

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE



## FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**Možnosti využití alternativních zdrojů energie v ČR a jejich přínos pro  
kvalitu ovzduší**

**Possibilities to utilize alternative energy sources in CR and their contribution  
to air quality**

Vedoucí práce: doc. Mgr. Marek Vach, Ph.D.

Autor: Jan Emmer

Rok: 2017

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jan Emmer

Územní technická a správní služba

Název práce

**Možnosti využití alternativních zdrojů energie v ČR a jejich přínos pro kvalitu ovzduší**

Název anglicky

**Possibilities to utilize alternative energy sources in CR and their contribution to air quality**

---

### Cíle práce

- 1/ Vypracování literární rešerše zaměřené na problematiku znečišťování ovzduší při výrobě elektrické energie a na problematiku využívání alternativních zdrojů energie v České republice.
- 2/ Kritické zhodnocení vlivu energetické soustavy České republiky na kvalitu ovzduší.
- 3/ Vyhodnocení možného přínosu většího využití alternativních zdrojů energie na zlepšení kvality ovzduší.
- 4/ Posouzení kladných a záporných stránek alternativních zdrojů energie a vyhodnocení nejvhodnějšího alternativního zdroje energie s ohledem na kvalitu ovzduší v České republice.

### Metodika

Autor vypracuje literární přehled zaměřený na problematiku emisí plyných a pevných látek při výrobě elektrické energie v České republice. Bude provedena analýza energetické soustavy České republiky, zejména jejího vlivu na kvalitu ovzduší, analýza alternativních zdrojů energie a možností rozšíření jejich využívání v České republice. Bude provedeno kritické vyhodnocení získaných informací a budou navržena možná řešení pro budoucí rozvoj energetické soustavy České republiky s ohledem na minimalizaci znečišťování ovzduší.

**Doporučený rozsah práce**

35 stran textu

**Klíčová slova**

zdroje energie, energetická soustava, Česká republika, emise, kvalita ovzduší

---

**Doporučené zdroje informací**

Databáze : Web of Knowledge, PubMed, Google Scholar.

KOTECKÝ, Vojtěch a Karel POLANECKÝ. Fosilní faktor. Brno: Hnutí Duha, 2005. ISBN 80-86834-12-3.

MASTNÝ, Petr. Obnovitelné zdroje elektrické energie. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011. ISBN 978-80-01-04937-2

MOTLÍK, Jan. Obnovitelné zdroje energie a možnosti jejich uplatnění v České republice. Praha: České energetické závody, 2007. ISBN 978-80-239-8823-9.

---

**Předběžný termín obhajoby**

2016/17 LS – FŽP

**Vedoucí práce**

doc. Mgr. Marek Vach, Ph.D.

**Garantující pracoviště**

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Elektronicky schváleno dne 16. 3. 2016

**prof. Ing. Pavel Pech, CSc.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 17. 3. 2016

**prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.**

Děkan

V Praze dne 09. 03. 2017

### **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením doc. Mgr. Marka Vacha, Ph.D. Také jsem uvedl všechny literární publikace a zdroje, ze kterých jsem čerpal.

V Praze dne: 1. 4. 2017

Podpis: .....

Jan Emmer

## **Poděkování**

Děkuji vedoucímu mé bakalářské práce doc. Mgr. Marku Vachovi, Ph.D. za jeho ochotu, vstřícnost a vedení při zpracování mé bakalářské práce.

## **Abstrakt**

Bakalářská práce posuzuje míru využití alternativních zdrojů energie a vliv využívání těchto zdrojů na kvalitu ovzduší v České republice. Je zde popsána energetická situace ve světě a vliv výroby elektrické energie na životní prostředí z globálního hlediska. Alternativní zdroje energie jsou zde definovány, u jednotlivých druhů alternativních zdrojů je popsán jejich princip a jejich výhody a nevýhody. Je navržen plán širšího využití obnovitelných zdrojů energie, který bude mít příznivý vliv na kvalitu ovzduší v České republice.

## **Abstract**

Bachelor thesis assesses the degree of utilization of alternative energy resources and the impact of exploiting these resources on air quality in Czech Republic. It also describes energy situation in the world and the impact of electricity production to the environment from a global perspective. It defines alternative sources and describes individual types of alternative sources, their principles, their advantages and disadvantages. It designs plan of wider use of renewable energy resources, which has a positive impact on air quality in Czech Republic.

## **Klíčová slova**

Zdroje energie, energetická soustava, Česká republika, emise, kvalita ovzduší

## **Keywords**

Energy resources, power system, Czech Republic, emissions, air quality

## Obsah

1. Úvod .....	9
2. Cíle práce .....	10
3. Literární rešerše.....	11
3.1 Globální pohled na výrobu elektrické energie, produkci skleníkových plynů a její vliv na klimatický systém .....	11
3.1.1 Rámcová úmluva OSN o změně klimatu 1992 .....	12
3.1.2 Kjótský protokol 1997.....	12
3.1.3 Pařížská dohoda 2015.....	13
3.2 Výroba elektrické energie v ČR a její vliv na znečištění ovzduší.....	14
3.2.1 Množství vyrobené energie v ČR.....	14
3.2.2 Státní energetická koncepce ČR.....	14
3.2.3 Druhy elektráren v ČR a jejich podíl na výrobě energie .....	14
3.2.4 Vliv znečišťujících látek vznikajících při spalování fosilních paliv na ovzduší .....	18
3.3 Alternativní zdroje energie.....	20
3.3.1 Sluneční energie .....	20
3.3.2 Vodní energie .....	26
3.3.3 Větrná energie .....	32
3.3.4 Geotermální energie .....	37
3.3.5 Energie spalování .....	39
3.3.6 Jaderná energie .....	42
3.3.7 Alternativní zdroje energie v ČR – porovnání.....	44
3.3.8 Posouzení kladných a záporných stránek alternativních zdrojů .....	46
3.3.9 Vliv samotných alternativních zdrojů energie na životní prostředí.....	47
4. Výroba energie z obnovitelných zdrojů pro lepší kvalitu ovzduší v České republice .....	48
4.1 Návrh možných řešení pro nahrazení energie z elektrárny Počerady energií z obnovitelných zdrojů.....	49
4.1.1 Návrh 1 - bioplynové stanice a fotovoltaický park.....	52
4.1.2 Návrh 2 - větrný park a přečerpávací elektrárna .....	53
4.1.3 Návrh 3 - fotovoltaický park, větrný park, přečerpávací elektrárna a bioplynové stanice .....	53
5. Diskuse.....	55
6. Závěr .....	57
7. Seznam literatury a použitých zdrojů.....	59

8. Seznam použité grafiky.....	68
8.1 Seznam použitých obrázků.....	68
8.2 Seznam použitých tabulek.....	69



# 1. Úvod

Motto: *Nejčistší energie je ta, která se nevyrobí a která se nespotřebuje.*

První lidé, příslušníci druhu *Homo habilis* (člověk zručný), se na Zemi objevili asi před 2 miliony let. Tito lidé ještě nepoužívali oheň a jejich roční spotřeba energie na člověka činila asi 3 GJ. Zhruba před 500 tisíci lety člověk - *Homo erectus* (člověk vzpřímený) ovládl oheň a jeho roční spotřeba energie se zvýšila na dvojnásobek. V období antiky a středověku využívali lidé energii větrnou a vodní, jejich spotřeba energie stále rostla. V období průmyslové revoluce na přelomu 18. a 19. století dosahuje spotřeba už 100 GJ na člověka za rok. V dnešní době je spotřeba energie na člověka velmi nerovnoměrně geograficky rozdělena. V průmyslově vyspělých oblastech, například ve Spojených státech amerických, dosahuje 350 GJ na člověka, naproti tomu v Africe je to jen asi 20 GJ. (AUGUSTA et al. 2001)

Je zřejmé, že spotřeba energie nemůže růst neomezeně. Už jen proto, že zemský povrch je omezen. Poptávka po energii ale stále roste. Největší část vyrobené energie pochází ze spalování fosilních paliv (uhlí, ropa, zemní plyn...). Tato paliva patří mezi neobnovitelné zdroje energie a jejich zásoby jsou omezené. Navíc spalování fosilních paliv má nepříznivý vliv na životní prostředí. Další podstatná část vyrobené energie pochází z jaderných elektráren. I jaderná energetika má však svá úskalí a problémy, například bezpečnost jaderných zařízení a nakládání s jaderným odpadem, který vzniká jako produkt štěpné reakce. Po havárii japonské jaderné elektrárny Fukušima v roce 2011 některé státy začaly provoz svých jaderných elektráren omezovat.

Lidstvo tedy stojí před problémem, jak nahradit energii vyráběnou spalováním fosilních paliv a případně energii jadernou. Musí to být energie, která bude vyráběna z obnovitelných, tedy nevyčerpatelných zdrojů, energie která bude šetrná k životnímu prostředí. Řešení musí přijít brzy.

Objevují se zhora nové teorie o alternativních způsobech získávání „nových energií“. Některé z nich vypadají utopisticky, ale je možné, že někteří badatelé jsou na správné stopě. Skoro vždy jsou však doprovázeny odmítáním a nedůvěrou. Některé vynálezy se neprosadily, protože nesplnily to, co původně slibovaly. Některé teorie jsou velmi vzdálené jakémukoliv vědeckému zdůvodnění, takže je nelze brát vážně. Svou úlohu při posuzování tu jistě hrají i zájmy monopolních společností dodávajících energii, které by si podporou těchto projektů podřezávaly pod sebou větev. (VON RÉTYI 2013)

## 2. Cíle práce

Cílem bakalářské práce je:

- vypracovat literární rešerši zaměřenou na téma znečišťování ovzduší při výrobě elektrické energie v České republice a na problematiku využívání alternativních zdrojů energie
- posoudit míru využití alternativních zdrojů energie a vliv využívání těchto zdrojů na kvalitu ovzduší v České republice
- kriticky zhodnotit vliv energetické soustavy České republiky na kvalitu ovzduší
- vyhodnotit možný přínos většího využití alternativních zdrojů energie na zlepšení kvality ovzduší
- definovat alternativní zdroje energie a u jednotlivých druhů alternativních zdrojů popsat jejich princip, jejich výhody a nevýhody
- navrhnout co nejvhodnější možnosti při nahrazení zdroje energie spalujícího fosilní paliva kombinací obnovitelných zdrojů energie z hlediska ekonomického i ekologického.

### 3. Literární rešerše

#### 3.1 Globální pohled na výrobu elektrické energie, produkci skleníkových plynů a její vliv na klimatický systém

Během vývoje lidské společnosti se spotřeba energie neustále zvyšovala. Souvisí to s vývojem lidské společnosti a s technologickým vývojem. Velký vliv na spotřebu energie má i nárůst počtu obyvatel ve světě. V druhé polovině 20. století dochází k zastavení růstu obyvatelstva v mnoha průmyslově vyspělých zemích, na průběh růstové křivky světové populace to však nemá vliv. Zvyšování počtu obyvatel je způsobeno velkou porodností v méně rozvinutých zemích Asie, Afriky a Latinské Ameriky. Tempo růstu populace má za následek obrovský nárůst energie, kterou lidstvo spotřebovává pro uspokojování svých potřeb.

Podle demografického fondu Spojených národů by mohla populační exploze dosáhnout hranice až 15 miliard obyvatel. Tento počet by měl být dosažen kolem roku 2075. (KARAMANOLIS 1996)

Spotřeba energie není v různých částech světa ani zdaleka stejná: 20 % bohatých obyvatel Země (včetně Čechů) spotřebovává 80 % světové energie, zatímco například v Asii nebo Africe 2 miliardy lidí nemají ani možnost využívat elektřinu.

Od poslední doby ledové zůstávají koncentrace skleníkových plynů zhruba na stejné úrovni. Mezi hlavní skleníkové plyny přírodního původu patří vodní pára, oxid uhličitý, metan a oxid dusný. Bez jejich přítomnosti by průměrná teplota na Zemi dosahovala pouze minus 18°C, byla by tedy o více než 30°C nižší než dnes. Většina potřebné energie se stále vyrábí spalováním fosilních paliv. Při tomto spalování se do atmosféry uvolňuje obrovské množství uhlíku. V roce 2000 dosáhla koncentrace oxidu uhličitého 368 ppm, oproti preindustriální éře vzrostla tedy asi o 30%. Kromě toho lidstvo do ovzduší vypouští i umělé chemické látky zesilující skleníkový efekt, jako jsou freony (halogenované uhlovodíky CFC), hydrogenované fluorovodíky (HFC) a fluorid sírový (SF<sub>6</sub>).

Koncentracím skleníkových plynů odpovídá i nárůst globálních teplot. Za posledních 200 let stoupla průměrná teplota zemského povrchu o 0,6°C a dále roste. Tento nárůst je prokazatelně důsledkem antropogenní činnosti. Dochází ke globálnímu oteplování způsobenému lidskou činností, ale i k celkovým změnám podnebí. V posledních 50 letech se hladina moří zvedla o 10-20 cm. Zmenšuje se plocha ledovců. V některých oblastech dochází ke zvyšování srážek a v některých k jejich ubývání. Vědci předpokládají, že se průměrná teplota zvedne do konce 21. století o 1,5-4,5°C.

Všechny důsledky tohoto oteplení nelze s jistotou předvídat, ale některé lze s velkou pravděpodobností odhadnout již dnes. Zvýšení mořské hladiny o 15-95 cm bude mít za následek zatopení rozsáhlých pobřežních oblastí. Podnebné pásy se posunou směrem k pólům, někde až o stovky kilometrů. Dojde ke změně proudění mořských

proudů. Například oslabení Golfského proudu může znamenat ochlazení v severní Evropě. Ve většině suchých oblastí dojde k dalšímu snižování srážek. Mezi sociálně-ekonomické dopady může patřit zánik celých států, které budou zatopeny v pobřežních oblastech.

Vědci se shodují v tom, že se jedná o největší ekologický problém, který kdy lidstvo mělo, a že je potřeba tento problém intenzivně a účinně řešit. Je potřeba přijmout razantní závazky vedoucí ke snižování emisí oxidu uhličitého prostřednictvím mezinárodních úmluv. Mezi nejdůležitější prostředky, kterými lze tohoto snížení dosáhnout, patří úspory energie a využívání obnovitelných zdrojů energie. (BRATRYCH et POLANECKÝ 2004)

### 3.1.1 Rámcová úmluva OSN o změně klimatu 1992

Tato úmluva byla přijata v Rio de Janeiro na Konferenci OSN o životním prostředí a rozvoji v roce 1992. V platnost vstoupila 21.3.1994. Slouží jako rámec pro mezinárodní vyjednávání o problémech spojených se změnou klimatu. Jednání zahrnují problematiku snižování emisí skleníkových plynů, vyrovnávání se s dopady změny klimatu a finanční a technologické pomoci rozvojovým zemím. V roce 2009 byla úmluva ratifikována téměř 200 státy světa. Česká republika ji ratifikovala v roce 1993.

Podle základních principů úmluvy je nutné chránit klimatický systém i ve prospěch příštích generací, odpovědnost za rostoucí koncentrace skleníkových plynů mají hlavně vyspělé státy, jejich povinností je tedy poskytovat pomoc rozvojovým zemím. Dalším principem je ochrana těch částí planety, které jsou nejohroženější a nejzranitelnější. Podle principu předběžné opatrnosti je nutné neodkládat řešení problému na pozdější dobu. (MŽP 2016a)

### 3.1.2 Kjótský protokol 1997

Kjótský protokol k Rámcové úmluvě OSN o změně klimatu byl přijat koncem roku 1997. Českou republikou byl protokol podepsán v roce 1998 a ratifikován v roce 2001. V prvním kontrolním období se 192 států zavázalo omezit emise skleníkových plynů do roku 2012 o 5,2% oproti roku 1990. Druhé kontrolní období protokolu na roky 2013-2020 není závazné pro rozvíjející se ekonomiky včetně Číny. Vyspělé průmyslové země, které protokol ratifikovaly, se zavázaly k dalšímu omezení produkce skleníkových plynů. U zemí EU je to o 20% oproti stavu v roce 1990.

Protokol omezuje emise těchto plynů: oxidu siřičitého, metanu, oxidu dusného, hydrogenovaných fluorovodíku, polyfluorovodíku, fluoridu sírového a fluoridu dusitého. (MŽP 2016b)

Národní cíle se pohybují v rozmezí od 8% snížení pro Evropskou unii a některé další země, 7% pro USA, 6% pro Japonsko, 0% pro Rusko, a povolené zvýšení o 8% pro Austrálii a 10% pro Island. (KYOTOPROTOCOL, 2017)

Všechny závazky plynoucí z Kjótského protokolu jsou vztaženy ke stavu v roce 1990, není zde ale rozdíl v pohlížení na země, které znečišťují hodně a které málo. To vede například k tomu, že Spojené státy americké, které produkují dvakrát více emisí na obyvatele než země Evropské unie, mají srovnatelné kvóty na snižování emisí jako Evropané. I když logicky by měly omezovat množství zplodin ti, co jich produkují nejvíce. (BACHER 2003)

V roce 2005 zavedla Evropská unie na základě Kjótského protokolu systém obchodu s emisními povolenkami, který má fungovat jako nástroj k omezení emisí skleníkových plynů. Subjekty, které snižují množství emisí efektivně, mají možnost uspořené emisní povolenky prodat těm méně úspěšným. Tohoto obchodu se mohou zúčastnit státy, které přijaly dodatek jedna Kjótského protokolu. Nejvíce obchodů se uskuteční v systému European Union Emission Trading Scheme, do kterého se zapojuje i Česká republika jako člen EU. (MŽP 2016d)

### 3.1.3 Pařížská dohoda 2015

Pařížská dohoda k Rámcové úmluvě OSN o změně klimatu byla přijata v prosinci 2015. Mezi hlavní cíle této dohody patří:

- udržet nárůst průměrné globální teploty pod hranicí 2°C v porovnání s obdobím před průmyslovou revolucí (nejlépe do 1,5 °C),
- zvýšit schopnost adaptace na dopady spojené se změnou klimatu,
- zajistit stabilní financování.

Dohoda ukládá všem signatářům, tedy i rozvojovým zemím, povinnost určit si vlastní omezení emisí skleníkových plynů a plnit je. Česká republika a ostatní státy EU se zavázaly snížit do roku 2030 emise skleníkových plynů o 40% oproti roku 1990. (MŽP 2016c)

Bylo dohodnuto, že dohoda vstoupí v platnost 30 dnů poté, co ji ratifikuje 55 států, které jsou odpovědné alespoň za 55% světových emisí. Na podzim roku 2016 ratifikovali dohodu dva největší znečišťovatelé – USA a Čína. Koncem roku 2016 dohoda vstoupila v platnost. (EUROZPRÁVY.CZ 2016)

## 3.2 Výroba elektrické energie v ČR a její vliv na znečištění ovzduší

### 3.2.1 Množství vyrobené energie v ČR

Hrubá výroba elektrické energie v roce 2015 činila v České republice předběžně 83 888 GWh. Z toho 11 058 GWh pochází z obnovitelných zdrojů. Podíl energie z obnovitelných zdrojů se během posledních let stále mírně zvyšuje. (MPO 2016)

Podle údajů Energetického regulačního úřadu bylo ve stejném roce 12 515 GWh elektrické energie exportováno. (ERU 2016)

Export elektrické energie je jistě ekonomickým přínosem, ale snižují se jím již tak omezené zásoby fosilních paliv a zvyšuje se dopad výroby energie na životní prostředí.

