

# Zelená energie

Santiago Silvestre; Jordi Salazar

## Anotace

Tento kurz popisuje technologie, aplikace a základní pojmy týkající se většiny významných obnovitelných zdrojů energie.

## Cíle

Absolvováním kurzu Zelená energie získá student přehled o základních vlastnostech a možnostech využití nejvýznamnějších obnovitelných zdrojů energií, jakými jsou vodní, větrné a geotermální zdroje, zdroje energie z biomasy a fotovoltaické solární systémy.

## Klíčová slova

vodní energie, větrná energie, fotovoltaické solární systémy, vodíkové technologie, energie z biomasy, geotermální energie.

## Datum vytvoření

06.12.2021

## Časová dotace

10 hodin

## Jazyková verze

česky

## Licence

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

## ISBN

## Literatura

- [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_m20_20)
- [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.
- [1] 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)
- [2] 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/publications/2021/01/snapshot-of-global-pv-markets-2020)
- [3] Green, Martin, et al. Solar cell efficiency tables (version 57). Progress in photovoltaics: research and applications 29.1 (2021): 3-15.

- [4] Juan Ramón Morante, Teresa Andreu, Gotzon García, Jordi Guilera, Albert Tarancón, Marc Torrell. Hydrogen The energy vector of a decarbonized economy. Barcelona, IREC & Fundación Naturgy. 2020.
- [5] 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 \(europa.eu\)](#)
- [6] 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>
- [7] 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>
- [8] Green Square, Advantages and disadvantages of Biomass energy, October, 2020. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63289-0.00010-7>
- [9] EPA website, A student's guide to Global Climate Change, Geothermal Energy, 2017. <https://archive.epa.gov/climatechange/kids/solutions/technologies/geothermal.html>
- [10] TWI Ltd., What is geothermal energy? How does it work?, <https://www.twi-global.com/technical-knowledge/faqs/geothermal-energy>
- [11] 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 do problematiky

Hlavním zdrojem energie bylo do 18. století dřevo. Uhlí se jako zdroj energie začalo používat v průběhu první průmyslové revoluce a ve druhé bylo nahrazeno ropou a plynem. V současné době patří tato fosilní paliva společně s jadernou energií k hlavním celosvětově využívaným zdrojům energie.

Jaderná energie se však potýká s řadou závažných problémů spojených s ukládáním a recyklací odpadu, který produkuje. Nedávné havárie jaderných zařízení navíc jasně ukázaly na potenciální rizika, které samy o sobě představují.

Fosilní paliva jsou naopak hlavní příčinou globálního oteplování a souvisejících klimatických změn. Celosvětová poptávka po energiích se neustále zvyšuje a tento trend bude zcela jistě pokračovat i v budoucnu. Pro postupné snížení vlivu skleníkového efektu a zastavení klimatických změn je však nutné změnit způsoby výroby energie a snažit se vyhnout masivnímu využívání fosilních paliv.

### DEFINICE

Pojem „**zelená energie**“ představuje jakýkoli druh energie, který pochází z obnovitelných zdrojů energie. Je vyráběna z přírodních zdrojů, jakými jsou např. sluneční světlo, vítr nebo voda.

Jak je možné vidět v následující tabulce, v současné době pochází pouze 27,3 % výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie, zatímco zbylých 72,7 % se vyrábí z klasických, tj. neobnovitelných zdrojů.

Tabulka 1. Odhadovaný podíl obnovitelných zdrojů na celosvětové výrobě elektřiny (konec roku 2019)

Obnovitelné zdroje energie	%
větrná energie	5.9
solární energie (fotovoltaické systémy)	2.8
energie z biomasy	2.2
geotermální, energie, CSP ( <i>Concentrating Solar Power</i> ) a energie oceánů	0.4

Obnovitelné nebo zelené energie budou tedy v budoucnu hrát významnou roli při výrobě energie. Ekologické zdroje energie se vyznačují především tím, že nepoškozují životní prostředí, např. neuvolňují skleníkové plyny do atmosféry. Obsahem kurzu je popis hlavních zdrojů a technologií používaných při výrobě zelené, tj. ekologické energie.

## KAPITOLA 2

# Energie vodních zdrojů

Energie vodních zdrojů je v současnosti hlavním celosvětovým obnovitelným zdrojem elektrické energie, a to zejména díky jeho snadné dostupnosti a možnosti dosáhnout relativně vysokých výkonů. V současné době tyto zdroje pokrývají přibližně 20 % světové poptávky po elektřině. Energie vodních zdrojů bude i v budoucnu nadále plnit důležitou úlohu v oblasti energetiky, jelikož se významně podílí na snižování emisí skleníkových plynů.

### DEFINICE

Elektřina se z vodních zdrojů získává přeměnou kinetické a potenciální energie vodního proudu, vodopádu nebo přílivu a odlivu, a to buď prostřednictvím malých vodních elektráren, nebo přehrad.

Energie vodních zdrojů se využívá již po staletí. Zemědělci již od dob starých Řeků používali vodní kola k mletí pšenice na mouku. Vodní kolo umístěné v řece zachycuje proudící vodu lopatkami umístěných kolem kola. Kinetická energie proudící řeky roztáčí kolo a přeměňuje se na mechanickou energii, která celý systém pohání. [1]

### DEFINICE

Energii vodního zdroje lze vcelku snadno převést na energii elektrickou. Proudící voda nebo vodopád roztáčí ve vodní elektrárně turbínu a následně generátor, který vyrábí elektřinu. Tento proces přeměny energie, resp. výroby elektřiny, je vysoce efektivní a dosahuje účinnosti mezi 90 a 95 %.

Energie vodních zdrojů patří mezi jedny z nejvýnosnějších typů energie. Počáteční investice do výstavby vodní elektrárny je sice relativně vysoká, ale náklady na údržbu již vybudované infrastruktury jsou naopak velmi nízké.

## 2.1 Typy vodních elektráren

Vodní elektrárny (hydroelektrárny) se obvykle nacházejí poměrně daleko od místa vlastní spotřeby elektrické energie, kterou vyrábějí. Jejich umístění je podmíněno vhodným reliéfem okolního terénu.

### DEFINICE

Všechny vodní elektrárny zdaleka nejsou stejné. Některé vodní elektrárny využívají hráz a některé ji naopak ke své činnosti nevyžadují. V podstatě lze dle principu jejich provozu rozlišit tři převládající typy – akumuláční, průtočné a přečerpávací. [2]

#### Akumulační vodní elektrárny

Jedná se o nejrozšířenější typ vodní elektrárny. Ve většině případů se jedná o stavebně i výkonově velké elektrárny. Vybudováním jedné nebo kaskády několika přehrad se vytvoří akumuláční nádrže, které slouží k zadržování velkého množství vody, a tím k regulaci průtoku, který řízeně prochází turbínami vyrábějícími elektřinu. Díky tomu je výroba elektřiny stabilní po celý rok a jsou schopny uspokojit poptávku po elektřině kdykoliv je to potřeba.

#### Průtočné vodní elektrárny

Většina malých vodních elektráren je založena na průtočném principu. Vyznačují se tím, že nemají možnost akumulace vody, což způsobuje, že tento typ elektráren je závislý na sezónním, resp. aktuálním průtoku řeky. Za účelem minimalizace tohoto problému se průtočné vodní elektrárny budují obvykle na řekách s trvalým a stálým průtokem nebo u toků se silným prameništěm.

Průtočné vodní elektrárny odvádějí tekoucí vodu z řeky do kanálu, kde roztáčí turbínu, která vyrábí elektřinu. Následně se odváděná voda vrací zpět do hlavního koryta řeky. Výroba elektřiny závisí na rychlosti proudění vody.

#### Přečerpávací vodní elektrárny

Jejich fungování lze přirovnat k funkci velkých akumulátorů. Elektrárna má dvě nádrže umístěné v rozdílných nadmořských výškách, které jsou však vzájemně propojeny. V období nízké spotřeby elektřiny se přebytečná energie v energetické soustavě využívá k tomu, aby se voda z dolní nádrže pomocí hydraulického čerpadla přečerpala do horní nádrže. Naopak v období zvýšené poptávky po elektřině pracuje přečerpávací elektrárna úplně stejně jako běžná akumuláční vodní elektrárna.



Obr. 1. Typy vodních elektráren [2]

Vodní elektrárny lze také klasifikovat podle velikosti instalovaného výkonu, i když neexistuje žádné mezinárodní měřítko, které by vymezovalo jednotnou hranici velikosti mezi malými a velkými vodními elektrárnami. V některých zemích je tato hranice nastavena na 30 MW, zatímco v jiných pouze na 10 MW. Běžnou klasifikaci vodních elektráren uvádí následující tabulka [3]:

Tabulka 2. Klasifikace vodních elektráren podle instalovaného výkonu

Velikost vodní elektrárny	Výstupní výkon (elektrický)
velká	více než 10 (30) MW
střední	1 MW až 10 (30) MW
malá (MVE)	100 kW až 1 MW
mikro	méně než 100 kW



Obr. 2. Vodní elektrárna Mequinenza (Španělsko)



## 2.2 Výhody a nevýhody energie vodních zdrojů

Výhody využívání energie z vodních zdrojů jsou následující [4]:

### VÝHODY

- **Flexibilita.** Průtok vody, který prochází turbínami, je možné upravit podle momentální spotřeby elektrické energie.
- **Čistá energie.** Proces výroby elektrické energie je ekologický, protože při něm nevzniká odpad, jako je tomu u energie z fosilních paliv nebo jaderné energie.
- **Bezpečnost.** Riziko havárie je poměrně nízké především díky bezpečnostním opatřením, která jsou v současné době ve vodních elektrárnách přijímána.
- **Nevyčerpatelný zdroj.** Zdroj energie, voda, je zdarma a je v podstatě nevyčerpatelný, protože se obnovuje při deštích nebo následným táním po sněhových srážkách.
- **Stabilní zdroj energie.** Energie vodních zdrojů lze považovat za velmi stabilní na rozdíl například od sluneční energie, která je přímo závislá na aktuálním počasí. Jinými slovy, vodní energie není při výrobě elektřiny závislá na každodenních dešťových srážkách, protože ji lze dlouhodobě uchovávat v uměle vytvořených zásobnících, např. přehradách.

