



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF  
TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ENERGETICKÝ ÚSTAV

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
ENERGY INSTITUTE

UDRŽITELNÉ ENERGETICKÉ ZDROJE  
SUSTAINABLE ENERGY SOURCES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

JAN DOLEŽAL

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

ING. ET ING. JAN ŠKVAŘIL

BRNO 2011



# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Energetický ústav  
Akademický rok: 2010/2011

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Jan Doležal

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

### **Udržitelné energetické zdroje**

v anglickém jazyce:

### **Sustainable energy sources**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Náplní práce je problematika udržitelných energetických zdrojů a zhodnocení jejich potenciálu s důrazem na aplikovatelnost v ČR.

Cíle bakalářské práce:

1. Definice energetické udržitelnosti
2. Rešerše udržitelných energetických zdrojů
3. Zhodnocení potenciálu s důrazem na využití v ČR

Seznam odborné literatury:

Renewables in global energy supply : An IEA fact sheet. Paris : IEA Publications, 2007. 34 s.  
Dostupné z WWW <[http://www.iea.org/papers/2006/renewable\\_factsheet.pdf](http://www.iea.org/papers/2006/renewable_factsheet.pdf)>

ACOBSON, Mark Z. Review of solutions to global warming, air pollution, and energy security. In Energy and Environmental Science [online]. Stanford, 2008 [cit. 2010-11-18]. Dostupné z WWW: <[http://www.rsc.org/delivery/\\_ArticleLinking/DisplayHTMLArticleforfree.cfm?JournalCode=EE&Year=2009&ManuscriptID=b809990c&Iss=Advance\\_Article](http://www.rsc.org/delivery/_ArticleLinking/DisplayHTMLArticleforfree.cfm?JournalCode=EE&Year=2009&ManuscriptID=b809990c&Iss=Advance_Article)>

CENKA, Miroslav. Obnovitelné zdroje energie. Praha : FCC Public, 201. 208 s. ISBN 80-901985-8-9

KLUSÁK, Jaroslav. Indikátory udržitelné energetiky pro rozhodování měst a obcí : výzkum a aplikace sady místních indikátorů se zaměřením na energetiku, ekonomiku a životní prostředí. Praha : Porsenna, 2008. 104 s. ISEN 978-80-254-5995-9

Udržitelná energie a krajina : mezioborová konference : sborník příspěvků. Brno : Veronica, 2008. ISBN 9788090410909

Vedoucí bakalářské práce: Ing. et Ing. Jan Škvařil

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2010/2011.

V Brně, dne 16.11.2010

L.S.

---

doc. Ing. Zdeněk Skála, CSc.  
Ředitel ústavu

---

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.  
Děkan fakulty

## ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se je rešerší zabývající se udržitelnými zdroji energie. Vyjmenovává a charakterizuje jednotlivé zdroje a přibližuje jejich principy fungování. V poslední části hodnotí jejich dosavadní využívání v České republice a možnosti jejich dalšího rozvoje, a to z ekonomického i technického hlediska.

## ABSTRACT

This bachelor's thesis is a recherche dealing with sustainable energy sources. It lists and describes the various sources and shows their operating principles. In the last part it evaluates their current use in the Czech Republic and the possibilities for further development from economic and technical point of view.

## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

DOLEŽAL, J. *Udržitelné energetické zdroje*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2011. 54 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. et Ing. Jan Škvařil.

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce. Vycházel jsem při tom ze svých znalostí, odborných konzultací a uvedených literárních zdrojů.

V Brně, dne .....

Podpis .....

## PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. et Ing. Janu Škvařilovi za jeho odborné vedení.

Velice rád bych též poděkoval rodičům, bez jejichž podpory by tato práce nemohla vzniknout, a také mé sestře za dohled nad gramatikou.

## OBSAH

1 Úvod.....	10
2 Udržitelnost v energetice .....	11
2.1 Udržitelná energie.....	11
2.2 Energetická účinnost.....	11
2.3 Udržitelná spotřeba .....	11
3 Rozdělení udržitelných zdrojů energie .....	13
3.1 Rozdělení podle IEA.....	13
3.2 Rozdělení podle přírodních zdrojů .....	14
4 Popis udržitelných energetických zdrojů.....	15
4.1 Energie vody .....	15
4.1.1 Vodní elektrárny .....	15
4.1.2 Elektrárny využívající energii oceánu .....	18
4.2 Energie větru.....	19
4.3 Energie Slunce .....	21
4.3.1 Solární elektrárny.....	21
4.3.2 Solární vytápění a chlazení .....	24
4.4 Energie biomasy .....	27
4.4.1 Spalování biomasy.....	28
4.4.2 Zplyňování biomasy .....	29
4.4.3 Bioplynové stanice.....	30
4.5 Geotermální energie.....	32
4.5.1 Mokrý energie .....	32
4.5.2 Suchá energie.....	33
4.6 Jaderná energie .....	34
5 Zhodnocení potenciálu udržitelných zdrojů energie v ČR .....	37
5.1 Výroba elektřiny v ČR.....	37
5.1.1 Závazky České republiky pro rok 2010.....	38
5.1.2 Podíl druhů OZE na výrobě energie v ČR.....	39
5.2 Vodní elektrárny .....	40
5.3 Větrné elektrárny .....	41
5.4 Solární elektrárny.....	42
5.5 Solární vytápění a chlazení.....	43
5.6 Spalování biomasy.....	45
5.7 Bioplynové stanice.....	46
5.8 Geotermální energie.....	47
5.9 Jaderné elektrárny .....	48
6. Závěr .....	50
Seznam použité literatury .....	52

# 1 ÚVOD

Zásobování domácností a továren energiemi (elektrinou, teplem atp.) je základním pilířem průmyslu jak v České republice, tak ve zbytku rozvinutého světa. Na něj přímo navazují všechna další průmyslová odvětví a odvíjí se od něj kvalita života všech lidí.

Spotřeba elektřiny neustále stoupá. Tempo růstu spotřeby musí kopírovat tempo růstu výroby. Pokud by tomu tak nebylo, museli bychom energii nakupovat od okolních států, což by mělo neblahé ekonomické důsledky. V České republice je stále více než polovina elektrické energie vyráběna pomocí spalování fosilních paliv, což vede k znečišťování ovzduší a generování velkého množství skleníkových plynů. Dalším problémem je, že zásoby fosilních paliv nejsou nevyčerpatelné a pokud se jejich spotřeba nebude postupně snižovat nahrazením jinými zdroji, můžeme dojít až do bodu, kdy kapacity nefosilních zdrojů nebudou dost silné na pokrytí spotřeby.

Abychom se tohoto scénáře vyvarovali, musíme jednak postupně snižovat závislost na fosilních palivech tím, že je budeme nahrazovat jinými zdroji, a pracovat na snížení tempa růstu spotřeby a zvýšení energetické účinnosti. Všechny tyto aspekty můžeme obsáhnout termínem udržitelnost.

V této práci budu definovat udržitelné zdroje energie. Dále se budu věnovat popisu jednotlivých udržitelných zdrojů a principům jejich fungování.

V poslední části se zaměřím na využívání jednotlivých udržitelných zdrojů v České republice a zhodnocení potenciálu jejich dalšího rozvoje. Ten je závislý nejen na ekonomických faktorech, ale například i na dostupnosti vhodných lokalit.

## 2 UDRŽITELNOST V ENERGETICE

Udržitelností se rozumí zacházení s energií takovým způsobem, aby při její výrobě vznikalo co nejméně škodlivých látek a aby byla spotřebována s co nejvyšší efektivitou.

### 2.1 UDRŽITELNÁ ENERGIE

Mezi udržitelné energetické zdroje řadíme takové zdroje energie, které dokážou uspokojit nynější energetické nároky společnosti, zároveň nesmí ohrozit schopnost budoucích generací uspokojit potřeby své a nezpůsobují žádné dlouhodobé poškození životního prostředí. Mezi udržitelné zdroje energie řadíme všechny obnovitelné zdroje energie, ale nejen je. Jde také o technologie, které zvyšují energetickou účinnost a snižují dopad na životní prostředí.

Trvale udržitelná energie staví na dvou pilířích: energetická účinnost a obnovitelné zdroje energie. Tím se termín udržitelná energie vymezuje vůči jiným termínům, jako je alternativní energie a zelená energie. Zdroj udržitelné energie může produkovat některé látky znečišťující životní prostředí po tak dlouhou dobu, dokud nedokážeme nahradit tento zdroj jiným, který má menší dopad na životní prostředí.

### 2.2 ENERGETICKÁ ÚČINNOST

Zlepšování energetické účinnosti je jedním z nejjednodušších způsobů, jak snížit emise skleníkových plynů a zvýšit udržitelnost a spolehlivost energetických dodávek. Zpomaluje růst poptávky po energii tak, že rostoucí zásoby čisté energie nahrazují využívání fosilních paliv. Pokud bude spotřeba energie růst příliš rychle, bude rozvoj obnovitelných zdrojů ustupujícím cílem. Prioritou jsou budovy, které spotřebovávají 40 % energie vyrobené v Evropské unii. Jejich spotřeba energie by mohla být snížena až o třetinu. Evropská unie podniká kroky k zajištění lepšího projektování budov a k používání účinnějšího osvětlení, vytápění, chlazení a horkovodních soustav.

Dalším kritizovaným odvětvím je výroba, jež spotřebovává 25 % energie EU. Zkoumá se energetická náročnost výrobků a pro některé z nich, jako jsou bojler, televizní přijímače a svítidla, budou používány normy ekodesignu, aby byly energeticky úspornější. Dalším ze způsobů, jak podpořit nakupování ekologických výrobků, je jejich označování tzv. ekoznačkou. Ta pomáhá spotřebitelům zjistit, který výrobek nebo služba je ohleduplnější k životnímu prostředí a šetří nejvíc energie. [1]

### 2.3 UDRŽITELNÁ SPOTŘEBA

Udržitelná spotřeba je definována jako používání služeb a výrobků, které uspokojují základní potřeby společnosti a zlepšují kvalitu života, zároveň však minimalizují spotřebu přírodních zdrojů, používání toxických látek, produkci odpadů a škodlivin v průběhu celého životního cyklu služby nebo výrobku tak, aby nebylo ohroženo uspokojování potřeb budoucích generací.

Chceme-li dosáhnout energetické udržitelnosti, bude nezbytné změnit nejen způsob, jakým je energie vyráběna, ale i způsob, jakým je používána. Možnosti ke snížení poptávky jsou stejně bohaté jako na straně nabídky a často nabízejí významné hospodářské přínosy.

## 3 ROZDĚLENÍ UDRŽITELNÝCH ZDROJŮ ENERGIE

Existuje velké množství kritérií, podle kterých lze udržitelné energetické zdroje rozdělovat. V této práci předvedu dva z možných způsobů rozdělení. První, který používá Mezinárodní energetická agentura (IEA), je chronologickým seřazením podle doby vzniku jednotlivých technologií. Druhý rozděluje energetické zdroje podle přírodních zdrojů, které využívají.

### 3.1 ROZDĚLENÍ PODLE IEA

Mezinárodní energetická agentura (IEA) je vládní organizace, kterou založila Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj (OECD) roku 1974. Sdružuje 26 členských zemí včetně Česka a zabývá se prevencí přerušení zásob ropy a dalších energetických zdrojů. Nezabývá se jadernou energetikou, na kterou je zaměřena Mezinárodní agentura pro atomovou energii.

Podle IEA můžeme definovat tři generace obnovitelných zdrojů energie [2].

#### Technologie 1. generace

První generace technologií vychází z průmyslové revoluce na konci 19. století a jsou nejkonzervativnější v místech bohatých na přírodní zdroje. Jejich budoucí využití závisí na zkoumání potenciálu dostupných zdrojů, zejména v rozvojových zemích, a na překonání problémů s životním prostředím a sociální akceptací.

Do první generace obnovitelných zdrojů řadíme:

- Vodní elektrárny
- Geotermální elektrárny
- Spalování biomasy

#### Technologie 2. generace

Tyto technologie nyní vstupují na trh jako výsledek výzkumu a vývoje započatého v 80. letech jako reakce na ropné krize v letech 1973 a 1979. Trh s technologiemi druhé generace je silný a stále roste, avšak jen v některých zemích. Úkolem je tyto technologie snížením nákladů a zlepšením jejich výkonnosti rozšířit po celém světě. Do druhé generace řadíme:

- Solární ohřev
- Fotovoltaické elektrárny
- Větrná energie
- Výroba bioetanolu

### Technologie 3. generace

Technologie 3. generace jsou stále ve vývoji. Velkou roli zde mohou hrát pokroky v nanotechnologii. Do třetí generace řadíme:

- Výroba bioetanolu z celulózy
- Energie oceánu
- Otočné solární panely

## 3.2 ROZDĚLENÍ PODLE PŘÍRODNÍCH ZDROJŮ

Rozdělení podle přírodních zdrojů, ze kterých získáváme energii, je častěji používaný způsob. Je tomu tak proto, že je, na rozdíl od chronologického řazení, velmi přehledný. Tato práce se bude hlouběji zabývat následujícími přírodními zdroji energie:

### Energie vody

Energie vody je na elektrickou energii převáděna ve vodních elektrárnách. Pro přeměnu energie oceánu se používají speciální zařízení, která mohou využívat např. mořských proudů.

### Energie větru

Energii větru nejčastěji využíváme k výrobě elektřiny a to pomocí větrných elektráren neboli větrníků. Není to však jediné možné využití. Dříve se větrná energie využívala například pro pohon mlýnů, nebo vodních čerpadel.

### Energie Slunce

Energie slunce se dá využít jednak pro výrobu tepla pomocí slunečních kolektorů, nebo pro výrobu elektrické energie. K tomu se nejčastěji používá fotovoltaických článků, ale existují i další metody, které budou objasněny v následující kapitole.

### Energie biomasy

Biomasu můžeme využívat mnoha způsoby. Nejstarším způsobem je její spalování. V dnešní době však už známe modernější metody jako je anaerobní fermentace, nebo pyrolýza.

### Geotermální energie

Jedná se o tepelnou energii Zemského jádra ukrytou pod povrchem Země. Ta se projevuje například erupcí sopek, nebo jako gejzíry horké vody. Tato energie se dá použít například pro vytápění a dokonce i pro výrobu elektřiny.

### Jaderná energie

Jaderná energie je energie, která se uvolňuje z jaderných reakcí v atomovém jádře. Pro energetické účely se používá štěpná reakce uranu nebo plutonia, která generuje velké množství tepla.

## 4 POPIS UDRŽITELNÝCH ENERGETICKÝCH ZDROJŮ

V této kapitole se budu věnovat blíže jednotlivým udržitelným zdrojům. Upřednostním zde podle mého názoru přehlednější způsob rozdělení podle zdrojů využitých k získání energie.

### 4.1 ENERGIE VODY

Využívání energie vody má u nás dlouhou tradici. Z počátku šlo o pohon mlýnů či katrů vodním kolem. Dnes se energie vody využívá k výrobě elektřiny ve vodních elektrárnách, a dokonce i k akumulaci energie pomocí přečerpávacích elektráren.

#### 4.1.1 Vodní elektrárny

Ve vodních elektrárnách voda roztáčí turbínu, ta je na společné hřídeli s elektrickým generátorem (dohromady tvoří tzv. turbogenerátor). Mechanická energie proudící vody se tak mění na energii elektrickou, která se transformuje a odvádí do míst spotřeby. Vodní turbíny jsou technicky nejdokonalejší mechanické motory vůbec – dosahují až 95% účinnosti [3]. Rozdělujeme je na dvě hlavní skupiny – na rovnotlaké a přetlakové.

##### 4.1.1.1 Rovnotlaké turbíny

U rovnotlakých turbín, nazývaných též akční turbíny, je tlak vody před i za oběžným kolem stejný. Oběžné kolo musí být uloženo nad hladinou spodní nádrže, aby nebrodilo. To má za následek ztrátu spádu, která však není nijak markantní vzhledem k tomu, že rovnotlaké turbíny jsou nasazovány v místech s velkým spádem (viz obr. 2). Mezi rovnotlaké turbíny patří například turbína Dériazova či turbína Turgo. Nejčastěji se však používají turbíny Peltonova a Bánkiho (obr. 1).

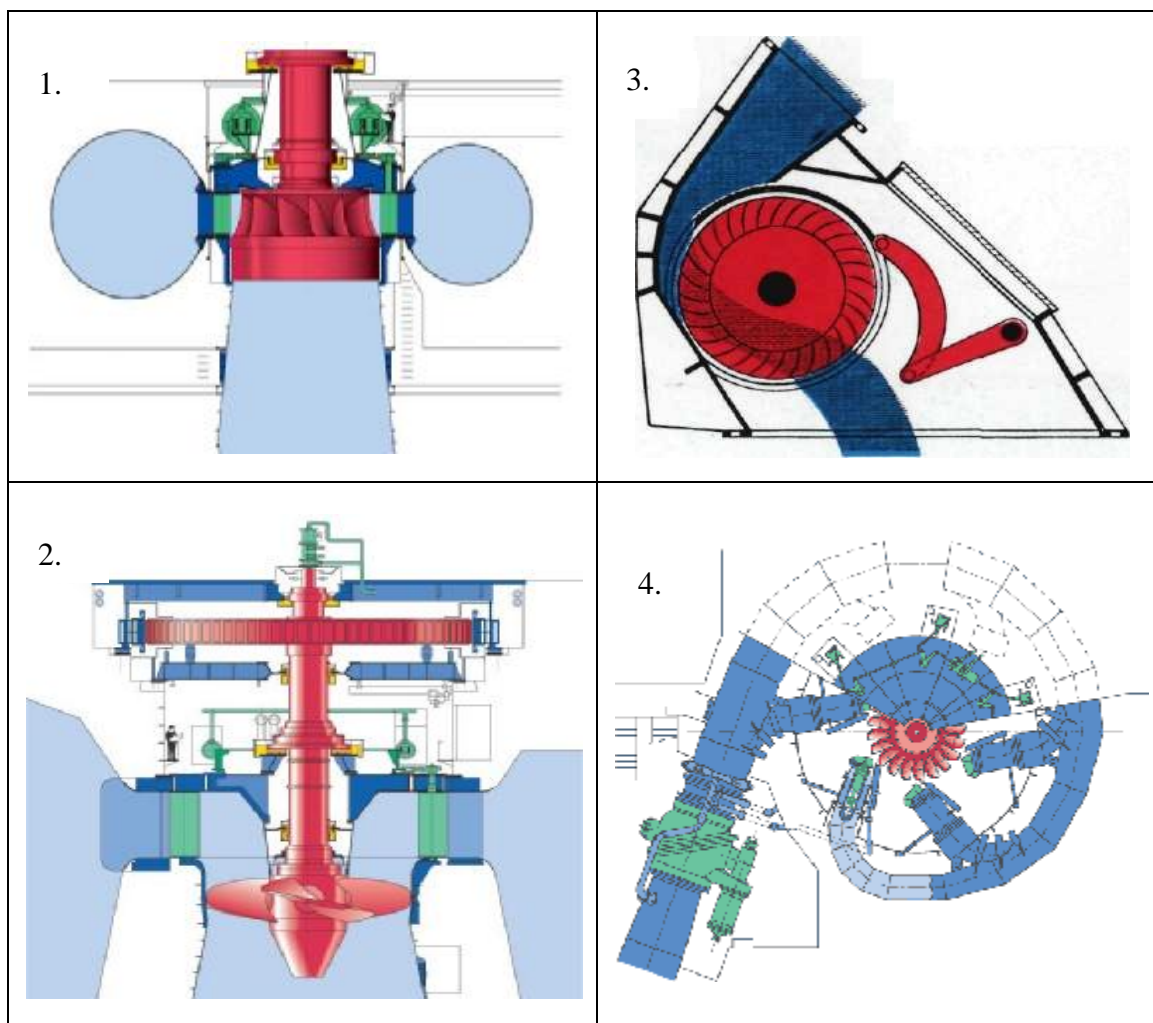
##### Peltonova turbína

Peltonova turbína (obr. 1, 4) se skládá z přívodního potrubí, které na konci přechází v dýzu. V dýze kruhového průřezu se celý spád vody přetransformuje na pohybovou energii. Voda vstoupí tangenciálně do oběžného kola osazeného lžícovitými lopatkami. Břit uprostřed lopatek rozdělí paprsek na dvě poloviny a lžícovitý tvar lopatky se snaží otočit směr tekoucí vody zpět. Změna směru způsobí předání energie oběžnému kolu. Pro regulaci výkonu se používá jehla, jejímž zasouváním snižujeme průtok. Deviátor slouží k rychlému odstavení turbíny například při její poruše.