Přibližně třetinu spotřebované energie spotřebuje průmysl, následuje doprava a teprve třetí příčka patří energii spotřebované v domácnostech. (VÍTEJTE NA ZEMI 2013a)

### 3.2.2 Státní energetická koncepce ČR

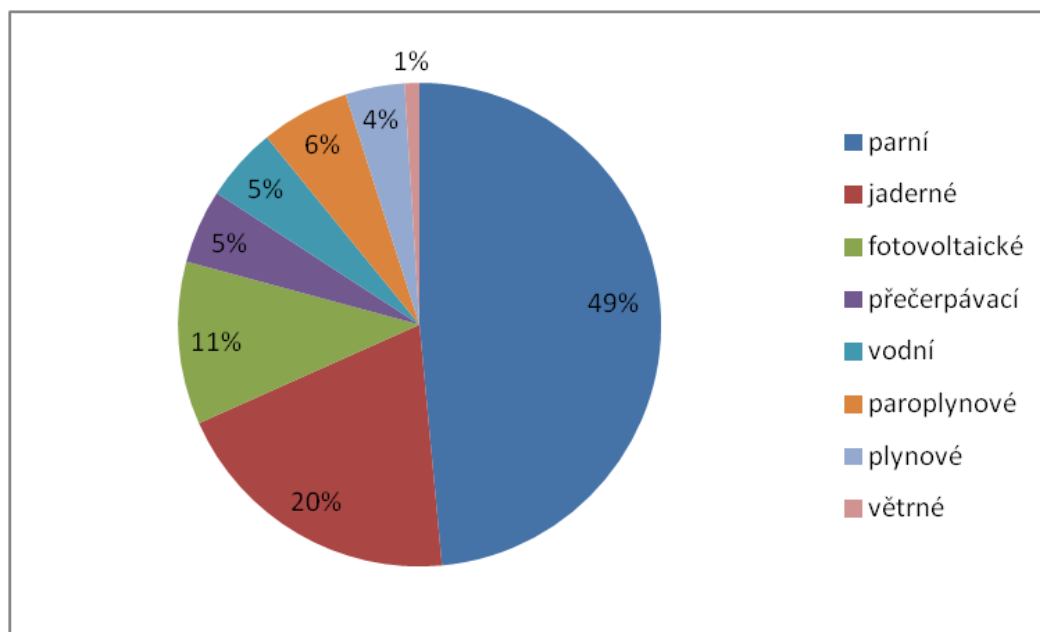
Státní energetickou koncepci schválila vláda České republiky 10.3.2004. Koncepce popisuje priority a hlavní cíle v oblasti energetiky s výhledem do roku 2030. Vysokou prioritu zde má využívání obnovitelných zdrojů. Je zde poukázáno na nutnost využívání obnovitelných zdrojů energie k posílení nezávislosti na zahraničních zdrojích, k větší spolehlivosti energetické sítě, ke snížení nepříznivého vlivu energetiky na životní prostředí a krajinu. Do roku 2030 by mělo 16,8% spotřebované energie pocházet z obnovitelných zdrojů. (MOTLÍK et al. 2007)

Dne 18.5.2015 vláda ČR schválila aktualizovanou Státní energetickou koncepci na dalších 25 let, tedy do roku 2040. Fosilní zdroje mají být postupně nahrazovány zdroji obnovitelnými a v roce 2040 bude přes 21% energie pocházet právě z obnovitelných zdrojů. Jaderná energie by měla představovat až 56% vyrobené energie. (MPO 2015)

### 3.2.3 Druhy elektráren v ČR a jejich podíl na výrobě energie

Téměř polovina elektrické energie vyrobené v České republice pochází z parních elektráren, ve kterých se spaluje nejčastěji hnědé uhlí. Další desí procent je vyrobeno v plynových a paroplynových elektrárnách. Tedy celkem zhruba 60% energie vyrobené v ČR se získává spalováním fosilních paliv. Jaderné elektrárny Temelín a Dukovany

vyrábí přibližně pětinu vyrobené elektrické energie. Z obnovitelných zdrojů pochází asi 16% energie. (ČSVE 2016a)



*Obrázek 1: Výroba elektřiny podle typu elektráren v ČR v roce 2015 (ČSVE 2016), vlastní zpracování.*

V České republice se nachází 10 uhelných elektráren, které mají výkon větší než 200 MW. Jaderná energie pochází z JE Temelín a JE Dukovany. Velkých slunečních elektráren (výkon 3-5 MW) je v ČR v provozu více než 100 a dále 40 solárních parků, které mají výkon 5-38 MW. Téměř všechny velké vodní elektrárny jsou postaveny na řece Vltavě a tvoří takzvanou Vltavskou kaskádu. Elektrárny větrné jsou převážně lokalizovány do vhodných oblastí, kterými jsou Krušné hory, Jeseníky a Českomoravská vrchovina. (VÍTEJTE NA ZEMI 2013b)

Při zkoumání vývoje výroby elektrické energie v České republice v letech 2010 – 2015 je vidět pokles podílu energie vyrobené v parních elektrárnách o 4,5%. Mírný pokles je zaznamenán také u vodních elektráren. Tento pokles byl v posledních letech způsoben nedostatkem vody a malými průtoky ve vodních tocích. Naopak vzrostl podíl energie vyrobené v paroplynových a bioplynových elektrárnách. (ČSVE 2016)

U paroplynových elektráren je tento nárůst způsoben jejich vyšší účinností (42 – 58%) a flexibilitou. Jejich rychlá regulace výkonu přispívá k stabilizaci energetické soustavy, která může být způsobena měnící se spotřebou a také nestálostí výkonu dodávaných z obnovitelných zdrojů. (OENERGETICE.CZ 2015a)

*Tabulka 1: Energetický mix České republiky 2010 – 2015 (ČSVE 2016), vlastní zpracování.*

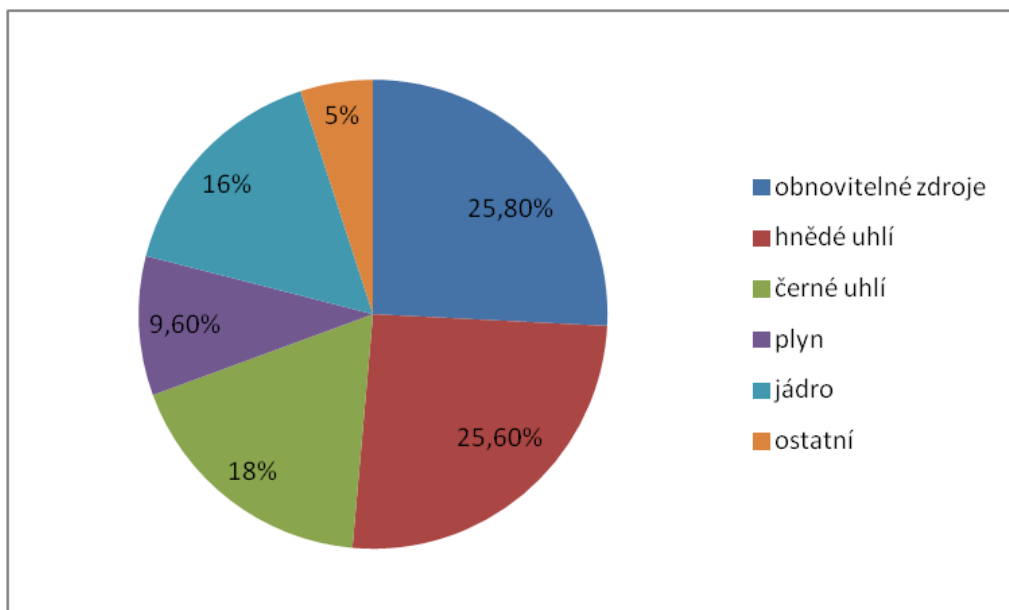
Platnost ke konci roku						
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Druh elektrárny	podíl %	podíl %	podíl %	podíl %	podíl %	podíl %
parní	53,6	53,3	51,9	51,3	49,7	49,1
jaderné	19,4	19,6	19,7	20,4	19,6	19,6
fotovoltaické	9,8	9,7	10,2	10,1	9,4	9,5
přečerpávací	5,7	5,7	5,6	5,4	5	5,4
vodní	5,3	5,2	5,2	5,1	5,3	5
paroplynové	2,9	2,9	2,5	2,5	6,2	6,2
bioplynové	2,2	2,5	3,7	3,9	3,5	3,9
větrné	1,1	1,1	1,3	1,3	1,3	1,3
celkem	100	100	100	100	100	100

Při porovnání se Spolkovou republikou Německo je u našich sousedů patrný menší podíl energie z jaderných elektráren. Do roku 2022 chce Německo uzavřít všechny své jaderné elektrárny. Toto rozhodnutí bylo učiněno po havárii japonské jaderné elektrárny Fukušima v roce 2011.

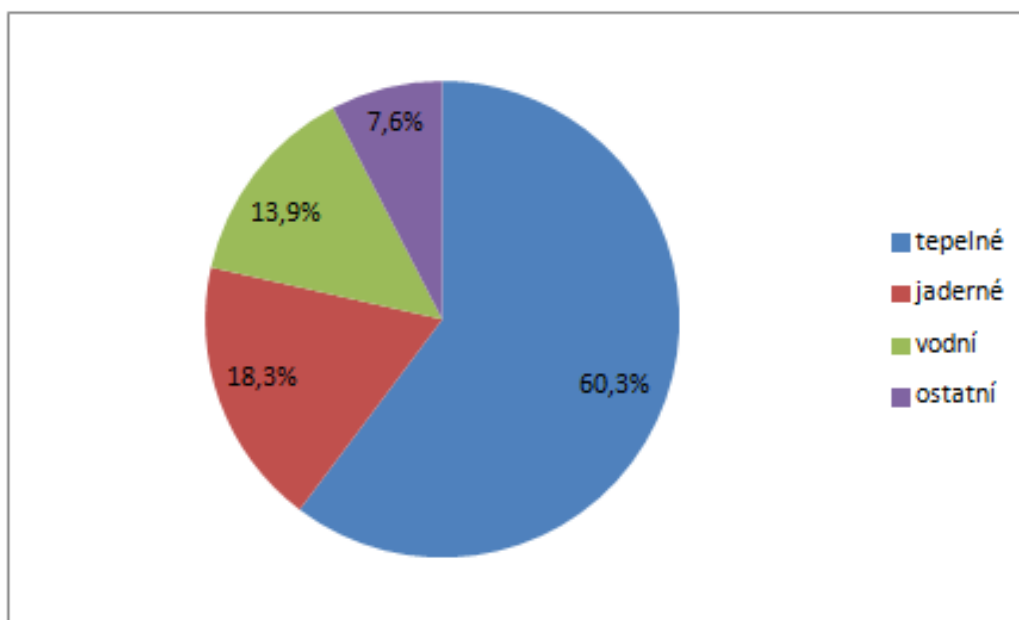
Obnovitelné zdroje energie se v roce 2015 podílely na výrobě 25,8% a poprvé se staly největším zdrojem energie v Německu. Z obnovitelných zdrojů se na celkové výrobě podílela větrná energie 8,6%, výroba z biomasy 8%, sluneční energie 5,8% a vodní elektrárny 3,4%. Stále je zde ale poměrně velká závislost na spalování uhlí. (IHNEC.CZ 2015)

V zemích OECD - The Organisation for Economic Co-operation and Development (Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj) je stále přes 60% energie vyrobeno v tepelných elektrárnách a přibližně 18% energie pochází z jádra. OECD je mezivládní organizace, která sdružuje 35 ekonomicky nejrozvinutějších demokratických států světa s tržní ekonomikou. Mezi tyto státy patří i Česká republika. (ČEZ 2016a)





Obrázek 2: Podíl hlavních zdrojů energie v Německu 2015 (IHNET.CZ 2015), vlastní zpracování.



Obrázek 3: Struktura světové výroby elektřiny v zemích OECD 2015 (ČEZ 2016a), vlastní zpracování.

### 3.2.4 Vliv znečišťujících látek vznikajících při spalování fosilních paliv na ovzduší

Při hodnocení vlivu spalování fosilních paliv na životní prostředí je nutné přihlídnout nejen k provozu elektráren, ale k celému palivovému cyklu, jehož součástí je:

- těžba a úprava paliva,
- doprava a skladování paliva,
- přepracování paliva,
- provoz elektrárny včetně výstavby,
- účinky znečišťujících látek,
- účinky odpadního tepla,
- přenos energie trasami vysokého napětí, aj.

Mezi negativní účinky těžby, zvláště povrchové, patří narušování pozemků. Zábory půdy je možno nahradit vhodnou rekultivací vytěžených prostor, rekultivace je ale finančně náročná a je při ní potřeba velké množství vody. Podzemní dobývání může mít vliv na zdroje podzemní vody. Pro úpravu uhlí je zapotřebí velké množství vody a vyprodukuje se kapalný odpad (černá voda).

Hlavním problémem přepravy uhlí je její prašnost. Mezi hlavní ekologické problémy elektráren na tuhá paliva patří vypouštění znečišťujících látek, jako jsou oxidy síry, dusíku, uhlíku, pevné částice, organické sloučeniny, radionuklidy a další. Oxidy síry mají za následek kyselé deště, které ohrožují lesy a půdu i značně daleko od zdroje znečištění. Oxidy dusíku se také podílejí na vzniku kyselých dešťů a na vzniku přízemního ozónu. Oxid dusnatý patří mezi skleníkové plyny stejně jako oxid uhličitý. (HEŘMANSKÝ et ŠTOLL 1992)

V říjnu roku 2016 zveřejnila česká nezisková organizace Arnika na základě dat Integrovaného registru znečišťování žebříčky subjektů, které se v roce 2015 nejvíce podílely na znečišťování atmosféry. Elektrárny, které spalují uhlí, mezi největší znečišťovatele samozřejmě patří. Znečištěním jsou nejvíce postiženy kraje Ústecký a Moravskoslezský, ve kterých se nachází většina tepelných elektráren České republiky. Pro ilustraci uvádím žebříček znečišťovatelů podle množství skleníkových plynů a podle množství plynů, způsobujících kyselou srážku.

Co se týká elektráren, které figurují mezi největšími znečišťovateli emisemi skleníkových plynů, má množství emisí téměř u všech z nich stoupající trend. Výjimkou je pouze elektrárna ve Chvaleticích. Naopak u znečištění plyny způsobujícími kyselou dešť je u většiny elektráren trend množství emisí klesající. Rostoucí množství těchto emisí najdeme pouze u elektráren ve Chvaleticích a u Elektrárny Tisová, která se nachází nedaleko obce Březová v Sokolovské pánvi. (KOTECKÝ et POLANECKÝ 2005)

Údaje o znečišťovateli v České republice uvádí na svých internetových stránkách například Český hydrometeorologický ústav - <http://portal.chmi.cz/historicka-data/ovzdusi>, nebo společnost Arnika - <http://www.znecistovatele.cz/>.

Tabulka 2: Největší znečišťovatelé skleníkovými plyny – oxid uhličitý, oxid dusný, metan v roce 2015(ARNIKA 2016), vlastní zpracování.

Poř.	Organizace	Provozovna	Lokalita	Kraj	Množství v t	Trend
1	<b>Elektrárna Počerady a.s.</b>	<b>Elektrárna Počerady</b>	<b>Volevčice</b>	<b>Úst</b>	<b>5 135 531</b>	<b>↑</b>
2	ČEZ, a.s.	Elektrárny Prunéřov	Kadaň	Úst	4 914 916	↑
3	<b>ČEZ, a.s.</b>	<b>Elektrárny Tušimice</b>	<b>Kadaň</b>	<b>Úst</b>	<b>4 658 430</b>	<b>→</b>
4	Sokolovská uhelná, právní nástupce, a.s.	Sokolovská uhelná, právní nástupce, a.s.	Včesová	KvK	4 280 672	↑
5	<b>Sev. en. EC, a.s.</b>	<b>Elektrárna Chvaletice</b>	<b>Chvaletice</b>	<b>PaK</b>	<b>3 413 197</b>	<b>↓</b>
6	ČEZ, a.s.	Elektrárna Mělník	Horní Počaply	StK	3 112 351	→
7	<b>UNIPETROL RPA, s.r.o.</b>	<b>UNIPETROL RPA</b>	<b>Litvínov</b>	<b>Úst</b>	<b>2 841 185</b>	<b>↓</b>
8	ArcelorMittal Ostrava a.s.	ArcelorMittal Ostrava a.s.	Ostrava	MsK	2 825 625	→
9	<b>Třinecké železárny, a.s.</b>	<b>Provozovna Třinec</b>	<b>Třinec</b>	<b>MsK</b>	<b>2 497 507</b>	<b>↓</b>
10	Elektrárna Dětmorovice	Elektrárna Dětmorovice	Dětmorovice	MsK	2 357 312	↑

Tabulka 3: Největší znečišťovatelé plyny způsobujícími kyselé srážky (amoniak, oxidy dusíku, oxidy síry, fluorovodík, chlorovodík) v roce 2015(ARNIKA 2016), vlastní zpracování.

Poř.	Organizace	Provozovna	Lokalita	Kraj	Množství v t	Trend
1	<b>Teplárna České Budějovice, a.s.</b>	<b>Teplárna České Budějovice, a.s.</b>	<b>Č. Budějovice</b>	<b>JcK</b>	<b>24 114 827</b>	<b>↑</b>
2	ČEZ, a.s.	Elektrárny Prunéřov	Kadaň	Úst	12 811 844	↓
3	<b>Elektrárna Počerady a.s.</b>	<b>Elektrárna Počerady</b>	<b>Volevčice</b>	<b>Úst</b>	<b>12 109 404</b>	<b>↓</b>
4	ČEZ, a.s.	Elektrárna Mělník	Horní Počaply	StK	8 758 266	↓
5	<b>Elektrárny Opatovice, a.s.</b>	<b>Elektrárna Opatovice</b>	<b>Opatovice</b>	<b>PaK</b>	<b>7 843 395</b>	<b>↓</b>
6	<b>UNIPETROL RPA, s.r.o.</b>	<b>UNIPETROL RPA</b>	<b>Litvínov</b>	<b>Úst</b>	<b>7 439 477</b>	<b>↓</b>
7	<b>Sev. en. EC, a.s.</b>	<b>Elektrárna Chvaletice</b>	<b>Chvaletice</b>	<b>PaK</b>	<b>7 298 902</b>	<b>↑</b>
8	Sokolovská uhelná, právní nástupce, a.s.	Sokolovská uhelná, právní nástupce, a.s.	Včesová	KvK	6 144 022	→
9	<b>Veolita Energie ČR, a.s.</b>	<b>Elektrárna Třebovice</b>	<b>Ostrava</b>	<b>MsK</b>	<b>5 914 719</b>	<b>↓</b>
10	Elektrárna Tisová, a.s.	Elektrárna Tisová	Březová	KvK	5 889 877	↑

Důležitý komentář k tabulce 3!

Tabulku sice vede Teplárna České Budějovice, ale v jejím hlášení je chyba. Teplárna nahlásila 1000x vyšší emise fluorovodíku a chlorovodíku, než nahlašuje jindy.

### 3.3 Alternativní zdroje energie

Alternativními zdroji energie bývají označovány zdroje, které energii nezískávají spalováním fosilních paliv nebo prostřednictvím jaderné reakce. Ale i jaderná energetika je jistým způsobem alternativou ke spalování fosilních paliv a může mít dobrý vliv na množství emisí znečišťujících látek vypouštěných do atmosféry. Jaderná reakce je považována za zdroj neobnovitelný, ale ještě po dlouhou dobu nám může dodávat energii. Zatím umí lidstvo získat jadernou energii pouze prostřednictvím štěpné reakce, která má řadu nedostatků, od získávání paliva až po jaderný odpad. Pracuje se na vývoji fúzních reaktorů, které by mohly znamenat velký zlom v jaderné energetice.

Za alternativní zdroj je možné považovat také práci tepelných čerpadel, která získávají energii díky teplotě okolí. Zcela bez debat patří mezi alternativní zdroje energie zdroje obnovitelné.

Podle zákona č. 180/2005 Sb., o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie jsou obnovitelné zdroje definovány takto: obnovitelnými zdroji se rozumí obnovitelné nefosilní přírodní zdroje energie, jimiž jsou energie větru, energie slunečního záření, geotermální energie, energie vody, energie půdy, energie vzduchu, energie biomasy, energie skládkového plynu, energie kalového plynu a energie bioplynu. (Zákon č.180/2005 Sb.)

Hydroelektrárny ale není možné striktně zařadit mezi alternativní zdroje energie, protože nesplňují podmínku ohleduplnosti k přírodě a životnímu prostředí. Velké vodní elektrárny mohou způsobit rozsáhlé a nevratné poškození životního prostředí..