Tento typ energie má také několik nedostatků, mezi které patří např.:

### NEVÝHODY

- **Účinky na životní prostředí.** Výstavba přehrady má významné environmentální důsledky, protože mění původní přirozený tok řeky a následně zaplavuje území s přímým dopadem na flóru a faunu. Zakládání nebo případné rušení přehrad má také zcela zásadní vliv na rybí populaci a potažmo celý říční ekosystém.
- **Vysoké finanční náklady na vybudování vodní elektrárny.** Z dlouhodobého hlediska je energie vodních zdrojů velmi levná a údržba potřebné infrastruktury je relativně jednoduchá, ale vlastní výstavba vodní elektrárny je spojena s velmi vysokými finančními náklady.
- **Závislost na podmínkách okolního životního prostředí.** Pravdou je, že energie vodních zdrojů není závislá na každodenních dešťových nebo sněhových srážkách. Nedostatek srážek však přímo ovlivňuje proces výroby elektrické energie, jelikož období beze srážek nebo jen s velmi nízkými úhrny srážek snižují množství zadržované vody, a tím pádem limitují množství elektřiny, kterou lze následně vyrobit.
- **Přehradu nelze postavit kdekoli.** Při výstavbě vodní elektrárny jsou zcela zásadní reliéf, resp. morfologie terénu a omezení maximální výšky a typu hráze, kterou přehrada může využívat.

## 2.3 Využití energie vodních zdrojů ve světě

Největším výrobcem energie z vodních zdrojů na světě je Čína s celkovým instalovaným výkonem 356,4 GW, disponující také největší vodní elektrárnou na světě (přehrada Tři soutěsky) s instalovaným výkonem 22,5 GW. [5]

Za Čínou následuje Brazílie s instalovaným výkonem 109,1 GW a jen těsně za ní jsou USA s instalovaným výkonem 102,8 GW. Jednou z nejvýkonnějších vodních elektráren v USA je Grand Coulee s instalovaným výkonem 6,81 GW, vybudovaná na řece Columbia ve státě Washington.

V žebříčku deseti zemí s největší produkcí energie z vodních zdrojů na světě v roce 2020 následuje Kanada s 81,4 GW, Indie (50,1 GW), Japonsko a Rusko, obě s 49,9 GW, Norsko (32,7 GW), Turecko s 28,5 GW a nakonec Francie, která seznam uzavírá s celkovým instalovaným výkonem 25,6 GW.

[Interaktivní prvek](#)

[Interaktivní prvek](#)

[Interaktivní prvek](#)

## KAPITOLA 3

# Větrná energie

Větrná energie je jedním z nejstarších zdrojů energie využívaných člověkem a dnes je nejrozšířenějším a nejúčinnějším obnovitelným zdrojem energie na světě.

### DEFINICE

Větrná energie je po energii vodních zdrojů druhým největším obnovitelným zdrojem energie na světě.

Sluneční záření nedopadá na celý povrch Země rovnoměrně. Některé oblasti jsou tím pádem teplejší než jiné a v těchto oblastech má vzduch tendenci stoupat, čímž vznikají oblasti nízkého tlaku. Naopak v nejméně teplejších oblastech vzduch klesá a vytváří oblasti vysokého tlaku. Rozdíl tlaků způsobuje pohyb vzduchu a vznik větrů.

### DEFINICE

Větrná energie je obnovitelná energie, která se získává ze síly větru procházejícího větrnou turbínou, která přeměňuje kinetickou energii proudícího vzduchu na energii elektrickou.

Větrná energie je obnovitelná, efektivní, perspektivní a zároveň bezpečná energie, která je klíčová pro přechod na nový typ energetiky a umožňující dekarbonizaci ekonomiky.

### DEFINICE

Větrné turbíny jsou obvykle seskupeny do tzv. větrných farem.

Počet větrných turbín, které tvoří větrnou farmu, se může značně lišit a do značné míry závisí na dostupné ploše a parametrech větru v dané lokalitě. Před vybudováním větrné farmy se zkoumá vítr ve vybrané lokalitě po dobu obvykle delší než jeden rok. Důležitými parametry jsou směry větru a jeho rychlost.

### DEFINICE

Větrné elektrárny mohou být umístěny na pevnině nebo na moři (v pobřežních vodách), přičemž většina z nich však bývá umístěna na pevnině, ačkoli v posledních letech došlo v Evropě k výraznému nárůstu větrných farem na moři.

První větrná farma na světě byla instalována v roce 1991 ve Vindeby u jižního pobřeží Dánska. O třicet let později již lze energii z větrných elektráren na moři považovat za vyspělou a široce rozšířenou technologii, která poskytuje energii milionům lidí po celém světě. Nové instalace dosahují vysokých

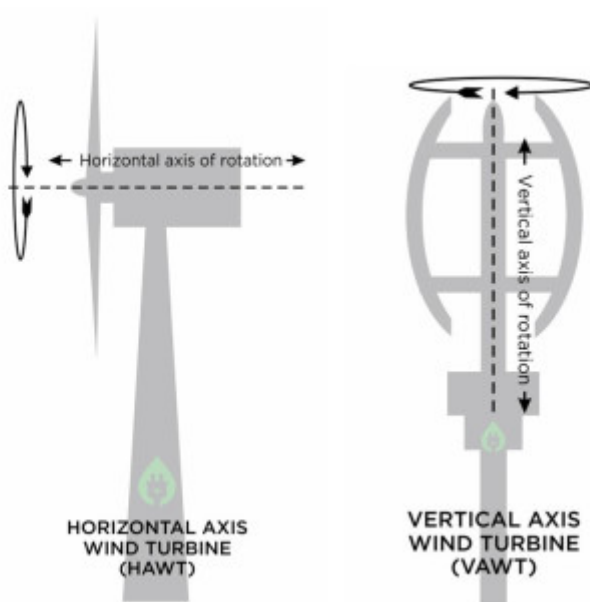
výkonových parametrů a náklady na ně se v posledních 10 letech neustále snižují. [6]

### 3.1 Typy větrných turbín

Existují dva typy větrných turbín klasifikované dle směru osy otáčení – větrné turbíny s horizontální osou **HAWT** (*Horizontal Axis Wind Turbine*) a větrné turbíny s vertikální osou **VAWT** (*Vertical Axis Wind Turbine*). [7][8] Větrné turbíny HAWT jsou nejběžnějším typem větrných turbín, a právě s nimi se můžeme setkat i u velkých větrných elektráren, kde se tento typ větrné turbíny může používat i pro výkony nad 1 MW.

Typ HAWT se skládá z ocelové věže o výšce 60 až 100 metrů. Na vrcholu věže se nachází gondola, v níž jsou umístěny nejdůležitější prvky větrné turbíny. V přední části gondoly jsou umístěny dvě nebo tři (20 až 60 metrů) dlouhé a tenké lopatky orientované tak, aby směřovaly přímo proti proudění větru. Převážná většina lopatek velkých větrných turbín je vyrobena ze skelných vláken nebo epoxidových kompozitních materiálů. Životnost lopatek je přibližně 15 až 20 let. Tento typ větrné turbíny pracuje se značně proměnlivým výkonem (až 10-12 MW), který je závislý na větru v dané lokalitě a na aktuálním stavu počasí.

Typ VAWT je v podstatě větrná turbína, jejíž rotorový hřídel je instalován ve svislé poloze a může vyrábět elektřinu bez ohledu na to, odkud vítr vane. Turbíny VAWT mají kratší a širší zakřivené lopatky, které se podobají šlehačům používaným v elektrickém mixéru. Výhodou tohoto typu větrné turbíny je, že může vyrábět elektřinu i v místech se slabým větrem a v městské zástavbě, kde stavební předpisy obecně zakazují instalaci horizontálních větrných turbín. VAWT nepotřebují žádný směrovací mechanismus a elektrický generátor může být umístěn přímo na zemi. Výhodou těchto větrných turbín je to, že jsou menší a lehčí než horizontální větrné turbíny, ale objem vyrobené elektrické energie je nižší, protože jejich účinnost je ve srovnání se systémy HAWT mnohem nižší.



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

Množství elektřiny vyrobené větrnou turbínou je úměrné druhé mocnině (kvadrátu) rychlosti větru.

Větrné turbíny se obvykle umísťují v oblastech s vysokou rychlostí větru, obvykle na vrcholcích kopců nebo v rovinných otevřených oblastech. Větrné turbíny vyžadují pro výrobu elektřiny minimální rychlost větru, obvykle 12 až 14 km/h. Tato rychlost je také známá jako **rychlost náběhu**. Silný vítr o rychlosti 50 až 60 km/h zaručuje maximální výkon. Při rychlosti větru nad 90 km/h se turbína zastaví, aby nedošlo k jejímu poškození. Tento limit udává rychlost větru pro vypnutí.

## 3.2 Výhody a nevýhody větrné energie

Větrná energie přináší řadu výhod a také pomáhá minimalizovat dopady související se změnami klimatu. Některé z hlavních výhod jsou uvedeny níže:

### VÝHODY

- **Obnovitelná a čistá energie.** Jedná se o obnovitelný přírodní zdroj, který svým provozem neprodukuje žádné emise do ovzduší ani jiné znečišťující látky.
- **Dostupnost.** Větrná energie je dostupná téměř kdekoliv na planetě, přispívá k prosperitě dané oblasti, a umožňuje v ní vytvářet nová pracovní místa.
- **Provoz téměř kdekoliv na světě.** Větrné turbíny lze instalovat i v místech, která se nehodí pro jiné účely využití, například v pouštních oblastech, ale mohou též být souběžně provozovány i s jinými způsoby obdělávání půdy, např. pěstováním plodin nebo chovem hospodářských zvířat.
- **Rychlá instalace.** Větrné turbíny lze instalovat v různých výškách tak, aby bylo dosaženo stabilní výroby elektrické energie.
- **Levná energie.** Větrná energie je považována za levnou energii, jejíž cena zůstává poměrně stabilní, takže může z hlediska rentability konkurovat tradičním zdrojům energií a zároveň být i zdrojem úspor.

