl'ovodíkov.

Medzi oblasti s najväčším potenciálom využitia vodíka patrí doprava. Osobné automobily, nákladné vozidlá, autobusy, motocykle a dokonca aj bicykle s použitím palivových článkov vytvárajú  $H_2O$  ako jediný odpad, ktorý prispieva k zlepšeniu kvality ovzdušia a zníženiu globálneho otepľovania.

### DEFINÍCIA

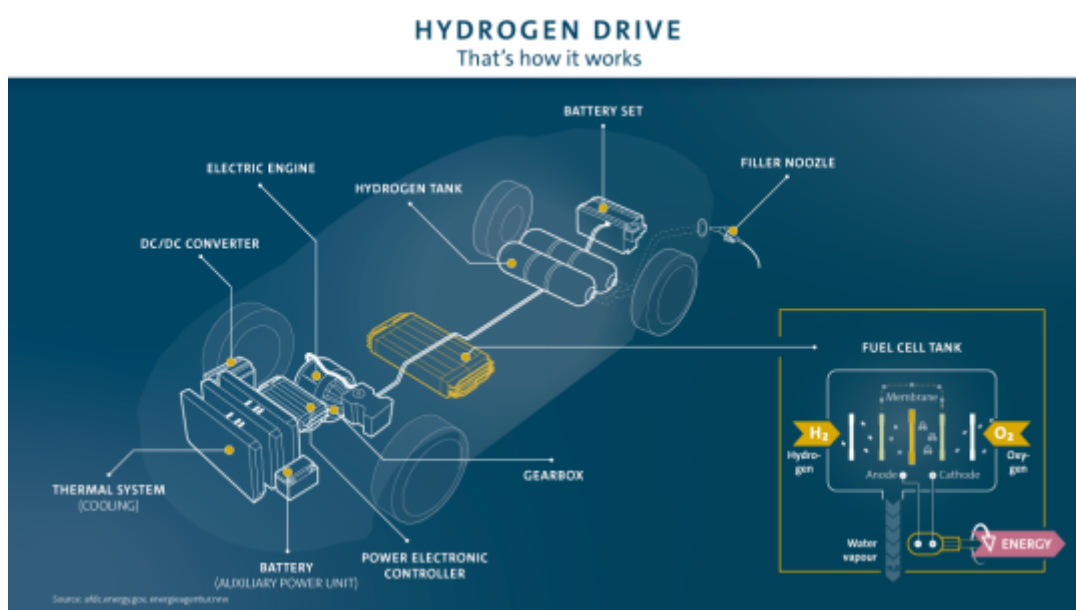
Palivové články sú zariadenia, ktoré umožňujú vyrábať elektrickú energiu z chemickej energie  $H_2$  a  $O_2$  bez spaľovania. Namiesto toho dochádza k elektrochemickej oxidačnej reakcii  $H_2$ .

Tento proces má oveľa vyššiu účinnosť ako bežné spaľovanie.

Existuje niekoľko typov palivových článkov. Zvyčajne sa delia podľa ich prevádzkovej teploty. Môžu byť tiež rozdelené aj podľa povahy iónu prenášaného elektrolytom, ktorý je medzi katódou a anódou palivového článku.

Distribúcia vodíka na použitie v mobilite a doprave si bude vyžadovať vytvorenie novej siete čerpacích staníc. Vodíkové stanice sú čerpacie stanice, ktoré skladujú a dodávajú vodík pre potreby dopravy a sú umiestnené priamo pri cestných komunikáciách.

Využitie vodíka v námornej doprave je zatiaľ obmedzené na malé plavidlá. V budúcnosti sa počíta s využitím pre veľké plavidlá.



Obr. 9. Auto poháňané  $H_2$ .

Ďalším využitím je spaľovanie v kotloch na vykurovanie domácností alebo na výrobu tepla v priemysle.