#### 3.3.1 Sluneční energie

##### Zdroj sluneční energie

Zdrojem sluneční energie je jaderná reakce, která probíhá v nitru Slunce. Tato reakce se nazývá jaderná syntéza a dochází při ní ke slučování atomů vodíku na helium. Podrobněji je tato reakce popsána v kapitole 5.7. Jaderná energie. Vzniklá energie je Sluncem vyzařována do vesmíru všemi směry. (BENDA et al. 2012)

Celkový vyzařovaný výkon Slunce činí přibližně  $4 \cdot 10^{26}$  W. Právě díky tomuto obrovskému množství vyzařované energie ztrácí Slunce každou sekundu 5 milionů tun ze své hmotnosti. I přesto bude Slunce dodávat tuto energii ještě po dalších pět miliard let. Z celkového zářivého výkonu Slunce dosáhne k Zemi pouze necelé dvě miliardtiny. Z toho je nemalá část rozptýlena zemskou atmosférou nebo se odrazí od hladiny oceánů a od povrchu ledovců. Tento jev se nazývá albedo. V případě naší planety činí albedo přibližně 35%. Na povrchu Země, v její atmosféře a oceánech se tedy ročně absorbuje asi  $4 \cdot 10^{15}$  GJ energie pocházející ze Slunce. Toto množství energie je přibližně desetitisíci násobkem spotřeby lidstva. Energie se absorbuje pouze dočasně, postupně je vyzářena do kosmického

prostoru ve formě infračerveného záření. Tím je dána poměrně stabilní průměrná teplota na naší planetě už po mnoho milionů let, jestliže nehledíme na periodicky se opakující období dob ledových. (UNIVERZITA KARLOVA 1998)

Při průměrné vzdálenosti Země od Slunce  $1,49 \times 10^{11}$  m a poloměru Země 6 378 km dopadne na Zemi  $1,73 \times 10^{14}$  kW solární energie, což je hodnota, která dalece přesahuje potřebu elektrické energie celého světa. Množství této energie dosahuje  $5,46 \times 10^{21}$  MJ ročně. Toto obrovské množství energie je zadarmo a skoro rovnoměrně dostupné všem národům a obyvatelům naší planety. Bohužel jen velmi malé množství z této energie dokáží lidé zachytit a zpracovat. (MICHAELIDES 2012)

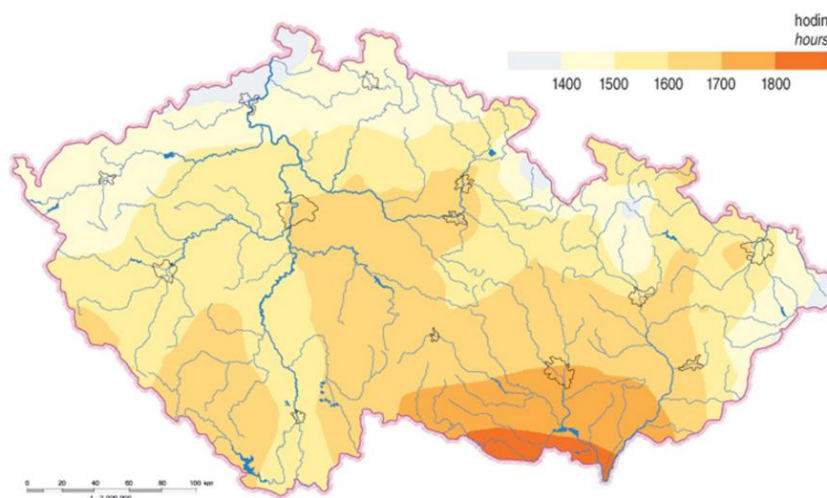
Ve sluneční energii mají původ téměř všechny ostatní formy energie, kterými na Zemi disponujeme. Mezi výjimky patří pouze jaderná energie, geotermální energie a částečně energie přílivu a odlivu. (BACHER 2003)

Lidé využívají sluneční energii k výrobě jiné formy energie několika způsoby. Nejčastěji se používá slunečních kolektorů k vytápění budov a ohřevu teplé vody – fototermický systém, nebo dochází k přímé přeměně sluneční energie na energii elektrickou v solárních elektrárnách – fotovoltaický systém. (TRANSFORMAČNÍ TECHNOLOGIE 2016)

### Využití sluneční energie v podmínkách ČR

Ačkoliv v České republice nejsou díky její geografické poloze tak dobré podmínky jako například v rovníkových oblastech, je i zde možné využívat technologii přeměny energie slunečního záření na energii elektrickou nebo tepelnou.

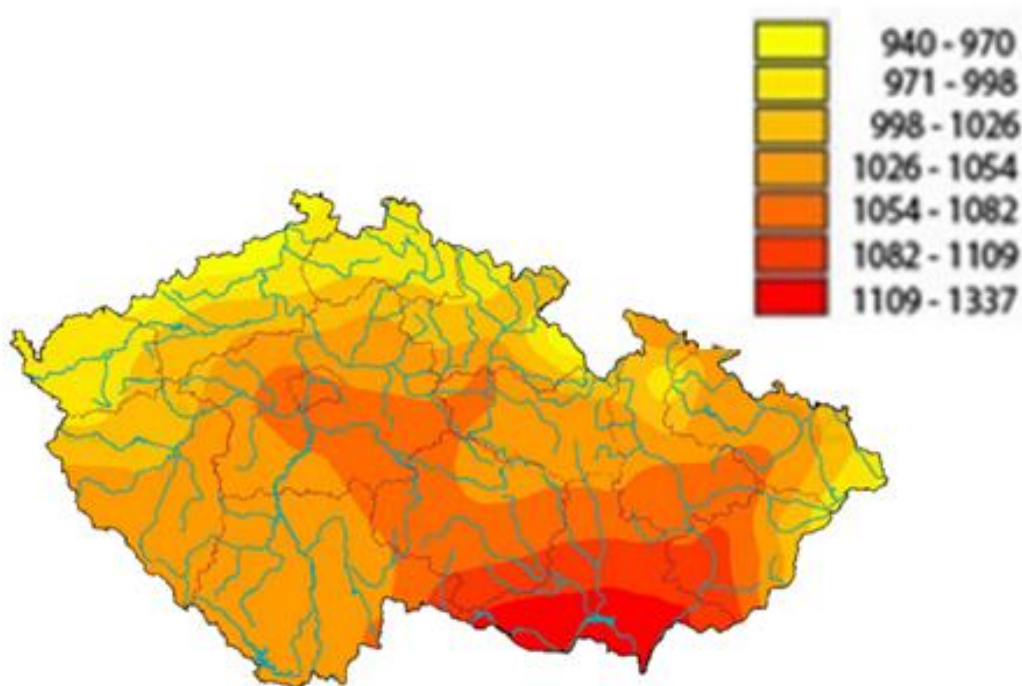
Celkový roční úhrn dopadající sluneční energie neovlivňuje jen zeměpisná šířka, ale i další parametry. Je to například orientace fotovoltaických panelů vzhledem ke slunci, celková doba slunečního svitu, nadmořská výška a čistota ovzduší.



Obrázek 4: Mapa trvání slunečního svitu v ČR (ISO FEN ENERGY 2009)

V České republice se celková doba slunečního svitu pohybuje v rozmezí od 1400 do 1700 hodin za rok. Podmínky jsou zde tedy pro využívání sluneční energie poměrně dobré. Nejlepší podmínky najdeme na jižní Moravě, nejhorší v horských oblastech na severu České republiky.

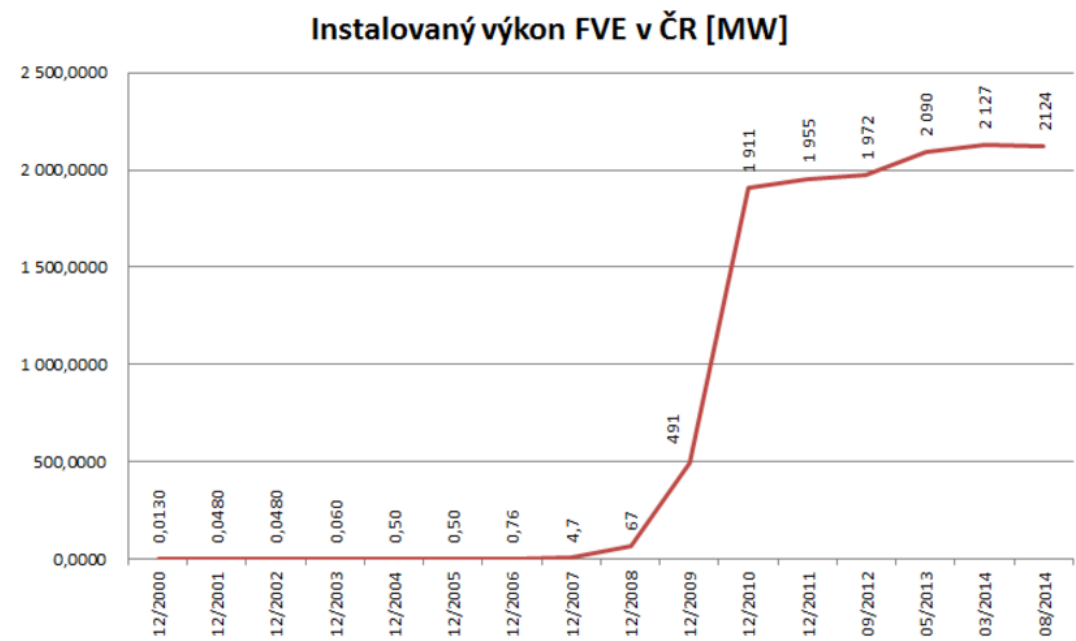
Nejlépe však vhodnost lokality pro využívání solární energie určuje mapa globálního slunečního záření. Tato mapa vychází z dlouhodobých meteorologických měření. V našich podmínkách dopadne ročně na jeden čtvereční metr asi 950-1340 kWh solární energie. Z toho přibližně tři čtvrtiny v letním období. Pro návrhy fotovoltaických systémů i pro posouzení návratnosti vložených investic je údaj o úhrnu globálního slunečního záření velmi důležitý. (ISOFEN ENERGY 2009)



Obrázek 5: Roční úhrn globálního slunečního záření v ČR [kWh/m<sup>2</sup>]  
(ISOFEN ENERGY 2009)

Ke konci prvního pololetí 2016 byl v České republice nainstalován výkon 2045,5 MW ze zdrojů, které vyrábějí elektrickou energii ze slunečního záření. Tento výkon od roku 2012 stagnuje. Důvodem stagnace je zastavení vyplácení státních dotací novým zdrojům od roku 2014. K největšímu solárnímu boomeru došlo v letech 2009 až 2010, kdy se nainstalovaný solární výkon zvýšil během jednoho roku přibližně čtyřikrát. Příčinou byla

možnost snadného výdělku. Tento prudký rozvoj fotovoltaických systémů vyvolává stále mnoho různých kontroverzí. (OENERGETICE.CZ 2016c)



*Obrázek 6: Výkon všech fotovoltaických elektráren v ČR  
(ELEKTRARNY.PRO 2016)*

### **Fototermický systém využití solární energie**

Sluneční kolektory mají za úkol převést co nejvíce dopadající energie na teplo, kterým je ohřívána pracovní látka. Pracovní látkou je nejčastěji voda, olej nebo nemrznoucí kapalinové směsi. Používají se často k ohřevu vody v bazénech, k ohřevu teplé užitkové vody a k vytápění objektů.

Základem nejrozšířenějších plochých atmosférických kolektorů je černě nastříkaná zvlněná deska z hliníku nebo mědi zvaná absorbér. Černá barva se používá kvůli vyšší absorpci infračerveného záření. Absorbér je umístěn v dobře tepelně izolovaném plášti, který je nahoře uzavřen skleněným nebo polykarbonátovým oknem. Díky skleníkovému efektu, kdy dlouhovlnné tepelné záření nemůže oknem uniknout, se absorbér zahřeje až na 120°C. Teplo se odvádí trubkami nebo kanálky v lamelách absorbéru. Kolektory se montují na jižní část střechy domu nebo na venkovní konstrukce. Nejvyšší účinnosti dosahují při sklonu od vodorovné roviny kolem 30° v letním období a 50° až 60° v zimě. Kolektory dokážou využít asi 50% energie dopadajícího slunečního záření. V našich klimatických podmínkách dokáže kolektor o ploše 2 m<sup>2</sup> ohřát v období od dubna do září 100 litrů vody na teplotu 50°C. Kolektory ohřívají pracovní látku, i když je mírně zamračeno díky difuznímu a reflexnímu záření. U tohoto typu kolektorů je příznivější poměr cena – výkon než u jiných typů.



Větší účinnost hlavně v zimě mají vakuové kolektory, jejichž absorbér je zataven ve skleněné vakuové trubici. Vakuum je totiž vynikající tepelný izolant. Pořizovací cena těchto kolektorů je ale samozřejmě vyšší. (AUGUSTA et al. 2001)



Obrázek 7: Hlavní součásti plochého slunečního kolektoru. (CNE 2016)

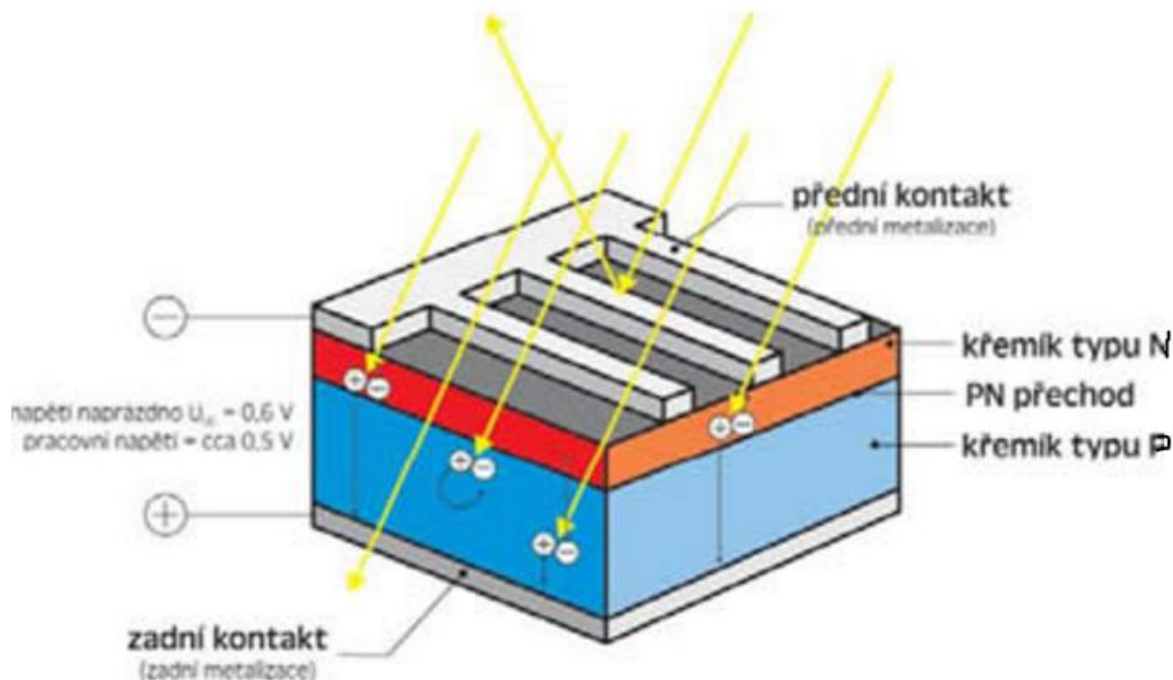
### Fotovoltaický systém využití solární energie

Sluneční články je nejjednodušší zařízením, které slouží k přeměně sluneční energie na energii elektrickou. Jeho princip je založen na tzv. fotovoltaickém jevu. Při tomto jevu se v některých polovodičových materiálech, jako je křemík a germánium, působením světla uvolňují elektrony. Na přechodu mezi polovodičem typu N, který vykazuje elektronovou vodivost, a polovodičem typu P s vodivostí děrovou, se náboje rozdělí na protilehlé strany. Vrstva polovodiče N se nabíjí záporným a vrstva P kladným elektrickým nábojem. Propojením obou destiček (přes zátěž) dochází k vyrovnávání nábojů a obvodem prochází stejnosměrný elektrický proud. Tento proud je přímo úměrný osvětlené ploše článku a intenzitě dopadajícího slunečního záření.

Nejrozšířenější jsou křemíkové články. Vrstva krystalů křemíku, dotovaná prvky z páté skupiny periodické soustavy prvků (například indiem), se chová jako polovodič typu N. Vmísením arzenu nebo boru (třetí skupina periodické soustavy), se vytvoří polovodič typu P. Mezi těmito vrstvami vznikne mikroskopicky tenký P-N přechod. Po připojení kovových kontaktů a pokrytí osvětlované vrstvy protiodrazovou vrstvičkou vzniká



elektrický článek s napětím 0,5-0,8 V. Na každý  $\text{cm}^2$  osvětlené plochy připadá výkon kolem 12 mW. Články se montují na ploché panely a zapojují se buď do série, když je požadováno vysoké napětí, nebo paralelně, pro získání většího proudu. (AUGUSTA et al. 2001)



Obrázek 8: Princip činnosti solárního článku. (EKOWATT 2007)

Dnes se rozlišují čtyři generace slunečních článků. Články první generace mají destičky z monokrystalického křemíku a s účinností 14-17% jsou dnes stále nejrozšířenější. Druhá generace článků používá křemík polykrystalický, mikrokrytalický nebo amorfni. Články jsou poněkud levnější, ale mají o něco menší účinnost. U třetí generace článků je křemík nahrazen organickými polymery. Komerčně se dosud ještě příliš nepoužívají. Čtvrtá generace má články kompozitní. Jsou tvořené z různých vrstev. Každá vrstva využívá světlo jiné vlnové délky a díky tomu je dosaženo vyšší účinnosti.

### Výhody a nevýhody solární energetiky

Mezi výhody solární energetiky lze určitě zařadit skutečnost, že Slunce je z lidského měřítka zdrojem nevyčerpatelným. Dalšími výhodami jsou nízké provozní náklady a jednoduchá obsluha a dlouhá životnost zařízení. Ta bývá garantována přibližně na 15-20 let. Po této době dochází ke snížení účinnosti zařízení, ale zařízení vydrží funkční až 50 let. Vyrobená solární energie může podstatně snížit náklady na elektrickou energii a na vytápění. Dochází k úspoře energie, která pochází ze spalování fosilních paliv a tím i k menšímu množství emisí znečišťujících atmosféru.

Velkou nevýhodou je rozkolísanost slunečního záření během dne a během roku. Proto tento zdroj energie nelze použít jako zdroj samostatný. Další nevýhodou je vysoká počáteční investice. Návratnost investice se pohybuje kolem pěti až deseti let. Sama výroba fotovoltaického zařízení spotřebuje také značné množství energie. Zátěží je i likvidace vysloužilých solárních panelů. (SOLÁRNÍ ENERIE-INFO 2016)

Solární panely mají nejvyšší výkon při jasné obloze, když jsou postaveny kolmo proti přímému slunečnímu záření. To znamená, že panely na pevných místech, například na vysokých budovách a mrakodrapech, vykazují sníženou produkci energie v době, kdy nejsou ke slunci v optimálním úhlu. Některé takové solární farmy bojují proti tomuto problému tak, že staví panely na natáčecí ramena. Díky tomu jsou panely schopny natáčet se ke Slunci v optimálním úhlu po celý den. Dokonce i nejvýkonnější solární články dnes umějí přeměnit na elektřinu jen kolem 20 % dopadajících slunečních paprsků. S dalšími pokroky technologií se tato čísla pravděpodobně zvýší. (ALTERNATIVE ENERGY 2017)

### 3.3.2 Vodní energie

Vodní energie vzniká při koloběhu vody na Zemi, který probíhá působením slunečního záření a zemské gravitace. Při výrobě elektrické energie ve vodních elektrárnách dochází k přeměně potenciální a kinetické energie proudící vody na energii elektrickou.

Celosvětově je energie vyrobená ve vodních elektrárnách zastoupena 16-17% celkově vyrobené energie. Nejvíce je tento zdroj využíván v Norsku a dále ve Švýcarsku a Kanadě. Vodní elektrárna s největším výkonem (18000 MW) se nachází v Číně na přehradě Tři soutěsky. (NAZELENO.CZ 2015a)

Vodní elektrárny jsou atraktivním a nízkonákladovým zdrojem energie. Vodní elektrárny s velkými zásobníky jsou důležitou součástí rozvodných sítí, protože nabízejí poměrně snadnou regulaci množství dodávané energie. Tyto zdroje jsou velmi rozšířené například v Číně, kde třetina energie pochází z vodních elektráren. (JOHANSSON et BURNHAM 1993)

#### Rozdělení vodních elektráren

Vodní elektrárny lze rozdělit z několika hledisek. Podle výkonu, podle využívaného spádu a podle využívání vodního toku.

Rozdělení podle výkonu:	- malé	do 10 MW
	- střední	do 100 MW
	- velké	nad 100 MW
Rozdělení podle spádu:	- nízkotlaké	spád do 20 m
	- středotlaké	spád 20-100 m
	- vysokotlaké	spád nad 100 m

- Rozdělení podle využití toku:
- průtočné
  - jezové
  - derivační
  - akumulární
  - přečerpávací
  - slapové

Průtočné vodní elektrárny využívají přirozený průtok řeky, který nelze ovlivnit. Při průtoku vyšším, než je dimenzovaná hltlost turbíny, je přebytek vody odveden bez energetického využití.

Jezové vodní elektrárny patří mezi nízkotlaké vodní elektrárny, jejich spád se pohybuje mezi 10-20 metry. Pomocí jezu je dosaženo vzednutí hladiny a soustředění spádu.

Derivační vodní elektrárny – pomocí přivaděče je voda přiváděna z koryta řeky k turbíně elektrárny a potom vrácena odpadním kanálem zpět do řeky. Pomocí derivačního přivaděče se část řeky zkrátí a tím se navýší využívaný spád.

U akumulárních vodních elektráren jsou akumulace vody a požadovaný spád zajištěny přehradní hrází. Mohou být umístěny přímo pod přehradou nebo jsou s ní spojeny tlakovým přivaděčem. Dochází zde k řízenému odběru vody z nádrže podle potřeb elektrické rozvodné soustavy.