##### Bánkiho turbína

Voda je přiváděna k turbíně potrubím kruhového průřezu. Před turbínou je umístěn mezikus, který mění kruhový průřez na obdélný. Na konci tohoto vstupního dílu je umístěn regulační orgán, nejčastěji klapka. Ve štěrbině mezi zakřivenou stěnou a klapkou se celý spád vody přetransformuje na pohybovou energii. Voda vstoupí tangenciálně do oběžného kola hustě osazeného dlouhými lopatkami. Lopatky se snaží

odklonit směr tekoucí vody do středu kola k hřidel. Změna směru způsobí předání energie oběžnému kolu (obr. 1, 3). Při prvním průtoku lopatkami se turbíně předává asi 79 % z celkového výkonu. Vlivem souběhu mezi rychlostí vody a otáčením kola nemíří vytékající paprsek na hřidel turbíny, ale mine jej volným zavzdušněným prostorem. Potom vstoupí do lopatek na protější straně lopatkového věnce. Voda je opět přinucena změnit směr a předává lopatkám další díl své energie, odpovídající 21 % [4] z celkového výkonu turbíny. Po opuštění lopatkového věnce volně vytéká pod oběžné kolo.



Obr. 1: Schéma Francisovy (1), Kaplanovy (2), Bánkiho (3) a Peltonovy turbíny (4) [5]

#### 4.1.1.2 Přetlakové turbíny

Přetlakové neboli reakční turbíny jsou vhodné pro menší spády (horní hranice je 400 metrů). Jsou zakončeny sací troubou sahající pod hladinu spodní nádrže. Za oběžným kolem je proto nižší tlak než před ním. To nám dovoluje využít celého spádu a zvýšit tak účinnost.

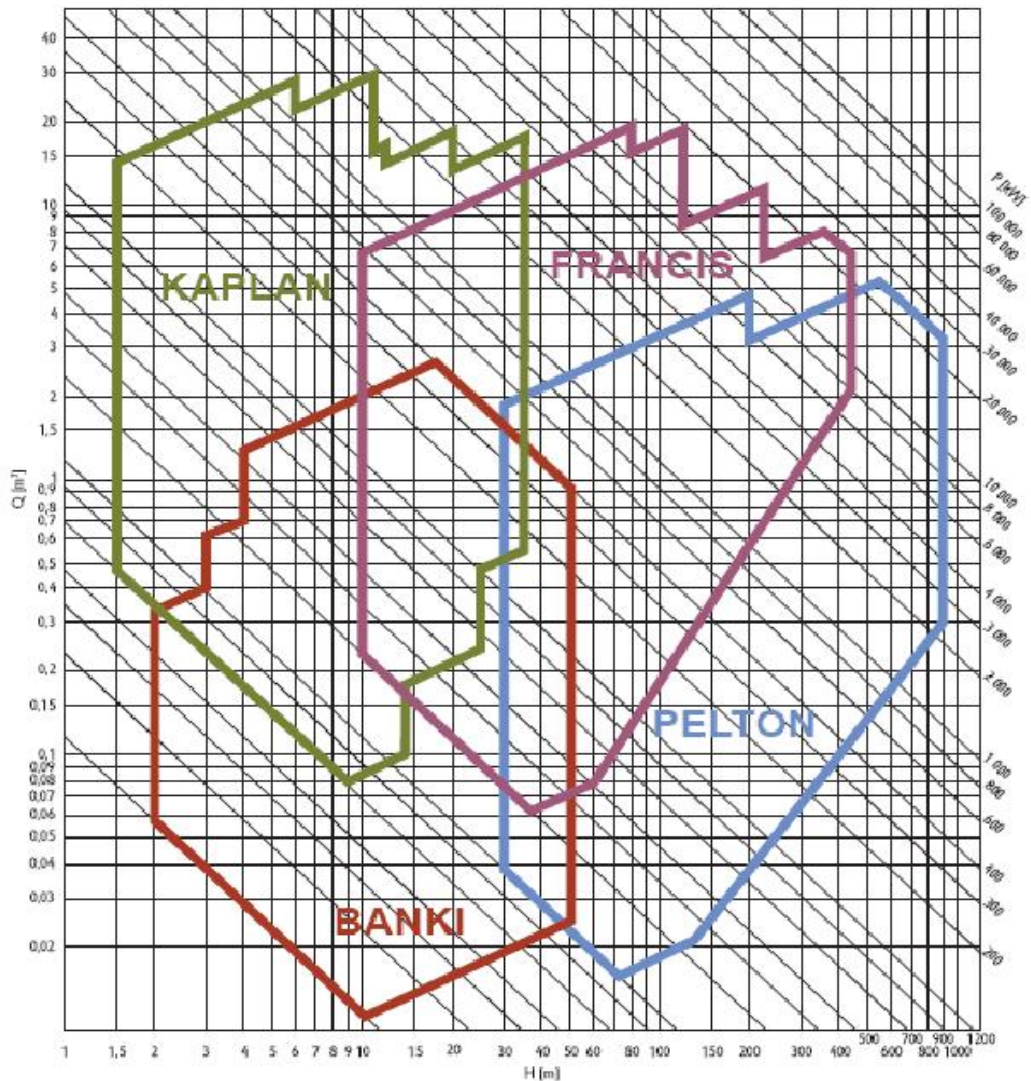
### Kaplanova turbína

Voda vstupuje do spirální skříně, kde je pomocí rozváděcích lopatek směřována na oběžné kolo. Rozváděcí lopatky i lopatky oběžného kola jsou stavitelné, což umožňuje velmi dobrou regulovatelnost. Z turbíny voda vystupuje sací troubou, která končí pod hladinou spodní nádrže (obr. 1, 2). Kaplanova turbína má vyšší účinnost než Francisova turbína, je ale výrazně složitější a dražší. Obecně se dá říct, že se používá především na malých spádech při velkých průtocích, které nejsou konstantní. Na malých spádech se však u těchto turbín často setkáváme s kavitací, což může vést k poškození turbíny a tak k celkové neekonomičnosti díla. V závislosti na rozdílu hladin může být instalována buď se svislou, nebo s vodorovnou osou otáčení.

### Francisova turbína

Vlastní turbína je umístěna na dně turbínové kašny naplněné vodou. Její hřídel vede svisle vzhůru do strojovny. Voda vniká z kašny do regulovatelných rozváděcích lopatek po celém obvodu turbíny (obr. 1, 1). Při průtoku rozváděcími lopatkami získává rychlost a směr potřebný pro vstup do oběžného kola. V zakřivených mezilopátkových kanálech oběžného kola voda mění směr i rychlost, a tím předává svoji energii. Po výtoku z oběžného kola se voda odvádí do odpadního kanálu. Protože je turbína z důvodů snadné údržby a oprav nad spodní hladinou, je voda odváděna savkou. Nepracuje-li turbína při jmenovitém průtoku, dochází za oběžným kolem k rotaci vodního sloupce v savce, proto má kruhový, případně mírně oválný průřez. Voda při průchodu kuželovitě se rozšiřující savkou snižuje rychlost, což s hmotností celého vodního sloupce v ní vytváří podtlak přenášející se na odtokovou stranu oběžného kola. Díky sacímu efektu využívá turbína celý spád, ačkoli je oběžné kolo nad hladinou vývařště.

V přečerpávacích vodních elektrárnách se používá turbín s reverzním chodem (obvykle Francisova) a s přestavitelnými lopatkami. Přečerpávací vodní elektrárny jsou vodní elektrárny, které kromě výroby elektřiny ji dokážou i akumulovat, a to ve formě potenciální energie vody. Stavba takové elektrárny je sice velkým zásahem do krajiny, je to však doposud jediný technicky proveditelný způsob, pomocí něhož lze vyrobenou elektrickou energii ve velkém měřítku po delší dobu skladovat.



Obr. 2: H/Q diagram [6]

#### 4.1.2 Elektrárny využívající energii oceánu

Celá hmota světových moří a oceánů je v neustálém pohybu, a to nejen na povrchu, ale i ve značných hloubkách. Nejdůležitějším pohybem vodních částic na povrchu oceánů a moří je vlnění způsobené větrem, slapovým působením Měsíce a Slunce, vtokem velkých řek, posunem zemských desek v důsledku podmořských zemětřesení apod. Odhaduje se, že energie, kterou vyvinou vlny ve všech světových oceánech, dosahuje hodnoty 342 miliard MJ [7].

Česká republika je čistě vnitrozemský stát a nemá proto možnost energii oceánu využívat. I v zemích, které tuto možnost mají, je vývoj zatím ve stádiu návrhů a několika málo projektů více či méně úspěšných.

#### 4.1.2.1 Elektrárny pro využití mořského příboje

Vodní turbína s vertikálním hřídelem využívající oba směry průtoků vody byla zkonstruována v Japonsku. Lze ji použít i pro využití příboje. Její lopatky se samy otevírají asi na polovině obvodu ve směru proti vodnímu průtoku. Výsledná nerovnováha tvoří točivý moment. Čtyřlopatkové turbíny mají průměr až 700 mm a výšku 150 mm.

#### 4.1.2.2 Energie mořských proudů

Uvažuje se o využití velkých turbín o průměru asi 170 m, se dvěma lopatkami oběžného kola, otáčejícími se rychlostí 1 otáčka za minutu. Turbíny mají být upevněny ocelovými lany k těžkým kotvám v hloubce 30 m až 130 m pod hladinou. Jejich vzájemná vzdálenost by byla 100 m i s propustěmi pro velké lodi. Všechny projekty využívání mořských proudů s sebou však nesou velké riziko. Mohlo by dojít ke zpomalení Gofského proudu a možné katastrofické důsledky se dají stěží odhadnout.

#### 4.1.2.3 Přílivové elektrárny

Příliv a odliv je důsledkem působení slapových sil Měsíce a Slunce. Na výšku přílivu a odlivu má zásadní vliv tvar pobřeží. Chod slapových sil, a tím přílivů a odlivů, není pravidelný. Při stavbě přílivových elektráren je třeba přihlížet ke všem vlastnostem toho či onoho místa a ke všem nepravidlostem, které s sebou nese.

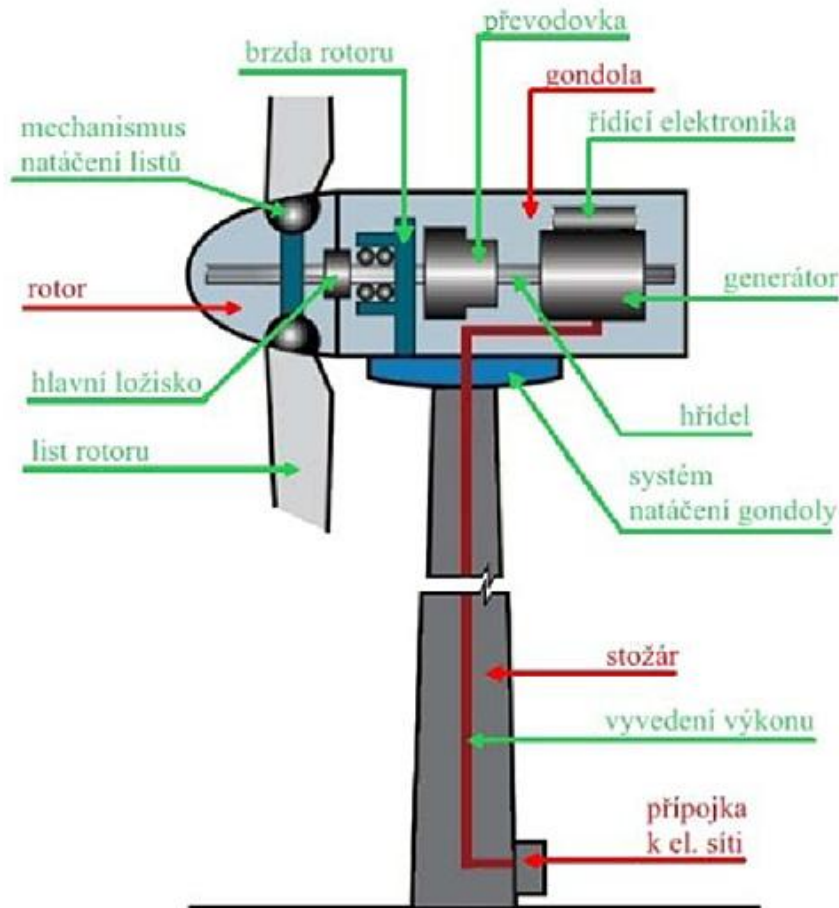
Za nejstarší přílivovou elektrárnu je považována anglická Dee Hydro Station v Cheshire z roku 1913 o výkonu 635 kW. První moderní přílivová elektrárna však zahájila provoz až v roce 1966. Jde o francouzskou přílivovou elektrárnu v Bretani, v ústí řeky La Rance. V těchto místech je průměrná výška přílivu 8,4 m. Přílivová voda pro turbíny je navíc posilována i přítokem řeky. Výkon elektrárny je 240 MW. [7]

## 4.2 ENERGIE VĚTRU

Působením aerodynamických sil na listy rotoru převádí větrná turbína umístěná na stožáru energii větru na rotační energii mechanickou. Ta je poté prostřednictvím generátoru zdrojem elektrické energie.

Nejrozšířenějším typem jsou elektrárny s vodorovnou osou otáčení (obr. 3), pracující na vztlakovém principu, kde vítr obtéká lopatky s profilem podobným letecké vrtuli. Podél rotorových listů vznikají aerodynamické síly, listy proto musejí mít speciálně tvarovaný profil. Všechny velké moderní elektrárny používají rotory třílisté, které mají nejlepší parametry. Se vzrůstající rychlostí vzdušného proudu rostou vztlakové síly s druhou mocninou rychlosti větru a energie vyprodukovaná generátorem s třetí mocninou. Je

proto třeba zajistit efektivní a rychle pracující regulaci výkonu rotoru tak, aby se zabránilo mechanickému a elektrickému přetížení věrné elektrárny. Obsluha větrné elektrárny je automatická. Životnost nové větrné elektrárny se udává 20 let od uvedení do provozu.



Obr. 3: Schéma větrné elektrárny [8]

**Stožár** – Je většinou vyroben z oceli. Má mírně kónický tvar a dosahuje výšky mezi 80 až 120 metry.

**Gondola** – Je otočná kolem osy stožáru. Dosahuje hmotnosti kolem 70 tun. V gondole se nachází generátor, který je přes převodovku spojen s rotorem. Větrná elektrárna je také vybavena diskovou brzdou, která zabraňuje nežádoucímu roztočení rotoru.

**Rotor** – Rotor je třílistý a má průměr od 80 do 100 metrů. Natáčením listů se regulují otáčky rotoru, který se otáčí rychlostí 10 až 15 otáček za minutu. Pokud rychlost větru přesáhne 25 m/s, listy se natočí do „praporu“ a elektrárna se zastavuje [9].

Existují také elektrárny se svislou osou otáčení, které pracují na odporovém principu (typ Savonius) nebo na vztakovém principu (typ Darrieus). Výhodou vztakových elektráren se svislou osou je, že mohou dosahovat vyšší rychlosti otáčení, a tím i vyšší účinnosti. Pracují tedy i při nižší rychlosti větru a není třeba je natáčet podle směru větru.

## 4.3 ENERGIE SLUNCE

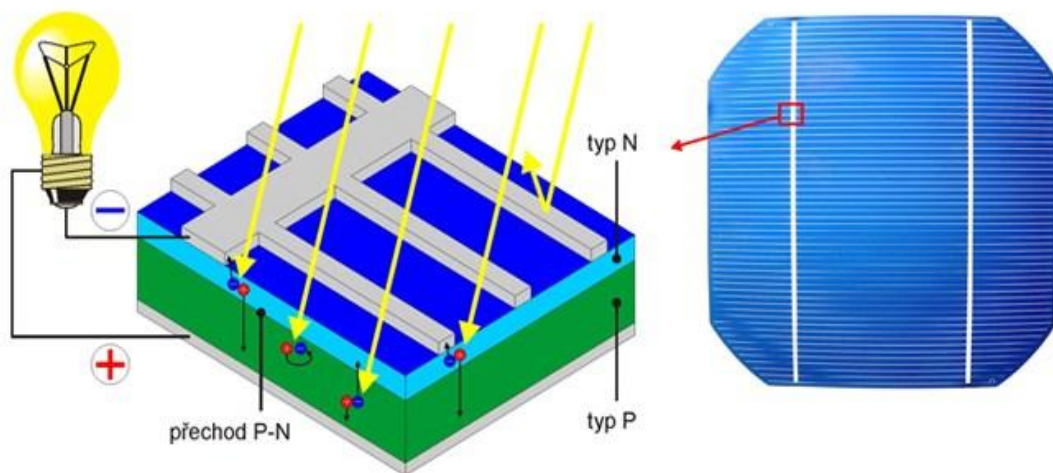
Sluneční svit je základním zdrojem energie, která se na Zemi nachází a využívá. V této kapitole se však budu věnovat pouze přímému využití sluneční energie. Dalším projevům energie Slunce na Zemi, jako je vítr nebo vznik rostlinné biomasy pomocí fotosyntézy, se věnuji v jiných kapitolách.