Jednu z největších nevýhod tohoto typu energie představuje nutnost plánování při získávání elektrické energie vzhledem ke značné nahodilosti síly proudění větru. Další nevýhody následují:

### NEVÝHODY

- **Nedostatek větru.** Tato nevýhoda brání využití větrné energie jako jediného zdroje elektrické energie. Problém by však bylo možné vyřešit použitím zařízení umožňujícím efektivní skladování elektrické energie.
- **Limit rychlosti větru.** Pokud je rychlost větru vyšší než maximum, které dokáže turbína bez poškození zvládnout, dochází ke snížení objemu vyrobené elektřiny tím, že řídicí systémy buď větrnou turbínu zcela odstaví z provozu nebo upraví polohu lopatek tak, aby se omezil negativní účinek silného větru.
- **Požadavek na vedení vysokého napětí.** Pro distribuci elektrické energie z větrných elektráren je nutné vybudovat soustavu vedení vysokého napětí, která je schopna přenášet i špičkové množství vyrobené elektrické energie.
- **Dopady na životní prostředí.** Výstavba větrných farem způsobuje škody především v souvislosti s úhynem ptáků a netopýřů, má také negativní dopad na vizuální vzhled okolní krajiny. Nové konstrukce větrných turbín však tento trend mění.

- **Větrné elektrárny zabírají poměrně rozsáhlé plochy.** Větrné turbíny stojí vždy odděleně jedna od druhé, zastavěná plocha však může být současně využívána i k jiným účelům.
- **Nestabilní zdroj energie.** Nahodilost proudění větru je stále vážnou překážkou pro plánování stabilní výroby elektrické energie, přestože nejnovější meteorologické technologie umožňující komplexnější předpovídání proudění větru situaci výrazně zlepšily.



### 3.3 Využití větrné energie ve světě

Mezinárodní agentura pro obnovitelné zdroje energie **IRENA** (*International Renewable ENergy Agency*) odhadovala, že do konce roku 2020 překročí celosvětová výroba energie z větru 732 GW. [9] Největší instalovaný výkon větrné energie v roce 2021 měla Čína, a to 342 GW, což je více než čtvrtina celosvětového výkonu získávaného pomocí větrné energie.

Čínu následují Spojené státy s kapacitou 139 GW. Samotný stát Texas vyrábí čtvrtinu větrné energie ve Spojených státech (24,9 GW) a produkuje tak více větrné energie než 25 ostatních států USA dohromady.

S určitým odstupem je následuje Německo s kapacitou 64 GW, které je první evropskou zemí v instalovaném výkonu větrných elektráren. Následuje Indie se 42 GW a Španělsko s 29 GW.

Desítku zemí s nejvyšším instalovaným výkonem získávaným z větrné energie uzavírá Itálie s instalovaným výkonem 12,7 GW.

[Video 1](#)

## KAPITOLA 4

# Fotovoltaická solární energie (energie ze slunce)

Sluneční energie, která dopadá celoročně na celý zemský povrch, představuje asi pětistínásobek energetické potřeby celosvětové populace, a proto je hlavním zdrojem obnovitelné energie, který máme doslova na dosah ruky. Sluneční energie navíc nabízí řadu nesporných výhod oproti ostatním obnovitelným zdrojům energie – neprodukuje žádné emise ani jiné znečišťující látky do ovzduší, nevydává žádný hluk, výroba elektrické energie je tichá a zároveň je dostupná po celé planetě. Všechna místa na Zemi však nemají stejný potenciál k získávání energie ze Slunce, tzn. úroveň dopadajícího slunečního záření je závislá na lokalitě. Existují dvě technologie využívající sluneční energii – fotovoltaická solární technologie a solární termální technologie.

Termín **fotovoltaika PV (PhotoVoltaic)** pochází z řeckého slova „photo“ (světlo) a jména italského fyzika Alessandra Volty, vynálezce chemické baterie.

### DEFINICE

Fotovoltaická solární technologie umožňuje přímou přeměnu slunečního světla, resp. slunečního záření na elektřinu. Využívá energii dopadajících fotonů k výrobě elektrické energie a pomocí solárních článků generuje elektrický proud. Jednotlivé solární články tvoří tzv. **solární modul**.

Edmund Bequerel objevil **fotoelektrický jev** již v roce 1839. Albert Einstein vypracoval matematický popis fotoelektrického jevu, v němž emise elektronů vzniká absorpcí kvant světla, která byla později nazvána fotony.[10] Za vysvětlení principu fotoelektrického jevu obdržel Einstein v roce 1921 Nobelovu cenu za fyziku.

Solární termální technologie naopak využívá sluneční energii k ohřevu vody, kterou lze následně použít pro domácí spotřebu – vytápění, ohřev teplé vody nebo výroba mechanické energie, kterou můžeme následně přeměnit na energii elektrickou. Solární termální energie se využívá také k pohonu absorpčních chladicích zařízení, která místo elektřiny k výrobě chladu využívají teplo.

Základním prvkem solární termální technologie je **solární kolektor**, který zachycuje sluneční záření a přeměňuje ho na tepelnou energii – vytvořené teplo se využívá buď k přímému ohřevu vody nebo ohřívá speciální kapalinu, která v následné fázi ohřívá vodu přes výměník.

### SOUHRN

V této kapitole se zaměříme na podrobnou analýzu fotovoltaické solární energie.

[Video 2](#)

## 4.1 Sluneční záření

### DEFINICE

**Sluneční záření** je energie vyzařovaná Sluncem, která se pomocí elektromagnetických vln šíří vesmírem všemi směry.

Záření, které pochází ze Slunce, odpovídá záření, které vyzařuje černé těleso o teplotě 6000 K. Část energie, která na Zemi ze Slunce dopadá, což představuje přibližně asi 30 % tohoto záření, se odráží zpět do vesmíru. Molekuly plynů a rozptýlené částice, které se vyskytují v různých vrstvách atmosféry, pohlcují další část této energie a teprve zbytek se dostává na zemský povrch.

V rovníkových oblastech, kde sluneční záření dopadá na zemský povrch kolmo, je celková úroveň energie vyšší, naopak na pólech je úroveň dopadajícího záření výrazně nižší. Podobný je i vliv atmosféry, která filtruje sluneční záření. Pokud tedy se nacházíme ve vyšších nadmořských výškách, kde je vrstva atmosféry tenčí, je energie, kterou jsme schopni ze Slunce získat, vyšší.

### DEFINICE

Pojem sluneční záření představuje úroveň slunečního ozáření, tj. množství energie přijaté na jednotku plochy za určitý čas.

Sluneční záření odpovídá energii, která pochází jednak z přímého slunečního záření, ale také z rozptýleného záření, které se šíří atmosférou a pochází z ostatních zdrojů ve vesmíru.

Příkon slunečního záření na vnější hranici zemské atmosféry, tj. po překonání vzdálenosti asi 150 milionů kilometrů, je přibližně 1360 W/m<sup>2</sup>. Tento údaj je označován jako **sluneční konstanta**  $G_{SC}$ . Na obr. 4 je pro porovnání znázorněna spektrální hustota záření, které dopadá ze Slunce na zemský povrch v závislosti na jeho vlnové délce mimo atmosféru a na zemském povrchu doplněná o absorpci v atmosféře spojenou s různými prvky, které se v ní běžně vyskytují. Jak je z obrázku patrné, většina energie je soustředěna ve viditelném spektru, tj. mezi vlnovými délkami 400 a 800 nm.

### DEFINICE

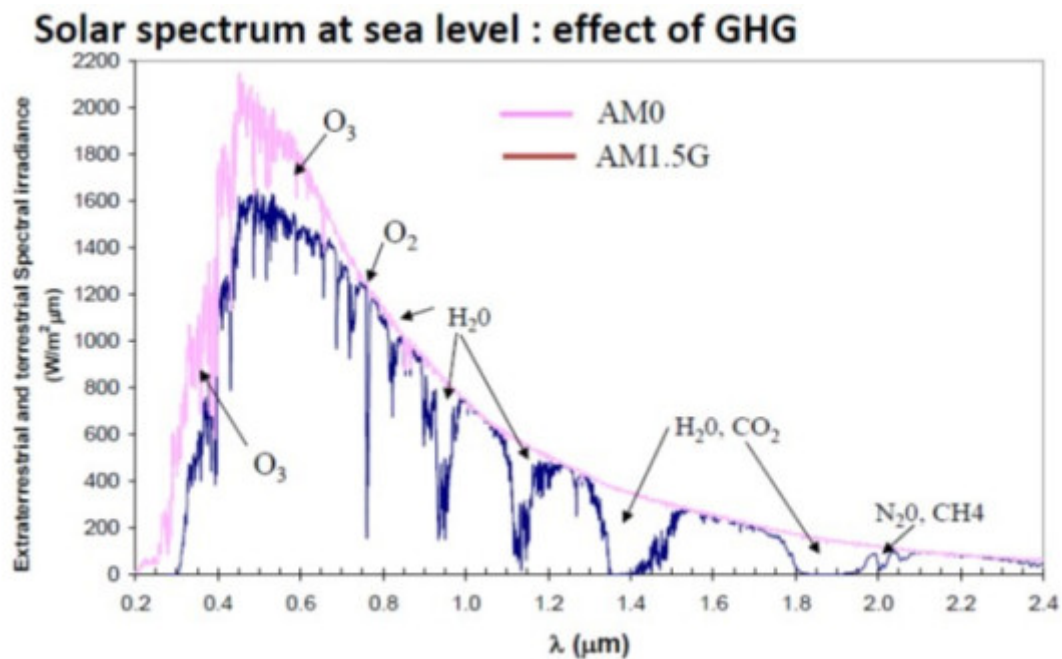
Energie fotonů závisí na jejich vlnové délce, jak to ostatně vyplývá i z následující rovnice:

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

kde  $h$  je Planckova konstanta,  $c$  je rychlost šíření světla ve vakuu a  $\lambda$  je vlnová délka fotonu.

Aby byl foton spolehlivě absorbován a vznikl tak v materiálu pár nosičů, elektron/díra, je nutné, aby energie dopadajícího fotonu byla vyšší než energie zakázaného pásu  $E_g$  daného materiálu. Kromě toho má každý polovodičový materiál, tedy materiál, který se při výrobě solárních článků používá nejčastěji, určitý absorpční koeficient  $\alpha$ . Při průchodu světla materiálem dochází k jeho útlumu. Tato absorpce je úměrná intenzitě dopadajícího záření a závislá na příslušné vlnové délce. Počet fotonů, které proniknou polovodičovým materiálem, klesá exponenciálně s funkcí  $\alpha$  a vzdáleností, kterou urazí, podle

Lambertova zákona. [11]



Obr. 4. Úroveň slunečního záření dopadajícího na zemský povrch

## DEFINICE

Sluneční spektrum mimo zemskou atmosféru se označuje jako AM0 (AM: hmotnost vzduchu, množství atmosféry, kterým prochází sluneční záření). Sluneční spektrum na zemském povrchu se označuje jako AM1,5.