Přečerpávací vodní elektrárny slouží k akumulaci energie přečerpáním vody do výše umístěné nádrže za využití přebytečné energie v rozvodné síti, hlavně při vysoké výrobě z obnovitelných zdrojů. Při špičkovém zatížení sítě pak voda proudí přes turbínu a vyrábí elektrickou energii. (OENERGETICE.CZ 2016d)

V České republice se nachází třetí největší přečerpávací vodní elektrárna na světě – Dlouhé Stráně. Je to zároveň vodní elektrárna s největším výkonem a největším spádem v ČR. Nalézá se na řece Divoká Desná v Jeseníkách, se stala i vyhledávaným cílem turistů.



*Obrázek 9: Přečerpávací vodní elektrárna Dlouhé Stráně. (KUDYZNUDY.CZ 2016)*

Slapové vodní elektrárny využívají energii proudící vody při přílivu a odlivu. Tento druh elektráren je zatím využíván jen v malém měřítku. (OENERGETICE.CZ 2016d)

### **Vodní energie v ČR**

Mezi obnovitelnými zdroji energie v České republice je tento zdroj dominantním. Podmínky pro využití vodní energie v ČR nejsou ideální. Naše toky nemají dostatečný spád ani dostatečné množství vody. Velká část hydroenergetického potenciálu je rozptýlena na menších tocích. Stupeň využití tohoto potenciálu našich toků je zatím kolem 30%. Většina ze zatím nevyužitého potenciálu není využitelná ve velkých středních vodních elektrárnách a je tedy potřeba využít malé vodní elektrárny o výkonu do 10 MW. Na celkové produkci elektrické energie se vodní elektrárny podílejí necelými pěti procenty. (HOLATA 2002)

Za toky energeticky nejvýhodnější jsou v České republice považovány Labe, Morava a především Vltava. Na Vltavě byla postavena tzv. Vltavská kaskáda, která má celkový instalovaný výkon zhruba 750 MW. Vltavská kaskáda je dlouhá 350 km a její celkové převýšení činí 600 metrů. Tvoří ji celkem devět velkých vodních děl: Lipno I, Lipno II, Hněvkovice, Orlík, Kamýk, Slapy, Štěchovice, Štěchovice II a Vrané. (MASTNÝ et al. 2011)

Tabulka 4: Nejvýznamnější vodní elektrárny na území ČR. (ČASOPIS STAVEBNICTVÍ 2016), vlastní zpracování.

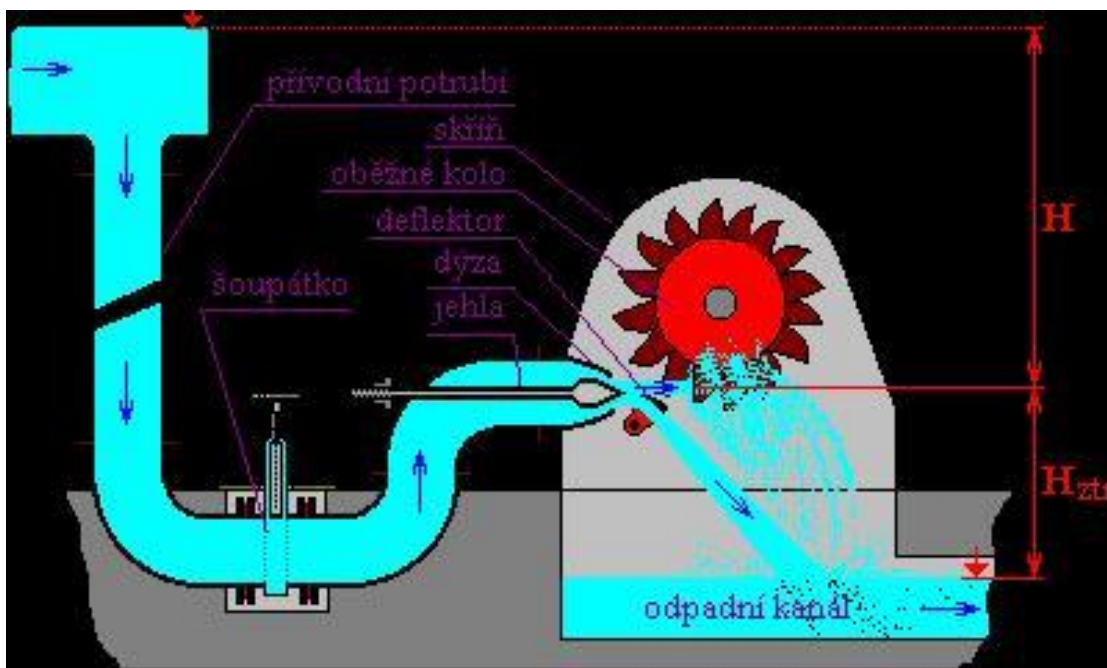
Název	Vodní tok	Typ	Výkon (MW)	Počet/typ turbín	Hltnost (m <sup>3</sup> /s)	Spád (m)
Dlouhé Stráně	Divoká Desná	PŠ	650	2/FR	137	510,7-547,5
Dalešice	Jihlava	PŠ	450	4/FR	600	60,5-90,7
Orlík	Vltava	Š	364	4/K	600	44-70,5
Slapy	Vltava	Š	144	3/K	300	27-56
Lipno I	Vltava	Š	120	2/F	92	148-162
Štěchovice II	Vltava	PŠ	45	1/FR	27	209,8-219,5
Kamýk	Vltava	Š	40	4/K	360	10,5-15,5
Štěchovice I	Vltava	PR	22,5	2/K	150	14,5-20
Střekov	Labe	PR	19,5	3/K	300	6-8,7
Vranov	Dyje	Š	18,9	3/F	45	25-42
Vrané	Vltava	PR	13,9	2/K	180	8.11
Vír I	Svratka	Š	12	2/F	24	max. 64
Nechranice	Ohře	PR	12	2/F	32	17-44
Křižanovice Práčov	Chrudimka	Š	8,9	1/F	12	88,5
Fláje Meziboří	Flájský potok	Š	7,6	2/F	3,6	236,7-261,2
PŠ - přečerpávací špičková VE		Š - špičková VE		PR - průběžná VE		
K - Kaplanova turbína		F - Francisova turbína		FR - Francisova reverzibilní turbína		

## Vodní turbíny

Pro pohon generátoru, který vyrábí elektrickou energii, lze použít dva typy vodních motorů: vodní kolo a vodní turbínu. Vodní kola jsou jedním z prvních pohonů, které začal člověk používat. Jejich výkon je závislý na průtoku vody a méně na spádu. Velkou nevýhodou vodního kola je to, že v zimě mohou zamrznout.

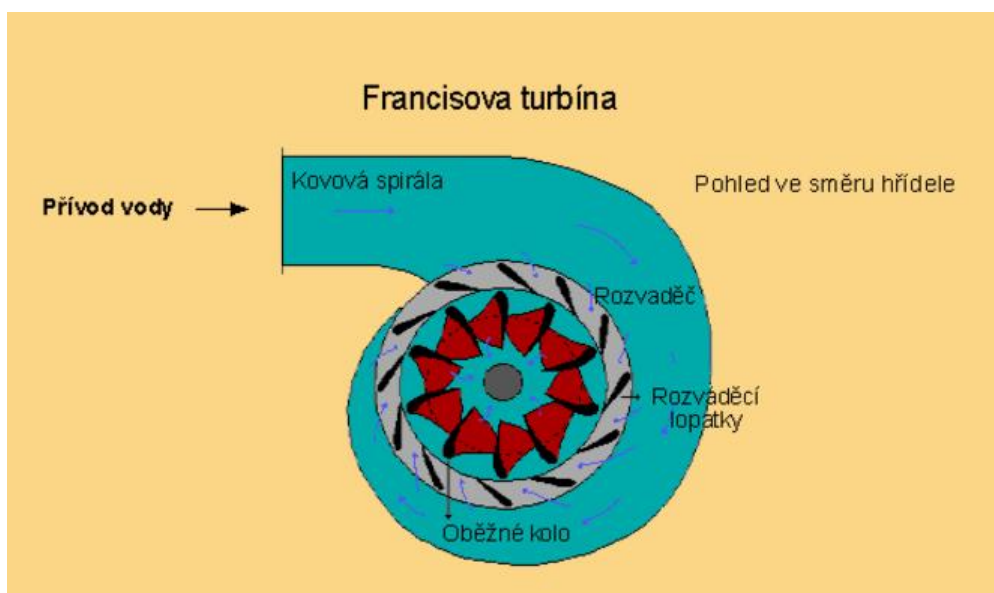
Vodní turbína je zařízení, ve kterém dochází k přeměně energie proudící vody v pohybovou energii rotujícího hřídele. V současnosti se používají v různých modifikacích tři základní typy vodních turbín: Francisova, Kaplanova a Peltonova.

Peltonova turbína patří mezi rovnotlaké turbíny. Vodu přivádí k turbíně kruhové potrubí, které je zakončeno dýzou (tryskou), nebo více dýzami. Voda v dýzách získá kinetickou energii a tangenciálně vtéká do oběžného kola, které je osazeno lžícovitými lopatkami a kolem otáčí. Tato turbína se nejčastěji používá v malých vodních elektrárnách. Je vhodná tam, kde protéká menší množství vody při velkém spádu. Například malé vodní toky v horách. (PROELEKTROTECHNIKY.CZ, 2016)



Obrázek 10: Schéma Peltonovy turbíny. (PROELEKTROTECHNIKY.CZ 2016)

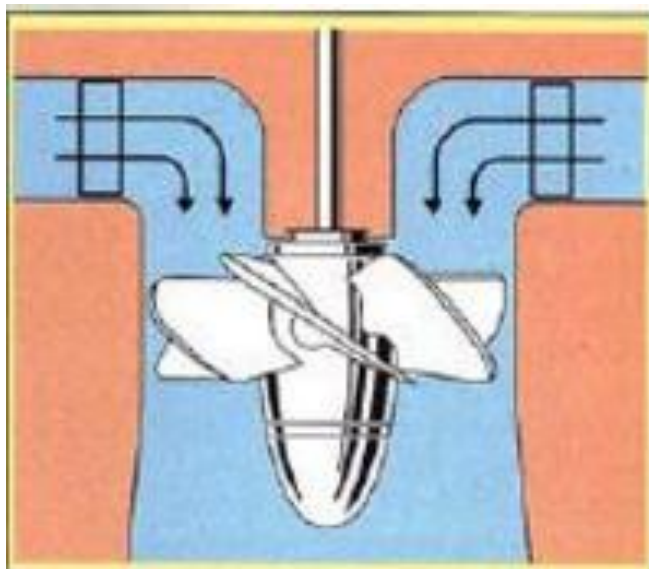
Francisova turbína patří stejně jako turbína Kaplanova mezi přetlakové turbíny. U Francisovy turbíny vtéká voda přes rozváděcí kolo s nastavitelnými lopatkami do oběžného kola, které má lopatky pevné. Díky konstrukci dosahuje tato turbína dobré účinnosti jen anormálního průtoku. Při změně průtoku účinnost podstatně klesá. Využívá se pro spády přibližně od 30 do 500 metrů. (PROELEKTROTECHNIKY.CZ, 2016)



Obrázek 11: Schéma Francisovy turbíny. (ENERGYWEB.CZ 2001)



U Kaplanovy turbíny je voda přiváděna do spirální skříně, dále proudí mezi lopatkami rozváděcího kola, kde se urychluje a v žádaném směru vtéká na lopatky kola oběžného. Počet lopatek oběžného kola bývá od tří do deseti. Průtok při změnách výkonu se řídí natočením lopatek rozváděcího a oběžného kola. Tato turbína má vysokou účinnost (až 90%) a používá se pro spády od 1,5 do 75 metrů. Lze ji využít i pro menší průtoky a spády, ale její cena je v porovnání s ostatními typy vyšší. (PROELEKTROTECHNIKY.CZ 2016)



Obrázek 12: Schéma Kaplanovy turbíny. (PROELEKTROTECHNIKY.CZ 2016)

### Výhody a nevýhody vodních elektráren

Výhodou vodních elektráren je fakt, že pracují jako obnovitelný zdroj energie, za provozu téměř neznečišťují své okolí a při výrobě energie nevzniká žádný odpad. Mezi další výhody patří malá náročnost na údržbu a obsluhu, některé elektrárny lze ovládat i na dálku. Vodní elektrárny mohou být rychle uvedeny do provozu a lze rychle regulovat jejich výkon. Mohou tedy sloužit jako špičkový zdroj k pokrytí zvýšených nároků na množství vyráběné energie nebo k vyrovnávání výkyvů sítě, které jsou způsobeny nestabilní výrobou některých alternativních zdrojů, jež regulovat nelze – například větrná a sluneční energie. Zde mají velký význam přečerpávací vodní elektrárny. Přehradní hráz může částečně chránit území před menšími povodněmi, velkým povodním však zabránit nedokáže. Přehradní jezero může mít funkci zdroje pitné či užitkové vody nebo funkci rekreační.

Nevýhody hlavně u velkých hydroelektráren souvisejí především s budováním přehradní hráze a následným zatopením velkého území. To má za následek změnu krajinného rázu a ekosystémů. Ve většině případů se vznik přehradní nádrže dotýká i lidských sídel, jejich likvidace a zatopení velkých území. Výstavba vyžaduje poměrně velké investice. Další nevýhodou, hlavně u malých vodních elektráren, je závislost na stabilním průtoku a nedostatek vhodných lokalit pro výstavbu nových. Na vhodných

místech často stojí elektrárny, které mají zastaralou technologii a jejich rekonstrukce je jednou z cest k většímu využití energetického potenciálu vodních toků. Hráže přehrad a jezy brání migraci ryb a také lodnímu provozu, což vyžaduje další technická opatření. (WTEPOWER 2016)

### 3.3.3 Větrná energie

Historicky byla větrná energie získávána z větrných mlýnů, které byly po staletí používány např. na mletí obilí nebo čerpání vody. Moderní větrné elektrárny produkují elektrickou energii pomocí využití rotační energie rotoru pro pohon generátoru. Velké větrné elektrárny mohou mít délku listu rotoru přes 40 metrů a musí být umístěny na sloupech 80 metrů vysokých. Menší elektrárny mohou být použity k zajištění energie pro jednotlivé domácnosti. (ENCYCLOPEDIA BRITANNICA 2017)

Větrná energetika využívá nevyčerpateľnou kinetickou energii větru a řadí se mezi důležité alternativní zdroje energie. Vítr vzniká díky nerovnoměrnému ohřívání povrchu Země. To způsobuje rozdílné hodnoty atmosférického tlaku v různých oblastech. Tyto rozdíly se vyrovnávají prouděním vzduchu z oblastí s vyšším tlakem do oblastí s tlakem nižším. Nejdůležitější veličinou pro výrobu elektrické energie ve větrných elektrárnách je rychlost větru, protože energie proudícího vzduchu roste se třetí mocninou jeho rychlosti. (NAZELENO.CZ 2015b)

Výkon větrné elektrárny lze vypočítat podle vztahu:

$$P = \frac{\rho \cdot c_p \cdot S \cdot v^3}{2}$$

P – výkon elektrárny (W)

$c_p$  - účinnost stroje

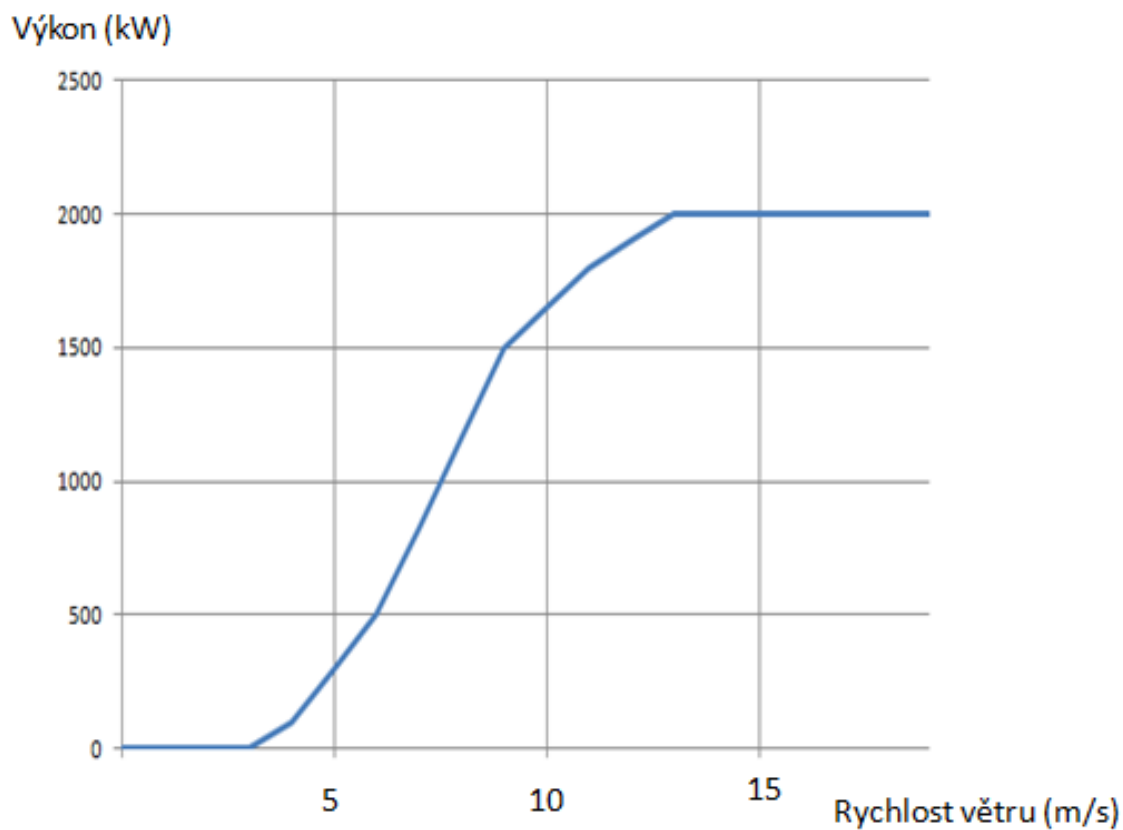
$\rho$  - hustota vzduchu ( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ )

S – plocha rotoru ( $\text{m}^2$ )

(ČSVE 2016b)

Výroba elektrické energie závisí ale nejen na větrných poměrech v daném místě, ale i na výkonové křivce větrné elektrárny a dalších technických a provozních okolnostech. Výkonová křivka definuje závislost výkonu dané větrné elektrárny na rychlosti větru. Typická elektrárna začíná vyrábět při rychlostech kolem 4 m/s, pak její výkon prudce roste, až do dosažení plného výkonu. Toho je dosaženo při rychlostech 10 – 15 m/s. Při velmi vysokých rychlostech větru dojde k zabrzdění elektrárny a výkon už se dále nezvyšuje. (CETKOVSKÝ et al. 2010)



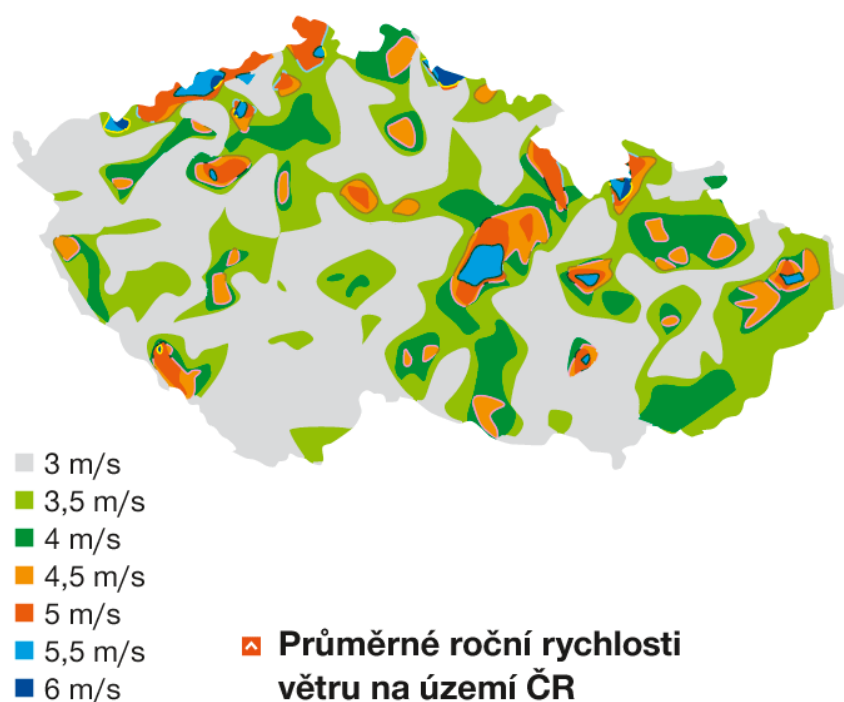


Obrázek 13: Výkonová křivka typické současné větrné elektrárny – průměr rotoru 90 m, nominální výkon 2 MW (CETKOVSKÝ et al. 2010)

Celkový nainstalovaný výkon větrných elektráren ve světě ke konci roku 2015 činil 432 GW. Větrná energetika je odvětví, které se rychle rozvíjí, za posledních deset let se nainstalovaný výkon větrných elektráren zvýšil téměř desetkrát. Největší množství větrné energie produkuje Čína (34%), dále USA (17%) a Německo (10%). (ČSVE 2016c)







Obrázek 14: Průměrné roční rychlosti větru v ČR. (ČEZ 2016b)

Větrné mapy rychlosti větru měřené ve výšce 10 metrů nad zemí jsou určeny pro malé větrné elektrárny. Pro větší elektrárny, které dosahují výšky kolem sta metrů, však tato úroveň není příliš reprezentativní. Dnes jsou zpracovány i větrné mapy pro výšku 100 metrů nad povrchem. (CETKOVSKÝ et al. 2010)

### Výhody a nevýhody větrných elektráren

Výroba elektrické energie z větrných elektráren, stejně jako u ostatních obnovitelných zdrojů energie, je spojena s menšími dopady na životní prostředí a na lidské zdraví v porovnání s klasickými zdroji výroby energie. Environmentálním přínosem je bezemisní provoz větrných elektráren. Podle studie provedené ve Velké Británii považuje větrnou energii za environmentálně příznivou přes 96% respondentů.