[Interaktívny prvek](#)

[Interaktívny prvek](#)

[Interaktívny prvek](#)



## KAPITOLA 6

# Biomasa

Využívanie energie z biomasy je v skutočnosti jedným z najstarších spôsobov. Používali ho už jaskynní ľudia na udržanie tepla alebo varenie jedla. S príchodom priemyselnej revolúcie a potrebou vyrábať väčšie množstvo energie v čoraz menšom priestore sa rozšírilo využívanie fosílnych palív na úkor využívania energie z biomasy. V súčasnosti využívanie energie z biomasy znovu získava na popularite vďaka tomu, že je čistým, udržateľným a obnoviteľným zdrojom energie.

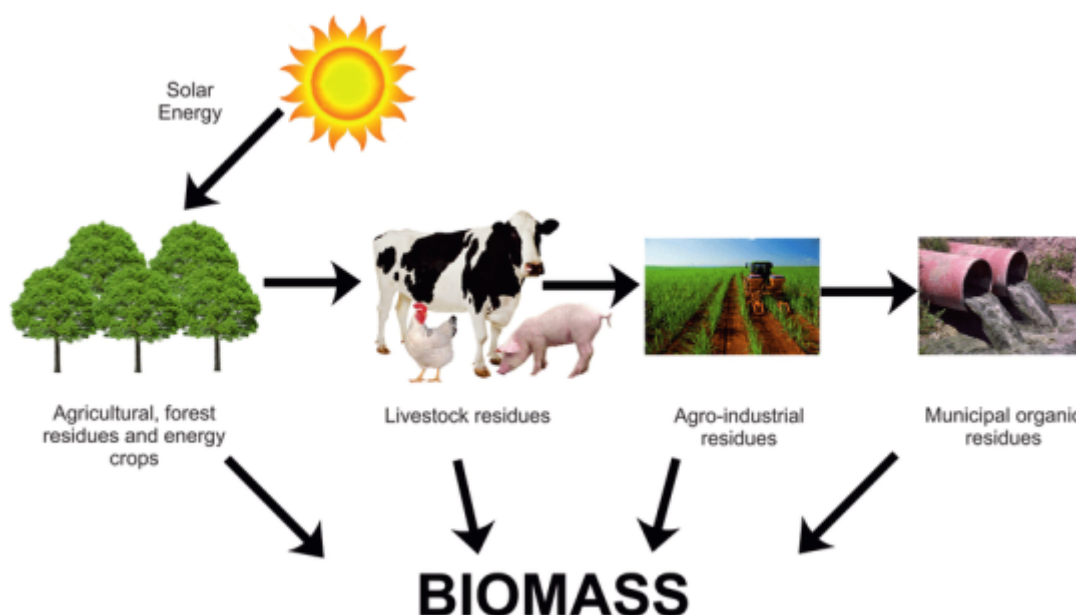
### DEFINÍCIA

Biomasa sú všetky organické látky rastlinného alebo živočíšneho pôvodu existujúce v okolitom životnom prostredí, ako aj materiály získané ich prirodzenou alebo umelou premenou.

Podľa smernice z rokov 2009/28/ES týkajúcej sa podpory využívania energie z obnoviteľných zdrojov "biomasa" znamená biologicky rozložiteľnú časť produktov, odpadu a zvyškov biologického pôvodu z poľnohospodárstva (vrátane rastlinných a živočíšnych látok), lesného hospodárstva a príbuzných priemyselných odvetví vrátane rybolovu a akvakultúry, ako aj biologicky rozložiteľnú časť priemyselného a komunálneho odpadu [17].

### DEFINÍCIA

Biomasa je veľmi široký pojem, ktorý zahŕňa všetko od odpadu z lesného hospodárstva, poľnohospodárskych a živočíšnej výroby až po ekologickú časť domáceho a priemyselného odpadu vrátane vedľajších produktov z agropotravinárskeho a drevospracujúceho priemyslu.