## 4.2 Fotovoltaický generátor (zdroj energie)

### DEFINICE

Elektronické zařízení, které má na starosti přeměnu sluneční energie ve formě dopadajících fotonů pomocí fotoelektrického jevu na energii elektrickou, tj. na tok volných elektronů, které vytvářejí elektrický proud, se nazývá **solární článek**.

Nesmírně důležitou vlastností solárního článku je jeho účinnost  $\eta$ .

### DEFINICE

Účinnost solárního článku je definována jako poměr mezi elektrickým výkonem, který je schopen dodat na svém výstupu a výkonem světla dopadajícího na jeho povrch:

$$\eta = \frac{U_m \cdot I_m}{G \cdot A}$$

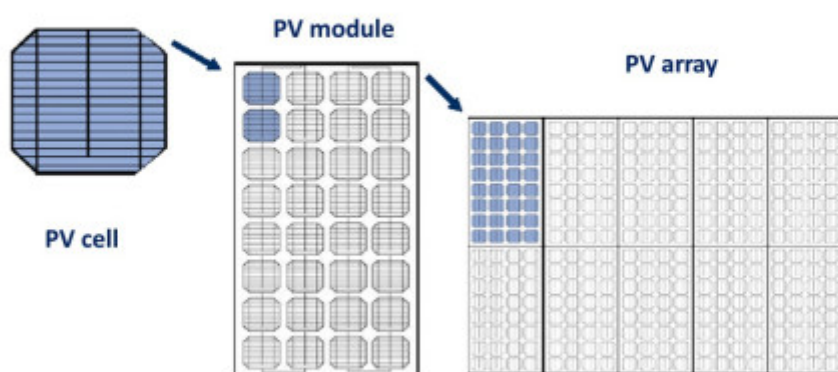
kde  $U_m$  a  $I_m$  jsou maximální napětí a proud na výstupu solárního článku za standardních podmínek **STC (Standard Conditions)** – intenzita ozáření  $G = 1000 \text{ W/m}^2$  při teplotě  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  a  $A$  je plocha solárního článku.

W. G. Adams a R. E. Day vyrobili první solární článek na bázi selenu (Se) již v roce 1877, ale teprve v roce 1954 byl v Bellových laboratořích vyroben první křemíkový (Si) solární článek s účinností 6 %. Z toho si lze udělat představu o tom, jak moderní technologii fotovoltaiická technologie představuje. I přes tuto skutečnost se dnes již jedná o velmi vyspělou technologii.

Většina solárních článků je dnes založena na polovodičových materiálech, u kterých lze vytvořit tzv. **PN přechod**, složený z oblasti s nedostatkem elektronů (P) a z oblasti s přebytkem elektronů (N). **PN přechod** vytváří v materiálu elektrické pole, které umožňuje elektronům pohybovat se určitým směrem, a tím získat na výstupu zařízení elektrický proud.

Solární články se obvykle zapojují do série, aby se dosáhlo vyššího výstupního napětí a vytvářejí tzv. fotovoltaiický modul. [12] Některé fotovoltaiické moduly mají několik větví sériově spojených solárních článků zapojeny paralelně, což následně umožňuje získat z fotovoltaiického modulu větší výstupní proud. Na trhu jsou dnes dostupné fotovoltaiické moduly s velmi rozdílným výstupním výkonem závislým na počtu použitých solárních článků, a na způsobu jejich vzájemného propojení. Účinnost fotovoltaiických modulů závisí na účinnosti jejich solárních článků, a tedy na materiálu a technologiích použitých při jejich výrobě.

## PV is Modular



Obr. 5. Od solárních článků k fotovoltaickým panelům

**Fotovoltaika** představuje modulární a škálovatelnou technologii. Proto je fotovoltaický generátor tvořen paralelním propojením sériově zapojených větví fotovoltaických modulů, jak je znázorněno na obr. 5.

[Video 3](#)

### 4.3 Technologie výroby fotovoltaických modulů

Až 95 % solárních článků vyrobených v roce 2020 bylo postaveno na křemíkových (Si) čípech, přičemž většina z nich, cca 84 %, používala monokrystalický křemík (c-Si) a ostatní multi-krystalický křemík (mc-Si). [13] Maximální účinnost solárních článků typu c-Si je 26,7 %, zatímco u článků typu mc-Si je dosahováno účinnosti okolo 24,4 %.

Některé tenkovrstvé technologie využívají při výrobě solárních článků levnější materiály, ale s nižší účinností, jako např. CIGS nebo CdTe. V poslední době se výzkum a výroba solárních článků zaměřila na materiály, jako jsou perovskity nebo kesterity, které jsou rovněž levnější než křemík. V případě solárních článků na bázi perovsitů mohou dosáhnout účinnosti až 25,5 %.

Nejvyšších hodnot účinnosti u solárních článků, až 47 % [14], dosahují tzv. **tandemové solární články** na bázi sloučenin skupiny III-V, které lépe využívají sluneční spektrum. Tyto tandemové články se skládají z několika solárních článků umístěných v sérii. Jejich výroba je však nákladná, a proto se jejich použití omezuje na kosmické aplikace.

V současné době má většina komerčních fotovoltaických modulů na bázi c-Si nebo mc-Si účinnost kolem 20 %. Nejvyšší hodnoty účinnosti dosažené u fotovoltaických solárních modulů různých technologií jsou souhrnně uvedeny v následující tabulce (viz Tab. 3).

Tabulka 3. Nejvyšší účinnost fotovoltaických modulů (2020) [14]

Technologie	Účinnost (%)	Výrobce
c-Si	24,4	Kaneka
mc-Si	24,4	Hanwha Q Cells
GaAs (tenkovrstvý)	25,1	Alta Devices
CdTe (tenkovrstvý)	19	First Solar
perovskity	17,9	Panasonic
vícenásobný přechod (III-V)	31,2	Sharp

#### ZAJÍMAVOST

Náklady na výrobu fotovoltaických modulů se za posledních 40 let snížily o 26 %.

Fotovoltaická solární energie je dnes již vyspělou technologií a umožňuje vyrábět elektřinu za ceny konkurenceschopné ve srovnání s tradičními zdroji energie využívajícími fosilní paliva, a to v rozmezí 14 až 20 USD/MWh. [13] Například v roce 2021 dosáhla cena elektřiny ve Španělsku 200 EUR/MWh a podobně i v ostatních zemích Evropské unie se očekává, že cena elektřiny vyrobené z neobnovitelných zdrojů bude v budoucnu nadále růst.

#### DEFINICE

Celkový instalovaný výkon fotovoltaických elektráren na světě je aktuálně 760 GW a ročně se díky němu do ovzduší nedostane 875 milionů tun CO<sub>2</sub>. Bohužel to stále představuje pouhý zlomek celosvětové výroby elektrické energie.

Je zcela nepochybné, že rozvoj fotovoltaických solárních systémů bude celosvětově pokračovat exponenciálním tempem stejně jako v uplynulých desetiletích a bude jedním z nejdůležitějších nástrojů při řešení problematiky globálního oteplování. Sehraje rovněž klíčovou roli při přechodu na nový typ energetiky.



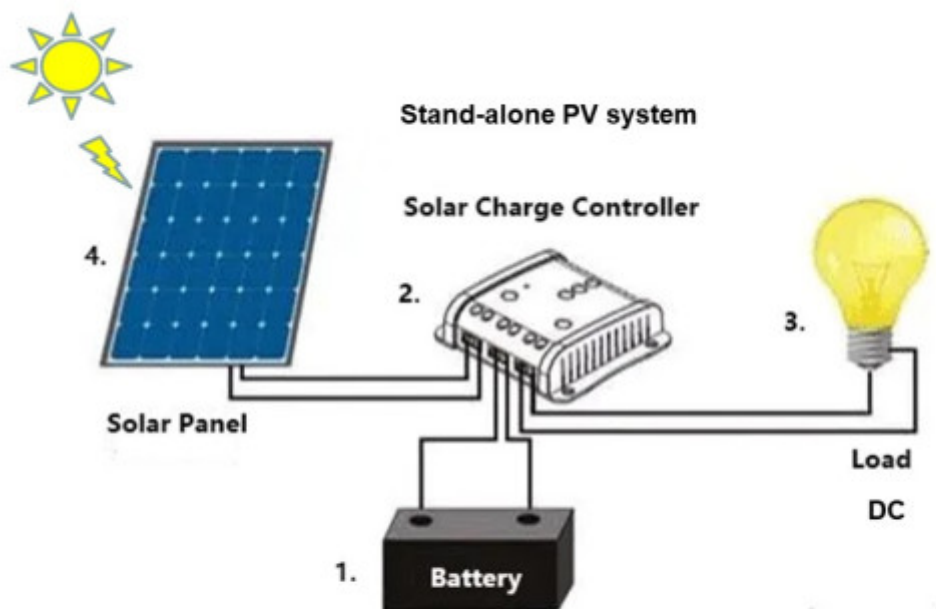
## 4.4 Fotovoltaické systémy

Fotovoltaické systémy lze obecně rozdělit na dvě kategorie – ostrovní fotovoltaické systémy a síťové fotovoltaické systémy.

### DEFINICE

Ostrovní fotovoltaické systémy se používají v případech, kdy není dostupné připojení k elektrické distribuční síti.

Ostrovní fotovoltaické systémy se uplatnily jako první v oblasti fotovoltaiky a jejich použití je mnohostranné – čerpání vody, telekomunikační zařízení, rozhlasové a televizní vysílače, družicové systémy nebo kosmická plavidla, aplikace v domácnosti atd.