V současnosti podmínky v České republice neumožňují, aby větrná energie plně konkurovala klasickým zdrojům. Příčinou je velká závislost výroby elektrické energie na rychlosti a výskytu větru. Druhou příčinou jsou vysoké investiční náklady, které v ČR podílejí na celkových nákladech z více jak 80%. Proto je nejen v ČR větší konkurenceschopnost větrné energie zajišťována pomocí podpůrných ekonomických nástrojů. Jedná se například o zavedení povinných výkupních cen, zelených bonusů a dotací.

Negativní vlivy větrných elektráren na ŽP lze rozdělit do tří základních skupin:

1. rušení větrnými elektrárnami
2. mortalita způsobená kolizí s větrnými elektrárnami
3. ztráta nebo narušení prostředí a biotopů v důsledku přítomnosti staveb, jejich infrastruktury a výstavby.

Rušení má všeobecný plašící efekt. Lze ho rozdělit na rušení akustické a vizuální. Vyvolává strach, případně úlekové reakce. Důsledkem je vyhýbání se některých druhů danému zařízení, případně opuštění hnízdiště nebo prostředí, které druh obývá. Hluk větrných elektráren je způsoben hlavně obtékáním listů rotoru větrem (aerodynamický hluk) a bývá obvykle slyšitelný ve vzdálenosti 200-500 m od větrné elektrárny, někdy i více.

Mortalita je způsobena kolizí jak s rotujícími listy rotoru, tak i se samotnými stožáry elektrárny. Ohroženy jsou všechny druhy ptáků a netopýrů. U některých druhů jsou kolize časté, u některých druhů kolize zjištěny nebyly. (CETKOVSKÝ et al. 2010)

### 3.3.4 Geotermální energie

Geotermální tepelná energie může být získávána a využívána pro lidskou spotřebu kdekoliv na zemském povrchu. Odhadované množství energie, které může být získáno na povrchu Země je  $4,5 \times 10^6$  EJ, což odpovídá zhruba trojnásobku roční spotřeby energie na světě. (LUND 2011)

Mezi nejdůležitější zdroje geotermální energie se řadí především:

- teplo, které se váže na vznik planety Země při vzniku Sluneční soustavy
- teplo vznikající při rozpadu radioaktivních látek a minerálů
- teplo vytvářené při metamorfóze hornin v zemské kůře
- teplo, které vzniká při tektonických pohybech
- teplo vznikající stlačováním podložních vrstev
- teplo z pohlcených seizmických vln
- teplo, které dopadá na Zemi prostřednictvím slunečního záření
- lokální teplo, které vzniká při dopadech meteoritů
- zatím teoreticky teplo, které vzniká třením vodních mas o zemský povrch

(BIOM.CZ 2017)

Geotermální energii lze využít k výrobě elektrické energie prostřednictvím parního cyklu v geotermálních elektrárnách nebo přímo k vytápění objektů. V malém měřítku se pro vytápění jednotlivých domácností používají tepelná čerpadla.

Nejvhodnějšími lokalitami pro využití geotermální energie jsou okraje tektonických desek. Velmi výhodnou polohu má z tohoto hlediska Island, kde se geotermální energie využívá k ohřevu vody, k vytápění objektů a i většina elektrické energie na Islandu pochází z geotermálních elektráren. (VÍTEJTE NA ZEMI 2013c)

Odhaduje se, že ve světě se využívá zatím pouze jedno procento dostupné geotermální energie. Mezi země s velkým podílem využití geotermální energie patří Island, Filipíny, Indonésie, Nový Zéland, USA a Itálie. (OENERGETICE.CZ 2015c)

V České republice se geotermální energie využívá zatím pouze k vytápění budov, například v Děčíně. Z tohoto zdroje je vytápěna i zoologická zahrada v Ústí nad Labem. Co se týká geotermálních elektráren, uvažovalo se o výstavbě v několika lokalitách (Semily, Nová Paka, Dětrichov, Liberec). Z těchto záměrů sešlo hlavně pro malou rentabilitu. Další lokalitou pro výstavbu geotermální elektrárny jsou Litoměřice. Město už získalo povolení pro zahájení prací, zbývá dořešit financování tohoto projektu. (OENERGETICE.CZ 2015d)

### **Geotermální elektrárny**

Ve světě se používají geotermální elektrárny tří typů: Dry steam, Flash steam a Binary cycle.

1. Dry steam (princip suché páry) - jedná se o nejstarší a nejjednodušší systém, který se stále ještě používá. Pára získaná z hlubin Země o teplotě vyšší než 235°C přímo roztáčí lopatky turbíny, která pohání alternátor - generátor střídavého proudu. Jelikož je zde zapotřebí vysoká teplota páry, nachází tento zdroj uplatnění především v tektonických oblastech (Island, Nový Zéland, Itálie, USA).

2. Flash steam (bleskový okruh) - geotermální voda o teplotě 160 - 180°C se čerpá z podzemních rezervoárů na povrch, kde se díky snížení tlaku část vody mění na páru, která pohání turbínu. Voda, která se v páru nezměnila, se vrací zpět do rezervoáru, aby mohla být znovu využita. Tento systém dnes používá většina geotermálních elektráren.

3. Binary cycle (binární princip) – voda používaná u tohoto principu může mít nižší teplotu než u předcházejících typů geotermálních elektráren. Proto jsou i dostupnější vhodné geotermální zdroje. Čerpaná horká voda ohřívá kapalinu s mnohem nižší teplotou varu a pára potřebná k pohonu turbíny tedy vzniká za nižších teplot. Jedná se obvykle o kapaliny organického původu, jako jsou například propan, isobutan a freon. (BIOM.CZ 2017)

### **Využití geotermální energie k vytápění**

Geotermální energie může být využita k vytápění obytných domů, bazénů, skleníků a i průmyslových objektů. Tento způsob vytápění se nejvíce používá na Islandu, v Japonsku, na Novém Zélandu a v USA. Na Islandu se nachází největší systém geotermálního vytápění na světě – téměř všechny budovy v hlavním městě Reykjavíku jsou vytápěny tímto systémem. Podmínky k tomuto využití geotermální energie má i Česká republika. K využití geotermální energie pro vytápění je možné použít i vrty, které mají nižší teplotu, než je tomu u geotermálních elektráren. (BIOM.CZ 2017)

## Tepelná čerpadla

Tepelná čerpadla se používají k vytápění objektů nebo k ohřevu teplé vody. Díky ekonomické efektivnosti provozu dochází dnes k rozmachu jejich používání. Tepelná čerpadla pracují na principu transformace tepelné energie z nižší teplotní úrovně na úroveň vyšší. Je možné využívat teplo z vrtů, teplo povrchové i podzemní vody i teplo venkovního vzduchu. Podle nositele tepla na nižší a vyšší úrovni lze tepelná čerpadla rozdělit do tří skupin.

1. tepelná čerpadla typu voda – voda: mají poměrně vysokou účinnost, kterou si udržují po dobu celého roku. Pro použití tohoto systému jsou nutné vhodné hydrogeologické podmínky a dostatečné množství podzemní vody s vhodným chemickým složením.

2. tepelná čerpadla typu země – voda: mohou pracovat s horizontálním výměníkem nebo se svislým zemním vrtem. V zemi je uloženo plastové potrubí, ve kterém obíhá voda, obvykle spíše nemrznoucí kapalina. Ta zprostředkovává přenos tepelné energie mezi zemí a tepelným čerpadlem. Jedná se o velmi stabilní zdroj energie, nevýhodou jsou velké investiční náklady.

3. tepelná čerpadla typu vzduch – voda: tento systém se používá spíše sezónně, například k ohřívání vody v bazénech. Pro vytápění objektů je tento systém nedostačující. V chladném období, kdy klesá účinnost tohoto systému, by bylo nutné použít pro vytápění další doplňkový zdroj. (HOSPODÁŘKÁ KOMORA ČR 2017)

Základními prvky u tepelného čerpadla jsou výparník, kompresor, kondenzátor a expanzní ventil. Ve výparníku je odebíráno teplo z nízkopotencionálního tepelného prostředí, které je při tom ochlazováno. Jako chladiva se používají kapaliny s nízkou teplotou varu. Kompresor, který je nejčastěji poháněn elektricky, stlačí odpařené chladivo na kondenzační tlak. Následně je v kondenzátoru předáno teplo chladicí kapaliny do topné soustavy. Expanzní ventil slouží ke snížení tlaku kondenzátu, který se pak vrací zpět do výparníku. (OENERGETICE.CZ 2015e)

## Výhody a nevýhody využití geotermální energie

Mezi výhody využívání geotermální energie patří velmi malý vliv provozu na životní prostředí a samozřejmě také to, že geotermální energie patří mezi zdroje obnovitelné. Výhodou je i téměř bezobslužný provoz.

Nevýhodou jsou vysoké investiční náklady, složitost technologií a nejistota v geologických podmínkách.

### 3.3.5 Energie spalování

Spalování biomasy patří mezi nejdéle využívané metody termochemické přeměny. Hořlavé složky, které jsou obsaženy v palivu, se při spalování slučují s kyslíkem. Přitom se



uvolňuje tepelná energie, kterou je možné využít k vytápění nebo k výrobě elektrické energie.

Při spalování fosilních paliv vzniká velké množství oxidu uhličitého, který patří mezi skleníkové plyny a přispívá ke skleníkovému efektu. Oxid uhličitý vzniká samozřejmě i při spalování biomasy, ten ale ke zvyšování koncentrace CO<sub>2</sub> v atmosféře nepřispívá, neboť rostliny během svého růstu z atmosféry odebírají oxid uhličitý. Při pěstování rostlin pro energetické účely dochází k vázání oxidu uhličitého z atmosféry. Uhlík zachycený rostlinami ve formě oxidu uhličitého je dále využíván celou řadou organismů a poté vrácen ve formě oxidu uhličitého zpět do atmosféry. (MURTINGER et BERANOVSKÝ 2006)

## **Spalování biomasy**

Biomasa, hlavně dřevo, byla prvním zdrojem energie, který lidstvo využívalo. Ještě v nedávné historii bylo dřevo dominantním zdrojem energie. Během minulého století s rozvojem a zvyšováním efektivity získávání energie z fosilních paliv bylo dřevo v industriálních zemích nahrazeno uhlím, oleji a zemním plynem. Odhadem zaujímá biomasa třetinu spotřeby primární energie, v těch nejhudších zemích je to až 90 %. Více než 2 miliardy lidí používá k vaření přímé spalování biomasy, například dřevo z lesa, což často vede k odlesňování a environmentální degradaci. (HERZOG et al. 2001)

Z pohledu využití biomasy pro energetické účely je biomasa definována jako substance biologického původu, která pochází z čerstvých či nedávno žijících organismů. Patří sem rostlinná biomasa pěstovaná na půdě nebo hydroponicky, dále živočišná biomasa a vedlejší organické produkty a odpady. Biomasa je k energetickým účelům buď produktem zemědělské či lesnické výroby, nebo se jedná o odpady ze zemědělství, z lesního hospodaření a potravinářského průmyslu. Roční celosvětová produkce biomasy, která je energeticky využitelná, svým potenciálem desetkrát převyšuje objem produkce ropy a zemního plynu. Přesto je podíl energie vyrobené z tohoto zdroje poměrně malý.

Existuje více způsobů využití biomasy k energetickým účelům, v praxi se ale nejvíce používá spalování biomasy (suchý proces), výroba bioplynu anaerobní fermentací biomasy (mokrý proces) a dále výroba metylesteru kyselin bioolejů získávaných ze semen olejnatých rostlin. (VRÁBLÍKOVÁ 2000)

Biomasu pro energetické účely lze z technologického hlediska rozdělit do dvou základních skupin: - biomasa, která je záměrně pěstovaná pro energetické účely, - biomasa odpadní.

Do první skupiny patří energetické dřeviny (topol, vrba, olše...), obilniny (ozimé žito, triticales), olejnaté rostliny (řepka, slunečnice, len...), okopaniny (brambory, cukrová řepa), travní porosty (lesknice rákosovitá, ozdobnice čínská...) a další rostliny (konopí seté, krmný sléz, šťovík krmný, topinambur...).

Mezi zdroje odpadní biomasy lze zařadit suroviny ze zemědělské prvovýroby (sláma obilná, řepková, odpady z chmelnic, vinic a sadů), odpady z údržby krajiny (zbytky po likvidaci křovin z náletů, tráva sekaná v parcích), odpady ze živočišné výroby

(exkrementy, zbytky krmiva), komunální odpady, organické odpady z potravinářské a průmyslové výroby a odpady z lesního hospodářství (kůra, větve, pařezy, kořeny...). (VRÁBLÍKOVÁ 2000)

## **Spalování biopaliv**

Biopaliva se získávají úpravou biomasy. Může se jednat o úpravu mechanickou jako je drcení a štípaní nebo o úpravu chemickou nebo mechanicko-chemickou. Biomasu lze využít k výrobě energie prostřednictvím zplyňování, pyrolýzy, fermentace a lisování. Při těchto procesech je pevná biomasa přeměněna na formu plynu, oleje a pevných zbytků. Podíl jednotlivých složek je dán technologií procesu. Výhodou je vyšší měrná energie získaných produktů. Mezi další poměrně rozšířené metody využití biomasy k energetickým účelům patří výroba bioplynu při anaerobní digesti organických materiálů. Hlavními složkami bioplynu jsou metan a oxid uhličitý. Dále ho lze využít k produkci elektrické energie či tepla. V posledních letech dochází k růstu počtu bioplynových stanic, jejich podíl na výrobě elektrické energie v České republice již překročil 2%. (DRÁBOVÁ et al. 2014)

Podle skupenství se biopaliva rozdělují na pevná, kapalná a plynná.

*Pevná biopaliva:* dřevo, které se využívá ve formě polen, pelet, štěpky, briket a pilin (výhřevnost dřeva je srovnatelná s výhřevností hnědého uhlí). Dále mezi pevná biopaliva patří sláma a seno.

*Kapalná biopaliva:* na alkoholové bázi, například bioethanol, nebo na bázi olejů, například bionafta. Je možné zkapalnění některých plynných biopaliv.

*Plynná biopaliva:* bioplyn (bioplynové stanice nejčastěji zpracovávají odpady ze zemědělství jako je hnůj a kejda) a dřevoplyn, který vzniká při zplyňování biomasy a lze ho použít jako pohonnou látku, na vytápění objektů i k výrobě elektrické energie.

Z hlediska vlivu na životní prostředí se biopaliva dělí podle generací. Biopalivem první generace je biomasa vyprodukovaná ze zemědělských plodin. Mezi biopaliva druhé generace patří produkty z energetických plodin a odpadní biomasy. Biopaliva třetí generace jsou biopaliva z řas. Probíhá výzkum biopaliv čtvrté generace, kde se využívají geneticky upravené bakterie. (NAZELENO.CZ 2015c)

## **Spalování odpadů**

Spalování odpadů patří mezi nejčastější způsoby energetického využití odpadů. Jedná se o velmi čistý zdroj energie, která se získává termicko-oxidačním procesem. Zplodiny ze sebelépe odsířených elektráren mají daleko větší dopad na životní prostředí než zplodiny ze spaloven odpadu. Při spalování se hmotnost odpadu sníží až o 70%. Zbytkové inertní materiály mohou být dále zpracovány nebo mohou být uloženy do země. Z hlediska produkce oxidu uhličitého se spalování odpadů jeví jako neutrální a oproti

skládkování se zmenší množství emisí skleníkových plynů. Energetické využití odpadů, které nelze dále využít látkově, vyhovuje požadavkům kladeným na ochranu životního prostředí. (ŘEZNÍČEK et PROCHÁZKA 2010)

V České republice jsou v provozu zatím tři spalovny komunálního odpadu. Spalovna ZEVO v Praze - Malešicích (kapacita 310 tisíc tun odpadu ročně), SAKO Brno (kapacita 240 tisíc tun ročně) a spalovna v Liberci (kapacita 100 tisíc tun ročně), kterou provozuje společnost TERMIZO. Ve zkušebním provozu je od roku 2016 spalovna odpadů v Chotíkově u Plzně, která se však potýká s legislativními problémy a zatím nedošlo k její kolaudaci. Energeticky se v ČR využívá zatím pouze 11% odpadů.

V Evropě se téměř veškerý odpad energeticky využívá například ve Švýcarsku a Německu, kde se téměř neskládkuje. V dalších zemích, jako jsou Rakousko, Belgie, Dánsko a Holandsko, se skládkuje pouze malé množství odpadu. (ODPADJEENERGIE.CZ 2017)

### **Výhody a nevýhody spalování**

Mezi výhody spalování biomasy a odpadů patří dostupnost spalovacích technologií, možnost úpravy paliv, využití odpadu, který se nedá využít materiálově, vyrovnaná bilance CO<sub>2</sub> a možnost snadného využití v jednotlivých domácnostech.

Nevýhodou je nízká efektivita technologií při výrobě elektrické energie, vyšší náklady na dopravu a na skladovací prostory. Z hlediska vlivu na životní prostředí je nutné zmínit, že produkce energie není bez emisí. (OENERGETICE.CZ 2017)

### **3.3.6 Jaderná energie**

Otázkou je, zda jaderné reakce zařadit či nezařadit mezi alternativní zdroje energie. Určitě je to alternativa ke spalování fosilních paliv a s tím spojeného znečišťování atmosféry. Jaderná energetika při výrobě elektřiny neprodukuje žádné emise oxidu uhličitého, oxidu dusíku ani oxidu siřičitého. Jaderná energie není považována za obnovitelný zdroj energie (obnovitelné zdroje jsou časově neomezené), je nazývána udržitelným zdrojem energie, protože na světě je zásoba uranu jako paliva pro reaktory na více než 100 let. (NUCLEAR ENERGY INSTITUTE 2017)

Rozeznáváme dva základní druhy jaderných reakcí – jaderné štěpení a jadernou fúzi. Klasická jaderná energetika, která pracuje na principu jaderného štěpení, ke kterému využívá uranu a thoria, má suroviny na desítky tisíc let. Přitom pracuje prakticky bez emisí oxidu uhličitého. Jedním z problémů je zatím ukládání jaderného odpadu. Některé úvahy naznačují, že pokud k uložení jaderného odpadu dojde, měl by být snadno dostupný, protože vzhledem k rozvoji jaderné energetiky a s prohlubující se energetickou krizí poslouží toto již použité palivo jako nový zdroj energie. Dnešní technologie zanechává v použitých palivových článcích kolem 95% energie. (JANOUC 2011)

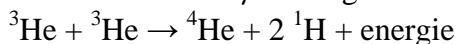
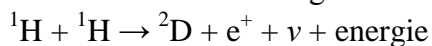
Průměrná jaderná elektrárna v USA vyprodukuje ročně kolem 20 tun jaderného odpadu. Celkem vznikne v jaderném průmyslu ve Spojených státech ročně asi 2000-2300 tun tohoto odpadu. (NUCLEAR ENERGY INSTITUTE 2016)

České jaderné elektrárny Temelín a Jaslovské Bohunice vyprodukují ročně téměř 100 tun vysoce aktivního jaderného odpadu – vyhořelého jaderného paliva, což je asi 10 gramů na jednoho obyvatele České republiky. Dále se tyto dvě elektrárny podílejí na vzniku zhruba 450 tun odpadů nízkoaktivních a středně aktivních. (SÚRAO 2016)

Nezbytnou podmínkou jaderné energetiky je její bezpečnost a transparentnost. Přirovnávání moderních tlakových či varných jaderných reaktorů západní výroby s reaktorem v Černobyli je nezodpovědné matení veřejnosti. (JANOUCHE 2011)

Havárie, která se stala v roce 2011 v Japonské jaderné elektrárně Fukušima, ale ukázala, že k jaderným haváriím může dojít i při používání moderních jaderných reaktorů. Jestliže máme využívat jadernou energii, je nutné na bezpečnosti jaderných zařízení stále intenzivně pracovat.