#### Obr. 10. Tvorba biomasy

Biomasa je zdrojom obnoviteľnej energie. Energia biomasy pochádza v konečnom dôsledku zo Slnka. Rastliny absorbujú slnečnú energiu prostredníctvom procesu fotosyntézy a premieňajú oxid uhličitý a vodu na živiny. Aj zvieratá, ktoré sa živia rastlinami, premieňajú tieto živiny na biomasu. Biomasa sa môže premeniť na využiteľnú energiu priamou a nepriamou cestou. Biomasa sa môže spaľovať, aby sa vytvorilo teplo, môže sa premeniť na elektrickú energiu (priamo) alebo spracovať na biopalivo (nepriamo).

## 6.1 Druhy biomasy

Podľa pôvodu je možné biomasu rozdeliť do troch hlavných skupín:

- **Prírodná biomasa.** Vzniká spontánne v prírode, bez ľudského zásahu. Napríklad prirodzeným odumieraním lesov.
- **Zvyšková biomasa.** Odpadové produkty z poľnohospodárskych alebo lesných činností (napr. piliny), z agropotravinárskeho priemyslu alebo z biologicky rozložiteľného odpadu vznikajúceho z komunálnych, priemyselných a hospodárskych odpadových vôd (napr. guáno).
- **Vyrobená biomasa.** Sú to energetické plodiny. Špecifická plodina sa pestuje v poľnohospodárskych podnikoch s jediným účelom použitia ako zdroja energie.

## 6.2 Konverzné technológie

Konverzné technológie využívajú biomasu účinným a udržateľným spôsobom na výrobu tepla, elektrickej energie, biopalív, chemikálií a biomateriálov.

### DEFINÍCIA

Existujú dve hlavné technológie na premenu biomasy na energiu: termochemická a biochemická.

Termochemická konverzia spočíva v priamom spaľovaní biomasy pri veľmi vysokých teplotách (600 až 1 300 °C) za prítomnosti veľkého množstva vzduchu a s účinnosťou až 95%. Medzi termochemické konverzné procesy patrí spaľovanie, splyňovanie a pyrolýza. Spaľovanie je najviac využívaný proces.

Biochemická premena zahŕňa použitie baktérií, mikroorganizmov a enzýmov na rozklad biomasy na plynné alebo kvapalné palivá (bioplyn, bioetanol). Najobľúbenejšie biochemické procesy sú anaeróbne trávenie (rozklad) a fermentácia. Anaeróbne trávenie sa vyskytuje v neprítomnosti kyslíka. V tomto procese sa rozklad organickej hmoty dosahuje vďaka aktivite mikroorganizmov, ktoré ju premieňajú na plyn s vysokým obsahom energie (bioplyn) a ďalšie produkty, ktoré môžu byť použité na výrobu sekundárnych produktov.

Tabuľka 7. Všeobecné porovnanie biochemických a termochemických procesov [18]

Termochemické	Biochemický
Efektívne pre takmer všetky suroviny z biomasy	Využívajú mikróby, enzýmy a / alebo chemikálie
Žiadna predbežná príprava	Predpríprava je nevyhnutná
Relatívne vyššia produktivita v dôsledku úplne chemickej povahy reakcie	Produktivita je obmedzená v dôsledku biologickej premeny
Sú možné viaceré produkty s vysokou hodnotou pomocou frakčnej separácii produktov	Obmedzené na jeden alebo len málo produktov. Vyžadovalo by to ďalšie mikróby, enzýmy pre viac produktov
Nezávislé od klimatických podmienok	Väčšinou náchylné na teplotu okolia
Úplné využitie odpadu/biomasy	Výroba druhotných odpadov, napr. kaly z biomasy
Kratšie trvanie procesu	Dlhšie trvanie procesu

## 6.3 Výhody a nevýhody biomasy

Niektoré výhody využívania biomasy ako zdroja energie sú [19]:

- Je to obnoviteľný zdroj energie.
- Pomáha znižovať objemy odpadu, pričom odpad má ďalšie využitie.
- Nachádza sa vo veľkých množstvách.
- Nemá vplyv na zvyšovanie skleníkového efektu. Keď sa používa ako palivo, spôsobuje menšie emisie plynov, ktoré sú škodlivé pre životné prostredie.
- Jej využitie je dosť lacné.
- Môže byť ekonomicky prínosom pre vidiecke oblasti.