Obr. 6. Ostrovní fotovoltaický systém

Tabulka 4. Komponenty ostrovního fotovoltaického systému

Komponenta	Popis
fotovoltaický modul (generátor)	V závislosti na aplikaci se velikost modulu může lišit od systémů s velmi nízkým výkonem (jeden modul) až po moduly se špičkovým výkonem i několika kW.

regulátor nabíjení	Tento prvek je zodpovědný za ochranu baterií a udržování jejich dostatečného stavu nabití dle aktuálních požadavků systému a aktuálně dostupného výkonu fotovoltaického modulu. Mohou obsahovat sledovače maximálního výkonu <b>MPPT</b> ( <i>Maximum Power Point Tracking</i> ), aby se maximalizovalo využití vyrobené energie. To umožňuje, aby fotovoltaický modul pracoval s maximálním výstupním výkonem, zatímco zbytek systému pracuje vždy s napětím baterie a proudem požadovaným zátěží.
baterie	Akumulátory energie, které umožňují dodávat elektrický proud do zátěže, když systém nevyrábí energii, např. v noci. Jakmile systém začne elektrinu vyrábět, automaticky dobíjí baterie.
spotřebič (zátěž systému)	Elektrická zátěž, kterou musí fotovoltaický systém napájet stejnosměrným proudem. Pokud je připojena zátěž, kterou je třeba napájet střídavým proudem, je možné zapojit měnič stejnosměrného a střídavého proudu, tzv. invertor (střídač).

## DEFINICE

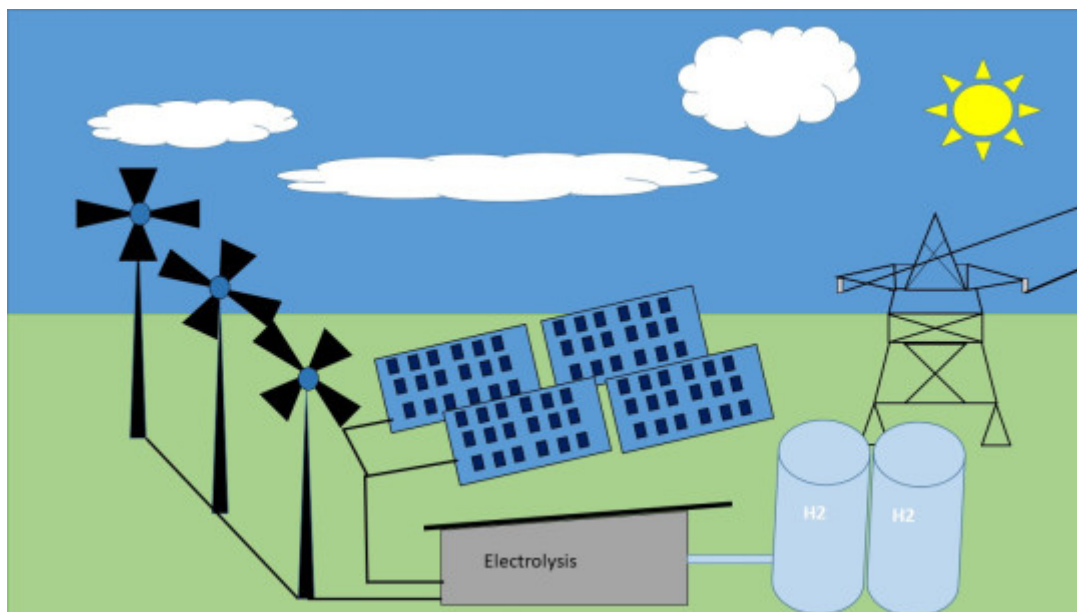
Druhým typem fotovoltaických systémů jsou systémy přímo připojené k elektrické distribuční síti (soustavě) neboli síťové fotovoltaické systémy.

V současné době je více než 90 % stávajících fotovoltaických systémů připojeno k elektrické distribuční přenosové soustavě. Do této skupiny systémů patří především zařízení, která jsou koncipována jako velké generátory elektrické energie o výkonu až stovek MW a slouží k dodávce elektrické energie přímo do rozvodné sítě. Dále systémy středního výkonu do 500 kWp (tzv. kilowatt-peak), určené pro průmyslové nebo obchodní prostory, které buď dodávají energii do rozvodné sítě, ale především slouží pro pokrytí vnitřní spotřeby těchto zařízení. Každým dnem přibývají další síťové fotovoltaické systémy instalované přímo v domácnostech, které jsou primárně určené pro vlastní přímou spotřebu. V případě přebytku elektrické energie však mohou tyto systémy dodávat tento přebytek do distribuční přenosové soustavy, pokud to však předpisy dané zemí umožňují. Pro tyto provozní stavy existují dva typy řešení, jak tuto elektrickou energii dodanou do distribuční přenosové soustavy kompenzovat.

## DEFINICE

Prvním způsobem je tzv. **net metering**, kdy elektrárenské společnosti, k nimž je daný fotovoltaický systém připojen, započítávají dodanou energii do nákladů na spotřebu zákazníka. Druhým způsobem je řešení, kdy elektrárenské společnosti platí za elektrickou energii dodanou fotovoltaickým systémem do distribuční soustavy přímo jeho majiteli, tzv. **feed-in tarif**.

U síťových fotovoltaických systémů, zejména u aplikací určených pro vlastní spotřebu, jsou součástí baterií také akumulátory, které slouží k ukládání energie vyrobené fotovoltaickým modulem (generátorem), a snižují tak přímou spotřebu ze sítě v případě, kdy generátor není schopen zcela uspokojit energetickou poptávku spotřebiče/spotřebičů.



Obr. 7. Blokové schéma síťového fotovoltaického systému

Jeho klíčové komponenty jsou následující (viz Tab. 5):

Tabulka 5. Klíčové komponenty síťového fotovoltaického systému

Komponenta	Popis
fotovoltaický modul (generátor)	od několika kW až po stovky MW v závislosti na aplikaci
invertor (střídač)	Převádí stejnosměrný výstup fotovoltaického generátoru na střídavý. V závislosti na velikosti systému se může počet invertorů a jejich jmenovitý výkon u jednotlivých aplikací lišit. Tyto invertory obsahují sledovače maximálního výkonu MPPT, které zajišťují, že fotovoltaický modul pracuje vždy na maximální výkon.
ochranné prvky (jištění)	pojistky, obtokové diody, blokové diody, ruční a automatické spínače nebo jističe, zemní spojení, systémy ochrany napájení atd. (závislé na předpisech jednotlivých zemí)
měřidla (měřicí prvky)	Měří energii dodanou do sítě. U aplikací určených primárně pro vlastní spotřebu lze použít i obousměrné měřiče, které měří jak dodávku do distribuční sítě, tak vlastní spotřebu v případě zpětného odběru.
spotřebič (zátěž systému)	střídavá zátěž připojená do systému

[Interaktivní prvek](#)

[Interaktivní prvek](#)

Interaktivní prvek

## KAPITOLA 5

# Vodíkové technologie

### DEFINICE

Vodík, chemické označení  $H_2$ , je bezbarvý netoxický dvouatomový plyn bez zápachu. Má vysokou energetickou hodnotu na jednotku hmotnosti, tzn. energetickou hustotu, mnohem vyšší než tradiční paliva. Jedná se o obnovitelné palivo, jehož zásoby jsou v podstatě nevyčerpatelné.

Vodík se na Zemi vždy vyskytuje v kombinaci s jinými chemickými prvky, např. s kyslíkem vytváří vodu ( $H_2O$ ), s uhlíkem vznikají uhlovodíky, nebo i s dalšími prvky, což umožňuje vznik nepřehledného množství různých sloučenin. Vodík je produktem chemických, resp. elektrochemických procesů, které vždy spotřebovávají větší množství energie, než je energie, kterou získáme následným využitím vzniklého vodíku.

V současné době je využíván v mnoha průmyslových odvětvích – v chemickém, petrochemickém, metalurgickém nebo elektronickém průmyslu. Jeho velký potenciál se však skrývá také v energetice. Vodík lze totiž využívat jako palivo, kdy jeho spalováním vzniká teplo, podobně jako u spalování zemního plynu, avšak s výhodou, že při spalování vodíku vzniká pouze vodní pára namísto skleníkových plynů, které vznikají spalováním fosilních paliv. Zároveň umožňuje výrobu elektřiny pomocí elektrochemických procesů.

Využití vodíku umožní rozvoj celé řady souvisejících technologií. Dobrým příkladem jsou palivové články poháněné vodíkem, které mají vysokou účinnost a široké možnosti uplatnění u mobilních i stacionárních systémů a zařízení.

Optimistické výsledky dosažené v průběhu několika uplynulých let v rámci různých výzkumných, vývojových a předváděcích programů jednoznačně zvýšily mezinárodní zájem o tyto technologie, které mají velký potenciál do budoucna. Očekává se, že se významnou mírou uplatní celosvětově v energetickém sektoru a mohly by výrazně přispět ke zmírnění dopadů souvisejících se změnami klimatu.

Termín **vodíkové technologie** souhrnně označuje všechny procesy spojené s výrobou, skladováním, přepravou a spalováním vodíku.

## 5.1 Výroba vodíku (H<sub>2</sub>)

Vodík (H<sub>2</sub>) bývá obvykle označován podle zdrojů energie použitých při jeho výrobě a jejich udržitelnosti. Na základě této klasifikace můžeme hovořit o třech různých typech – šedý, modrý a zelený vodík.

Výroba šedého vodíku je založena na energii fosilních paliv – zemní plyn (metan (CH<sub>4</sub>)), ropa nebo uhlí. Tento typ výroby je však zatížen emisemi znečišťujících látek. V současnosti se bohužel 99 % celosvětové produkce vodíku vyrábí právě tímto způsobem, kdy vznikají velmi významné emise oxidu uhličitého (CO<sub>2</sub>).

Nejběžnějšími metodami výroby šedého vodíku jsou **štěpení zemního plynu**, tzv. **steam reforming** a **zplyňování uhlí**.