Jaderná fúze probíhá v nitru všech hvězd a je zdrojem energie pro celý vesmír. Proces uvolňování energie v našem Slunci probíhá v proton-protonovém fúzním cyklu:



Při tomto cyklu dochází ke slučování jader vodíku na jádra hélia za vzniku velkého množství energie. Fúzní energie je z lidského hlediska nevyčerpatelným zdrojem energie. Většina úředně uznaných obnovitelných zdrojů získává energii přímo nebo nepřímo z fúzní reakce. Bez ohledu na to se fúzní energie řadí mezi zdroje neobnovitelné. Mezi stávajícími a fúzními reaktory je mnoho zásadních rozdílů. Je zde zcela vyloučena nekontrolovaná řetězová reakce. Palivem bude izotop vodíku deuterium, který se získá z vody. Ve fúzním reaktoru je vždy velice málo paliva. Produktem reakce není radioaktivní odpad, ale neškodné hélium. Z principu je vyloučena jaderná katastrofa. Jedná se o velice šetrný zdroj pro životní prostředí. (TZBINFO 2014).

Vědci tvrdí, že jsme od funkčního fúzního reaktoru vzdáleni ještě 30 let, bohužel to tvrdí již několik desetiletí. Při výzkumu se postupně objevují nové a nové problémy. Největších pokroků je dosahováno v Německu, kde se nachází výzkumný reaktor Wendelstein 7-x, a v Číně, která pracuje s reaktorem tokamak EAST. V čínském reaktoru se podařilo udržet termojadernou fúzi po dobu zatím rekordních 102 vteřin. (OENERGETICE.CZ 2016a)

V Praze se v září roku 2016 sešlo více než tisíc vědců na Mezinárodním symposiu o technologiích pro jadernou fúzi „SOFT 2016“. Byl zde představen i jeden z nejdražších výzkumných projektů světa tokamak ITER, který je budován ve Francii a svůj podíl na něm mají i vědci z České republiky. Bylo zde řečeno ústy generálního ředitele ITER, že v roce 2032 by měl tento reaktor vyprodukovat desetkrát více energie, než se do něj vloží. (OENERGETICE.CZ 2016b)

Při zvládnutí termojaderné fúze by jaderná energetika byla schopna zásobovat lidstvo energií nekonečně dlouhou dobu. (JANOUCHE 2011)

### 3.3.7 Alternativní zdroje energie v ČR – porovnání

Podle údajů uváděných Ministerstvem průmyslu a obchodu v roce 2014 elektrická energie pocházející z obnovitelných zdrojů činila 10,7% celkové hrubé produkce elektrické energie. Podíl obnovitelných zdrojů na výrobě tepelné energie činil asi 10-11%. Jejich podíl na primárních energetických zdrojích (PEZ) činil přibližně 9%.

*Tabulka 6: Celková energie z obnovitelných zdrojů v roce 2014. (MPO 2017), vlastní zpracování.*

Zdroj energie	Energie z OZE celkem (GJ)	Podíl na PEZ (%)	Podíl na PEZ (%)
<b>Biomasa (mimo domácnosti)</b>	<b>43 440 723</b>	<b>2,5%</b>	<b>27,8%</b>
<b>Biomasa (domácnosti)</b>	<b>49 638 229</b>	<b>2,9%</b>	<b>31,8%</b>
<b>Vodní elektrárny</b>	<b>6 873 203</b>	<b>0,4%</b>	<b>4,4%</b>
<b>Bioplyn</b>	<b>25 458 475</b>	<b>1,5%</b>	<b>16,3%</b>
<b>Biologicky rozl. část TKO</b>	<b>3 452 851</b>	<b>0,2%</b>	<b>2,2%</b>
<b>Kapalná biopaliva</b>	<b>13 513 816</b>	<b>0,8%</b>	<b>8,6%</b>
<b>Tepelná čerpadla</b>	<b>3 855 265</b>	<b>0,2%</b>	<b>2,5%</b>
<b>Solární termální systémy</b>	<b>690 902</b>	<b>0,0%</b>	<b>0,4%</b>
<b>Větrné elektrárny</b>	<b>1 715 558</b>	<b>0,1%</b>	<b>1,1%</b>
<b>Fotovoltaické elektrárny</b>	<b>7 642 328</b>	<b>0,4%</b>	<b>4,9%</b>
<b>Celkem</b>	<b>156 281 350</b>	<b>9,0%</b>	<b>100,0%</b>

Jak je vidět z údajů v tabulce 6, na výrobě celkové energie mělo v roce 2014 z obnovitelných zdrojů největší podíl spalování biomasy, bioplynu a kapalných biopaliv. Tento podíl činí celkem přes 80% z energie pocházejících z obnovitelných zdrojů. Podíl ostatních druhů obnovitelných zdrojů energie je poměrně malý.

Podle údajů, které jsou uvedeny v následující tabulce 7, je patrné, že na výrobě elektrické energie pocházející z obnovitelných zdrojů se nejvíce podílí produkce energie bioplynových stanic, spalování biomasy, vodních a fotovoltaických elektráren. Produkce větrných elektráren je již zastoupena méně – přibližně pěti procenty. (MPO 2017)

Tabulka 7: Výroba elektřiny z obnovitelných zdrojů v roce 2014. (MPO 2017), vlastní zpracování.

Zdroj energie	Hrubá výroba elektřiny (MWh)	Podíl na elektřině z OZE (%)	Podíl na hrubé výrobě elektřiny (%)
<b>Vodní elektrárny</b>	<b>1 909 223</b>	<b>20,82%</b>	<b>2,22%</b>
MVE < 1 MW	465 482	5,07%	0,54%
MVE 1 až < 10 MW	546 192	5,95%	0,64%
VVE ≥ 10 MW	897 549	9,79%	1,04%
<b>Biomasa celkem</b>	<b>1 992 217</b>	<b>21,72%</b>	<b>2,32%</b>
Palivové dříví	595	0,01%	0,00%
Štěpka apod.	971 632	10,59%	1,13%
Celulózové výluhy	714 459	7,79%	0,83%
Neaglom. rostl. materiály	104 926	1,14%	0,12%
Pelety a brikety	198 499	2,16%	0,23%
Ostatní biomasa	0	0,00%	0,00%
Kapalná biopaliva	2 108	0,02%	0,00%
<b>Bioplyn celkem</b>	<b>2 583 363</b>	<b>28,17%</b>	<b>3,00%</b>
Komunální ČOV	91 091	0,99%	0,11%
Průmyslové ČOV	17 419	0,19%	0,02%
Bioplynové stanice	2 363 319	25,77%	2,75%
Skládkový plyn	111 534	1,22%	0,13%
<b>Biol. rozložitelná část TKO</b>	<b>87 946</b>	<b>0,96%</b>	<b>0,10%</b>
<b>Větrné elektrárny</b>	<b>476 544</b>	<b>5,20%</b>	<b>0,55%</b>
<b>Fotovoltaické elektrárny</b>	<b>2 122 869</b>	<b>23,14%</b>	<b>2,47%</b>
<b>Celkem</b>	<b>9 172 162</b>	<b>100,00%</b>	<b>10,66%</b>

Do roku 2040 by se měl podle Státní energetické koncepce výrazně zvýšit podíl energie pocházející z obnovitelných zdrojů. Naopak, významně by mělo klesnout množství energie vyrobené díky spalování hnědého uhlí.

Zdrojem, který má do budoucna největší potenciál, je biomasa. Očekává se také další rozvoj fotovoltaiky, který bude spojen především s technickým vývojem. Zvýší se množství energie pocházející z energetického využití odpadů, větrných elektráren, a energie získané pomocí tepelných čerpadel. (MPO, 2016)

### 3.3.8 Posouzení kladných a záporných stránek alternativních zdrojů

U každého z alternativních zdrojů energie je možné nalézt jeho kladné i záporné stránky. Některé již byly zmíněny v kapitolách o jednotlivých alternativních zdrojích energie. Pro přehlednost uvádím pro každý zvlášť zdroj jeho výhody a nevýhody.

#### Sluneční energie

- Výhody:
- nevyčerpatelný zdroj energie
  - zdroj, který nepoškozuje životní prostředí
  - žádné emise a hluk
  - malé provozní náklady
  - snadná obsluha
  - životnost zařízení až 20 let
- Nevýhody:
- vysoké investiční náklady, dlouhá doba návratnosti
  - nutnost kombinace s jinými zdroji (noc, špatné počasí)
  - zábor půdy, narušení vzhledu krajiny

#### Vodní energie

- Výhody:
- žádné emise
  - nezatěžují prostředí těžbou a dopravou surovin
  - nevzniká odpad
  - možnost regulace výroby energie podle situace
  - neohrožují povrchové ani podzemní vody
- Nevýhody:
- zatopení území
  - změna klimatu a lokálních biosystémů
  - vysoké investiční náklady
  - závislost na dostatečném průtoku vody

#### Větrná energie

- Výhody:
- žádné emise
  - malé provozní náklady
  - je to zdroj energie i v odlehlých oblastech
- Nevýhody:
- nutnost kombinace s jinými zdroji (nestálost zdroje)
  - vhodné pouze do oblastí s dostatečnou rychlostí větru
  - vysoké investiční náklady
  - narušení krajinného rázu
  - hluk, rotující listy nebezpečné pro ptáky

## Geotermální energie

- Výhody:
- šetrné k životnímu prostředí
  - stálý zdroj energie
  - nezávislost na klimatických podmínkách

- Nevýhody:
- málo vhodných lokalit
  - pro výrobu elektřiny vysoké investiční náklady

## Spalování biomasy

- Výhody:
- obnovitelný tuzemský zdroj energie
  - uzavřený cyklus oxidu uhličitého
  - odpad lze použít jako hnojivo
  - využití půdy nevhodné pro pěstování potravinářských plodin

- Nevýhody:
- vznikají emise
  - nízká energetická účinnost
  - vyšší nároky na dopravu, úpravu a skladování paliva

(EKOSTRÁŽCE 2017)

### 3.3.9 Vliv samotných alternativních zdrojů energie na životní prostředí

Alternativní zdroje energie jsou obecně spojeny s šetrností vzhledem k životnímu prostředí. Některé negativní dopady jsou ale spojeny i s těmito zdroji energie.

Jedním z nejčastěji zmiňovaných problémů při využívání obnovitelných zdrojů energie je zábor půdy. Zábor půdy se týká hlavně solárních a vodních elektráren. V menším měřítku k němu dochází u elektráren větrných.

U větrných elektráren najdeme i další problémy. Jednak mohou narušovat krajinný ráz. Jejich hluk a otáčející se listy rotoru mají vliv na chování ptactva a divokých zvířat, která žijí v okolí větrných elektráren. Průzkumy dokázaly, že některým druhům blízkost větrné elektrárny vůbec nevadí a není pro ně nebezpečná.

Při stavbě velkých vodních elektráren dochází k zatopení velkých území. To má za následek změnu mikroklimatu. Zároveň dochází ke ztrátě přírodního a kulturního dědictví. (VÍTEJTE NA ZEMI 2013d)

Na výrobu fotovoltaických článků se používá velké množství vysoce čistého křemíku, germania a mnoha dalších sloučenin a polymerů. K jejich výrobě se používá mnoho chemických a metalurgických technologií.

Při vrtání vrtů pro využití geotermální energie může docházet k lokálnímu zemětřesení a za provozu z vrtů uniká oxid uhličitý a sirovodík. (NAZELENO.CZ 2015d)



## 4. Výroba energie z obnovitelných zdrojů pro lepší kvalitu ovzduší v České republice

Jak už bylo dříve uvedeno (kapitola 3.2), většina produkce elektrické energie v České republice pochází z neobnovitelných zdrojů. Tato produkce je velmi závislá na spalování fosilních paliv, které má špatný vliv na kvalitu ovzduší. Mezi největšími znečišťovateli skleníkovými plyny i plyny způsobujícími kyselou dešť najdeme téměř výhradně tepelné elektrárny, které spalují hnědé uhlí. (KOTECKÝ et POLANECKÝ 2005)

Větší podíl elektrické energie pocházející z obnovitelných zdrojů by měl za následek omezení výroby elektřiny v klasických tepelných elektrárnách, a tím i zmenšení množství emisí vypouštěných do atmosféry.

V další části práce je proveden návrh možných řešení nahrazení produkce elektrické energie elektrárny Počerady, nebo alespoň její části, energií pocházející z obnovitelných zdrojů. Elektrárna Počerady se nachází na rozhraní okresů Louny a Most a její instalovaný výkon je 5 krát 200MW. Vlastníkem elektrárny je skupina ČEZ. (ČEZ 2017)

Elektrárna patří mezi největší znečišťovatele atmosféry v ČR. V roce 2015 tvořily její emise přes 5 milionů tun skleníkových plynů a přes 12 tisíc tun plynů způsobujících kyselou dešť. (ARNIKA 2016) Ve stejném roce, jak je uvedeno ve výroční zprávě, vyrobila elektrárna 5 549 877 MWh elektrické energie. (ČEZ 2016c)

Nahrazení produkce této elektrárny by mělo velmi příznivý vliv na kvalitu ovzduší v České republice. V následující tabulce je uvedeno množství emisí elektrárny Počerady za jeden rok.

*Tabulka 8:Roční množství emisí z elektrárny Počerady. (ARNIKA 2016), vlastní zpracování.*

Emise – druh	Údaj za rok	Množství za rok	Poznámka
Skleníkové plyny	2 015	5 135 531 t	oxid uhličitý, oxid dusný, metan
Plyny způsobující kyselou srážku	2 015	12 109 404 kg	amoniak, oxidy dusíku, oxidy síry, fluorovodík, chlorovodík
Prachové částice	2 013	184 319 kg	PM <sub>10</sub>
Oxid uhelnatý	2 015	1 516 007 kg	reprotoxický
Reprotoxické látky	2 014	344 kg	bez CO
Rtuť a její sloučeniny	2 015	242 kg	emise do ovzduší, vody a půdy

## 4.1 Návrh možných řešení pro nahrazení energie z elektrárny Počerady energií z obnovitelných zdrojů

Každá varianta návrhu obsahuje výkon jednotlivých navržených zdrojů energie, které by měly energii z počeradské elektrárny nahradit a také množství elektrické energie, kterou jednotlivé zdroje vyprodukují za rok. Dále je vyhodnoceno, jaká část produkce počeradské elektrárny by byla nahrazena a o kolik by se zmenšilo množství emisí za jeden rok. Všechny varianty budou počítat s umístěním nových alternativních zdrojů co nejbližší oblasti Mostecka a Lounska, kde se elektrárna Počerady nachází.

Jednotlivé varianty budou kombinacemi dále navržených druhů alternativních zdrojů energie: větrný park, bioplynové stanice, přečerpávací elektrárna a fotovoltaický park.

### Větrný park Klíny

Pro výstavbu větrných elektráren je nutné najít vhodnou lokalitu s vhodnými větrnými poměry. V úvahu je nutné volit umístění i s ohledem na lidská sídla a na chráněná krajinná území.

Jako lokalitu pro výstavbu nových větrných elektráren jsem zvolil okolí obce Klíny, která se nachází v Krušných horách na Mostecku. Západně od obce Klíny již pracují dvě větrné elektrárny značky Enercon E70, každá o výkonu 2 MW. (ČSVE 2017)

Navrhuji stavbu dalších deseti větrných elektráren o stejném výkonu. Podle údajů České společnosti pro větrnou energii (ČSVE) činila průměrná výroba elektrické energie z větrných elektráren v roce 2015 přibližně 2 020 MWh na jeden MW výkonu. V případě stavby deseti elektráren o výkonu 2 MW se tedy jedná o 20 MW nově instalovaného výkonu. Nový větrný park na Klínech by tedy vyrobil přibližně 40 400 MWh elektrické energie za rok.

Elektrická energie vyrobená v navrhovaném větrném parku by činila pouze 0,73% roční produkce elektrárny Počerady. Přesto by množství látek znečišťujících atmosféru pokleslo, jak ukazuje následující tabulka.

*Tabulka 9: Roční pokles emisí díky větrnému parku Klíny, vlastní zpracování.*

Emise - druh	Pokles množství emisí za rok
Skleníkové plyny	37 489 t
Plyny způsobující kyselý srážky	88 399 kg
Prachové částice	1 346 kg
Oxid uhelnatý	11 067 kg
Reprotoxické látky	2,5 kg
Rtuť a její sloučeniny	1,8 kg

## **Bioplynové stanice Litvínov, Lom u Mostu, Horní Jiřetín, Most**

Jako další možnost náhrady energie z počeradské elektrárny navrhuji výstavbu bioplynových stanic na čistírnách odpadních vod (ČOV) v Litvínově, Lomu u Mostu a Horním Jiřetíně a zvýšení instalovaného elektrického výkonu na ČOV v Mostě. Celkový nový výkon těchto bioplynových stanic by činil 2,5 MW.

Pro výpočet množství elektrické energie, kterou tyto bioplynové stanice vyrobí za rok, jsem použil údaje z bioplynové stanice Třeboň. Bioplynová stanice v Třeboni byla uvedena do provozu v roce 2009. Při instalovaném elektrickém výkonu 0,844 MW vyrobí ročně 8 000 MWh elektrické energie.( EKOBONUS.CZ 2015)

Nově postavené bioplynové stanice s celkovým výkonem by tedy vyráběly přibližně 23 697 MWh elektřiny ročně. To znamená pouhých 0,43% produkce elektrárny v Počeradech. Tabulka 10 ukazuje pokles emisí za rok, který je způsoben výstavbou nových bioplynových stanic.

*Tabulka 10:Roční pokles emisí díky novým bioplynovým stanicím, vlastní zpracování.*

<b>Emise - druh</b>	<b>Pokles množství emisí za rok</b>
<b>Skleníkové plyny</b>	<b>22 083 t</b>
<b>Plyny způsobující kyselé srážky</b>	<b>52 070 kg</b>
<b>Prachové částice</b>	<b>793 kg</b>
<b>Oxid uhelnatý</b>	<b>6 519 kg</b>
<b>Reprotoxické látky</b>	<b>1,5 kg</b>
<b>Rtuť a její sloučeniny</b>	<b>1,0 kg</b>

## **Přečerpávací elektrárna Šumný důl**

Přečerpávací elektrárna zajišťuje stabilizaci rozvodné sítě a slouží k akumulaci elektrické energie v době její nadprodukce. Pro výstavbu přečerpávací elektrárny je důležité nalézt vhodnou lokalitu. Vhodné podmínky pro výstavbu nalezneme nejčastěji v horských oblastech. V České republice se uvažuje o výstavbě přečerpávacích vodních elektráren na šesti místech. Jedná se o lokality Šumný důl a Červená jáma v Krušných horách, Spálená a Velká Morava v Jeseníkách, Smědavský vrch v Jizerských horách a Slavíč v Beskydech. (NAZELENO.CZ 2015e)

Lokalitou pro výstavbu v mém návrhu jsem zvolil Šumný důl v Krušných horách v blízkosti Litvínova. Zde plánovaná elektrárna by měla mít výkon 880 MW a vyžaduje investice ve výši přibližně 27 miliard Kč. (NAZELENO.CZ 2015e)

Množství elektrické energie, které by přibližně navrhovaná elektrárna vyrobila za jeden rok, je možné vypočítat z porovnání s naší zatím největší přečerpávací elektrárnou Dlouhé stráně. Tato elektrárna má instalovaný výkon 650 MW a v roce 2015 vyrobila 545 304 MWh elektrické energie. (ČEZ 2015)

Za předpokladu, že vyrobená elektrická energie je přímo úměrná instalovanému výkonu, lze vypočítat, že množství elektřiny vyrobené za jeden rok přečerpávací elektrárnou v Šumném dole (výkon 880MW) je přibližně 738 258 MWh. energii pocházející z Počerad nahradí tato elektrárna z 13,3% a významně omezí množství emisí.