### 4.3.1 Solární elektrárny

Elektřinu můžeme vyrábět buď přímo pomocí fotovoltaických článků, nebo nepřímo využitím tepelné energie dopadající na povrch naší planety ze Slunce.

#### 4.3.1.1 Přímá přeměna slunečního záření

Přímá přeměna využívá fotovoltaického jevu, při kterém se v určité látce působením světla (fotonů) uvolňují elektrony. Tento jev může nastat v některých polovodičích (např. v křemíku, germaniu, selenu, kadmia aj.). Fotovoltaický článek (obr. 4) je vlastně polovodičová dioda o velké účinné ploše. Jeho základem je tenká křemíková destička s vodivostí typu P, která vznikne rozřezáním křemíkového ingotu na plátky o tloušťce kolem 0,3 mm. Po rozřezání se horní strana destičky dopuje fosforem, čímž se vytvoří polovodičivý P-N přechod. Dále se vybaví antireflexní vrstvou nitridu (článek získá tmavě modrou barvu) a sítotiskem se nanesou sběrné spoje na zadní i přední straně. Poté se článek vypálí (sintruje) a přitom se nanesené spoje vodivě propojí s křemíkovým podkladem. Při osvětlení článku dopadající částice světla, tzv. fotony, předají svou energii elektronům v horní N vrstvě. Záporné elektrony se uvolňují z krystalové mřížky a na přechodu P-N vzniká elektrické napětí o velikosti cca 0,5 V. Po připojení elektrického spotřebiče začne protékat stejnosměrný elektrický proud. Jeden  $\text{cm}^2$  dává výkon okolo 12 mW. Jeden metr čtvereční slunečních článků může dát v letní poledne výkon až 150 W stejnosměrného proudu. [7]



Obr. 4: Fotovoltaický článek [10]

Dnes rozlišujeme celkem čtyři generace fotovoltaických článků:

První generace – z destiček z monokrystalického křemíku, v současnosti jde stále o nejpoužívanější typ.

Druhá generace – z polykrystalického, mikrokrystalického nebo amorfního křemíku. Oproti první generaci jsou levnější, protože spotřebují méně křemíku. Lze je použít i na ohebných podkladech (na oblečení, fóliové střešní krytině apod.).

Třetí generace – nevyužívají křemík, ale např. organické polymery. Dosud se komerčně příliš nepoužívají.

Čtvrtá generace – kompozitní články z různých vrstev, schopné lépe využívat sluneční spektrum – každá vrstva využívá světlo jiné vlnové délky.

Tabulka 1: Účinnost fotovoltaických článků [11]

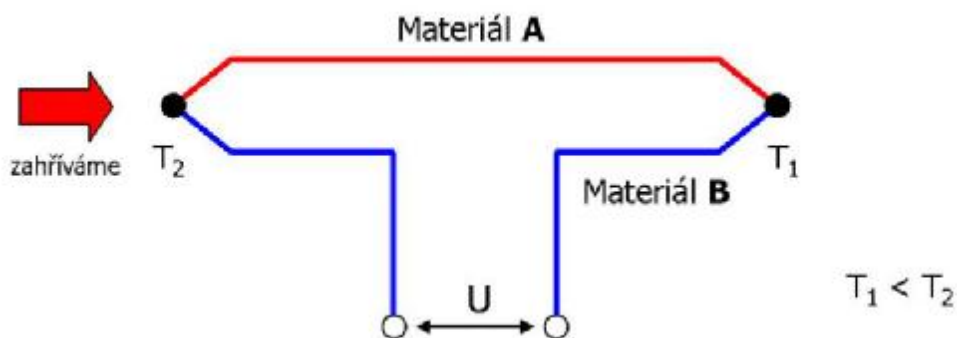
	Laboratorní účinnost	Běžná účinnost
Monokrystalický	25 %	14 – 17 %
Polykrystalický	20 %	13 – 16 %
Amorfní	12 %	5 – 7 %

Sluneční články se zapojují buď za sebou, abychom dosáhli potřebného napětí, nebo vedle sebe tak, abychom získali větší proud. Spojením mnoha článků vedle sebe a za sebou vzniká solární panel.

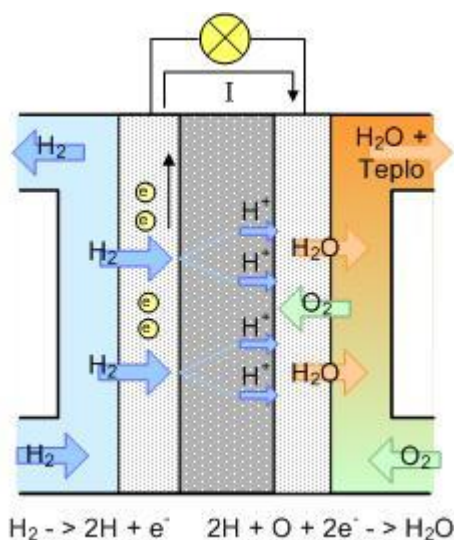
Od roku 1992 trh s fotovoltaickými články značně vzrostl. Úsilí věnované výzkumu a vývoji spolu s politickým tlakem na širší nasazení této technologie vyvrcholilo ve skutečně impozantní snížení výrobních nákladů: každé zdvojnásobení objemu výroby znamená snížení nákladů o 20 %. [2]

#### 4.3.1.2 Nepřímá přeměna slunečního záření

Nepřímá přeměna je založena na získání tepla pomocí slunečních sběračů. V ohnisku sběračů umístíme termočlánky (obr. 5), které mění teplo v elektřinu. Termoelektrická přeměna spočívá na tzv. Seebeckově jevu (v obvodu ze dvou různých drátů vzniká elektrický proud, pokud jejich spoje mají různou teplotu). Jednoduché zařízení ze dvou různých drátů spojených na koncích se nazývá termoelektrický článek. Jeho účinnost závisí na vlastnostech obou kovů, z nichž jsou dráty vyrobeny, a na rozdílu teplot mezi teplým a studeným spojem. Větší množství termoelektrických článků vhodně spojených se nazývá termoelektrický generátor.



Obr. 5: Schéma Seebeckova obvodu [12]

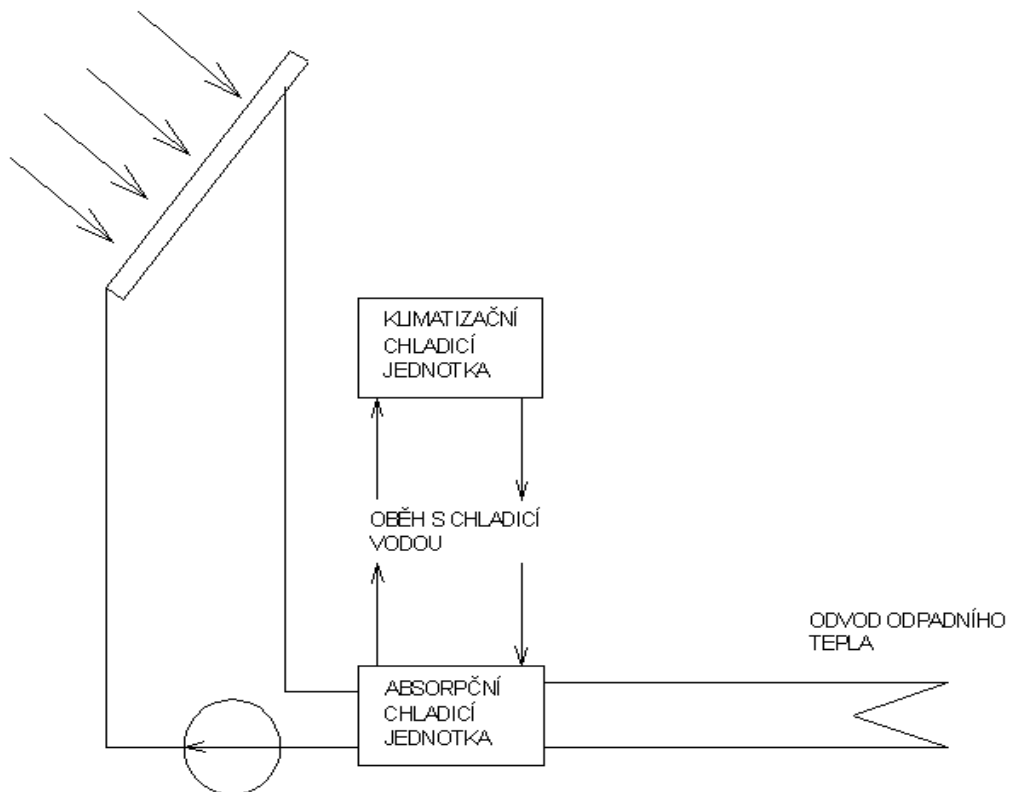


Obr. 6: Schéma palivového článku [13]

Další formou nepřímé přeměny je palivový článek (obr. 6). Elektřinu získává ze slunečního záření prostřednictvím chemické energie tak, že pomocí slunečního záření rozloží vodu na vodík a kyslík. Tím se původní energie záření uskladní jako energie chemická do obou plynů. Při slučování obou plynů, tj. při oxidaci vodíku, vzniká opět voda. Nahromaděná energie se přitom uvolní buď jako teplo (při hoření), nebo v palivovém článku jako elektrický proud. Palivový článek je měnič, ve kterém se energie chemická mění v energii elektrickou.

### 4.3.2 Solární vytápění a chlazení

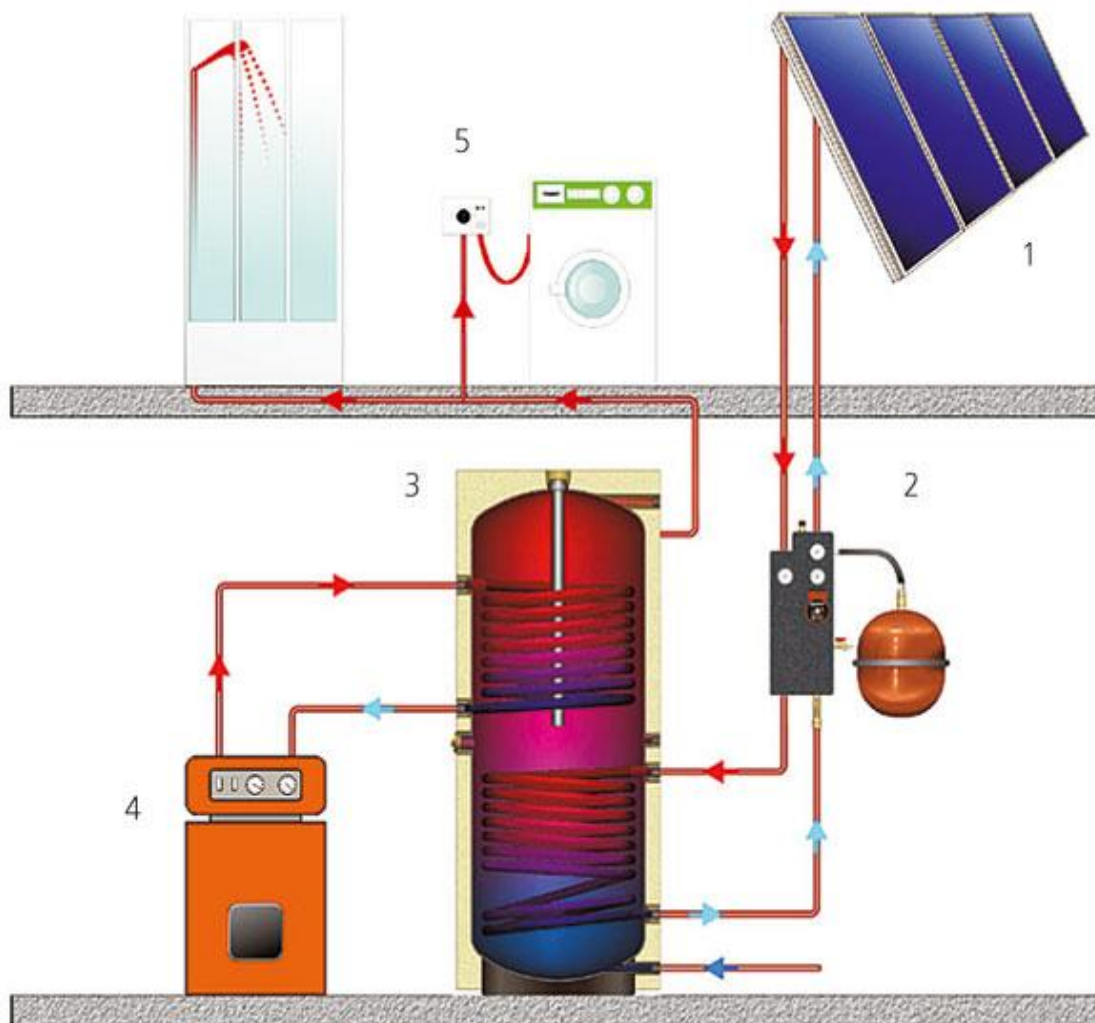
Solární termické kolektory jsou široce využívány především pro výrobu teplé vody. Větší systémy mohou být použity jak pro vytápění bytových prostor, tak v kombinaci s absorpčními tepelnými čerpadly pro jejich chlazení, které využívá pro pohon absorpčního chladicího oběhu tepla dodaného vodou ohřátou v solárních kolektorech (obr. 7). Ve výparníku absorpčního oběhu dochází k ochlazení chladicí vody. Ve srovnání s kompresorovým chlazením je výhodou solárního absorpčního chlazení nízká spotřeba elektrické energie, vyšší životnost zařízení a minimální údržba. [14]



Obr. 7: Absorpční oběh solárního chlazení [14]

Při použití solárních kolektorů pro ohřev užitkové vody je nutné kombinovat je s dalším zdrojem tepla. Ten zastoupí kolektor v době, kdy na něj nedopadá sluneční záření, anebo vypomáhá kolektoru v době většího odběru. Může to být plynový kotel nebo elektrická topná spirála, případně jiný dostupný zdroj.

Solární kolektory, pokud jsou namontovány pod úhlem  $45^\circ$  a orientovány na jih, reálně dosahují výkonu  $400 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$ . U rodinných domů běžně dosahují výkonu od 250 do  $350 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$  [15], což může uspořit 50 až 70 % nákladů na ohřev vody.



(1) Solární kolektor, (2) Regulátor, (3) Zásobník teplé vody s výměníkem, (4) Plynový kotel, (5) Spotřebiče

Obr. 8: Systém ohřevu vody pro rodinný dům [16]

#### 4.3.2.1 Typy solárních kolektorů

##### Kolektory s nezasklenými trubicemi

Kolektory s nezasklenými trubicemi jsou nejjednodušším zařízením pro solární ohřev vody. Můžeme si je představit jako plastovou hadici černé barvy, jíž protéká voda, která je vlivem dopadajícího slunečního záření ohřívána. Pro svoji malou účinnost jsou tyto kolektory využívány nejčastěji pro příhřev vody v bazénech, zahradní sprchy atp. Výhodou je nízká cena a jednoduchost.

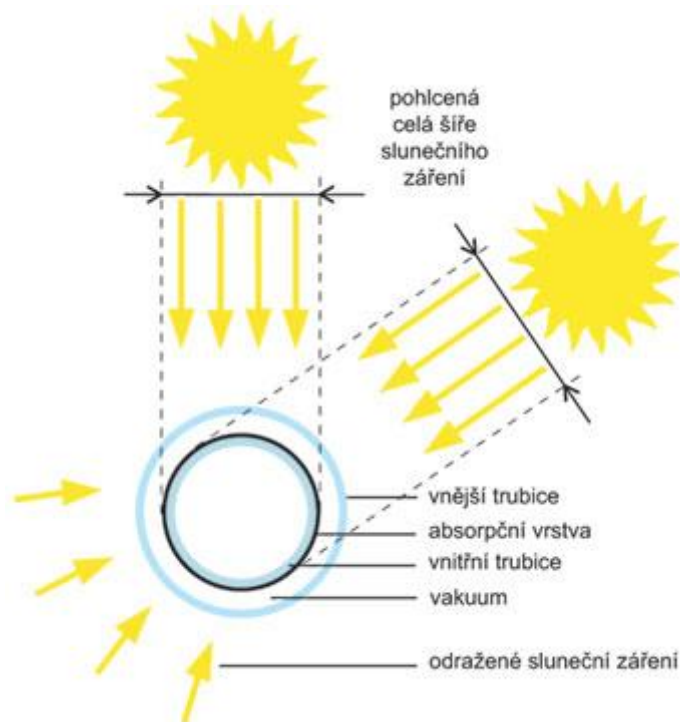
##### Kolektory se zasklenými trubicemi

Kolektory se zasklenými trubicemi (obr. 9) jsou nejrozšířenějším druhem slunečních kolektorů. Výhodou tohoto typu kolektorů je příznivá pořizovací cena a vysoká

účinnost během slunných dnů a při příznivém úhlu dopadu slunečních paprsků. Během poledního času tedy poskytují špičkový výkon, ráno a večer nízký. Využitelnost plochých slunečních kolektorů je výrazně lepší v oblastech s vysokou intenzitou slunečního svitu. Jsou převážně využívány pro solární ohřev užitkové vody.