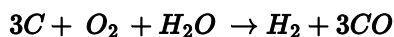
Metoda **štěpení zemního plynu** je nejlevnější a nejpoužívanější. Jedná se o proces založený na ohřevu čínidel na teplotu 700 až 850 °C při tlaku nižším než 25 barů, jak ukazuje následující reformní reakce:



Takto získaný oxid uhelnatý (CO) konverzí s vodní párou (H<sub>2</sub>O) vytváří oxid uhličitý a vodík:

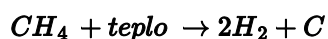


Druhou nejpoužívanější metodou výroby vodíku je **zplyňování uhlí**. Nejjednodušší stechiometrická reakce vypadá následovně:

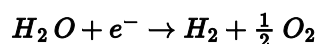


Abychom omezili emise oxidu uhličitého a omezili jeho nepříznivý dopad na změny klimatu, je nutné přejít od šedého vodíku k modrému vodíku, a především podpořit výrobu zeleného vodíku, který je obnovitelný a nevytváří přímé emise oxidu uhličitého.

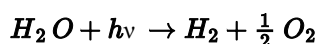
Výroba modrého vodíku rovněž využívá energie fosilních paliv, ale v tomto případě se používají výrazně ekologičtější výrobní postupy. Tyto technologie totiž obvykle umožňují zachytávat a ukládat oxid uhličitý. Pokud tedy při výrobě nedochází k vypouštění emisí znečišťujících látek, pak je vodík nazýván modrý, resp. tyrkysový. Lze jej získat pyrolýzou podle následující reakce:



Dalším známým procesem, který prošel v posledním desetiletí dynamickým rozvojem, je **elektrolýza vody**, při které se molekula vody rozštěpí na vodík a kyslík působením elektriny:

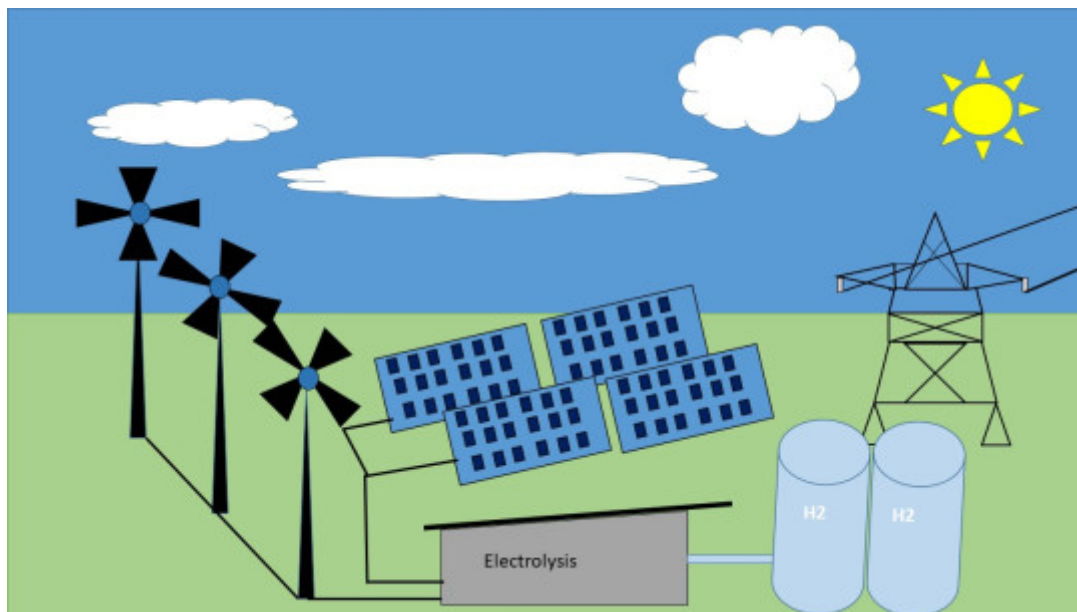


Elektrolýzu vody lze provádět i pomocí sluneční energie, tj. fotonů, které přímo rozkládají molekulu vody. Tento proces se nazývá **fotolýza**:



Vodík získaný díky obnovitelným zdrojům energie (větrná, solární, vodní atd.), s velmi nízkými nebo žádnými emisemi oxidu uhličitého, se označuje jako zelený nebo obnovitelný.

Výhodou vodíku vyrobeného ekologickým způsobem je, že svým principem umožňuje přeměnit elektřinu na skladovatelný a snadno přepravitelný produkt s mnohostranným využitím. Výše popsany koncept má však mnohem širší uplatnění, neboť existují i další obnovitelné a nevyčerpatelné zdroje, které lze využít u technologických procesů, při nichž vzniká zelený vodík mimo jiné z lesní biomasy nebo organických sloučenin.



Obr. 8. Ekologická „zelená“ výroba vodíku

Přehled nejpoužívanějších metod výroby vodíku jsou uvedeny v následující tabulce.

Tabulka 6. Možnosti výroby vodíku [15]

Chemické procesy	Elektrolytické procesy	Termolytické procesy	Biologické procesy	Fotonické procesy
štěpení zemního plynu (steam reforming)	elektrolýza (voda)	přímá termolýza vody	kvasné procesy, fermentace (bakterie)	fotolýza
zplyňování (plyn nebo uhlí)		tepelné cykly	rozklad biomasy bez přístupu vzduchu (anaerobní)	fotobiolýza
pyrolýza (biomasa nebo zemní plyn)				fotokatalýza

## 5.2 Přeprava a skladování vodíku (H<sub>2</sub>)

K perspektivním technologiím skladování elektrické energie patří vodík a syntetický metan, který rovněž vzniká při výrobě vodíku. Obě technologie umožňují dlouhodobé skladování velkého objemu elektřiny získávaného z obnovitelných zdrojů.

### NEVÝHODY

Jedním z problémů, které skladování vodíku přináší, jsou jeho objemové nároky. Objem, který zabírá vzhledem ke své nízké hustotě a navzdory své vysoké energetické kapacitě, je nepoměrně velký.

### POZNÁMKA

Pro zvýšení objemové hustoty se používají různé metody, např. komprese nebo zkapaňování.

Nejběžnějším způsobem skladování vodíku jsou běžné tlakové ocelové lahve nebo lehké nádrže z uhlíkových vláken. V jejich případě se jedná o nejvyspělejší technologii skladování vodíku.

Vodík lze skladovat také v kapalném stavu při kryogenních teplotách, tj. při -253 °C, což výrazně zvyšuje jeho energetickou hustotu na jednotku objemu i při nízkých tlacích.

### NEVÝHODY

Hlavní nevýhodou je, že proces zkapaňování spotřebovává velké množství energie, a díky velmi nízkým teplotám je jeho následné použití u dopravních prostředků velmi obtížné.

Vodík lze též skladovat v pevném stavu pomocí materiálů na bázi uhlíku (nanotrubičky a grafitová nanovlákná) nebo dobíjecích hydridů (binární, tzn. dvouprvkové sloučeniny vodíku). V tomto případě se ukládání vodíku provádí na povrchu pevných látek (**adsorpce**) nebo uvnitř nich (**absorpce**).

Vodík lze přepravovat na velké vzdálenosti po moři pomocí tankerů, po zemi v cisternách (kamióny, vlaky) nebo potrubím (plynovody). Poslední zmíněná možnost přepravy však vyžaduje značné investice do infrastruktury, ale následně vykazuje mnohem nižší náklady na přepravu než obě předchozí možnosti s ohledem na velký objem, který umožňuje přepravit najednou. Náklady na výstavbu vodíkového plynovodu jsou díky nižší hustotě energie vodíku na jednotku objemu mnohonásobně vyšší než náklady na výstavbu plynovodu pro zemní plyn. Pro zajištění stejného množství energie je proto nezbytné použít potrubí buď o větším průměru nebo s vyšším tlakem.



## 5.3 Možnosti využití

V současné době se většina vodíku využívá k výrobě čpavku ( $\text{NH}_3$ ) a dalších průmyslových produktů, nejčastěji hnojiv. Používá se také při zpracování ropy v rafinériích pro různé technologické procesy.

Významné je také jeho použití v metalurgii při výrobě oceli ze železa. Neméně důležité je jeho využití při výrobě základních chemických produktů, jako je methanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) nebo amoniak ( $\text{NH}_3$ ), a při zpracování syntetických uhlovodíků.

Mezi oblastí s aktuálně největším potenciálem využití vodíku patří bezpochyby doprava. Lze ho uplatnit v dopravních prostředcích (např. osobní a nákladní automobily, autobusy, motorčky, případně jízdní kola), které pro svůj provoz využívají vodíkové palivové články. Jejich provozem vzniká jako jediný odpad voda, což přispívá ke zlepšení kvality ovzduší a snížení vlivu globálního oteplování.

### DEFINICE

Palivové články jsou zařízení, která umožňují vyrábět elektřinu z chemické reakce vodíku a kyslíku bez nutnosti jejich přímého spalování. Místo toho probíhá v člancích elektrochemická oxidační reakce vodíku.

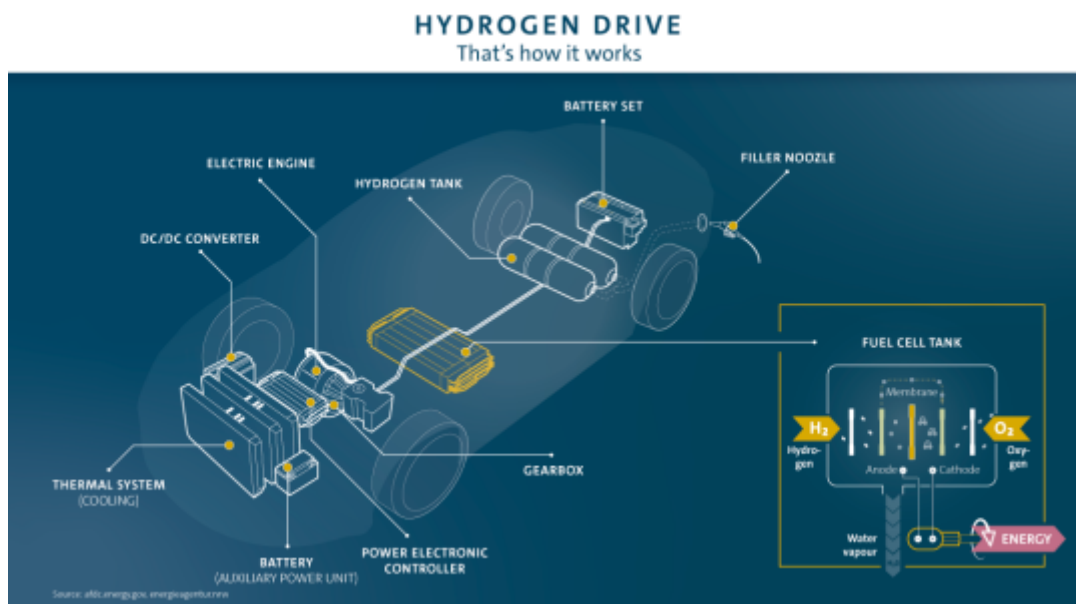
### ZAJÍMAVOST

Elektrochemická oxidační reakce vodíku má mnohem vyšší účinnost než běžné spalování.

