

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ENERGETICKÝ ÚSTAV

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
ENERGY INSTITUTE

## OBNOVITELNÉ ZDROJE ENERGIE V ČR

RENEWABLE ENERGY SOURCES IN CZECH REPUBLIC

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

PETR DOHNAL

VEDOUcí PRÁCE  
SUPERVISOR

DOC. ING. JAN FIEDLER, DR.

BRNO 2009

## Abstrakt

Tato bakalářská práce je odbornou rešerší zabývající se využíváním obnovitelných zdrojů energie v České republice se zaměřením na vodní energii. V práci jsou stručně popsány oblasti výroby energií (elektrické a tepelné) z energie větru, slunečního záření, biomasy, geotermální energie a největší část je věnována zpracování vodní energie.

## Abstract

This bachelors thesis is a technical recherche of using renewable energy sources in Czech republic which is specialized on waterpower. In this work are shortly described kinds of productions energy (electric and heat) from wind power, solar radiation, biomass, geothermal energy and the largest part deal with processing waterpower.

### Klíčová slova

obnovitelné  
zdroje  
energie  
energie větru  
sluneční záření  
biomasa  
geotermální energie  
vodní energie

### Key words

renewable  
sources  
energy  
wind power  
solar radiation  
biomass  
geothermal energy  
waterpower

**Bibliografická citace této práce:**

DOHNAL, P. *Obnovitelné zdroje energie v ČR*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. 25 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Jan Fiedler, Dr.

### ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem byl seznámen s pokyny pro vypracování bakalářské práce. Celou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedených informačních pramenů pod vedením vedoucího bakalářské práce doc. Ing. Jana Fiedlera, Dr.

V Měříně dne 24. května 2009

.....  
Petr Dohnal

### **PODĚKOVÁNÍ**

Touto cestou bych rád poděkoval svým rodičům za to, že mne podporovali ve studiu, své ženě za trpělivost při psaní této práce a vedoucímu bakalářské práce panu doc. Ing. Janu Fiedlerovi, Dr. za odborné vedení.

Děkuji

## Obsah:

ÚVOD .....	- 7 -
1. Biomasa .....	- 8 -
1.1 Živočišná biomasa .....	- 8 -
1.2 Rostlinná biomasa .....	- 8 -
1.2.1 Dřevní hmota .....	- 8 -
1.2.2 Ostatní rostlinná biomasa.....	- 9 -
2. Větrná energie .....	- 10 -
2.1 Větrné mlýny .....	- 10 -
2.2 Větrné elektrárny .....	- 12 -
3. Energie ze slunce .....	- 13 -
3.1 Výroba elektrické energie.....	- 14 -
3.2 Výroba tepelné energie .....	- 14 -
4. Vodní energie .....	- 14 -
4.1 Z historie do současnosti.....	- 15 -
4.2 Dělení vodních elektráren.....	- 16 -
4.3 Elektrárny s instalovaným výkonem nad 200 MW .....	- 17 -
4.3.1 Přečerpávací elektrárny.....	- 18 -
4.4 Elektrárny s instalovaným výkonem od 10 MW do 200 MW .....	- 18 -
4.5 Elektrárny s instalovaným výkonem do 10 MW .....	- 18 -
4.5.1 Posouzení vhodnosti lokality pro malou vodní elektrárnu (MVE).....	- 18 -
4.5.2 Stavební část MVE .....	- 19 -
4.5.3 Strojní část MVE .....	- 19 -
4.5.4 Návrh turbíny do MVE.....	- 19 -
4.5.5 Ztráty .....	- 20 -
4.5.6 Mimořádné provozní stavy.....	- 21 -
4.5.7 Ekonomická návratnost stavby MVE .....	- 22 -
5. Geotermální energie, tepelná čerpadla.....	- 23 -
Závěr: .....	- 23 -
Použité internetové WWW stránky: .....	- 25 -
Použitá knižní literatura:.....	- 25 -

## ÚVOD

Chceme-li se zabývat problematikou obnovitelných zdrojů energie nejprve je zapotřebí definovat si pojem obnovitelný zdroj energie. Tento pojem definuje Zákon ze dne 16. ledna 1992 o životním prostředí [1] v paragrafu 7 odstavce 2 uvádí:

„Obnovitelné přírodní zdroje mají schopnost se při postupném spotřebovávání částečně nebo úplně obnovovat, a to samy nebo za přispění člověka. Neobnovitelné přírodní zdroje spotřebováváním zanikají.“

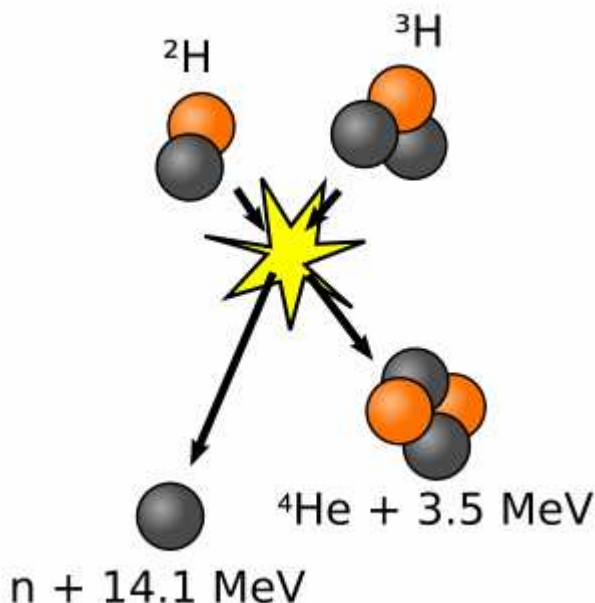
Tento zákon byl již několikrát novelizován. Další předpis který o této problematice hovoří je 180/2005 Sb. Zákon o podpoře využívání obnovitelných zdrojů:

„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.“

Záměrně jsem uvedl 2 definice různého stáří, aby bylo názorně vidět jak se pojem obnovitelných zdrojů energie v České Republice neustále vyvíjí, zavádí a upřesňuje.