Obr. 9: Plochý sluneční kolektor [17]



Obr. 10: Vakuový kolektor [18]

### Vakuové trubicové kolektory

Vakuové trubicové kolektory (obr. 10) jsou určeny k přípravě teplé vody a podpoře vytápění. Oproti klasickým plochým slunečním kolektorům dosahují vyšších solárních zisků bez jakýchkoli výkyvů. Jsou složeny ze segmentů válcového průřezu, čímž je dosaženo stálého výkonu při různém úhlu dopadu slunečních paprsků. Za těmito segmenty se nachází deska pokrytá odrazivou vrstvou. Jsou tedy vhodné k celoročnímu provozu, a to díky vakuu, které zde působí jako izolace.

## 4.4 ENERGIE BIOMASY

Současné znění definice biomasy v zákoně uvádí, že: „biomasou se rozumí biologicky rozložitelná část výrobků, odpadů a zbytků z provozování zemědělství a hospodaření v lesích a souvisejících průmyslových odvětví, zemědělské produkty pěstované pro energetické účely a rovněž biologicky rozložitelná část vyříděného průmyslového a komunálního odpadu“. V souvislosti s energetikou jde nejčastěji o dřevo a dřevní odpad, slámu a jiné zemědělské zbytky včetně exkrementů užitkových zvířat.

Biomasu lze rozdělit podle obsahu vody na:

- Suchou – lze spalovat přímo nebo po mírném vysušení (dřevo, sláma, suché zbytky z pěstování zemědělských plodin atd.)
- Mokrou – nelze přímo spalovat, používá se zejména pro výrobu bioplynu (kejda, močůvka, hnůj atd.)
- Speciální – využívá se v technologiích pro výrobu bionafty, nebo bioetanolu (olejiny, plodiny obsahující cukr, nebo škrob)

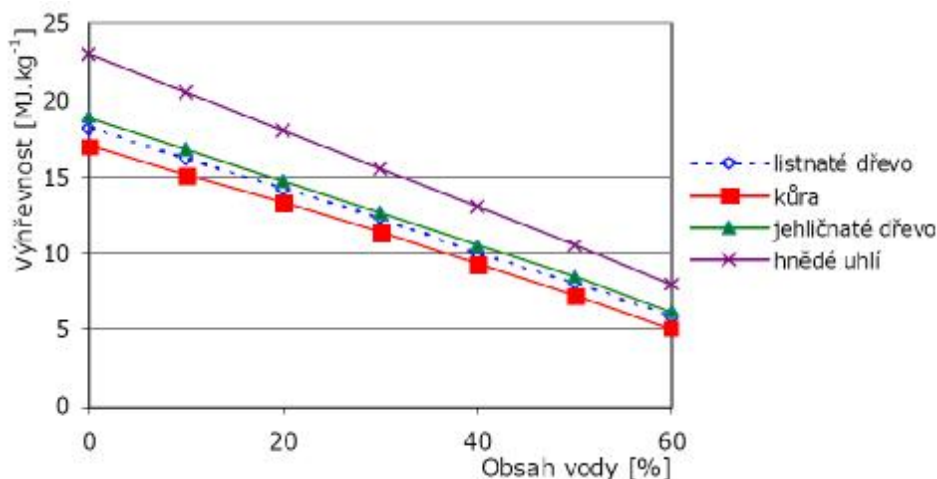
Podle původu můžeme biomasu rozdělit na:

- Odpadní – sem řadíme:
  - rostlinné odpady (seno, sláma, odpady ze sadů, vinic atp.)
  - lesní odpady (pařezy, větve, šišky, kůra)
  - živočišné odpady (hnůj, kejda, zbytky krmiv)
  - průmyslové odpady (odpady z jatek, cukrovarů, mlékáren atp.)
  - komunální odpady (kaly, organický tuhý komunální odpad)
- Cíleně pěstovanou
  - lignocelulózoové (dřeviny, obiloviny, travní porosty a ostatní rostliny jako konopí seté, čirok, křídlatka, šťovík krmný, sléz topolovka)
  - olejnaté (řepka olejná, slunečnice, len, semeno dýně)
  - škrobo-cukernaté (brambory, cukrová řepa, cukrová třtina, kukuřice)

## Výhřevnost biomasy

Výhřevnost dřeva a dalších rostlinných paliv kolísá nejen podle druhu dřeva či rostliny, ale navíc i s vlhkostí, na kterou jsou tato paliva citlivější (graf 1). Dřevní hmota při přirozeném provětrávání pod střechou sníží svůj obsah vody na 20 % za jeden rok, řepková sláma jej za stejných podmínek sníží na 13 %.

Obsah energie v 1 kg dřeva s nulovým obsahem vody je asi 5,2 kWh. V praxi však nelze dřevo vysušit úplně, zbytkový obsah vody je asi 20 % hmotnosti suchého dřeva [7].



Graf 1: Výhřevnost biomasy v závislosti na její vlhkosti [20]

## Technologie pro zpracování biomasy

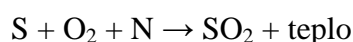
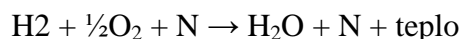
Technologie můžeme rozdělit do následujících skupin:

- Termochemické přeměny biomasy - suché procesy
  - spalování
  - rychlá pyrolýza
  - zplyňování
- Biochemické přeměny biomasy - mokré procesy
  - alkoholové kvašení
  - metanové kvašení
- Fyzikální a chemické přeměny biomasy
  - mechanické - štípnání, drcení, lisování, briketování, peletování, mletí, atd.
  - chemické - esterifikace surových bioolejů
- Získávání odpadního tepla při zpracování biomasy
  - kompostování
  - čištění odpadních vod
  - anaerobní fermentace pevných organických odpadů

Vzhledem k rozsahu práce se budu podrobněji zabývat pouze spalováním biomasy, jejím zplyňováním a metanovým kvašením v bioplynových stanicích.

## 4.4.1 Spalování biomasy

Biomasa se spaluje v klasických elektrárnách ve fluidních kotlích s cirkulací spalin, často spolu s energetickým uhlím. Pro průmyslové aplikace nebo systémy centrálního zásobování teplem se používají kotle nad 100 kW spalující také dřevní štěpku nebo balíky slámy. Spalování probíhá podle těchto rovnic [19]:



Biomasa je palivo vyžadující dodržení mnoha podmínek při spalování, protože podíl částí zplyňovaných při spalování je velmi vysoký (u dřeva je to 70 %, u slámy 80 %) na rozdíl například od koksu (5 %)[21]. Vzniklé plyny mají různé spalovací teploty. Proto se také stává, že ve skutečnosti hoří jenom část paliva. Podmínkou dokonalého spalování je vysoká teplota, účinné směšování se vzduchem a dostatek prostoru pro to, aby všechny plyny dobře shořely a nestalo se tak, že budou hořet až v komíně.

Dřevo či sláma – jsou-li správně spáleny – jsou hned po vodíku ekologicky nejšetrnějším palivem. Jediným příspěvkem ke znečištění ovzduší jsou oxidy dusíku ( $\text{NO}_x$ ), které vznikají při každém spalování za přítomnosti atmosférického vzduchu. Jejich množství závisí na kvalitě spalování, zejména na teplotě.  $\text{NO}_x$  mohou negativně působit na zdraví člověka, především ve vyšších koncentracích. Vdechování vysokých koncentrací, nebo dokonce čistých plynů, vede k závažným zdravotním potížím a může způsobit i smrt. Oxidy dusíku společně s oxidy síry tvoří kyselý déšť, které poškozují živé rostliny a půdu.

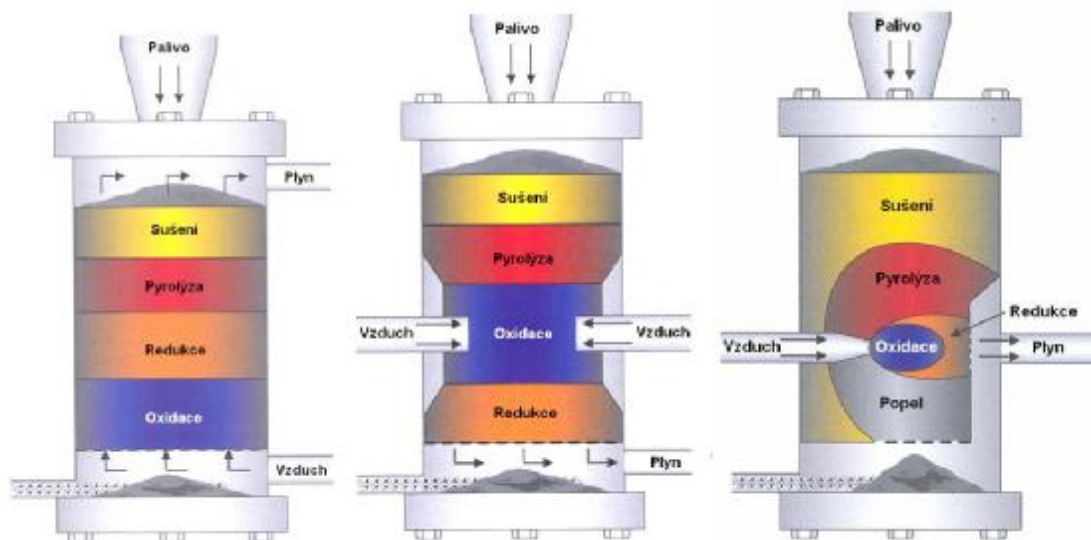
## 4.4.2 Zplyňování biomasy

Ze suché biomasy se působením vysokých teplot (kolem 500°C) uvolňují hořlavé plynné složky, tzv. dřevoplyn. Tento proces probíhá v generátoru (obr. 11) za pomoci vzduchu. Teplo potřebné k fungování tohoto procesu je vyvíjeno buď v samotném generátoru oxidací zplyňovaného materiálu, nebo může být dodáváno zvenčí. Vzniklý dřevoplyn se odvádí do spalovacího prostoru, kde se spaluje obdobně jako jiná plynná paliva. Výhodou je snadná regulace výkonu, nižší emise a vyšší účinnost.

Pyrolýza je zplyňování biomasy bez přístupu vzduchu. Podstatou pyrolýzy je ohřev materiálu nad mez termické stability přítomných organických sloučenin, což vede k jejich štěpení až na stále nízkomolekulární produkty a tuhý zbytek.

Rychlá pyrolýza je jedním z nejmodernějších procesů, které mění biomasu ve formě dřeva a jiných odpadních materiálů na produkty vyšší energetické úrovně, jako jsou plyny, kapaliny a pevné látky. Jejím primárním energetickým produktem je bio-olej, který lze snadno skladovat a přepravovat. Je to tmavě hnědá kapalina s výhřevností 16 až 19 kJ/kg. Správný průběh pyrolýzního procesu je dán extrémně rychlým

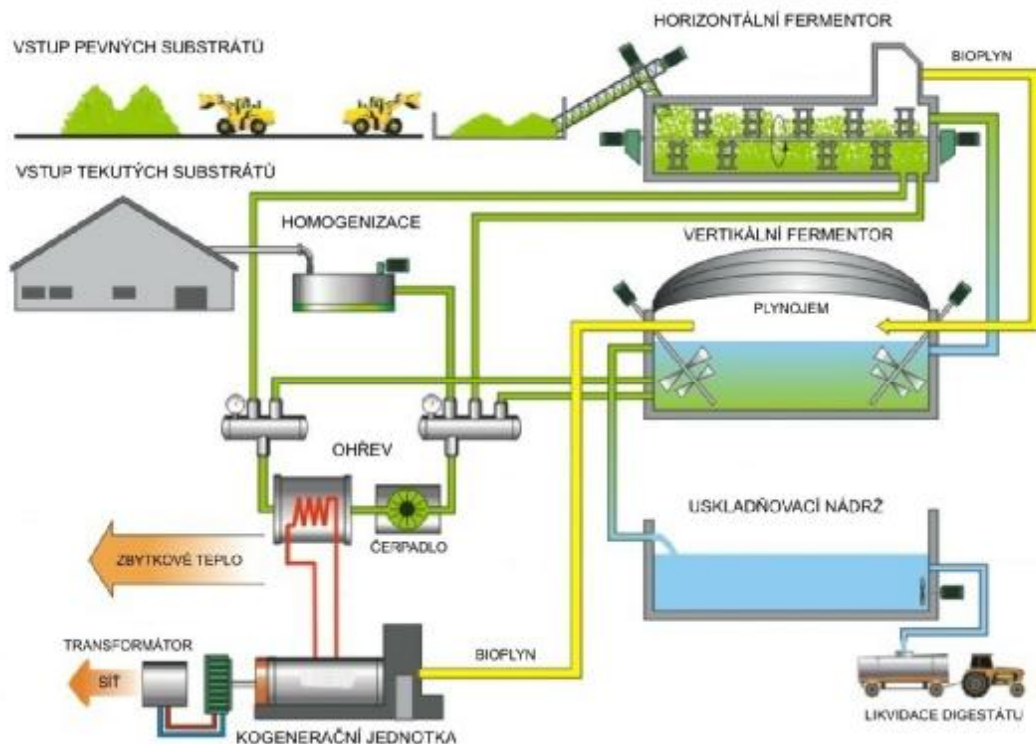
přívodem tepla do suroviny, udržováním potřebné teploty, krátkou dobou pobytu par v reakční zóně a co nejrychlejším ochlazením vzniklého produktu. [22]



Obr. 11: Generátor s pevným ložem – protiproudý, souproudý a s křížovým tokem [23]

#### 4.4.3 Bioplynové stanice

Hnilobné procesy, které jsou doprovázeny vznikem plynu bohatého na metan, probíhají na mnoha místech: v rašeliništích, v bahnitých plochách rýžových polí, v usazeninách řek a jezer, na skládkách, hnojištích, v jímkách odpadních vod a podobně. Podle výskytu mluvíme o plynu kalovém, bahenním, skládkovém nebo v zemědělství přímo o bioplynu. Uniká-li tento plyn do atmosféry, je za pomoci slunečního světla, ozónu a molekul HO rozložen na oxid uhličitý a vodu. Až do doby industrializace zůstávala zachována rovnováha mezi tvorbou a rozkladem metanu v atmosféře. Dnes již je však tato rovnováha narušena vlivem intenzivního chovu dobytka, pěstování rýže, ale i těžbou uhlí, při které uniká velké množství metanu. Metan se v dnešní době podílí asi 20 % na skleníkovém efektu a je hned po oxidu uhličitém nevýznamnější škodlivinou ve vzduchu. Za těchto okolností získává na významu technická výroba a zpracování bioplynu (obr. 12), neboť se tím eliminuje uvolňování metanu z otevřených skládek hnoje a kejdy. Při spalování bioplynu samozřejmě vzniká oxid uhličitý, ale ten je součástí koloběhu uhlíku v přírodě a nepřispívá k dalšímu zvyšování jeho koncentrace v atmosféře.



Obr. 12: Schéma bioplynové stanice [24]

Bioplyn je produktem metanových bakterií a jeho vznik můžeme rozdělit do čtyř fází:

- První fáze se nazývá hydrolýza. Jde o přeměnu makromolekulární organické látky (bílkoviny, tuky, celulóza apod.) na nízkomolekulární sloučeniny (jednoduché cukry, aminokyseliny a voda) za pomoci enzymů.
- Ve druhé fázi, nazývané acidogeneze, jsou produkty hydrolýzy štěpeny na jednodušší látky jako  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2$ , alkoholy a kyseliny.
- Ve třetí fázi vzniká kyselina octová,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2$ . Tato fáze se nazývá acetogeneze.
- Methanogeneze je poslední fází, při níž je v kyselém prostředí produkován metan a oxid uhličitý.

Aby tento proces mohl započít, musí mít metanové bakterie vhodné podmínky. Základním požadavkem je zamezení přístupu vzduchu, protože metanové bakterie jsou striktně anaerobní. Dalšími požadavky jsou zabránění přístupu světla, dostatečná vlhkost substrátu a stálá teplota.

Kvalita bioplynu je určena především množstvím metanu v poměru k množství oxidu uhličitého. Běžně se dosahuje 50 – 75 % metanu. Dalších 6 – 8 % tvoří amoniak, dusík, vodík a kyslík. Čerstvý bioplyn také obsahuje množství vodní páry [25].

Bioplyn má oproti jiným obnovitelným zdrojům energie tu výhodu, že je možné ho skladovat v plynojemech. Před jeho zpracováním je však nutná jeho úprava. Plyn vycházející z fermentoru je až ze 100 % nasycen vodní párou a obsahuje množství sirovodíku, který koroduje potrubí a armatury. Jelikož je ve fermentoru teplota vyšší než v okolí, po odčerpání plynu dojde ke zkondenzování většiny vodní páry. Vedle vysušení bioplynu je též nutné jeho odsíření. Dnes se silně prosadila metoda biotechnického odsíření nafoukáním venkovního vzduchu do plynojemu. Působením sírných bakterií dochází za přísunu vzduchu k přeměně sirovodíku na elementární síru, kyselinu sírovou a vodu. Síra se přitom usazuje na povrchu zpracovávaného substrátu a při hnojení slouží jako výživa rostlin.

Vyčištěný bioplyn má výhřevnost mezi 5,5 – 7 kWh/m<sup>3</sup> [25] v závislosti na obsahu metanu a může být použit k různým účelům. Stejně jako u jiných zdrojů lze při zpracování bioplynu využít kogenerace. U některých bioplynových stanic je využívána i mechanická energie, čímž se dosahuje až 95% účinnosti přeměny energie. Asi třetina vyprodukované energie bývá ale spotřebována na vlastní provoz bioplynové stanice. U většiny bioplynových stanic se používají pro kogeneraci naftové motory. Bioplyn se nečistí, a proto se k němu musí přidávat asi 8 % nafty kvůli mazání.

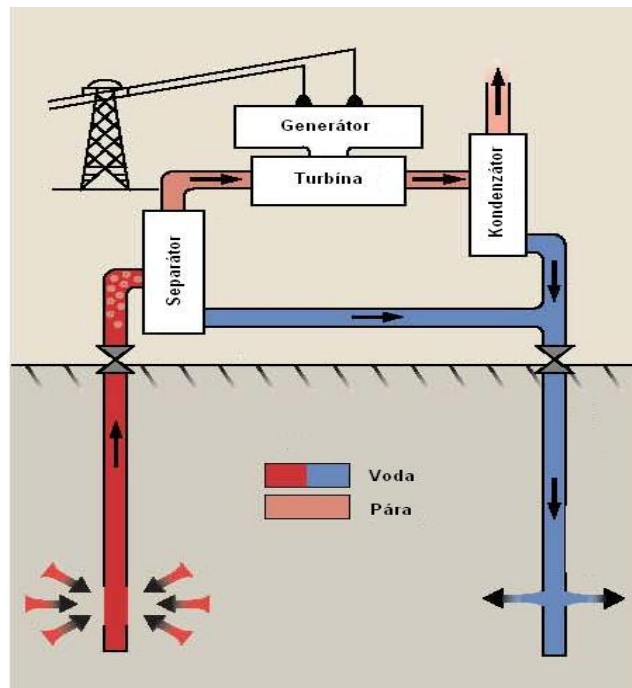
## 4.5 GEOTERMÁLNÍ ENERGIE

Geotermální elektrárny využívají k výrobě elektřiny tepelnou energii z nitra Země – na některých místech je teplotní spád více než 55 °C na 1 km hloubky. Rozlišujeme 2 druhy zdrojů geotermální energie: mokrá energie (energie páry a horké vody) a suchá energie (z hlubokých vrtů) [26].