Existujú aj niektoré nevýhody, vrátane:

- Využívanie biomasy je stále obmedzené.
- Prevádzky na spracovanie biomasy zaberajú veľkú výrobnú plochu a veľa priestoru na následné skladovanie.
- Môže viesť k odlesňovaniu.
- Distribučné kanály nie sú dostatočne rozvinuté.
- Môže byť príčinou zdrazenia niektorých potravín konzumovaných ľuďmi alebo zvieratami, pretože rovnaké plodiny sa používajú na výrobu energie.
- Energia z biomasy nie je taká účinná ako energia z fosílnych palív.

## 6.4 Využívanie biomasy vo svete

Využívanie biomasy vo svete sa líši v závislosti od každej krajiny. V menej rozvinutých krajinách sú stále hlavným zdrojom energie fosílna palivá. V niektorých oblastiach Ázie, Afriky a Latinskej Ameriky dve tretiny vyrobenej energie pochádzajú z biomasy. Krajiny ako Fínsko alebo Spojené kráľovstvo sú v popredí vo využívaní biomasy ako zdroja energie a využívajú zložitejšie transformačné procesy. Napríklad Fínsko pokrýva 50 % svojej potreby tepla a 20 % spotreby elektrickej energie biomasou.

[Interaktívny prvek](#)

[Interaktívny prvek](#)

## KAPITOLA 7

# Geotermálna energia

Prvá geotermálna elektrárňa bola postavená v roku 1904 v Larderelle v Taliansku. Geotermálna energia sa teda využíva už viac ako 100 rokov. Je ale menej známa ako iné alternatívne zdroje energie (fotovoltaické a veterné energie).

### DEFINÍCIA

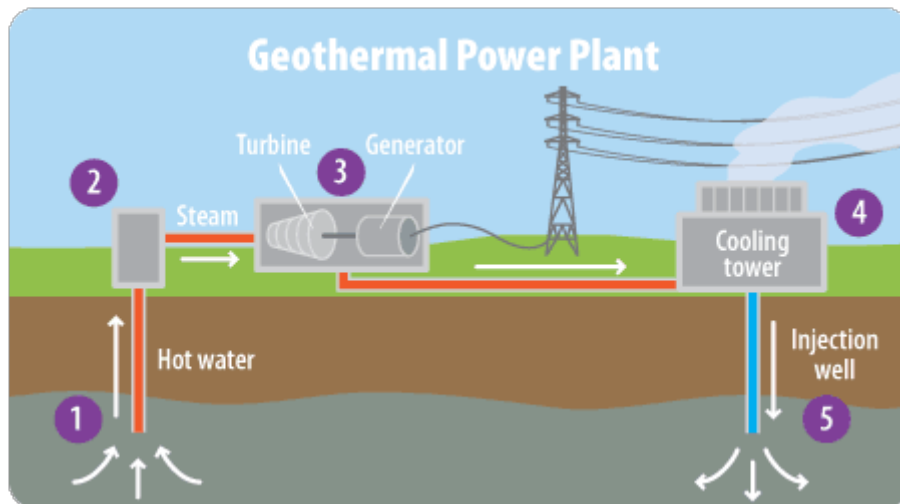
Geotermálna energia je tepelná energia vytváraná a uložená pod zemskou kôrou. Je to obnoviteľný zdroj energie, ktorý nevyžaduje spaľovanie žiadneho materiálu, čím sa zabráni emisiám oxidu uhličitého.