*Tabulka 11:Roční pokles emisí díky přečerpávací elektrárně Šumný důl, vlastní zpracování.*

Emise - druh	Pokles množství emisí za rok
Skleníkové plyny	683 026 t
Plyny způsobující kyselý srážky	1 610 551 kg
Prachové částice	24 514 kg
Oxid uhelnatý	201 629 kg
Reprotoxické látky	45,8 kg
Rtuť a její sloučeniny	32,2 kg

### **Fotovoltaický park Kamenná Voda**

Oblast Mostecka není pro výstavbu fotovoltaických elektráren zcela optimální díky nižšímu ročnímu průměrnému úhrnu slunečního záření, než lze najít například na jihu Moravy nebo v Polabí. Přesto jsem jako lokalitu pro výstavbu fotovoltaického parku zvolil oblast bývalé obce Kamenná Voda, která se nacházela asi 5 kilometrů jihovýchodně od Mostu. Obec zanikla v 70. letech minulého století při rozšiřování Velebudické výsypky. Výstavba zde by měla tu výhodu, že by nedošlo k záboru zemědělské půdy.

V podmínkách ČR vyrobí fotovoltaický panel o výkonu 1 kW ročně v průměru 0,98 MWh elektrické energie. (SOLÁRNÍ EXPERTI 2015)

Navrhovaný fotovoltaický park má 20 000 panelů. Každý fotovoltaický panel je o výkonu 0,25 kW. Celkový výkon fotovoltaické elektrárny tedy činí 5 000 kW = 5 MW. Množství celkem vyprodukované elektrické energie za rok by tedy činil 4 900 MWh. Nahradí tak produkci elektrárny Počerad pouze nepatrnou částí - 0,09%. Je to sice malý, ale potřebný příspěvek ke zlepšení kvality ovzduší.

*Tabulka 12:Roční pokles emisí díky fotovoltaickému parku Kamenná Voda, vlastní zpracování.*

<b>Emise - druh</b>	<b>Pokles množství emisí za rok</b>
<b>Skleníkové plyny</b>	<b>4 622 t</b>
<b>Plyny způsobující kyselé srážky</b>	<b>10 898 kg</b>
<b>Prachové částice</b>	<b>166 kg</b>
<b>Oxid uhelnatý</b>	<b>1 364 kg</b>
<b>Reprotoxické látky</b>	<b>0,3 kg</b>
<b>Rtuť a její sloučeniny</b>	<b>0,2 kg</b>

#### **4.1.1 Návrh 1 - bioplynové stanice a fotovoltaický park**

Tento návrh vyžaduje nejmenší investiční náklady a lze ho realizovat v poměrně krátké době. Zahrnuje výstavbu bioplynových stanic při čistírnách odpadních vod v Litvínově, Lomu u Mostu a Horním Jiřetíně, zvýšení instalovaného elektrického výkonu na ČOV v Mostě a výstavbu fotovoltaického parku na místě bývalé výsypky poblíž zaniklé obce Kamenná Voda. Tato varianta by znamenala nahrazení produkce elektrárny Počerady z 0,52%. Množství nahrazené energie by činilo 28 597 MWh. Zmenšilo by se množství emisí, jak je uvedeno v tabulce 13.

*Tabulka 13:Roční pokles emisí varianta 1, vlastní zpracování.*

<b>Emise - druh</b>	<b>Pokles množství emisí za rok</b>
<b>Skleníkové plyny</b>	<b>26 705 t</b>
<b>Plyny způsobující kyselé srážky</b>	<b>62 969 kg</b>
<b>Prachové částice</b>	<b>958 kg</b>
<b>Oxid uhelnatý</b>	<b>7 883 kg</b>
<b>Reprotoxické látky</b>	<b>1,8 kg</b>
<b>Rtuť a její sloučeniny</b>	<b>1,3 kg</b>

#### 4.1.2 Návrh 2 - větrný park a přečerpávací elektrárna

Zdroje energie, které tento návrh obsahuje, jsou z investičního hlediska velmi nákladné. Jedná se o výstavbu větrného parku na Klínech a přečerpávací elektrárny v Šumném dole. Obě lokality se nacházejí nedaleko Litvínova. Podle tohoto návrhu bude nahrazeno 14,03% produkce elektrárny v Počeradech. Množství vyrobené elektrické energie za jeden rok by tedy činilo 778 658 MWh, což by mělo za následek snížení emisí podle údajů v tabulce 14.

Tabulka 14:Roční pokles emisí varianta 2, vlastní zpracování.

Emise - druh	Pokles množství emisí za rok
Skleníkové plyny	720 515 t
Plyny způsobující kyselé srážky	1 698 949 kg
Prachové částice	25 860 kg
Oxid uhelnatý	212 696 kg
Reprotoxické látky	48,3 kg
Rtuť a její sloučeniny	34 kg

#### 4.1.3 Návrh 3 - fotovoltaický park, větrný park, přečerpávací elektrárna a bioplynové stanice

Poslední návrh zahrnuje všechny čtyři navrhované alternativní zdroje energie. Cílem je co největší množství vyrobené energie z těchto zdrojů a tedy i co největší snížení množství emisí. Jedná se tedy o výstavbu fotovoltaického parku Kamenná Voda, větrného parku Klíny, přečerpávací elektrárny Šumný důl a bioplynových stanic čtyř obcí na Mostecku. Tyto zdroje dohromady vyrobí za rok 807 255 MWh elektrické energie, což je 14,55% produkce elektrárny Počeradý. Tabulka 15 ukazuje, jak velký pokles emisí za rok by výstavba podle tohoto návrhu způsobila.

*Tabulka 15:Roční pokles emisí varianta 3, vlastní zpracování.*

<b>Emise - druh</b>	<b>Pokles množství emisí za rok</b>
<b>Skleníkové plyny</b>	<b>747 220 t</b>
<b>Plyny způsobující kyselé srážky</b>	<b>1 761 918 kg</b>
<b>Prachové částice</b>	<b>26 818 kg</b>
<b>Oxid uhelnatý</b>	<b>220 579 kg</b>
<b>Reprotoxické látky</b>	<b>50,1 kg</b>
<b>Rtuť a její sloučeniny</b>	<b>35,2 kg</b>

## 5. Diskuse

Při posuzování jednotlivých návrhů z hlediska jejich efektivity je zřejmé, že nahrazení produkce elektrické energie jedné z největších elektráren spalujících hnědé uhlí v České republice (Elektrárna Počeradý) energií z obnovitelných zdrojů je záležitost velice nákladná a problematická. Je nutné využívat co nejvíce alternativních zdrojů energie, a to v co největší míře.

Ve svých návrzích jsem nenavrhol jako zdroj energie klasickou vodní elektrárnu, protože v České republice již není mnoho vhodných toků a lokalit, na kterých by byla možná stavba velké vodní elektrárny. Také pro využití geotermální energie k výrobě elektrické energie nejsou u nás vhodné podmínky.

**První návrh** zahrnuje výstavbu fotovoltaického parku a bioplynových stanic v obcích Litvínov, Lom u Mostu, Horní Jiřetín a zvýšení výkonu bioplynové stanice v Mostě. Bioplynové stanice by byly součástí čistíren odpadních vod v těchto obcích. Tato varianta je oproti dalším levnější a lze ji realizovat v kratší době. Produkci elektrárny Počeradý by ale nahradila pouze z 0,52%.

Výhodou tohoto návrhu je pozitivní vliv na životní prostředí. Zdroje energie jsou nevyčerpatelné a nejsou závislé na dovozu surovin ze zahraničí nebo na těžbě surovin. Odpadní produkty z bioplynových stanic je možné použít v zemědělství jako hnojivo. Fotovoltaický park má velmi nízké provozní náklady, a jelikož je navržen na bývalé výsypce tak nedojde k záboru zemědělské půdy. Vznikne několik pracovních míst, což je v regionu s velkou nezaměstnaností také přínos.

Nevýhodou je malé snížení emisí, nestabilita fotovoltaického zdroje a malá životnost fotovoltaických panelů vzhledem k jejich ceně.

**Druhým návrhem** je výstavba větrného parku na Klínech a přečerpávací elektrárny v Šumném dole u Litvínova. Z hlediska investic je tento projekt mnohem náročnější a jeho výstavba by trvala delší dobu. Produkci elektrické energie z Počerad by měl nahradit přibližně z 14% a i emise z této elektrárny by se o 14% snížily.

Výhodou je opět pozitivní vliv na kvalitu ovzduší v České republice, obnovitelnost zdrojů a jejich nezávislost na dovozu, vliv přečerpávací energie na stabilitu rozvodné sítě, vznik pracovních míst (většinou krátkodobých – při stavbě navrhovaných zdrojů), příspěvek do obecního rozpočtu. Množství emisí se zmenší podstatně více než u předchozího návrhu.

Mezi nevýhody je nutné zařadit fakt, že přečerpávací elektrárny slouží k akumulaci energie z jiných zdrojů a samy ji primárně nevyrábějí. Aby přispěly ke snížení emisí, musí jimi akumulovaná energie pocházet ze zdrojů alternativních nebo z jaderné energetiky. Jedná se o velmi vysoké investice. Výstavba přečerpávacích elektráren je omezená volbou vhodné lokality a představuje velký zásah do krajiny. Větrné elektrárny patří mezi nestabilní zdroje energie a své okolí mohou rušit hlukem. Také mohou představovat nebezpečí pro některé živočichy. Jejich výstavba je opět závislá na volbě vhodné lokality.



**Třetí návrh** počítá s výstavbou všech zdrojů, které byly navrženy v předchozích dvou variantách: fotovoltaický park Kamenná Voda, bioplynové stanice čtyř obcí, větrný park Klíny a přečerpávací elektrárna Šumný důl. Tato varianta by výrobu z počeradské elektrárny nahradila z 14,55%. O tolik by se i snížilo množství emisí.

Tento návrh spojuje výhody, ale i některé nevýhody předchozích návrhů. Z nevýhod jsou to především velké vstupní investice a vzhledem k finanční náročnosti projektu jeho malá efektivnost. Oproti klasickým zdrojům energie, které spalují fosilní paliva, je množství vyrobené energie velmi malé. Jedná se také o velký zásah do krajiny s možností narušení krajinného rázu.

Hlavní výhoda, kladný vliv na kvalitu ovzduší a na životní prostředí, je však důvodem, proč podobné návrhy realizovat. S nahrazováním energie z tepelných elektráren energií z obnovitelných zdrojů, které je opravdu problematické a finančně náročné, musí docházet zároveň k úsporám energie.

## 6. Závěr

V budoucnosti se určitě bude světová spotřeba energie zvyšovat. Je to dáno nárůstem počtu obyvatel naší planety. Tento nárůst se týká hlavně zemí Asie, Afriky a Jižní Ameriky. Většina elektrické energie je ale stále produkována elektrárnami, které spalují fosilní paliva, tedy hlavně uhlí, zemní plyn a ropu.

Při této technologii se do atmosféry dostává obrovské množství emisí. Jedná se především o skleníkové plyny, jako jsou oxid uhličitý, oxid dusný a metan, které přispívají ke globálnímu oteplování, dále látky způsobující kyselou dešť – například amoniak, oxidy dusíku, oxidy síry, fluorovodík a chlorovodík. Do ovzduší unikají také prachové částice a další škodliviny. Ropa se většinou nespaluje v elektrárnách, ale jako palivo pro dopravní prostředky. Vzniklé výfukové plyny také samozřejmě přispívají ke znečištění atmosféry.

Dalším aspektem je fakt, že zásoby fosilních paliv jsou omezené a při současném tempu spotřeby rychle ubývají. Zásoby uhlí by mohly vydržet podle některých odhadů přibližně na 200 až 300 let, zemního plynu na 150 let a ropy pouze na 50 let. Fosilní paliva se spalují ve větší míře od dob průmyslové revoluce, tedy zhruba od 19. století, a zásoby stále rychleji ubývají.

To jsou všechno důvody, proč se musí náš přístup k získávání energie od základu změnit. Tato změna, nahrazení spalování fosilních energií z alternativních zdrojů, jistě bude velice náročná a komplikovaná, ale je zcela určitě nutná. Budoucí generace budou také potřebovat zdroje energie a je velice důležité jim předat planetu, kde bude životní prostředí v co nejlepším stavu.

Pro budoucí využití má největší potenciál využití energie pocházející z biomasy. Energie z vodního proudění je z velké části už využívána a například v České republice již nejsou k dispozici lokality pro výstavbu velkých vodních elektráren. Fotovoltaické elektrárny mají při výrobě energie ze slunečního záření zatím nízkou účinnost. Výstavba větrných elektráren vyžaduje dostatek vhodných lokalit. Geotermální energie se u nás k výrobě elektrické energie nevyužívá a v dohledné době se zisk velkého množství elektrické energie z tohoto zdroje nedá očekávat. Připočteme-li fakt, že některé z těchto zdrojů jsou značně nestabilní a závislé na přírodních podmínkách, je zřejmé, že alternativní zdroje energie mohou zatím sloužit jen jako zdroje doplňkové.

V kapitole 4 jsem se pokusil navrhnout varianty nahrazení produkce elektrárny Počeradsky elektrickou energií z alternativních zdrojů. Jednalo se o větrný park na Klínech, bioplynové stanice 4 obcí na Mostecku, přečerpávací elektrárnu v Šumném dole a fotovoltaický park Kamenná Voda. I třetí varianta, která zahrnovala výstavbu všech těchto zdrojů, by produkci počeradské elektrárny nahradila pouze z necelých patnácti procent. Emise do ovzduší by se ale snížily zhruba o 750 000 tun skleníkových plynů a 1 800 tun plynů způsobujících kyselou dešť. Je to určitě dobrý počín pro zlepšení kvality ovzduší v České republice, ale z celostátního hlediska se jedná pouze o malý přínos. Přitom by tato varianta vyžadovala velmi vysoké investice. Nahrazení zdrojů spalujících uhlí a další fosilní paliva zdroji alternativními bude vyžadovat ještě mnoho financí a vědeckých výzkumů.

Jako primární zdroje elektrické energie budou ještě nějakou dobu určitě sloužit elektrárny spalující fosilní paliva a elektrárny jaderné. Problematika jaderné energetiky se vyhroutil v roce 2011 po havárii v Japonské jaderné elektrárně Fukušima. Některé státy, například Německo, se energie z jaderné energetiky zcela zřekly nebo počet jaderných reaktorů omezily. Přesto mnoho lidí považuje jadernou energetiku za energetiku budoucnosti. Jaderné elektrárny nevypouštějí do atmosféry emise, jejich vliv na kvalitu ovzduší je tedy možné označit za příznivý. Problémem je zatím radioaktivní odpad vznikající při štěpné reakci.

Nadějí do budoucna může být i mnohem efektivnější jaderná fúze, tedy slučování vodíku na helium za vzniku energie. Jednou z výhod je i absence jaderného odpadu. Zatím je tato technologie testována pouze v laboratorních podmínkách a k praktickému využívání zbývá ještě dlouhá cesta.

K využívání alternativních zdrojů energie bude cesta nákladná a problematická. Přesto je nutné tuto energii, kterou nám příroda nabízí využít. Nehledě na náklady a problémy je tato cesta nutná a větší podíl energie pocházející z alternativních zdrojů bude mít za následek nejen úsporu zásob fosilních paliv, ale i menší množství emisí a zlepšení stavu ovzduší.

## 7. Seznam literatury a použitých zdrojů

- ALTERNATIVE ENERGY, 2017: *Solar power*, online: <http://www.tc.umn.edu/~dama0023/solar.html>, cit. 20.3.2017.
- ARNIKA, 2016: *Tabulky s žebříčky největších znečišťovatelů podle IRZ pro Českou republiku - hlášení za rok 2015*, online: [http://arnika.org/soubory/dokumenty/toxicke-latky/IRZ/IRZ\\_zebricky\\_2015.pdf](http://arnika.org/soubory/dokumenty/toxicke-latky/IRZ/IRZ_zebricky_2015.pdf), cit. 12.10.2016.
- AUGUSTA P., DUFKOVÁ M., HRŮZA J., MALÍNSKÝ J., MAREK J., OPPLOVÁ M., STOLL I. et TŮMA J., 2001: *Velká kniha o energii*. L. A. Consulting Agency, spol. s r.o., Praha, 383 p. ISBN 80-238-6578-1.
- BACHER P., 2003: *Energie pro 21. století*. Agentura Krigl, Praha, p. 73-84. ISBN 80-902403-7-2.
- BENDA V., DOLEŽALOVÁ H., DUŠIČKA P., HANSLIAN D., JEVIČ P., MATUŠKA T., MYSLIS V., PASTOREK Z., STUPAVSKÝ V., ŠEJFL R., ŠREFL J. et SUPEK P., 2012: *Obnovitelné zdroje energie*. Profi press, Praha, 208 p. ISBN 978-80-8672-648-9.
- BIOM.CZ, 2017: *Využití geotermální energie*, online: [http://biom.cz/upload/6e01d6d4c4835ec93cda508772f3bf6e/vyuziti\\_geotermalni\\_energie.pdf](http://biom.cz/upload/6e01d6d4c4835ec93cda508772f3bf6e/vyuziti_geotermalni_energie.pdf), cit. 16.2.2017.
- BRATRYCH V. et POLANECKÝ P. (ed.), 2004: *Živel oheň – energie*. 1. vyd. Agentura Koniklec, Praha, p. 276-280. ISBN 80-902606-4-0.
- CETKOVSKÝ S., FRANTÁL B. et ŠTEKL J., 2010: *Větrná energie v České republice: hodnocení prostorových vztahů, environmentálních aspektů a socioekonomických souvislostí*. Ústav geoniky Akademie věd ČR, v.v.i., Brno, p. 39-80. ISBN 978-80-86407-84-5.
- CNE, 2016: *Úvod do termických systémů*, online: <http://www.cne.cz/solarni-ohrev-vody/uvod-do-termickyh-systemu/>, cit. 9.12.2016.
- ČASOPIS STAVEBNICTVÍ, 2016: *Nejvýznamnější vodní elektrárny na území ČR*, online: [http://www.casopisstavebnictvi.cz/UserFiles/File/img\\_0704/v\\_elektrarny.pdf](http://www.casopisstavebnictvi.cz/UserFiles/File/img_0704/v_elektrarny.pdf), cit. 13.12.2016.

- ČEZ, 2016a: *Energetika ve světě*, online: <https://www.cez.cz/cs/pro-media/cisla-a-statistiky/energetika-ve-svete.html>, cit. 13.10.2016.
- ČEZ, 2016b: *Spořte od základu*, online: <https://www.cez.cz/cs/podpora/energeticky-radce/jak-usetrit/spořte-od-zakladu.html>, cit. 20.12.2016.
- ČEZ, 2016c: *Elektrárna Počerady a.s. – Výroční zpráva 2015*, online: [https://www.cez.cz/edee/content/file/o-spolecnosti/dcerine-spolecnosti/dalsi-spolecnosti/epc\\_vyrocní-zprava-2015.pdf](https://www.cez.cz/edee/content/file/o-spolecnosti/dcerine-spolecnosti/dalsi-spolecnosti/epc_vyrocní-zprava-2015.pdf), cit. 14.3.2017.
- ČEZ, 2017: *Výroba elektřiny*, online: <https://www.cez.cz/cs/vyroba-elektřiny/uhelne-elektřiny/cr/pocerady.html>, cit. 9.3.2017.
- ČEZ, 2015: *Přečerpávací vodní elektrárna Dlouhé stráně hlásí nejlepší čtvrtletí v historii*, online: <https://www.cez.cz/cs/pro-media/tiskove-zpravy/5022.html>, cit. 12.3.2017.
- ČSVE, 2016a: *Energetický mix ČR*, online: <http://www.csve.cz/clanky/energeticky-mix-cr/485>, cit. 29.9.2016.
- ČSVE, 2016b: *Velikost větrné elektrárny a její vývoj*, online: <http://www.csve.cz/clanky/velikost-vetrne-elektřiny-a-jeji-vyvoj/110>, cit. 18.12.2016.
- ČSVE, 2016c: *Větrné elektrárny ve světě*, online: <http://www.csve.cz/cz/clanky/vetrne-elektřiny-ve-svete/283>, cit. 16.12.2016.
- ČSVE, 2017: *Aktuální instalace*, online: <http://www.csve.cz/cz/aktualni-instalace>, cit. 12.3.2017.
- DRÁBOVÁ D., PAČES V. et al. 2014: *Perspektivy české energetiky*. Novela bohemika, Praha, p. 68-78. ISBN 978-80-87683-26-2.
- EKOBONUS.CZ, 2015: *Jak fungují bioplynové stanice? Ukázkový příklad zajímavého řešení z Třeboně*, online: <http://www.ekobonus.cz/jak-funguji-bioplynove-stanice-ukazkovy-priklad-zajimaveho-reseni-z-trebone>, cit. 12.3.2017.
- EKOSTRÁŽCE, 2017: *Obnovitelné zdroje*, online: <http://www.ekostrazce.cz/texty/obnovitelne-zdroje>, cit. 8.3.2017.