Existuje několik typů palivových článků. Obvykle se dělí podle své provozní teploty, ale lze je také rozdělit podle povahy iontů přenášených elektrolytem, který se nachází mezi katodou a anodou palivového článku.

Pro zajištění dostupnosti vodíku určeného pro oblast dopravy bude nutné vytvořit novou síť čerpacích stanic. Vodíková úložiště, resp. vodíkové stanice, jsou čerpací stanice, které skladují a dodávají vodík pro potřeby dopravy a jsou obvykle umístěny přímo u pozemních komunikací.

Využití vodíku v námořní dopravě je zatím omezeno výhradně na malá plavidla, ale v budoucnu se počítá s jeho využitím i u velkých plavidel.



Obr. 9. Automobil s pohonem na vodík

A konečně poslední oblastí, kde lze s úspěchem využít vodík, je jeho spalování v kotlích pro účely vytápění domácností nebo pro výrobu tepla v průmyslových podnicích.

[Interaktivní prvek](#)

[Interaktivní prvek](#)

[Interaktivní prvek](#)

[Interaktivní prvek](#)

[Interaktivní prvek](#)

[Interaktivní prvek](#)

## KAPITOLA 6

# Energie z biomasy

Využívání energie z biomasy je ve skutečnosti jedním z nejstarších známých způsobů, který používali již první jeskynní lidé k vytápění nebo přípravě jídla. S nástupem průmyslové revoluce a potřebou vyrábět stále větší množství energie na stále menším prostoru se však rozšířilo využívání fosilních paliv na úkor využívání energie z biomasy. Výroba energie z biomasy však v současné době opět získává na popularitě, protože se jedná o čistý, udržitelný a obnovitelný zdroj energie.

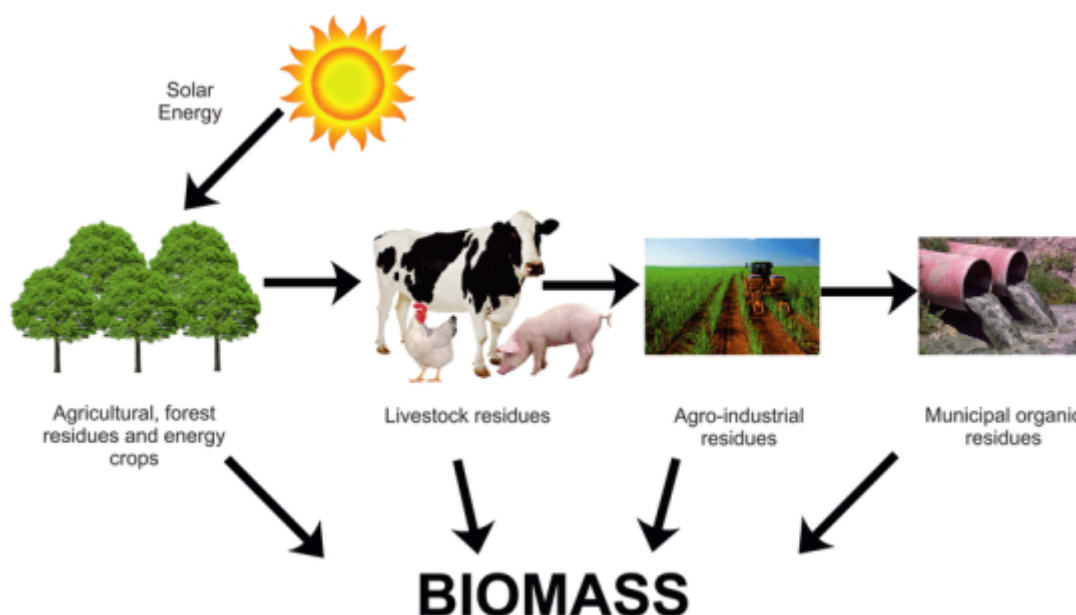
### DEFINICE

Biomasa se rozumí veškerá organická hmota v okolním životním prostředí, ať už je rostlinného nebo živočišného původu, a dále materiály získané jejich přirozenou nebo umělou přeměnou.

Podle směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/28/ES ze dne 23. dubna 2009 o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů se „biomasou“ rozumí biologicky rozložitelná část produktů, odpadů a zbytků biologického původu ze zemědělství (včetně rostlinných a živočišných látek), lesnictví a souvisejících odvětví včetně rybolovu a vodního hospodářství, ale i biologicky rozložitelná část průmyslového a komunálního odpadu. [17]

### DEFINICE

**Biomasa** je tedy velmi široký pojem, který zahrnuje vše od odpadů z lesnictví, zemědělství a živočišné výroby až po organickou část domovního a průmyslového odpadu, včetně vedlejších produktů zemědělsko-potravinářského a dřevozpracujícího průmyslu.



#### Obr. 10. Vytváření biomasy

**Biomasa** je obnovitelným zdrojem energie. Energie z biomasy pochází v neposlední řadě ze Slunce. Rostliny absorbují sluneční energii prostřednictvím procesu fotosyntézy a přeměňují oxid uhličitý a vodu na živiny. Také živočichové, kteří se rostlinami živí, přeměňují tyto živiny na biomasu. Biomasu lze přeměnit na využitelnou energii přímou a nepřímou cestou. Biomasu lze spalovat za účelem výroby tepla nebo ji přeměnit na elektrickou energii (přímá cesta), případně ji zpracovat na biopalivo (nepřímá cesta).

## 6.1 Typy biomasy

Podle původu lze biomasu rozdělit do tří hlavních skupin

- **Přírodní biomasa.** Vzniká spontánně v přírodě bez zásahu člověka, např. přirozeným zánikem (odumíráním) lesních porostů.
- **Zbytková biomasa.** Odpadní produkty ze zemědělské produkce nebo lesnictví (např. piliny), ze zemědělsko-potravinářského průmyslu nebo z biologicky rozložitelných odpadů vznikajících z městských, průmyslových a živočišných odpadních vod (např. guáno).
- **Vyprodukovaná biomasa.** Jedná se především o energetické plodiny. Určitá plodina se pěstuje na farmách výhradně za účelem jejího následného využití jako zdroje energie.

## 6.2 Konverzní technologie

Konverzní technologie využívají biomasu účinným a udržitelným způsobem k výrobě tepla, elektřiny, biopaliv, chemických látek a bio materiálů.

### DEFINICE

Existují dvě hlavní technologie přeměny biomasy na energii – termochemická a biochemická.

**Termochemická konverze** spočívá v přímém spalování biomasy při velmi vysokých teplotách (600 až 1300 °C) za přítomnosti velkého množství vzduchu s výtěžností až 95 %. Mezi různé procesy termochemické konverze patří spalování, zplyňování a pyrolýza, přičemž spalování je z předchozího výčtu procesem nejpraktičtějším.

**Biochemická konverze** je založena na využití bakterií, mikroorganismů a enzymů k rozkladu biomasy na plynná nebo kapalná paliva, jakými jsou např. bioplyn nebo bioetanol. Mezi nejoblíbenější biochemické procesy patří **anaerobní rozklad** a **fermentace**. **Anaerobní rozklad** je proces, který probíhá za záměrné nepřítomnosti kyslíku. Při tomto procesu dochází k rozkladu organické hmoty díky činnosti mikroorganismů, které ji přeměňují na plyn s vysokým obsahem energie (bioplyn) a další produkty, které lze využít k výrobě sekundárních produktů.

Tabulka 7. Obecné srovnání biochemických a termochemických procesů [18]

Termochemické procesy	Biochemické procesy
efektivní pro téměř všechny vstupní suroviny z biomasy	využívají mikroby, enzymy a/nebo chemických látky
zpracování je možné bez předchozí úpravy	je nezbytná předběžná úprava biomasy
relativně vyšší produktivita díky zcela chemické povaze reakce	produktivita je omezená v důsledku biologické přeměny
možnost získání většího počtu vysoce hodnotných produktů pomocí frakční separace produktů	obvykle omezeny na jeden nebo několik málo produktů, pro více produktů jsou nezbytné další mikroby a enzymy
nezávislé na klimatických podmínkách	poměrně náchylné na změny okolní teploty, anaerobní fermentor
úplné využití odpadu/biomasy	produkce sekundárních odpadů, např. kalů z biomasy
kratší reakční doba	vysoká reakční doba

## 6.3 Výhody a nevýhody využití biomasy

Výhody využití biomasy jako zdroje energie: [19]

### VÝHODY

- Jedná se o obnovitelný zdroj energie.
- Snižuje množství odpadu, kdy jeho nespornou výhodou je jeho následné využití.
- Vyskytuje se v poměrně velkém množství.
- Nepodílí se na zvyšování vlivu skleníkového efektu, protože používáním biomasy jako paliva naopak dochází ke snížení tvorby plynů, které jsou následně škodlivé pro životní prostředí.
- Její využívání je poměrně levné.
- Využití biomasy může být ekonomicky přínosné obecně pro zemědělská odvětví.

Existuje také několik nevýhod, mezi které patří:

### NEVÝHODY

- Využívání biomasy je stále omezené.
- Její účinnost je nižší než u jiných zdrojů energie, jakými jsou např. fosilní paliva.
- Provozy na zpracování biomasy zabírají poměrně velkou výrobní plochu a potřebují i velký prostor pro její následné skladování.
- Může být příčinou nadměrného odlesňování.
- Její distribuční sítě stále nejsou dostatečným způsobem rozvinuté.
- Může být příčinou zdražení některých potravin, které lidé nebo zvířata konzumují, protože stejné plodiny jsou využívány k výrobě energie.
- Energie z biomasy není tak účinná jako energie z fosilních paliv.