### 4.5.1 Mokrá energie

#### Systém suché páry

Na některých místech jsou geologické poměry tak příznivé, že z podzemního tepelného zdroje – z vrtů nebo přírodních vývěrů – uniká přímo přehřátá pára. Ta pak (po odfiltrování kapiček vody) pohání turbíny elektrárny (obr. 13). Po ochlazení a zkondenzování se vrací sousedními vrty zpět do země, blíže k magmatickému poli. Tento postup je poměrně jednoduchý, je však použitelný pouze v případě dostupného zdroje o vysoké teplotě. Teplota páry může dosáhnout při sedminásobku atmosférického tlaku až 200 °C.



Obr. 13: Systém suché páry [27]

#### Systém mokré páry

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

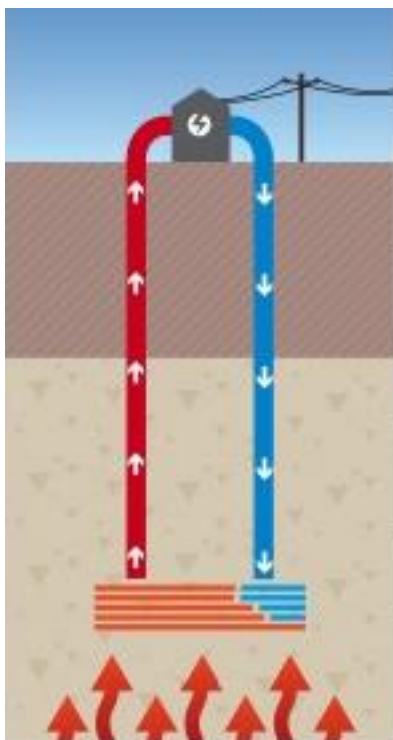
#### Horkovodní (binární) systém

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

## 4.5.2 Suchá energie

#### Horká suchá skála (metoda „Hot-Dry-Rock“)

Jestliže nejde v nitru Země nalézt žádné vrstvy propustné pro vodu, chybí médium, které by mohlo přenášet teplo na zemský povrch. To však ještě nemusí být důvod, abychom teplo ponechali v zemi. Postup „Hot-Dry-Rock“ (obr. 14) umožňuje využít i energii takové horniny, která nepropouští vodu. Uvolnění podobného zdroje tepla začíná vrtem. Odstřelem nebo tlakem vody se v hloubce kolem vrtu vytvoří umělé trhliny, aby se zlepšila výměna tepla. Pak se do vrtu zavádí voda, která přejímá teplo horké horniny a jiným vrtem vystupuje zpět na povrch. Teplo ohřáté vody se využije buď k výrobě páry v tepelném výměníku, nebo přímo k vytápění.



Obr. 14: Metoda hot dry rock [28]

Obecně lze ze zemských vrtů využívat nízkopotenciální i vysokopotenciální teplou vodu. Na rozdíl od většiny jiných typů elektráren, jako jsou jaderné elektrárny nebo elektrárny spalující fosilní paliva, nepotřebují geotermální elektrárny žádné palivo. Jejich nevýhodou je jednak to, že jsou dostupné pouze na některých místech zemského povrchu, jednak jejich cena. Výstavba geotermální elektrárny je zhruba pětikrát dražší než stavba jaderné elektrárny.

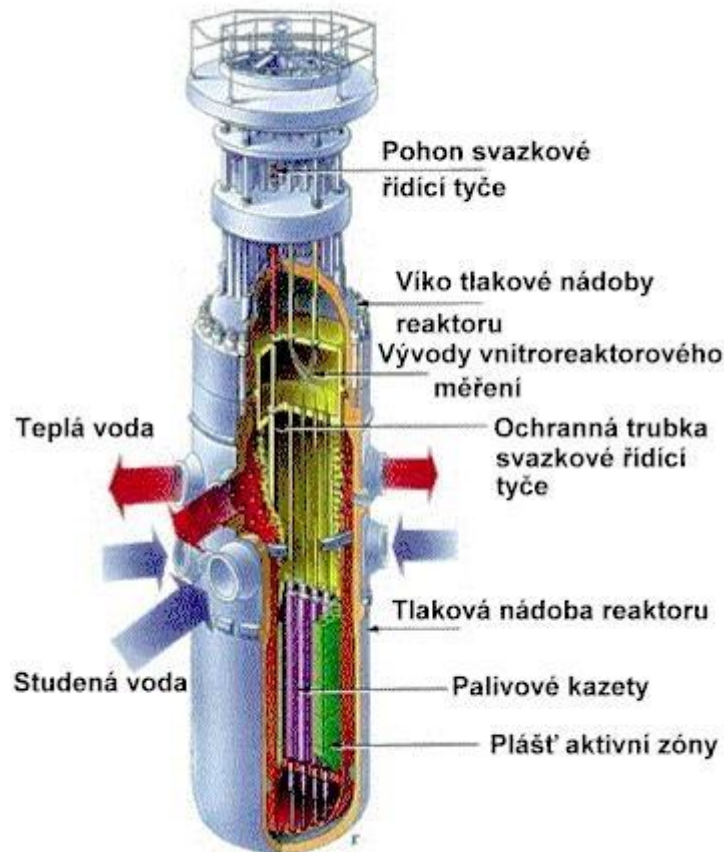
## 4.6 JADERNÁ ENERGIE

Jadernou energii sice nemůžeme zařadit mezi obnovitelné zdroje energie, avšak mezi udržitelné energetické zdroje jistě patří. Po dobu svého provozu nevypouští žádné znečišťující nebo zdraví škodlivé látky a je to stabilní zdroj energie, bez níž bychom se jen stěží dokázali obejít. Z hlediska výkonu by jaderná energie mohla být nahrazena pouze uhelnými elektrárnami. K těm má ostatně z hlediska principu funkce velmi blízko.

### Princip fungování jaderné elektrárny

Elektrická energie se v jaderné elektrárně vyrábí stejně jako v elektrárnách používajících fosilní paliva. Rozdíl je pouze ve zdroji tepelné energie. Tím je v případě jaderné elektrárny tepelná energie uvolňovaná při řízené štěpné reakci probíhající v jaderném reaktoru.

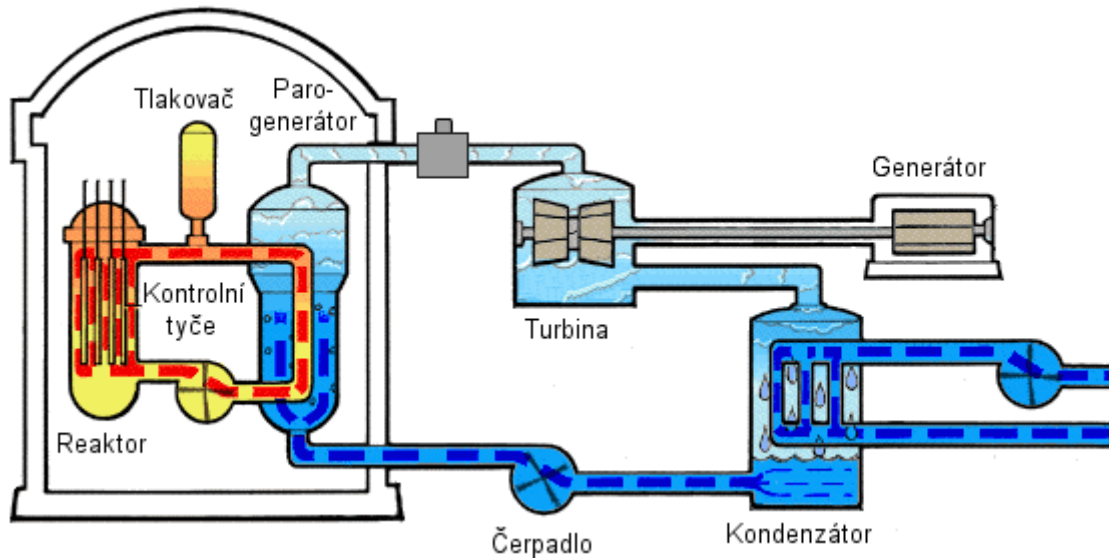
Jaderné elektrárny typu VVER (vodo-vodní energetický reaktor), pracující v ČR, se skládají ze dvou uzavřených okruhů (obr. 16): primárního (jaderného) a sekundárního (nejaderného). V primárním okruhu koluje voda, která chladí reaktor (obr. 15). Trubky primárního okruhu procházejí výměníkem, tzv. parogenerátorem, kde ohřívají vodu sekundárního okruhu. Tepelná energie vznikající v reaktoru se tedy pomocí primární vody předává vodě okruhu sekundárního.



Obr 15: Jaderný reaktor typu VVER [29]

V reaktoru a v celém primárním okruhu je poměrně vysoký tlak, který zabraňuje vodě ve varu a vzniku páry. Ta proto vzniká až v sekundárním okruhu, kde umožňuje přeměnu tepelné energie na energii pohybovou a elektrickou. K tomu slouží turbosoustrojí, tj. turbína poháněná sytou parou a generátor, který využívá pohybovou energii vyvinutou turbínou. Pára, jejíž tlak i teplota poklesly, je z turbíny odváděna do kondenzátorů, kde po ochlazení kondenzuje na vodu; ta je vrácena zpět do parogenerátoru, čímž se sekundární okruh uzavírá.

Chlazení v kondenzátorech, v nichž se páře odebírá již nevyužitelná energie, zajišťuje tzv. třetí chladicí okruh jaderné elektrárny. U jaderných elektráren v ČR jsou jeho nejvýznamnější součástí chladicí věže. Zde se voda ochlazuje odparem. Do ovzduší tak uniká pouze čistá vodní pára. Negativní dopad provozu jaderné elektrárny na okolí, např. na kvalitu ovzduší, je tedy prakticky nulový [30].



Obr. 16: Schéma jaderné elektrárny [31]

### Radioaktivní odpad

Radioaktivní odpady vznikají v jaderné energetice v podstatě v průběhu celého palivového cyklu – od vytěžení uranové rudy až po likvidaci elektrárny na konci její životnosti. Vyhořelé jaderné palivo představuje vysoce aktivní odpad, který je možné uložit nebo přepracovat na nové palivo. Při provozu jaderné elektrárny vznikají i nízkoaktivní a středně aktivní odpady.

Principem zneškodnění radioaktivních odpadů je jejich oddělení od biosféry takovým způsobem, aby po celou dobu jejich existence nemohlo dojít k ohrožení člověka a životního prostředí. Skladování použitého jaderného paliva je součástí koncové části palivového cyklu. Účelem skladování je snížení zbytkového tepelného výkonu použitého paliva na míru potřebnou pro jeho další přepracování nebo definitivní uložení jaderného odpadu v hlubinném úložišti. Tomuto účelu odpovídá i požadavek na životnost kontejnerů minimálně 60 let. [31]

Vyhořelé jaderné palivo z JE Dukovany se skladuje v meziskladu s kapacitou 600 tun uranu přímo v areálu elektrárny. V souvislosti s postupným naplňováním meziskladu bylo v roce 2003 vydáno stavební povolení na rozšíření kapacity meziskladu o 1340 tun uranu. S výstavbou podobného meziskladu se počítá i v areálu JE Temelín.

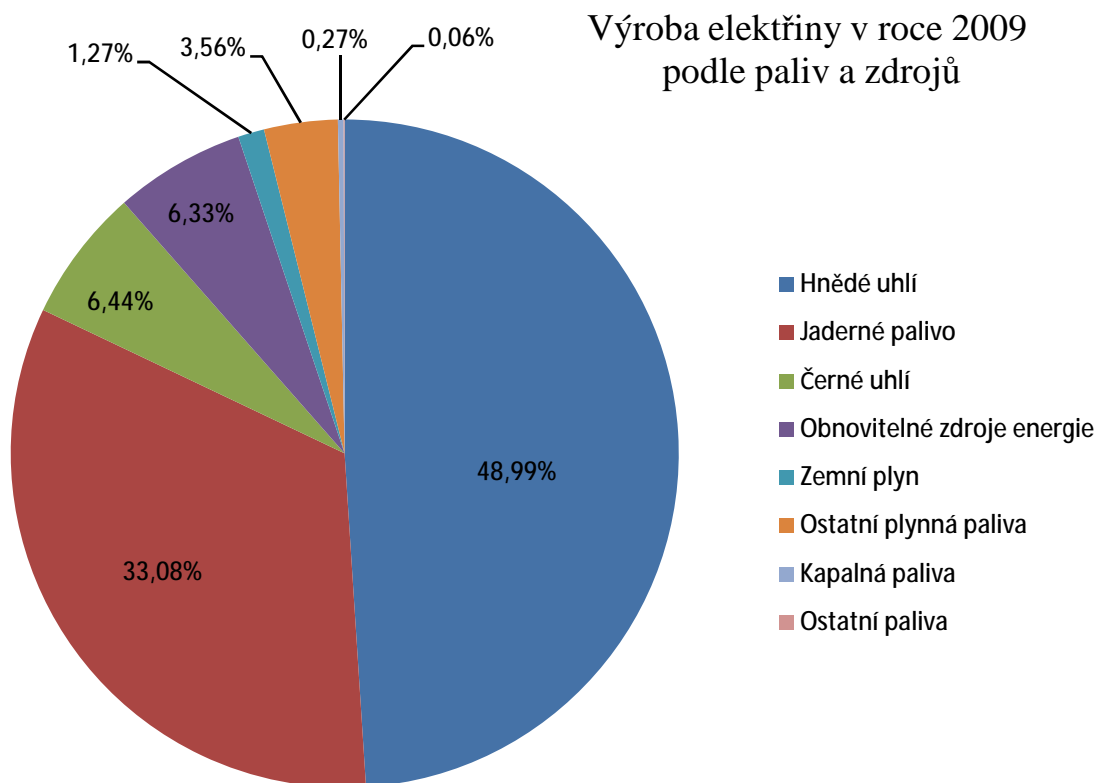
Pro trvalé uložení vyhořelého paliva je plánováno vybudování hlubinného úložiště odpadu. Všechny činnosti spojené s přípravou tohoto úložiště, výstavbou, uváděním do provozu, provozem a jeho uzavřením jsou plně v kompetenci Správy úložišť radioaktivního odpadu. [32]

## 5 ZHODNOCENÍ POTENCIÁLU UDRŽITELNÝCH ZDROJŮ ENERGIE V ČR

Tato kapitola hodnotí dosavadní vývoj výroby energie z udržitelných zdrojů v České republice. Dále přináší odhad jejich možného rozvoje s přihlédnutím k dosavadnímu tempu růstu, dotační politice a k možnému ovlivnění celé elektrifikační soustavy.

### 5.1 VÝROBA ELEKTŘINY V ČR

Největší část elektrické energie je v České republice stále vyráběna za pomoci spalování fosilních paliv (graf 2). Uhlí, ať už hnědé nebo černé, je stále nedůležitější energetickou surovinou a zároveň má největší zásluhu na tvorbě skleníkových plynů a znečištění ovzduší. Přímým spalováním uhlí se u nás v roce 2009 vyrobilo 45 672,4 GWh elektřiny. V porovnání s rokem 2008 se jeho podíl snížil z 57,8 % na 55,43 %, ale stále dosahuje nadpoloviční hodnoty na celkové výrobě elektřiny. Druhým nejvýznamnějším zdrojem je jaderná energie s podílem přesahujícím 33 % [33].

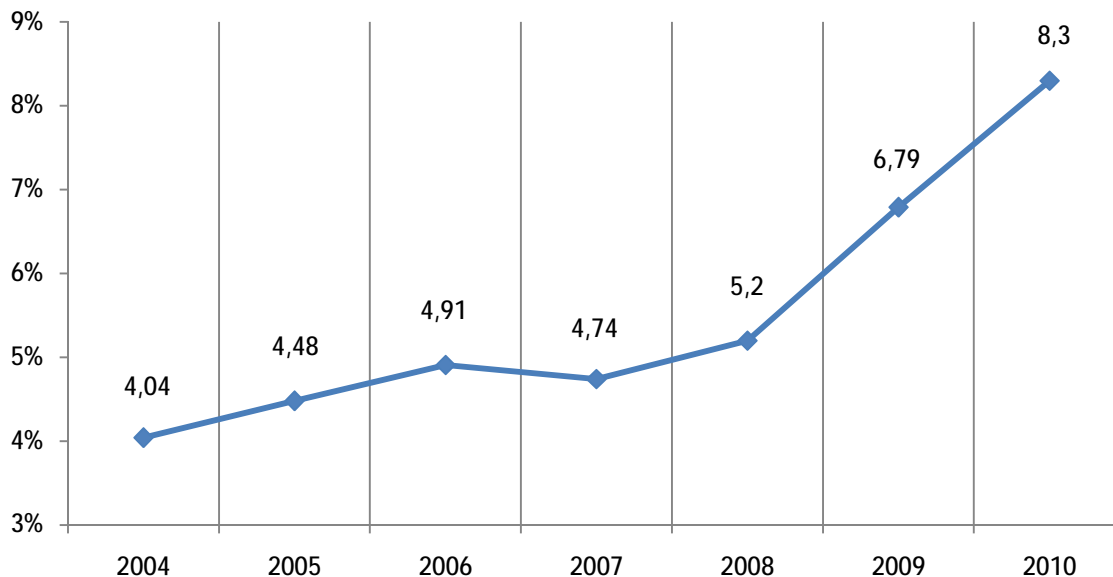


Graf 2: Výroba elektřiny podle paliv a zdrojů [33]

## 5.1.1 Závazky České republiky pro rok 2010

Česká republika se jako členský stát Evropské unie zavázala ke zvýšení výroby elektrické energie z obnovitelných zdrojů (Akt o přistoupení v příloze č. II, kapitole 12, A bod 8a) na 8 % podílu na hrubé domácí spotřebě v ČR v roce 2010 (graf 3). Zákonem byly vytvořeny stabilní podmínky pro podnikatelské rozhodování tím, že zákon definuje systém podpory formou pevných výkupních cen, případně příplatků k tržním cenám elektřiny. Zároveň garantuje vyšší výnosů z jednotky vyrobené elektřiny po dobu 15 let. Podle informací Energetického regulačního úřadu vyrobily v roce 2010 elektrárny využívající obnovitelné zdroje energie celkem 5854,5 MWh elektřiny [33]. Ke splnění indikativního cíle přispěla ve srovnání s rokem 2009 významně vyšší výroba ve vodních a fotovoltaických elektrárnách. Přesto v roce 2010 poprvé v historii poklesl podíl vodních elektráren na výrobě elektřiny z OZE pod 50 %. Zatímco u vodních elektráren se projevil vliv aktuálních klimatických podmínek, u fotovoltaických elektráren se projevilo výrazné zvýšení instalovaného výkonu. Vzrostl relativní podíl elektřiny z bioplynu, naopak klesl podíl větrných elektráren a biomasy, přestože v absolutních hodnotách rostla výroba elektřiny ze všech OZE.