Geotermálna energia sa získava využitím tepla uloženého v horninách, pôdach a podzemných vodách bez ohľadu na ich teplotu a hĺbku. Aby bolo možné využiť tento typ energie, je potrebné vráť sa do zemského povrchu 2,6 km alebo hlbšie, aby ste dosiahli rezervoár pary alebo teplej vody. Všeobecne platí, že čím hlbší vrt tým väčšia teplota.

Geotermálne systémy závisia od teploty geotermálneho zdroja. Vysokoteplotné geotermálne zdroje s teplotou nad 100 °C môžu byť použité na výrobu elektrickej energie. Teplo sa používa na ohrev systémov. Ak je teplota zdroja nižšia ako 100 °C, teplo sa používa priamo na zabezpečenie vykurovania a chladenia v domácnostiach a podnikoch pomocou tepelných čerpadiel. Zdroje s nízkou teplotou pod 25-30 °C sa používajú v klimatizačných systémoch a na výrobu teplej vody.

## 7.1 Ako to funguje

Geotermálna energia sa vyrába v geotermálnej elektrárni. Vysokotlakým vrtom sa získa zdroj pary alebo teplej vody. Geotermálne elektrárne sa nachádzajú v blízkosti tektonicky aktívnych oblastí, kde je vysoký potenciál geotermálnej energie. Ďalší obrázok znázorňuje ako funguje geotermálna elektrárňa [20 ]:



Obr. 11. Diagram geotermálnej elektrárne [20].

1. Horúca voda sa čerpá z hlbokého podzemia cez studňu pod vysokým tlakom
2. Keď sa voda dostane na povrch, tlak klesne, čo spôsobí, že sa voda zmení na paru.
3. Para točí turbínu, ktorá je pripojená ku generátoru a ten vyrába elektrickú energiu.
4. Para sa ochladzuje v chladiacej veži a kondenzuje späť na vodu.
5. Ochladená voda sa čerpá späť do zeme, aby sa proces mohol opakovať.



## 7.2 Výhody a nevýhody geotermálnej energie

Geotermálna energia má určité výhody oproti fosílnym palivám, ale aj výhody oproti iným obnoviteľným energiám, ako je solárna a veterná energia. Niektoré z týchto výhod zahŕňajú [21]:

- V porovnaní s fosílnymi palivami je geotermálna energia čistejšia, často nemá žiadne emisie a je lacnejšia.
- Je [neustále k dispozícii](#). Na rozdiel od iných obnoviteľných zdrojov energie nezáleží na tom, či je deň alebo noc alebo aké sú aktuálne poveternostné podmienky.
- Môže sa vyrábať na domácom trhu a na menšej ploche ako veterná a solárna energia.
- Funguje veľmi dobre na vykurovanie a chladenie

Napriek veľkému množstvu výhod existujú aj niektoré nevýhody, ktoré je potrebné zvážiť:

- [Výroba je obmedzená na oblasti blízko tektonických dosiek](#).
- Vysoké počiatkové náklady. Hoci je lacnejšia ako fosílna palivá po vybudovaní elektrárne. Vrtanie a prieskum týchto lokalít sú drahé.
- Riziko náhodného uvoľnenia škodlivých skleníkových plynov počas prevádzky.
- Môže vyvolať povrchovú nestabilitu, ktorá môže viesť k zemetraseniam.
- Elektrická energia sa môže vyrábať len v priemyselnom meradle. V prípade domov môže byť geotermálna energia použitá iba na vykurovanie a chladenie.

### 7.3 Geotermálna energia vo svete

USA sú podľa údajov z roku 2020 popredným výrobcom geotermálnej energie na svete s kapacitou 16,7 miliardy kWh ročne s inštalovaným výkonom 3 639 MW. Geysers Geotermálny komplex so sídlom v San Franciscu v Kalifornii sa skladá z 18 geotermálnych elektrární a je najväčšou geotermálnou inštaláciou na svete.