- EKOWATT, 2007: *Energie slunce – výroba elektřiny*, online: <http://ekowatt.cz/cz/informace/obnovitelne-zdroje-energie/energie-slunce---vyroba-elektriny>, cit. 11.12.2016.
- ELEKTRARNY.PRO, 2016: *Solární elektrárny v ČR*, online: <http://www.elektrarny.pro/>, cit. 11.12.2016.
- ENCYCLOPEDIA BRITANNICA, 2017: *Wind energy*, online: <https://www.britannica.com/science/wind-power>, cit. 12.3.2017.
- ENERGYWEB.CZ, 2001: *Francisova turbína*, online: [http://www.energyweb.cz/web/schemata/vodni/img/francis\\_schema.htm](http://www.energyweb.cz/web/schemata/vodni/img/francis_schema.htm), cit. 14.12.2016.
- ERU, 2016: *Roční zpráva o provozu ES ČR 2015*, online: [http://www.eru.cz/documents/10540/462820/Rocni\\_zprava\\_provoz\\_ES\\_2015.pdf/3769f65b-3789-4e93-be00-f84416e1ca03](http://www.eru.cz/documents/10540/462820/Rocni_zprava_provoz_ES_2015.pdf/3769f65b-3789-4e93-be00-f84416e1ca03), cit. 29.9.2016.
- EUROZPRÁVY.CZ, 2016: *Pařížská dohoda o klimatu začne platit za 30 dní*, online: <http://zahranicni.eurozpravy.cz/amerika/170505-parizska-dohoda-o-klimatu-zacne-platit-za-30-dni/>, cit. 8.10.2016.
- FARRET F. A. et SIMÕES M. G. 2006. *Integration of alternative sources of energy*. Hoboken, N.J.: Wiley-Interscience, p. 4 – 8. ISBN 978-0-471-71232-9.
- HALLENGA U., 2006: *Malá větrná elektrárna. Návod ke stavbě s konstrukčními výkresy*. 2. vyd. Nakladatelství HEL, Ostrava, p. 24-29. ISBN 80-86167-27-5.
- HERZOG A. V., LIPMAN T. E. et KAMMEN D. M., 2001: *Renewable Energy Sources*. University of California, Berkley, USA, Renewable and Appropriate Energy Laboratory (RAEL), p. 10-15. online: [http://rael.berkeley.edu/old\\_drupal/sites/default/files/old-site-files/2001/Herzog-Lipman-Kammen-RenewableEnergy-2001.pdf](http://rael.berkeley.edu/old_drupal/sites/default/files/old-site-files/2001/Herzog-Lipman-Kammen-RenewableEnergy-2001.pdf), cit. 12.3.2017.
- HEŘMANSKÝ B. et ŠTOLL I., 1992: *Energie pro 21. století*. 1. vyd. Vydavatelství ČVUT, Praha, p. 278-281. ISBN 80-01-00817-7.
- HOLATA M., 2002: *Malé vodní elektrárny. Projektování a provoz*. 1. vyd. Academia, nakladatelství Akademie věd České republiky, Praha, p. 9-14. ISBN 80-200-0828-4.

- HOSPODÁŘKÁ KOMORA ČR, 2017: *Příručka obnovitelné zdroje energie*, online: <http://www.komora.cz/DownloadHandler.aspx?method=GetFileDownload&fileID=259&DontParse=true>, cit. 23.2.2017.
- IHNED.CZ, 2015: *Obnovitelné zdroje loni v Německu poprvé vyrobily nejvíc elektřiny*, online: <http://byznys.ihned.cz/c1-63350560-obnovitelne-zdroje-loni-v-nemecku-poprve-vyrobily-nejvic-elektriny>, cit. 13.10.2016.
- ISOFEN ENERGY, 2009: *Fotovoltaika v podmínkách České republiky*, online: <http://www.elektrozestechy.cz/Sluncni-zareni-v-CR.aspx>, cit. 28.11.2016.
- JANOUCH F., 2011: *Myslím zeleně, proto volím jádro: úvahy o energii, životním prostředí a politice* 1. vyd. Akropolis, Praha, p. 240-256. ISBN 978-80-87481-46-2.
- JOHANSSON T.B, et BURNHAM L., 1993: *Renewable Energy: Sources for Fuels and electricity*. Přepřacované vydání. Island Press, Washington, D.C, p. 1-73. ISBN 9781559631389. online: [https://books.google.cz/books?hl=cs&lr=&id=40XtqVMRxOUC&oi=fnd&pg=PA1&dq=Renewable+Energy:Sources+for+Fuels+and+electricity&ots=j-JyEXWoRw&sig=ApeNIqQ8wlRYL7mMgFOSRFIKABw&redir\\_esc=y#v=onepage&q=Renewable%20Energy%3ASources%20for%20Fuels%20and%20electricity&f=false](https://books.google.cz/books?hl=cs&lr=&id=40XtqVMRxOUC&oi=fnd&pg=PA1&dq=Renewable+Energy:Sources+for+Fuels+and+electricity&ots=j-JyEXWoRw&sig=ApeNIqQ8wlRYL7mMgFOSRFIKABw&redir_esc=y#v=onepage&q=Renewable%20Energy%3ASources%20for%20Fuels%20and%20electricity&f=false). cit.11.3.2017.
- KARAMANOLIS S., 1996: *Sluneční energie, východisko z ekologicko-energetické krize*. Přel. ECKERTO VÁ L. Sdružení MAC, s.r.o., Praha, p. 23-29. ISBN 80-86015-02-5.
- KOTECKÝ V. et POLANECKÝ K., 2005: *Fosilní faktor*. Hnutí duha, Brno, 33 p. ISBN 80-86834-12-3.
- KUDYZNUDY.CZ, 2016: *Přečerpávací elektrárna Dlouhé Stráně – jeden ze 7 divů Česka*, online: <http://www.kudyznudy.cz/aktivity-akce/aktivity/precerpavaci-vodni-elektrarna-dlouhe-strane.aspx>, cit. 14.12.2016.
- KYOTOPROTOCOL, 2017: *Kyoto protocol*, online: <http://www.kyotoprotocol.com/>, cit. 12.3.2017.
- LUND J., 2011: *Geothermal energy*, online: <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/230403/geothermalenergy>, cit. 11.3.2017.

- MALÉ VĚTRNÉ ELEKTRÁRNY, 2016: *Teorie-základy*, online: [http://www.ve.mzf.cz/index.php?teorie\\_zaklady](http://www.ve.mzf.cz/index.php?teorie_zaklady), cit. 19.12.2016.
- MASTNÝ P., DRÁPELA J., MIŠÁK S., MACHÁČEK J., PTÁČEK M., RADIL L., BARTOŠÍK T. et PAVELKA T., 2011: *Obnovitelné zdroje elektrické energie*. České vysoké učení technické v Praze, Praha, 256 p. ISBN 978-80-01-04937-2.
- MICHAELIDES E., 2012: *Alternative energy sources*. Springer, Green energy and technology, New York, p. 195 – 197. ISBN 978-3642209505.
- MOTLÍK J., ŠAMÁNEK L., ŠTEKL J., PAŘÍZEK T., BÉBAR L., LISÝ M., PAVLAS M., BAŘINKA R., KLÍMEK P., KNÁPEK J. et VAŠÍČEK J., 2007: *Obnovitelné zdroje energie a možnosti jejich uplatnění v ČR*. ČEZ, Praha, p. 39-42. ISBN 978-80-239-8823-9.
- MPO, 2015: *Státní energetická koncepce*, online: <http://www.mpo.cz/dokument158059.html>, cit. 29.9.2016.
- MPO, 2016: *Hrubá výroba elektřiny z obnovitelných a ostatních zdrojů v roce 2015*, online: <http://www.mpo.cz/dokument179589.html>, cit. 29.9.2016.
- MPO, 2017: *Obnovitelné zdroje energie v roce 2014*, online: <http://www.mpo.cz/cz/energetika/statistika/obnovitelne-zdroje-energie/obnovitelne-zdroje-energie-v-roce-2014--168452/>, cit. 4.3.2017.
- MURTINGER K. et BERANOVSKÝ J., 2006: *Energie z biomasy*. Vydavatelství ERA, Brno, p. 1-18. ISBN 80-7366-071-7.
- MŽP, 2016a: *Rámcová úmluva OSN o změně klimatu*, online: [http://www.mzp.cz/cz/ramcova\\_umluva\\_osn\\_zmena\\_klimatu](http://www.mzp.cz/cz/ramcova_umluva_osn_zmena_klimatu), cit. 25.9.2016.
- MŽP, 2016b: *Kjótský protokol k Rámcové úmluvě OSN o změně klimatu*, online: [http://www.mzp.cz/cz/kjotsky\\_protokol](http://www.mzp.cz/cz/kjotsky_protokol), cit. 27.9.2016.
- MŽP, 2016c: *Pařížská dohoda k Rámcové úmluvě OSN o změně klimatu*, online: [http://www.mzp.cz/cz/parizska\\_dohoda](http://www.mzp.cz/cz/parizska_dohoda), cit. 27.9.2016.
- MŽP, 2016d: *Emisní obchodování*, online: [http://www.mzp.cz/cz/emisni\\_obchodovani](http://www.mzp.cz/cz/emisni_obchodovani), cit. 3.10.2016.



- NAZELENO.CZ, 2015a: *Vodní energie*, online: <http://www.nazeleno.cz/vodni-energie.dic>, cit. 13.12.2016.
- NAZELENO.CZ, 2015b: *Větrná energie*, online: <http://www.nazeleno.cz/vetrna-energie.dic>, cit. 18.12.2016.
- NAZELENO.CZ, 2015c: *Biopaliva*, online: <http://www.nazeleno.cz/biopaliva.dic>, cit. 2.3.2017.
- NAZELENO.CZ, 2015d: *5 iluzí o obnovitelných zdrojích – jsou opravdu čisté?*, online: <http://www.nazeleno.cz/nazelenoplus/komentare/5-iluzi-o-obnovitelnych-zdrojich-jsou-opravdu-ciste.aspx>, cit. 8.3.2017.
- NAZELENO.CZ, 2015e: *Výstavba nových vodních elektráren v ČR: Jaké jsou plány?*, online: <http://www.nazeleno.cz/energie/vodni-energie/vystavba-novych-vodnich-elektren-v-cr-jake-jsou-plany.aspx>, cit. 12.3.2017.
- NUCLEAR ENERGY INSTITUTE, 2016: *On-Site Storage of Nuclear Waste*, online: <http://www.nei.org/Knowledge-Center/Nuclear-Statistics/On-Site-Storage-of-Nuclear-Waste>, cit. 9.11.2016.
- NUCLEAR ENERGY INSTITUTE, 2017: *FAQ about nuclear energy*, online: <https://www.nei.org/Knowledge-Center/FAQ-About-Nuclear-Energy>, cit. 12.3.2017.
- ODPADJEENERGIE.CZ, 2017: *Kde se u nás vyrábí energie z odpadu*, online: <http://www.odpadjeenergie.cz/vyroba-energie/zarizeni-evo-v-cr/kde-se-u-nas-vyrabi-energie-z-odpadu>, cit. 2.3.2017.
- OENERGETICE.CZ, 2015a: *Paroplynová elektrárna – princip funkce*, online: <http://oenergetice.cz/typy-elektren/paroplynova-elektarna-princip-funkce/>, cit. 30.9.2016.
- OENERGETICE.CZ, 2015b: *Větrné elektrárny, princip, rozdělení, elektrárny v ČR*, online: <http://oenergetice.cz/typy-elektren/vetrne-elektarny-princip-cinnosti-zakladni-rozdeleni/>, cit. 19.12.2016.
- OENERGETICE.CZ, 2015c: *Geotermální energie*, online: <http://oenergetice.cz/technologie/obnovitelne-zdroje-energie/geotermalni-energie/>, cit. 22.2.2017.

- OENERGETICE.CZ, 2015d: *Geotermální energie v ČR*, online: <http://oenergetice.cz/technologie/obnovitelne-zdroje-energie/geotermalni-energie-v-cr/>, cit. 19.2.2017.
- OENERGETICE.CZ, 2015e: *Tepelná čerpadla – princip funkce a rozdělení*, online: <http://oenergetice.cz/technologie/teplo/tepelna-cerpadla/>, cit. 23.2.2017.
- OENERGETICE.CZ, 2016a: *Proč jsme stále 30 let od zvládnutí jaderné fúze? – 1. díl*, online: <http://oenergetice.cz/jaderne-elektrarny/proc-jsme-stale-30-let-od-zvladnuti-jaderne-fuze-1-dil/>, cit. 3.11.2016.
- OENERGETICE.CZ, 2016b: *Vědci z celého světa řeší v Praze novinky v termojaderné fúzi*, online: <http://oenergetice.cz/elektrina/vedci-z-celeho-sveta-resi-v-praze-novinky-v-termojaderne-fuzi/>, cit. 3.11.2016.
- OENERGETICE.CZ, 2016c: *Instalovaný výkon solárních elektráren v ČR od roku 2012 stagnuje*, online: <http://oenergetice.cz/elektrina/instalovany-vykon-solarnich-elektraren-v-cr-od-roku-2012-stagnuje/>, cit. 11.12.2016.
- OENERGETICE.CZ, 2016d: *Vodní elektrárny – princip, rozdělení, elektrárny v ČR*, online: <http://oenergetice.cz/technologie/obnovitelne-zdroje-energie/vodni-elektrarny-princip-a-rozdeleni/>, cit. 13.12.2016.
- OENERGETICE.CZ, 2017: *Biomasa – využití, zpracování, výhody a nevýhody, energetické využití v ČR*, online: <http://oenergetice.cz/technologie/obnovitelne-zdroje-energie/biomasa-vyuziti-zpracovani-vyhody-a-nevyhody/>, cit. 2.3.2017.
- PROELEKTROTECHNIKY.CZ, 2016: *Víte, jak funguje malá vodní elektrárna?*, online: <http://www.proelektrotechniky.cz/vzdelavani/6.php>, cit. 14.12.2016.
- ŘEZNÍČEK T. et PROCHÁZKA O., 2010: *Odpad je nevyčerpatelný zdroj energie. Energetické využití odpadů*. České ekologické manažerské centrum, redakce časopisu Odpadové fórum, Praha, 20 p. ISBN 978-80-85990-15-7.
- SOLÁRNÍ ENERGIE-INFO, 2016: *Výhody a nevýhody sluneční energie*, online: <http://www.solarni-energie.info/vyhody.php>, cit. 12.12.2016.
- SOLÁRNÍ EXPERTI, 2015: *Často kladené dotazy (FAQ) – fotovoltaika*, online: <https://www.solarniexperti.cz/casto-kladene-dotazy-faq-fotovoltaika/>, cit. 12.3.2017.

- SÚRAO, 2016: *Vznik radioaktivních odpadů*, online: <http://www.surao.cz/cze/Uloziste-radioaktivnich-odpadu/Radioaktivni-odpady/Vznik-radioaktivnich-odpadu>, cit. 9.11.2016.
- TRANSFORMAČNÍ TECHNOLOGIE, 2015: *2. Sluneční záření jako zdroj energie*, online: <http://www.transformacni-technologie.cz/slunecni-zareni-jako-zdroj-energie.html>, cit. 28.11.2016.
- TZBINFO, 2014: *Je jaderná fúze obnovitelný zdroj energie?*, online: <http://energetika.tzb-info.cz/10877-je-jaderna-fuze-obnovitelny-zdroj-energie>, cit. 3.11.2016.
- UNIVERZITA KARLOVA, 1998: *Jaromír Plešek: Sluneční energie jako přírodní jev a možný primární zdroj technické energetiky, 1998.*, online: <http://dec59.ruk.cuni.cz/~certik/texty/slunce.htm#jak>, cit. 28.11.2016.
- VÍTEJTE NA ZEMI, 2013a: *Spotřeba energie v ČR*, online: [http://vitejenazemi.cenia.cz/cenia/index.php?p=spotreba\\_energie\\_v\\_cr&site=energie](http://vitejenazemi.cenia.cz/cenia/index.php?p=spotreba_energie_v_cr&site=energie), cit. 29.9.2016.
- VÍTEJTE NA ZEMI, 2013b: *Tepelné elektrárny*, online: [http://vitejenazemi.cz/cenia/index.php?p=tepelne\\_elektrarny&site=energie](http://vitejenazemi.cz/cenia/index.php?p=tepelne_elektrarny&site=energie), cit. 4.10.2016.
- VÍTEJTE NA ZEMI, 2013c: *Geotermální energie*, online: [http://vitejenazemi.cz/cenia/index.php?p=geotermalni\\_energie&site=energie](http://vitejenazemi.cz/cenia/index.php?p=geotermalni_energie&site=energie), cit. 19.2.2017.
- VÍTEJTE NA ZEMI, 2013d: *Vliv na krajinu a půdu*, online: [http://vitejenazemi.cz/cenia/index.php?p=vliv\\_na\\_krajinu\\_a\\_pudu&site=energie](http://vitejenazemi.cz/cenia/index.php?p=vliv_na_krajinu_a_pudu&site=energie), cit. 8.3.2017.
- VON RÉTYI A., 2013: *Energie ohne Ende: Erfindungen - Konzepte - Lösungen*. s.l.: Kopp Verlag, p. 7-28. ISBN 9783864450891.
- VRÁBLÍKOVÁ J., 2000: *Úvod do agroenergetiky*. FŽP UJEP Ústí nad Labem, Ústí nad Labem, p. 63-99. ISBN 80-7044-231-X.

- WTEPOWER, 2016: *Vodní energie*, online: [http://www.wtepower.cz/index.php?option=com\\_content&view=article&id=74&Itemid=84&lang=cs](http://www.wtepower.cz/index.php?option=com_content&view=article&id=74&Itemid=84&lang=cs), cit. 15.12.2016.
- Zákon č. 180/2005 Sb., o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a o změně některých zákonů (zákon o podpoře využívání obnovitelných zdrojů), ve znění účinném od 1. 1. 2011.

## 8. Seznam použité grafiky

### 8.1 Seznam použitých obrázků

Obrázek 1: <i>Výroba elektřiny podle typu elektráren v ČR v roce 2015</i>	15
Obrázek 2: <i>Podíl hlavních zdrojů energie v Německu 2015</i>	17
Obrázek 3: <i>Struktura světové výroby elektřiny v zemích OECD 2015</i>	17
Obrázek 4: <i>Mapa trvání slunečního svitu v ČR</i>	21
Obrázek 5: <i>Roční úhrn globálního slunečního záření v ČR [kWh/m<sup>2</sup>]</i>	22
Obrázek 6: <i>Výkon všech fotovoltaických elektráren v ČR</i>	23
Obrázek 7: <i>Hlavní součásti plochého slunečního kolektoru</i>	24
Obrázek 8: <i>Princip činnosti solárního článku</i>	25
Obrázek 9: <i>Přečerpávací vodní elektrárna Dlouhé Stráně</i>	28
Obrázek 10: <i>Schéma Peltonovy turbíny</i>	30
Obrázek 11: <i>Schéma Francisovy turbíny</i>	30
Obrázek 12: <i>Schéma Kaplanovy turbíny</i>	31
Obrázek 13: <i>Výkonová křivka typické současné větrné elektrárny – průměr rotoru 90 m, nominální výkon 2 MW</i>	33
Obrázek 14: <i>Průměrné roční rychlosti větru v ČR</i>	36

## 8.2 Seznam použitých tabulek

Tabulka 1: <i>Energetický mix České republiky 2010 – 2015</i>	16
Tabulka 2: <i>Největší znečišťovatelé skleníkovými plyny v roce 2015</i>	19
Tabulka 3: <i>Největší znečišťovatelé plyny způsobujícími kyselé srážky v roce 2015</i>	19
Tabulka 4: <i>Nejvýznamnější vodní elektrárny na území ČR</i>	29
Tabulka 5: <i>Nárůst instalovaných výkonů v EU 28 a ve světě v letech 2004 až 2015</i> <i>Instalovaný kumulativní výkon v MW</i>	34
Tabulka 6: <i>Celková energie z obnovitelných zdrojů v roce 2014</i>	44
Tabulka 7: <i>Výroba elektřiny z obnovitelných zdrojů v roce 2014</i>	45
Tabulka 8: <i>Roční množství emisí z elektrárny Počerady</i>	48
Tabulka 9: <i>Roční pokles emisí díky větrnému parku Klíny</i>	49
Tabulka 10: <i>Roční pokles emisí díky novým bioplynovým stanicím</i>	50
Tabulka 11: <i>Roční pokles emisí díky přečerpávací elektrárně Šumný důl</i>	51
Tabulka 12: <i>Roční pokles emisí díky fotovoltaickému parku Kamenná Voda</i>	52
Tabulka 13: <i>Roční pokles emisí varianta 1</i>	52
Tabulka 14: <i>Roční pokles emisí varianta 2</i>	53
Tabulka 15: <i>Roční pokles emisí varianta 3</i>	54