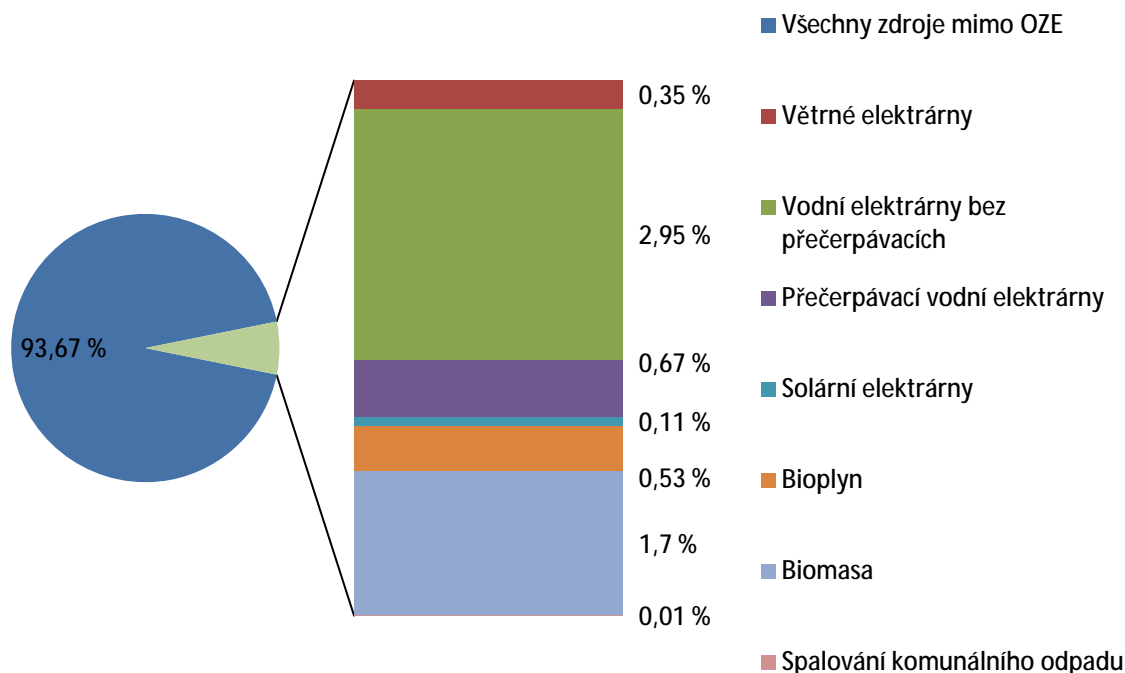
Vývoj podílu výroby elektřiny z OZE na hrubé domácí spotřebě



Graf 3: Vývoj podílu výroby elektřiny z OZE na hrubé domácí spotřebě [33], [34]

## 5.1.2 Podíl druhů OZE na výrobě energie v ČR

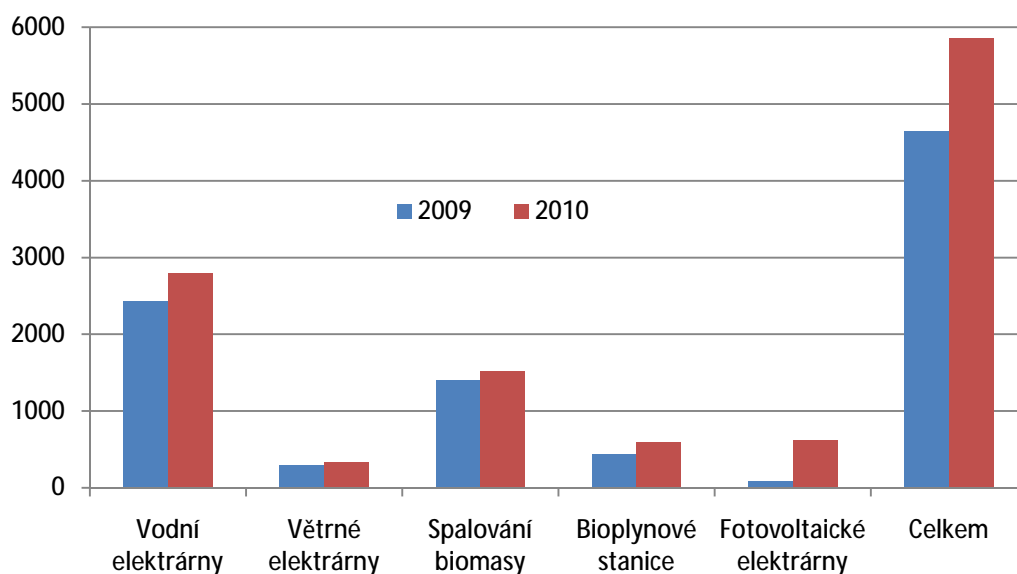
Zastoupení druhů OZE v roce 2009



Graf 4: Zastoupení druhů OZE na výrobě elektřiny [33]

Nejvyšší výroba elektřiny z OZE byla v roce 2009 z vodních elektráren. Produkce realizovaná ve vodních elektrárnách oproti roku 2008 výrazně stoupla o 406 GWh, což odpovídá 20 %. Následuje biomasa, kde byl zaznamenán nárůst o 232 GWh. Významný podíl zaujímá energetické využívání celulósových výluhů, kde takto vyrobená elektřina je spotřebována ve vlastních výrobních závodech. Za významnější zdroj elektřiny z obnovitelných zdrojů lze ještě považovat využívání bioplynu (441 GWh), u kterého došlo skoro ke zdvojnásobení výroby, a větrné elektrárny. Spalovny odpadů a fotovoltaické systémy, u nichž lze oproti roku 2008 zaznamenat sedminásobný nárůst produkce, měly z hlediska celkové výroby stále jen marginální význam (graf 4). U většiny ze zdrojů výroby elektřiny došlo k výraznému zvýšení, což má za následek, že celková výroba z udržitelných zdrojů energie se zvýšila o 24,76 %. Pokles byl zaznamenán pouze u výroby ze spalování tuhých komunálních odpadů a jeho zastoupení je minimální. Naopak nejvýznamnější nárůst byl zaregistrován u výroby elektřiny z bioplynu (o 65 %) a u fotovoltaických systémů (procentuální nárůst 590 %), což i přesto na celkovém objemu vyrobené elektřiny znamenalo pouze o 59 GWh více [33].

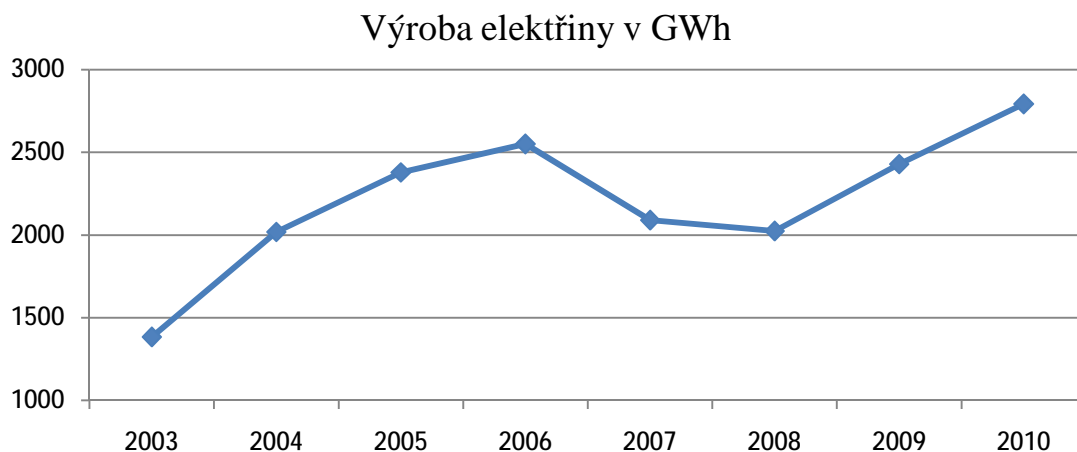
Nárůst výroby energie mezi lety 2009 a 2010 je patrný z následujícího grafu (hodnoty v GWh):



Graf 5: Meziroční nárůst výroby energie [33], [34]

## 5.2 VODNÍ ELEKTRÁRNY

Vodní energie je nejvýznamnějším obnovitelným zdrojem pro výrobu elektřiny, zejména z důvodu vhodných parametrů pro regulaci elektrické soustavy. Hodnota instalovaného výkonu vodních elektráren v ČR je přes 1 GW a představuje 8 % celkového instalovaného výkonu zdrojů pro výrobu elektřiny. Na celkové výrobě elektřiny se v loňském roce podílela 47,7 % [33]. Převážná část hydropotenciálu ČR je již dlouhou dobu využívána zejména k účelům regulace elektrizační soustavy. Obrovskou nevýhodou tohoto zdroje je závislost na hydrologických podmínkách v hodnoceném období (graf 6). Vzhledem k vysokému podílu výroby elektřiny ve vodních elektrárnách na zelené elektřině bude tato závislost nutně vytvářet výkyvy v celkovém objemu vyrobené zelené elektřiny v méně vodnatých letech.



Graf 6: hrubá výroba elektřiny z vodních elektráren [33], [34]

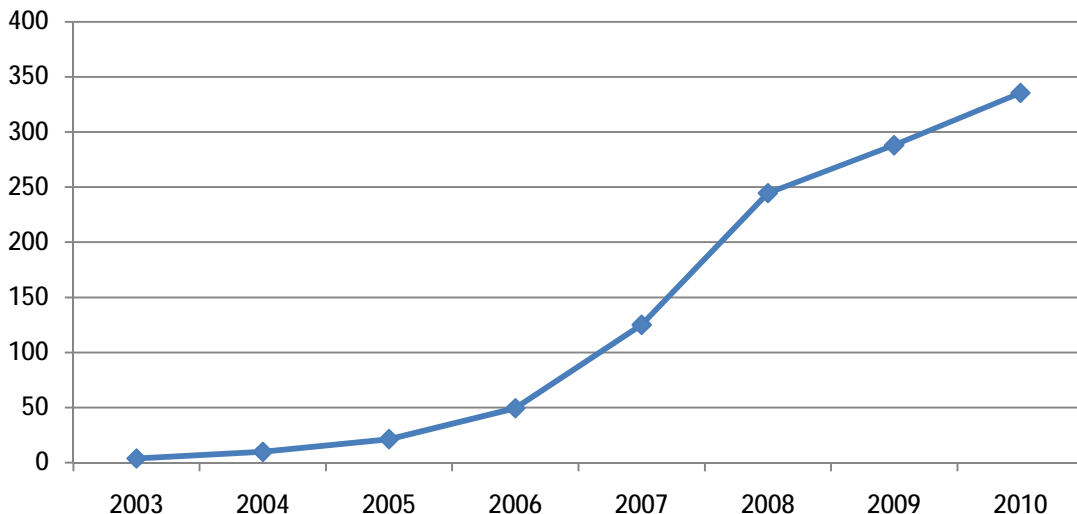
### Potenciál rozvoje vodních elektráren

Vodní energetika patří mezi dlouhodobě využívané zdroje energie, proto je potenciál vody téměř vyčerpán. Zbývá jen několik lokalit pro malé vodní elektrárny, soustředěných převážně na menších tocích. Tento potenciál tvoří necelou desetinu v současnosti využívaného výkonu. Využití zbývajícího potenciálu představuje výstavbu cca 100 MW instalovaného výkonu v malých vodních elektrárnách se spádem 2 až 5 metrů. Zvyšování výroby elektřiny z vodních elektráren je možné také díky rekonstrukcím, kdy dochází k instalaci výkonnějších turbín. Výstavba malých vodních děl je závislá především na ekonomických podmínkách a na vstřícnosti správců jednotlivých povodí k realizaci těchto projektů.

## 5.3 VĚTRNÉ ELEKTRÁRNY

Energie větru je v České republice v drtivé většině využívána k výrobě elektřiny určené k dodávkám do rozvodné sítě. Elektrárny s malým instalovaným výkonem slouží též pro vlastní potřebu majitele, jedná se však spíše o ojedinělé instalace. Do konce roku 2009 bylo na území ČR instalováno 193,2 MW elektrického výkonu větrných elektráren. Hrubá výroba elektrické energie větrných elektráren činila v roce 2009 celkem 288,1 GWh [33] a v roce 2010 to bylo 335,5 GWh [34]. Nárůst instalovaného výkonu v sektoru větrných elektráren byl docílen silnou státní podporou ve formě dotovaných výkupních cen.

Hrubá výroba větrných elektráren v GWh



Graf 7: Růst výroby elektřiny u větrných elektráren [33], [34]

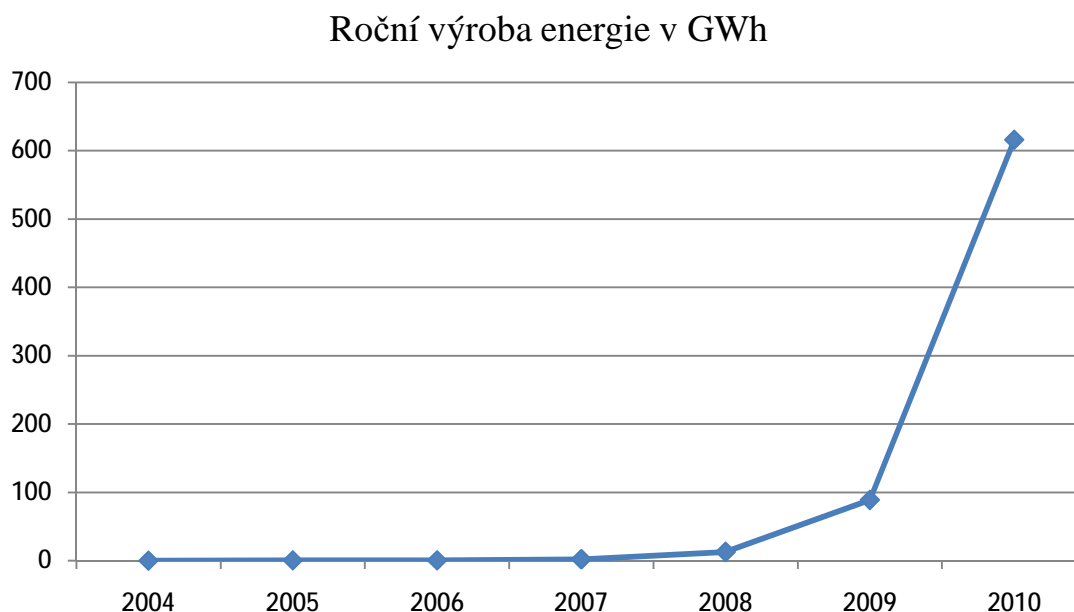
### Potenciál rozvoje větrných elektráren

V ČR existuje již delší dobu řada záměrů na výstavbu větrných elektráren, nicméně reálně lze počítat s celkovou výstavbou přibližně 350 větrných elektráren o celkovém instalovaném výkonu max. 800 MW. Projekty s největším počtem větrných elektráren jsou lokalizovány do centrální části Krušných hor, další jsou např. na Vysočině a jižní Moravě. Vzhledem k dosavadním zkušenostem s poměrně komplikovaným projednáváním umístění větrných elektráren se dá předpokládat, že řada plánovaných projektů nebude realizována. Z hlediska technické a energetické efektivity jsou větrné

elektrárny v kontinentálních podmínkách spíše zdrojem problémů, než konkurenceschopným energetickým zdrojem. Jejich masivní výstavba vede kromě zvýšené potřeby záložních zdrojů ke vzniku úzkých míst v soustavě a přetěžování vedení. Lze proto očekávat, že s postupným růstem jejich celkového instalovaného výkonu bude klesat i jejich podpora tak, aby se zachovala rozumná efektivita jejich provozování (v ČR mezi 600 – 700 MW) [33].

## 5.4 SOLÁRNÍ ELEKTRÁRNÝ

Fotovoltaické systémy mají v současné době z hlediska celkové výroby elektřiny poměrně nízký přínos, je však zřejmé, že instalovaný výkon prudce roste a prakticky již od roku 2007 je rozhodující část celkového výkonu připojena do sítě (graf 8). V roce 2010 činila hrubá výroba elektřiny v licencovaných solárních systémech 615,7 GWh a nárůst oproti roku 2009 byl velice výrazný (526,9 GWh) [34].



Graf 8: Vývoj instalovaného výkonu slunečních elektráren [33], [34]

V roce 2009 bylo nainstalováno daleko větší množství solárních panelů, než jaké se ještě v říjnu 2009 předpokládalo, a to i přes oslabení kurzu koruny na přelomu let 2008/2009. Následné opětovné posílení koruny a výrazné snížení investičních nákladů díky propadu ceny solárních panelů vedly ke vzrůstu počtu držitelů licencí pro provoz solárních elektráren o téměř 4 500. Díky snížení výkupních cen o 5 % (max. možná hranice snížení garantovaná zákonem č. 180/2005 Sb., o podpoře obnovitelných zdrojů energie) docházelo k urychlení procesů uzavírání kontraktů s termínem dokončení do 31. 12. 2009. Začátek roku 2010 byl pro investice do výroby solární energie skutečně velmi výhodný. Ceny komponentů se rapidně snížily a výrazně se zkrátila doba návratnosti investic. V únoru však distribuční společnosti přestaly udělovat kladná stanoviska k žádostem o připojení nových solárních elektráren, a to na žádost ČEPS, jenž se obával, že by přílišné a rychlé zapojování solárních elektráren do sítě mohlo vést k narušení její stability a mohlo by způsobit časté výpadky.