Za USA nasleduje Indonézia s inštalovaným výkonom 2 133 MW, Filipíny s výkonom 1 918 MW, Turecko s výkonom 1 688 MW a Nový Zéland s výkonom 1 005 MW. Tieto krajiny tvoria klub krajín 1GW [22].

[Interaktívny prvek](#)

[Interaktívny prvek](#)

## KAPITOLA 8

### Test

**Výroba fotovoltaickej solárnej energie v celosvetovej výrobe predstavuje elektrická energia**

---

- 10 % z celkovej výroby elektrickej energie
- 7 % z celkovej výroby elektrickej energie
- 5,5 % celkovej výroby elektrickej energie
- 2,8 % celkovej výroby elektrickej energie

**Najstarší zdroj energie využívaný ľudmi je**

---

- Fotovoltika
- Energia vetra
- Geotermálna energia
- Vodná energia

**Veterné turbíny s horizontálnou osou používané pri výrobe veternej energie sú tzv**

---

- HAWT
- VAWT
- HTWA
- A1WT

**Krajina s najväčšou inštalovanou kapacitou veternej energie je**

---

- Španielsko
- USA

- Čína
- India

### **Prírodná biomasa**

---

- Vyskytuje sa spontánne v prírode
- Nedá sa ovládať
- Využíva odpadové produkty z priemyslu
- Využíva odpadové produkty z poľnohospodárskej činnosti

### **Termochemická konverzia**

---

- Závisí od klimatických podmienok
- Potrebuje dlhý reakčný čas
- Je nezávislý od klimatických podmienok
- Vyžaduje si nevyhnutnú predbežnú úpravu

### **Biomasa ako zdroj energie**

---

- Nepomáha znižovať objem odpadu
- Môže byť ekonomickým prínosom pre vidiecke sektory
- Môže znížiť odlesňovanie
- Má veľmi vysoké počiatočné náklady

### **Energia, ktorá je naďalej hlavným zdrojom energie v menej rozvinutých krajinách, je**

---

- Biomasa
- Solárna energia
- Geotermálnej energie
- Vodná energia

### Jednou z nevýhod geotermálnej energie je

---

- Nedá sa vyrábať doma
- Počiatočné náklady sú veľmi vysoké
- Závisí to od poveternostných podmienok
- Nedá sa použiť na vykurovanie

### Energia fotónov závisí od

---

- Teploty
- Vlnovej dĺžky
- Napätia
- Elektrického prúdu

### Kto objavil fotoelektrický jav?

---

- Albert Einstein
- Johann Heinrich Lambert
- Edmund Bequerel
- Max Plank

### Aké sú štandardné podmienky (STC) žiarenia a teploty?

---

- Teplota 20°C a žiarenie 800W/m<sup>2</sup>
- Teplota 30°C a žiarenie 800W/m<sup>2</sup>
- Teplota 0°C a žiarenie 900W/m<sup>2</sup>
- Teplota 25°C a žiarenie 1000W/m<sup>2</sup>

### Čo znamená sivý H<sub>2</sub>?

---

- H<sub>2</sub> vyrábany z energetických zdrojov fosílného pôvodu
- H<sub>2</sub> vyrobený pre automobilové využitie
- H<sub>2</sub> vyrobený z jadrovej energie
- H<sub>2</sub> používaný na vykurovanie

### Čo znamená zelený H<sub>2</sub>?

---

- H<sub>2</sub> vyrábany z energetických zdrojov fosílného pôvodu
- H<sub>2</sub> vyrábany z obnoviteľných zdrojov energie
- H<sub>2</sub> pre chemické využitie
- H<sub>2</sub> používané v dopravnej oblasti

### Ako palivové články vyrábajú elektrinu?

---

- Zo spaľovania O<sub>2</sub>
- Zo spaľovania H<sub>2</sub>
- Z chemickej energie H<sub>2</sub>
- Z chemickej energie O<sub>2</sub>