## 6.4 Využití biomasy ve světě

Mezi jednotlivými zeměmi jsou ve využívání biomasy poměrně značné rozdíly. V méně rozvinutých zemích jsou stále hlavním zdrojem energie fosilní paliva. V některých oblastech Asie, Afriky a Latinské Ameriky však připadají dvě třetiny vyrobené energie právě na biomasu. Premianty ve využívání energie z biomasy jsou země jako Finsko nebo Velká Británie, kdy pro její výrobu využívají složitější a pokročilejší transformační procesy. Například Finsko pokrývá 50 % své potřeby tepla a 20 % spotřeby primární elektrické energie právě pomocí biomasy.

[Interaktivní prvek](#)

[Interaktivní prvek](#)



## KAPITOLA 7

# Geotermální energie

První geotermální elektrárna byla postavena již v roce 1904 v italském Larderellu. Přestože se tedy geotermální energie využívá již více než 100 let, je méně známá než jiné alternativní zdroje energie, jako je například fotovoltaická (solární) nebo větrná energie.

### DEFINICE

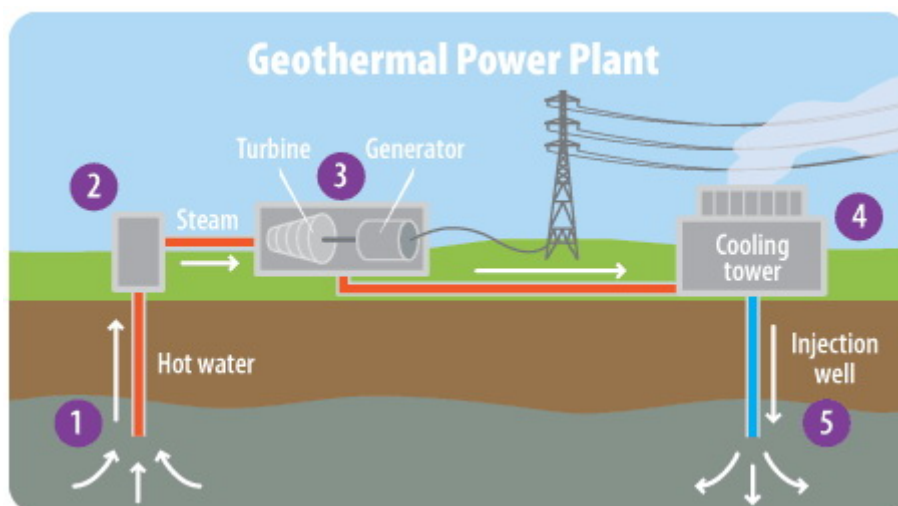
**Geotermální energie** je tepelná energie, která se vytváří a ukládá pod zemskou kůrou. Jedná se o obnovitelný zdroj energie, který nevyžaduje spalování žádného materiálu, čímž lze předejít nežádoucím emisím oxidu uhličitého.

**Geotermální energie** využívá teplo uložené v horninách, půdě a podzemní vodě bez ohledu na jejich teplotu a hloubku. Pro využití tohoto druhu energie je nutné navrtat zemský povrch do hloubky 2,6 km nebo hlouběji, aby se dosáhlo rezervoáru páry nebo horké vody. Obecně platí, že čím hlouběji se vrtá, tím vyšší je teplota.

Geotermální systémy jsou závislé na teplotě geotermálního zdroje. Pro výrobu elektřiny lze využívat geotermální rezervoáry s vysokou teplotou nad 100 °C. Teplo se využívá k ohřevu vody, z níž se vyrábí pára, která pohání turbínu připojenou ke generátoru pro výrobu elektřiny. Pokud je teplota rezervoáru nižší než 100 °C, využívá se teplo přímo k vytápění či chlazení domácností a podniků prostřednictvím tepelných čerpadel. Nízkoteplotní zásobníky s teplotou nižší než 25 až 30 °C se používají v klimatizačních systémech a k výrobě horké vody.

## 7.1 Jak to funguje...

Geotermální energie se vyrábí v geotermální elektrárně. Vysokotlakým vrtem se snažíme dosáhnout ložiska páry nebo horké vody. Geotermální elektrárny se nacházejí v blízkosti tektonicky aktivních oblastí, kde je potenciál geotermální energie vysoký. Následující obrázek znázorňuje, jak geotermální elektrárna funguje: [20]



Obr. 11. Schéma geotermální elektrárny [20]

1. Horká voda se čerpá z hloubky pod zemí prostřednictvím vysokotlakého vrtu.
2. Jakmile se voda dostane na povrch, její tlak se sníží, což způsobí, že se voda změní v páru.
3. Vzniklá pára následně roztáčí turbínu, která je připojena ke generátoru, jenž vyrábí elektřinu.
4. Pára je poté ochlazená v chladičí věži a kondenzuje zpět na tekutou vodu.
5. Zchlazená voda se čerpá zpět do země, aby se mohl celý cyklus znovu opakovat.

## 7.2 Výhody a nevýhody geotermální energie

**Geotermální energie** má celou řadu výhod oproti fosilním palivům, ale také oproti jiným obnovitelným zdrojům energie, jakými jsou solární a větrná energie. Mezi tyto výhody patří: [21]

### VÝHODY

- Ve srovnání s fosilními palivy je geotermální energie čistší, často zcela bez emisí a levnější.
- Je neustále dostupná. Na rozdíl od jiných obnovitelných zdrojů energie nezáleží na tom, zda je den nebo noc nebo jaké jsou aktuální povětrnostní podmínky.
- Lze ji vyrábět i v domácích podmínkách a na menší ploše než větrnou a sluneční energii.
- Velmi dobře se uplatňuje pro účely vytápění a chlazení.

Přestože má geotermální energie velké množství výhod, je třeba vzít v úvahu i některé nevýhody:

### NEVÝHODY

- Její výroba je omezena na oblasti blízko hranic tektonických desek.
- Vysoké počáteční náklady. Přestože je po vybudování výrobních zařízení levnější než energie z fosilních paliv, vrty a průzkum vhodných lokalit jsou velmi nákladné.
- Existuje nezanedbatelné riziko náhodného uvolnění škodlivých skleníkových plynů v průběhu procesu výroby.
- Může způsobit nestabilitu povrchu, která může vést až ke vzniku zemětřesení.
- Silovou elektřinu lze vyrábět pouze v průmyslovém měřítku. V případě domácností lze geotermální energii využívat pouze k vytápění a chlazení.

### 7.3 Využití geotermální energie ve světě

Podle údajů z roku 2020 jsou USA s 16,7 miliardami kWh ročně největším výrobcem geotermální energie na světě a k dispozici mají instalovaný výkon 3639 MW. Geotermální komplex Geysers se sídlem v San Francisku v Kalifornii se skládá z 18 geotermálních zařízení a je tudíž největším geotermálním zařízením na světě.

Druhá v pořadí za USA následuje Indonésie s instalovaným výkonem 2133 MW, dále Filipíny s 1918 MW, Turecko s 1688 MW a Nový Zéland s 1005 MW. Tyto země tvoří takzvaný klub zemí s výkonem 1 GW. [22]

[Interaktivní prvek](#)

[Interaktivní prvek](#)

[Interaktivní prvek](#)

[Interaktivní prvek](#)

## KAPITOLA 8

### Test

**Výroba fotovoltaické solární energie se na celosvětové výrobě elektřiny podílí:**

---

- 10 % celkové výroby elektřiny
- 7 % celkové výroby elektřiny
- 5,5 % celkové výroby elektřiny
- 2,8 % celkové výroby elektřiny

**Nejstarším energetickým zdrojem používaný lidstvem je**

---

- fotovoltaická solární energie
- větrná energie
- geotermální energie
- energie vodních zdrojů

**Větrné turbíny s horizontální osou používané pro výrobu větrné energie se označují jako:**

---

- HAWT
- VAWT
- HTWA
- A1WT

**Která země má v současné době největší instalovaný výkon větrné energie?**

---

- Španělsko
- USA

- Čína
- Indie

### Co charakterizuje přírodní biomasu?

---

- vzniká spontánně v přírodě bez zásahu člověka
- její množství nelze ovlivnit
- využívá odpadní průmyslové produkty
- využívá odpadní zemědělské produkty

### Co charakterizuje termochemickou konverzi?

---

- je závislá na okolních klimatických podmínkách
- vyžaduje vysokou reakční dobu
- je nezávislá na okolních klimatických podmínkách
- vyžaduje základní předúpravu

### Biomasa jako zdroj energie:

---

- nenapomáhá snižovat množství odpadu
- může být ekonomicky přínosné pro zemědělská odvětví
- může zamezit nadměrnému odlesňování
- má velmi vysoké počáteční náklady

### Hlavním zdrojem energie v méně rozvinutých zemích je i nadále:

---

- biomasa
- solární energie
- geotermální energie
- energie vodních zdrojů

### Co je nevýhodou geotermální energie?

---

- nelze ji vyrábět v domácnostech
- počáteční náklady jsou velmi vysoké
- závisí na okolních povětrnostních podmínkách
- nelze ji využít pro vytápění a chlazení

### Na čem závisí energie fotonů?

---

- teplotě
- frekvenci
- napětí
- elektrickém proudu

### Kdo je objevitelem fotovoltaického efektu?

---

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

### Jaké jsou normalizované podmínky (STC) intenzity záření a teploty?

---

- teplota 20 °C a intenzita záření 800 W/m<sup>2</sup>
- teplota 30 °C a intenzita záření 800 W/m<sup>2</sup>
- teplota 0 °C a intenzita záření 900 W/m<sup>2</sup>
- teplota 25 °C a intenzita záření 1000 W/m<sup>2</sup>

### Jaký význam má pojem šedý vodík?

---

- vodík vyrobený pomocí fosilních zdrojů energie
- vodík využívaný pro automobily
- vodík vyrobený pomocí jaderné energie
- vodík využívaný pro vytápění

**jaký význam má pojem zelený vodík?**

---

- vodík vyrobený pomocí fosilních zdrojů energie
- vodík vyrobený pomocí obnovitelných zdrojů energie
- vodík určený pro chemické účely
- vodík pro dopravní prostředky

**Jakým způsobem vyrábějí palivové články elektřinu?**

---

- spalováním kyslíku
- spalováním vodíku
- z chemické reakce vodíku a kyslíku
- spalováním vodíku a kyslíku