### Potenciál rozvoje solárních elektráren

V příštích letech bude tempo růstu nových solárních elektráren pravděpodobně klesat. Od začátku letošního roku platí nové výkupní ceny elektrické energie ze solárních zdrojů a oproti loňskému roku se dočkaly velkého snížení. U solárních elektráren s instalovaným výkonem nad 100 kW, které budou připojeny v roce 2011, klesne výkupní cena elektřiny na více než polovinu – tedy z 12,15 Kč za kWh na 5,5 Kč za kWh. U solárních elektráren s instalovaným výkonem od 30 do 100 kW se sníží výkupní cena elektřiny z 12,15 Kč za kWh na 5,9 Kč za kWh. U fotovoltaických zdrojů s instalovaným výkonem do 30 kWh bude výkupní cena nejvyšší, a to 7,5 Kč za kWh. V roce 2010 byla kilowatthodina vyrobená v elektrárnách o tomto instalovaném výkonu vykupována za 12,50 Kč [35].

Razantní snížení výkupních cen elektřiny z fotovoltaiky má omezit prudký nárůst využívání solárních zdrojů. Od příštího roku by měl vejít v platnost zákon, který zruší dotace na solární elektrárny umístěné na zemi a podpora bude směřována jen na střešní instalace.

## 5.5 SOLÁRNÍ VYTÁPĚNÍ A CHLAZENÍ

Jelikož solární kolektory používané pro vytápění nejsou napojeny na žádnou centrální síť, jako například fotovoltaické články, není možné přesně měřit energii jimi vyrobenou. Z tohoto důvodu se Ministerstvo průmyslu a obchodu rozhodlo koncem roku 2004 zahájit pravidelné roční šetření zaměřené na firmy podnikající na solárním trhu (tabulka 2). Zatím se na území bývalého Československa podařilo dohledat okolo 500 systémů s 25 tisíci m<sup>2</sup>. V České republice je dnes v provozu méně než 2000 m<sup>2</sup> těchto starých kolektorů. Bohužel již nelze předpokládat, že se počet nalezených starých kolektorů bude dále zvyšovat, spíše dochází k postupnému odstavování dosud činných starých systémů [33].

### Odhad celkové instalované plochy

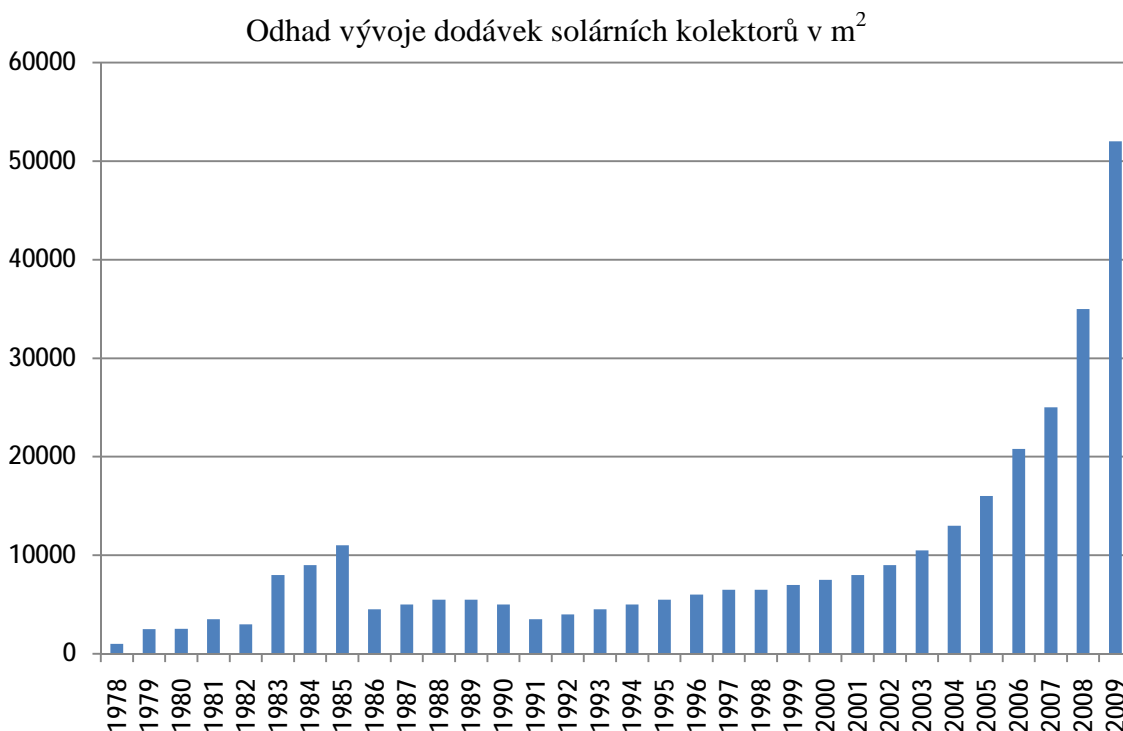
Výsledné hodnoty jsou uvedeny tak, jak byl odhadnut součet podle jednotlivých výrobních typů. S ohledem na přesnost šetření je však nezbytné pracovat se zaokrouhlenými hodnotami.

Tabulka 2: Celková instalovaná plocha činných systémů [33]

Rok	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Typ kolektoru	Celková instalovaná plocha činných systémů v m <sup>2</sup>						
Ploché zasklené	52 228	60 657	73 768	90 777	109 899	135 914	175 766
Vakuové	6 000	7 768	10 121	13 673	20 228	28 739	40 556
Koncentrační	727	745	805	805	805	830	830
Celkem	58 955	69 170	84 694	105 255	130 933	165 482	217 151

Na základě statistického šetření lze upřesnit celkovou plochu činných zasklených solárních kolektorů na konci roku 2009 na 217 tisíc m<sup>2</sup>. Dodávka zasklených solárních kolektorů činila v roce 2009 celkem 52 tisíc m<sup>2</sup>, meziroční nárůst tak činí 30 %. Zhruba 23 % prodeju tvoří vakuové trubkové kolektory. Těch bylo v roce 2009 dodáno na český trh necelých 12 000 m<sup>2</sup>. To je překvapivě mnohem více, než jich bylo ve stejném roce prodáno v Rakousku (7 758 m<sup>2</sup>), současně to ale odpovídá údajům z Německa a

Polska – tedy vyššímu tržnímu podílu vakuových trubkových kolektorů. Dodávka plastových bazénových absorberů činila v roce 2009 zhruba 41 tisíc m<sup>2</sup> [33].



Graf 9: Odhad vývoje dodávek solárních kolektorů v m<sup>2</sup> [33]

#### Odhad výroby tepelné energie

Při stanovení zjednodušujících průměrných hodnot použitelných pro odhady na úrovni ČR lze vyjít ze statistické praxe ostatních zemí EU a Mezinárodní energetické agentury IEA. Pro zjednodušující (statistický) odhad výroby tepelné energie ze solárních kolektorů je použit model rakouský, který doporučuje hodnotu 350 kWh/m<sup>2</sup>/rok pro ploché a hodnotu 550 kWh/m<sup>2</sup>/rok pro vakuové trubkové kolektory. Pro staré typy kolektorů je použita hodnota 280 kWh/m<sup>2</sup>/rok. Pro aktuální rok je uvažována pouze polovina vyrobené energie v daném roce vzhledem k rovnoměrnému časovému rozložení výstavby jednotlivých instalací během roku. S ohledem na výše odhadnutou plochu 217 000 m<sup>2</sup> zasklených solárních kolektorů je jejich instalovaná tepelná kapacita 152 MW a jejich energetický přínos v roce 2009 činil 266 TJ [33].

#### Potenciál rozvoje výroby tepla pomocí solárních kolektorů

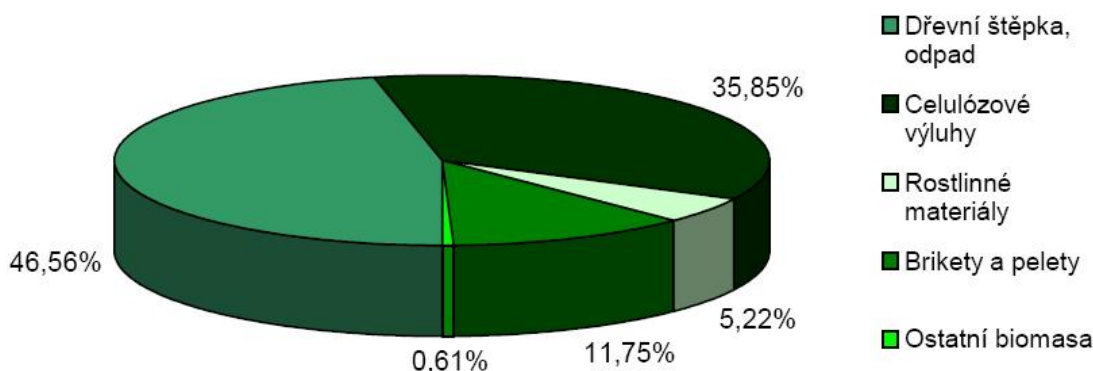
Z uvedených čísel vyplývá jednoznačně rostoucí trend využívání solárních kolektorů v ČR v posledních letech. Je nepochybné, že růst cen konvenčních paliv startuje nový masivní zájem o solární systémy. Mimořádnou a neopakovatelnou možností bylo do podzimu 2010 získání státních dotací. Nepochybně se rozsah podpory projevil na statistice dodaných kolektorů pro rok 2010. Dynamicky roste počet firem na trhu i celkový objem dodávek. Lze jen předpokládat, že tento zájem o solární tepelnou energii bude dále povzbuzen obnovením dotačních titulů ze Státního fondu životního prostředí (Zelená úsporám) pro fyzické osoby.

## 5.6 SPALOVÁNÍ BIOMASY

Biomasa má v podmínkách ČR z obnovitelných zdrojů pro výrobu elektřiny i tepla největší technicky využitelný potenciál. Využívání biomasy je tradiční, hlavně v oblasti výroby tepla. Elektřina vyrobená z biomasy nemá problémy se stabilitou dodávek a stabilitu lze dále maximalizovat současným využíváním biomasy spolu s fosilními palivy. Avšak biomasa má své limity. Jedná se především o dopravní dostupnost. Pěstování biomasy k energetickým účelům je efektivní pouze v určitém okruhu od uvažovaného využití. Dále je rostlinná biomasa limitována rozlohou půdy danou tzv. potravinovou bezpečností, dřevní je pak určována poptávkou pro neenergetické využití, pro domácnosti, příp. lokální vytopy.

V roce 2010 bylo vyrobeno celkem 1513,5 GWh [34] elektřiny z biomasy, což je opět více než v roce předchozím. Více než polovina vyrobené elektrické energie (55 %) byla dodána do sítě, zbytek elektřiny byl vykázán jako vlastní spotřeba podniků. Podíl biomasy na zelené elektřině dosáhl 25,9 %.

PODÍL DRUHŮ BIOMASY NA VÝROBĚ ELEKTŘINY V ROCE 2009



Graf 10: Podíl druhů biomasy na výrobě elektřiny [33]

Vedle růstu spotřeby „tradičních“ paliv – dřevního odpadu, pilin a štěpky (665 tisíc tun) a celulózových výluhů (242 tisíc tun) byl zaznamenán také růst spotřeby neaglomerované rostlinné hmoty (z 15 tisíc tun na 56 tisíc tun). Současně také vzrostla spotřeba pelet a briket z rostlinných materiálů (z 24 tisíc tun na rekordních 94 tisíc tun). Překvapivý je minimální meziroční růst u dřevního odpadu, pilin a štěpky, pouze o 86 tisíc tun [33].

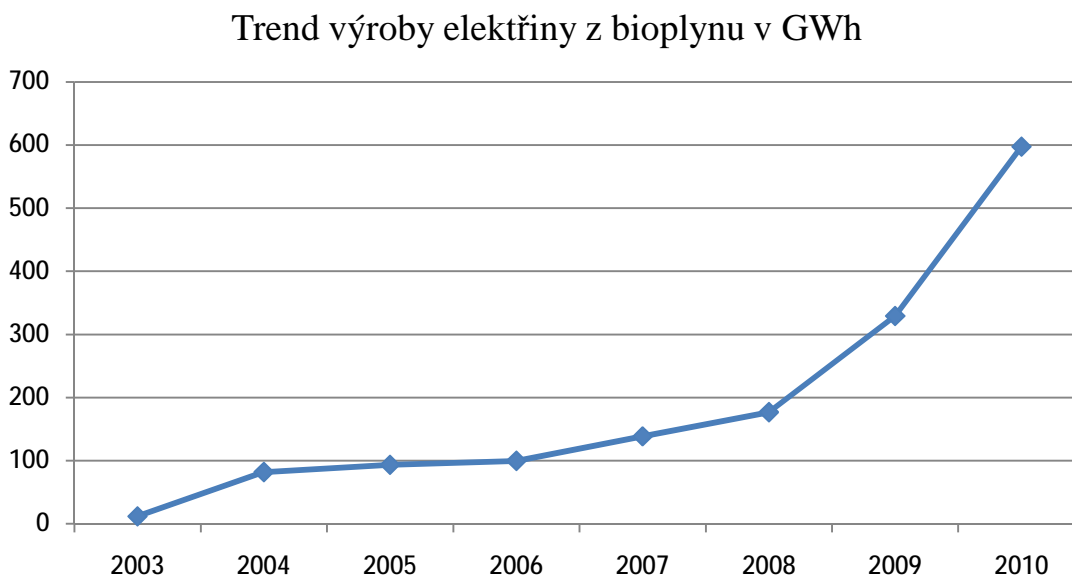
### Potenciál rozvoje energetického využití biomasy

I nadále pokračuje zvyšování spotřeby energetického materiálu rostlinného původu vypěstovaného přímo pro tento účel a využitého pro přímé spalování, nicméně toto zvyšování je pro pokrytí budoucí poptávky stále nedostatečné. V této oblasti se doposud významně projevovala nestabilita výkupních cen, způsobující problematiku rozhodování v zemědělském sektoru. Ministerstvo zemědělství vydalo tzv. Akční plán pro biomasu. Není to sice strategický dokument, ale jeho účelem je usměrnit a upravit

stávající opatření tak, aby se zefektivnily přístupy k využívání biomasy a v absolutní hodnotě zvýšilo její využití.

## 5.7 BIOPLYNOVÉ STANICE

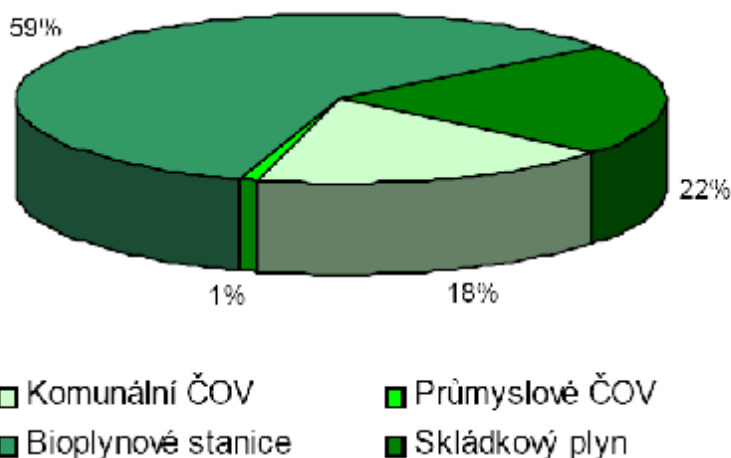
Využití bioplynu obecně má v ČR tradici zejména vzhledem k anaerobní fermentaci jako součásti technologie komunálních čistíček odpadních vod. Bioplyn zde vyrobený je především používán pro vlastní potřebu provozu. V posledních letech se ovšem ukazují jako velice perspektivní kvalitně realizované bioplynové stanice, které obzvláště v roce 2010 zaznamenaly vysoký vzrůst výroby (graf 11). Jsou to moderní a ekologická zařízení, která se běžně provozují v celé EU. Zpracovávají širokou škálu materiálů nebo odpadů organického původu prostřednictvím procesu anaerobní digesce za nepřístupu vzduchu v uzavřených reaktorech, kde vzniká bioplyn, který se dále používá na výrobu elektřiny a tepla.



Graf 11: Trend výroby elektřiny z bioplynu [33], [34]

Během minulého roku byl zaznamenán patrný vzrůst počtu zařízení na výrobu elektřiny pouze u bioplynových stanic. U těchto se počet zvedl o 52 zařízení, ale samotná hrubá výroba elektřiny stoupla o téměř 300 % [33]. Dodávka do sítě je výrazně větší, zároveň se snížila přímá dodávka elektřiny třetím stranám.

## PODÍL KATEGORIÍ BIOPLYNU NA HRUBÉ VÝROBĚ ELEKTRINY



Graf 12: Podíl kategorií bioplynu na hrubé výrobě elektřiny [33]

Se zvyšováním využívání skládkového plynu nelze do budoucna počítat. Právě naopak, záměr podporovaný EU je omezit skládkování na minimum a využívat jej pouze u předem zpracovaného odpadu, jenž nejde recyklovat nebo druhotně využít. Proto se předpokládá i pokles produkce skládkových plynů. Potenciál využití bioplynu z komunálních čistíren odpadních vod je již z velké části vyčerpán a významné změny nelze očekávat ani v souvislosti s výstavbou malých čistíren odpadních vod, kde neprobíhá anaerobní fermentace. U bioplynových stanic, kde je nejvyšší vzrůst, se očekává konstantní navyšování i do budoucna. To je dáno nutností efektivního využití orné půdy. Jako velmi výnosné se totiž ukazuje pěstování kukuřice, která je vhodná právě pro zpracování v bioplynových stanicích.

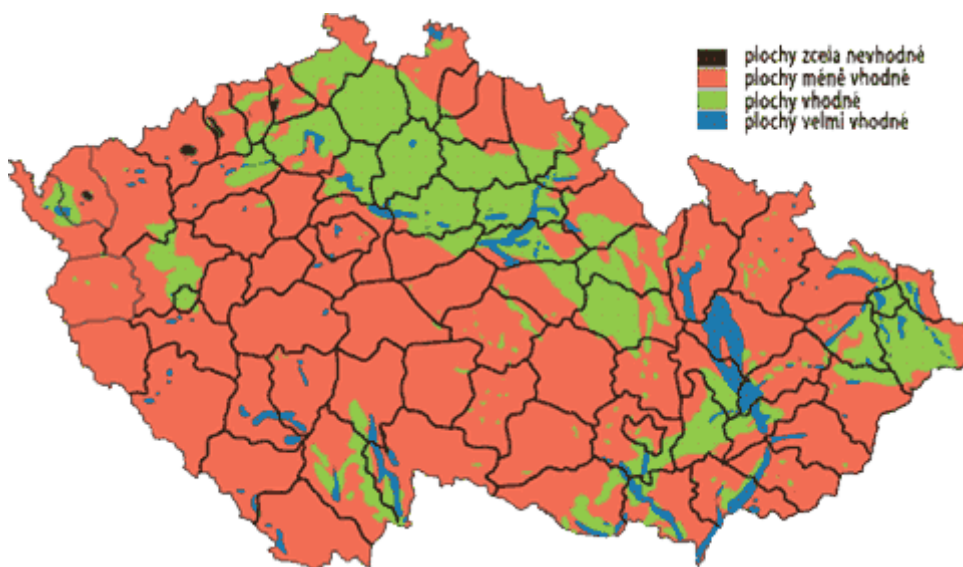
## 5.8 GEOTERMÁLNÍ ENERGIE

Česká republika prozatím využívá geotermální energii jen pro vytápění rodinných domů, budov nebo zoologických zahrad. V přípravách a ve výstavbě je ale několik geotermálních elektráren. Technické řešení a realizace geotermálních elektráren jsou velice náročné a investice značně vysoké. Nikdy nelze s jistotou potvrdit návratnost investice, dokud nejsou hotovy první zkušební vrty.

Geotermální elektrárny budou stát v Dětrichově na Liberecku, v Litoměřicích a s návrhem využití geotermální energie přišlo i město Lovosice. Ve všech případech však nelze počítat s využitím hydrotermálního zdroje (horké vody nebo páry pod povrchem země), nýbrž pouze s využitím suchých hornin („Hot Dry Rock“), které skrývají v hloubce 5 km teplo o 200 °C. V celé oblasti České republiky není žádné místo, kde by bylo naleziště horké vody vhodné pro výrobu elektrické energie. Horké prameny, které vyvěrají v lázeňských městech, se pro takové komerční účely využít nedají.

V Litoměřicích se od listopadu 2006 hloubí zkušební vrt pro geotermální elektrárnu, který by měl skončit v hloubce 2500 m. Pokud budou výsledky měření příznivé, začnou se hloubit další dva vrty – tentokrát již produkční. Tyto vrty mají dosáhnout hloubky až 5000 m. Elektrárna bude založena na metodě Hot Dry Rock, která ještě nebyla ve střední ani východní Evropě použita. Náklady na vybudování vrtů a geotermální elektrárny mají být kolem 1,11 miliardy Kč, na jejich krytí se bude podílet i EU. Elektrárna má mít tepelný výkon 50 MW a elektrický pak 5 MW. V Liberci hloubí zkušební vrt společnost ze Skupiny ČEZ, případný elektrický výkon elektrárny má být v řádu jednotek či desítky MW [35].

Z řady výzkumných studií je možné odvodit, že na našem území je podle prvních výpočtů možné identifikovat minimálně 60 lokalit vhodných pro výrobu elektřiny (obr. 17) s celkovým výkonem cca 250 MW a tepla na vytápění s výkonem cca 2 000 MW, což představuje roční výrobu cca 2 TWh elektřiny a 4 TWh [35] využitého tepla.



Obr 17: Místa vhodná pro výstavbu geotermálních elektráren [36]

## 5.9 JADERNÉ ELEKTRÁRNY

Jaderné elektrárny jsou po uhelných elektrárnách druhým největším zdrojem elektrické energie v České republice. Na celkové výrobě se podílejí 33 %.

Roční výroba elektrické energie v jaderné elektrárně Dukovany se pohybuje okolo 13,5 TWh, což představuje asi 20 % z celkové spotřeby elektřiny v České republice. Zbýlých 13 % je vyrobeno v jaderné elektrárně Temelín.

Dosažitelný výkon elektrárny Dukovany se přitom díky modernizačním turbín postupně zvyšuje – v roce 2005 dosáhl 1776 MW a v roce 2007 to bylo dokonce 1808 MW. V roce 2008 byl celkový roční průměrný výkon 1824 MW. Tepelný výkon každého ze čtyř reaktorů je 1375 MW [37].

U jaderné elektrárny Temelín se počítá s dostavbou dalších dvou bloků, přičemž každý z nich by mohl být o instalovaném výkonu až 1600 MW. Rozhodnutí o výběru dodavatele pro dostavbu Temelína má padnout na jaře roku 2013. Dostavba by v tom případě byla dokončena v roce 2025. Náklady se odhadují na několik set miliard korun. [38]

Dostavba dvou bloků v lokalitě Temelína je ekonomicky, logisticky, technicky i z hlediska dopadů na životní prostředí nejvýhodnější, protože využije již existující volné stavební pozemky a infrastrukturu. Původní projekt Jaderné elektrárny Temelín počítal se čtyřmi bloky a až během výstavby bylo rozhodnuto, že budou dostaveny pouze dva bloky. Zvýšení výrobní kapacity Jaderné elektrárny Dukovany umožňuje lepší využití jaderného paliva a použití průběžně zdokonalovaného paliva a modernizace turbín. [39]

## 6. ZÁVĚR

Ne všechny druhy udržitelných energetických zdrojů mají pro využití v České republice stejně velký potenciál. Vzhledem ke své vnitrozemské poloze nebude Česko moci nikdy přímo využívat například slapovou energii. S vnitrozemskou polohou souvisí i využívání větrných elektráren. Na pobřeží fouká silnější vítr, a to prakticky nepřetržitě, zato u nás je vítr slabší a v jeho rychlosti jsou větší výkyvy. Na druhou stranu jsme země s dobře rozvinutým zemědělstvím, což otevírá dveře moderním zdrojům udržitelné energie, jako je například využití biomasy.

Spalování biomasy i bioplynové stanice jsou stabilním zdrojem energie a navíc se dají jednoduše regulovat. Mohly by tedy vyrovnávat výkyvy v síti způsobené kolísáním výkonu solárních panelů a větrných elektráren. Pro tento rok se výkupní cena elektřiny z biomasy nezměnila a žádný velký pohyb cen se neočekává ani v příštích letech, a tak by tempo růstu tohoto odvětví nemělo klesat. Mezi lety 2009 a 2010 se výroba elektřiny pomocí bioplynových stanic zvýšila o 268 GWh [33], [34]. Pokud by byl stejný nárůst i v tomto roce, pak by bioplynové stanice vyrobily v roce 2011 přes 865 GWh energie. Spalováním biomasy by se při zachování tempa růstu 117,3 GWh za rok mohlo v tomto roce vyrobit až 1630 GWh a v České republice by tak bylo jen za pomoci biomasy vyrobeno 2695 GWh energie, což je množství srovnatelné s vodními elektrárnami (2793 GWh v roce 2010).

U vodních elektráren se očekává stagnace nebo jen malý nárůst instalovaného výkonu. V současnosti je jimi totiž pokryta již valná většina vhodných lokalit. Počítá se pouze s výstavbou vodních elektráren malého výkonu se spádem do 5 metrů. Další možností je rekonstrukce stávajících provozů, čímž by se zvýšila jejich účinnost, potažmo instalovaný výkon.

Naopak velký pokles tempa růstu bude zajisté u solárních elektráren. Po jeho masivním rozvoji v letech 2009 a 2010 stát zareagoval snížením výkupních cen o více než 50 %, což vedlo k očekávanému snížení zájmu o tuto technologii ze strany investorů. Na druhou stranu solární kolektory, nebo dokonce jejich kombinace s tepelnými čerpadly, by měly vést ke snižování tempa růstu poptávky po energiích. Ze statistik vyplývá, že solární kolektory jsou v Česku stále oblíbenější. Domácnosti, ale i majitelé veřejných budov, chtějí investovat do technologií, které jim sníží náklady na vytápění, chlazení nebo ohřev vody.

U větrných elektráren se tempo růstu instalovaného výkonu snížilo po roce 2008. Je to způsobeno hlavně omezeným množstvím vhodných lokalit pro jejich výstavbu a také různými protesty a peticemi ze strany ekologických organizací, které zpomalují či úplně zastavují schvalovací řízení.

Geotermální energie se v dohledné době nejspíš nedočká širšího využití, protože náklady na výstavbu jsou zatím příliš vysoké a realizace zkušebních vrtů je časově náročná. Před dokončením zkušebního vrtu navíc není jisté, jestli bylo zvoleno vhodné místo, návratnost této investice tedy není zaručena. Zatím se proto geotermální energie jeví jako vhodná spíše pro výrobu tepla než elektrické energie. Pro výrobu tepla totiž dostávají zdroje o nižší teplotě a takové jsou lépe dosažitelné. Pokud se však sníží náklady na zbudování geotermální elektrárny, tato technologie začne být určitě

používána ve větším měřítku, protože náklady na provoz jsou minimální a zahrnují pouze údržbu.

Jaderná energie bude nadále hrát velmi významnou roli v zásobování elektrickou energií. Po dostavbě dalších dvou bloků v elektrárně Temelín by mohla postupně ve značné míře nahrazovat využívání fosilních paliv. Tomu by mělo pomáhat zavádění nových obnovitelných zdrojů energie a uvědomělost na straně odběratelů.

Udržitelná energetika je důležitá jednak z hlediska snižování emisí skleníkových plynů a jiných škodlivin, jako je například polévatý popel, ale i z hlediska snižování závislosti na fosilních palivech. Jít cestou udržitelných energetických zdrojů není jen ekologické, ale je to přímo nutnost. Fosilní paliva nejsou nevyčerpatelná, a pokud jich začne být nedostatek, jejich cena začne úměrně stoupat. Pokud bychom nadále vyráběli většinu energie spalováním uhlí, odrazilo by se to na její ceně. Dnešní společnost se však bez elektrické energie neobejde a extrémní zvýšení její ceny by nutně vyústilo v ekonomickou a společenskou krizi.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] *Climate action : Energy for changing world* [online]. 2011 [cit. 2011-05-03]. Dostupné z WWW: <[http://ec.europa.eu/climateaction/eu\\_action/](http://ec.europa.eu/climateaction/eu_action/)>.
- [2] *Renewables in global energy supply : An IEA fact sheet*. Paris : IEA Publications, 2007. 34 s. Dostupné z WWW: <[http://www.iea.org/papers/2006/renewable\\_factsheet.pdf](http://www.iea.org/papers/2006/renewable_factsheet.pdf)>
- [3] *Vodní a tepelné elektrárny* [online]. 2009 [cit. 2011-05-02]. Dostupné z WWW: <<http://www.vodni-tepelne-elektrarny.cz>>.
- [4] BEDNÁŘ, J. *Malé vodní elektrárny 2: Turbíny*. Praha : SNTL – Nakladatelství technické literatury, n.p., 1989. 240 s.
- [5] *Wikipedie* [online]. 2011-03-30 [cit. 2011-05-02]. Dostupné z WWW: <[http://cs.wikipedia.org/wiki/Vodn%C3%AD\\_turb%C3%ADna](http://cs.wikipedia.org/wiki/Vodn%C3%AD_turb%C3%ADna)>.
- [6] *Obnovitelné zdroje energie* [online]. 2011 [cit. 2011-05-02]. Dostupné z WWW: <<http://www.oze.stuba.sk/oze/vodna-energia/>>.
- [7] *Alternativní zdroje energie* [online]. 2010 [cit. 2011-05-02]. Dostupné z WWW: <<http://www.alternativni-zdroje.cz/energie-prilivu-priboje.htm>>.
- [8] *Struktura větrné elektrárny* [online]. 2011 [cit. 2011-03-01]. ARES. Dostupné z WWW: <<http://www.aresico.com/cz/m/struktura-vetrne-elektrarny/>>.
- [9] *Skupina ČEZ : Výroba elektřiny* [online]. 2011 [cit. 2011-05-02]. Dostupné z WWW: <<http://www.cez.cz/cs/vyroba-elekriny/obnovitelne-zdroje/vitr/flash-model-jak-funguje-vetrna-elektrarna.html>>.
- [10] *ASB* [online]. 2011 [cit. 2011-04-18]. Dostupné z WWW: <<http://www.asb-portal.cz>>.
- [11] *EkoWATT : Centrum pro obnovitelné zdroje a úspory energie* [online]. 2011 [cit. 2011-05-2]. Dostupné z WWW: <<http://ekowatt.cz/>>.
- [12] *3pol* [online]. 2009 [cit. 2011-04-18]. Dostupné z WWW: <<http://3pol.cz/>>.
- [13] *Hytep.cz* [online]. 2006 [cit. 2011-03-01]. Palivové články. Dostupné z WWW: <<http://www.hytep.cz/?loc=article&id=5>>.
- [14] *Energetický ústav : Odbor energetického inženýrství* [online]. 2009-07-30 [cit. 2011-05-2]. Dostupné z WWW: <<http://oei.fme.vutbr.cz/absobehy.aspx>>.
- [15] MATUŠKA, T. *Hodnocení výkonnosti solárních kolektorů, Sborník konference Alternativní zdroje energie 2010*. Kroměříž : Společnost pro techniku prostředí, 2010.

- [16] ASB [online]. 2008-09-05 [cit. 2011-05-02]. Malé elektrárny ny střeše. Dostupné z WWW: <<http://www.asb-portal.cz/tzb/energie/male-elektrarny-na-strese-658.html>>.
- [17] CNE : Czech nature energy [online]. 2011-05-24 [cit. 2011-05-02]. Dostupné z WWW: <<http://www.cne.cz/solarni-ohrev-vody/uvod-do-termicky-systemu/>>.
- [18] Regulus [online]. 2011 [cit. 2011-04-18]. Dostupné z WWW: <<http://www.regulus.cz>>.
- [19] PASTOREK, Z; KÁRA, J; JEVIČ, P. *Biomasa : obnovitelný zdroj energie*. Praha : FCC Public, 2004. ISBN 80-86534-06-5.
- [20] BALÁŠ, M. *Čištění energoplynu kovovými katalyzátory*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2010. 133 s. Vedoucí dizertační práce doc. Ing. Zdeněk Skála, CSc.
- [21] BERANOVSKÝ, J. *Metody hodnocení vhodnosti a výtěžnosti oze pro účely energetických bilancí a energetické statistiky a pro účely regionálního územního plánování a energetických generelů*. Praha, 2000. 132 s.
- [22] *Biom : biomasa, biopaliva, bioplyn, pelety, kompostování a jejich využití* [online]. 2009 [cit. 2011-05-02]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/>>.
- [23] *INTERREG : Podpora lokálního vytápění biomasou* [online]. 2007 [cit. 2011-05-02]. Dostupné z WWW: <<http://www.biomasa-info.cz/>>.
- [24] *AGROMONT VIMPERK s.r.o. čeština Angličtina ilustrační obrázek - zvířata* [online]. 2011 [cit. 2011-05-02]. Dostupné z WWW: <<http://www.agromont.cz/cs/11/section-40/energetika-bioplynovy-stanice.htm>>.
- [25] SCHULZ, Heinz; EDER, Barbara. *Bioplyn v praxi*. Ostrava : HEL, 2004. 168 s.
- [26] *Časopis Školská fyzika* [online]. 2005 [cit. 2011-05-02]. Dostupné z WWW: <<http://sf.zcu.cz/>>.
- [27] DUFFIELD, A. *Geothermal Energy-Clean Power from the earth's Heat*. USGS, 2003.
- [28] *Green rock energy* [online]. 2009 [cit. 2011-05-02]. Dostupné z WWW: <<http://www.greenrock.com.au/geothermalBenefits.php>>.
- [29] Škorpík, J. *Jaderná energetika*, [on-line pokračující zdroj] Transformační technologie, ISSN 1804–8293, dostupné z WWW: <http://oei.fme.vutbr.cz/jskorpik/jaderna-energetika.html>, 2006.
- [30] *Jaderná energie* [online]. [cit. 2011-05-02]. Dostupné z WWW: <<http://www.jaderna-energie.cz/>>.

- [31] *Západočeská univerzita : Vývoj metod diagnostiky armatur v jaderných elektrárnách* [online]. 2011 [cit. 2011-05-02]. Dostupné z WWW: <<http://www.kky.zcu.cz/cs/research-fields/nuclear-power-plants-diagnostics>>
- [32] *Jaderná energie a ekologie* [online]. [cit. 2011-05-02]. Dostupné z WWW: <<http://www.ekologie-energie.cz/>>.
- [33] *Energetický regulační úřad* [online]. 2011 [cit. 2011-05-02]. Dostupné z WWW: <<http://eru.cz/>>.
- [34] BECHNÍK, B. Obnovitelné zdroje : Indikativní cíl splněn. *Energie21*. 2011-04-27, 2/2011.
- [35] *Nazeleno* [online]. 2011 [cit. 2011-05-02]. Dostupné z WWW: <<http://www.nazeleno.cz>>.
- [36] *Svaz podnikatelů pro využití energetických zdrojů* [online]. 2011 [cit. 2011-05-02]. Dostupné z WWW: <<http://www.spvez.cz/pages/geoterm.htm>>.
- [37] *Skupina ČEZ : Jaderná energetika v České republice* [online]. 2011 [cit. 2011-05-02]. Dostupné z WWW: <<http://www.cez.cz/cs/vyroba-elektriny/jaderna-energetika/je-v-cr.html>>.
- [38] ČTK, Temelín pojme i obří jaderné bloky. *Finanční noviny* [online]. 2011-05-17, [cit. 2011-05-19]. Dostupný z WWW: <[http://www.financninoviny.cz/os-finance/zpravy/temelin-pojme-i-obri-jaderne-bloky/638414&id\\_seznam=>](http://www.financninoviny.cz/os-finance/zpravy/temelin-pojme-i-obri-jaderne-bloky/638414&id_seznam=>)>.
- [39] *Český svaz vědeckotechnických společností* [online]. 2008 [cit. 2011-05-02]. Jaderná energetika v ČR. Dostupné z WWW: <<http://www.csvts.cz/cns/jb/>>.