Typickými představiteli neobnovitelných zdrojů energie jsou fosilní paliva jako ropa, zemní plyn a uhlí a uranová paliva jako např. uran. Tyto suroviny se člověk během svého vývoje naučil používat, aby mu dodávaly hnací sílu (energii) pro jeho stroje, které zabezpečují jeho pohodlí. Těžba těchto surovin však nebude a ani nemůže trvat věčně. Jednoho dne se stane, že dojde k vyčerpání posledního ložiska ropy, zemního plynu, uhlí, atd. Tento okamžik se dá oddálit zdokonalováním zařízení, které tyto suroviny spotřebovávají.

Pro opatření potřebné energie se dále nabízí výzkum dalších zdrojů energie, které doposud nejsou využívány to je například jaderná fúze (obr.1).



Obr.1 schéma termojaderné fúze deuteria  $^2\text{H}$  a tritia  $^3\text{H}$  na helium  $^4\text{He}$  za vzniku energie [2]

Tento výzkum již trvá dlouhá desetiletí, ale vědcům se stále nedaří vynalézt potřebnou technologii, která by byla schopna uvést v praxi již navržený princip slučování vodíku (deuteria a tritia) na helium při uvolnění velkého množství energie.

Ač se to zdá zvláštní, člověk prozatím nebyl schopen technologicky zvládnout tuto jadernou fúzi, přestože je pro člověka a celý život na Zemi, již od počátku života, primárním zdrojem energie právě energie vzniklá jadernou fúzí. Tato reakce probíhá ve hvězdách, nám nejbliže na Slunci.

Sluneční záření dodává energii, kterou příroda na Zemi různými způsoby spotřebovává např. na růst rostlin (vznik biomasy, fotosyntéza), vznik větrů, koloběh vody (tok řek), atd. Tyto zdroje nazýváme obnovitelnými. Stále se opakují a jsou relativně „nevyčerpatelné“. Aby byly opravdu nevyčerpatelné, je zapotřebí užívat je s rozumem, aby nedošlo k jejich zničení. Člověk se obnovitelné zdroje snaží využívat k přeměně na energii, kterou pak může dále využívat. Je nutné se intenzivně zabývat vývojem technologií které by zlepšovaly účinnost technologií pracujících s obnovitelnými zdroji energie.

Povězte si tedy více o obnovitelných zdrojích energie.

## 1. Biomasa

Biomasa rozumíme těla všech živých organismů. Může jít tedy o hmotu pocházející z těl živočichů nebo rostlin. Dle toho je možné rozdělit biomasu na rostlinnou a živočišnou.

### 1.1 Živočišná biomasa

Biomasa živočišná není využívána v takové míře jako biomasa rostlinná. Pochází z těl živočichů. Bylo by neekonomické chovat zvířata pouze na to, aby se po usmrcení zpracovávala pouze jako zdroj energie. Proto se nejčastěji využívá živočišná biomasa jako odpad z předchozího zpracování zvířat. Jako zástupce z této skupiny lze uvést například odpad z jatek či těla mrtvých zvířat. Tato živočišná hmota se zpracovává například na masokostní moučku, hnojivo, tuk, kliš, atd. Hmota která by byla schopna kvasit se také používá například na kvašení (fermentaci). Při fermentaci vzniká metan a další spalitelné plyny. Jako další odpad vyskytující se v odpadu z jatek je i rostlinná hmota, a to obsahy žaludků a střev. Tato rostlinná hmota se dá zpracovat kompostováním a dále poslouží k hnojení.

### 1.2 Rostlinná biomasa

#### 1.2.1 Dřevní hmota

Největší podíl na produkci rostlinné biomasy mají zemědělské a lesnické provozy. Bezesporu nejrozšířenějším a nejstarším využitím biomasy v ČR je přímé spalování [3]. Hlavní energetický význam má především dřevní hmota, ta se zpracovává na palivové dříví, peletky, štěpku atd. Pro výrobu elektřiny se spaluje v elektrárnách nejčastěji s dalším palivem jako je uhlí. V elektrárně v Hodoníně bylo za uplynulý rok (2008) spáleno nejvíce biomasy ze všech elektráren v ČR. Závislost získané energie z dřevní hmoty je přímo vázána na obsah vody obsažené v dřevní hmotě. Dá se přibližně říci, že všechny druhy dřevní hmoty (pocházející ze stromů) mají při stejné vlhkosti stejnou výhřevnost (výhřevnosti se liší v řádu 1-2 MJ/kg) na 1kg dřeva. Pro vytápění domácností je rozdíl ve výhřevnosti spalovaného dřeva neznatelný. Pro velkospotřebitele jako jsou teplárny a elektrárny spalující dřevní hmotu mají již údaje o výhřevnosti různých druhů dřevní hmoty svou hodnotu. V ČR se začínají objevovat tzv. rychle rostoucí dřeviny. Ty jsou vyšlechtěny speciálně pro rychlé přírůstky dřevní hmoty, mají však přibližně o 1/4 nižší výhřevnost. Tyto rostliny mají definované

nároky při kterých musejí být pěstované. Při nedodržení těchto nároků budou rostliny pomaleji přirůstat. Z dřevní hmoty se dá dobře využívat i klestu. Klest tvoří přibližně 1/4 až 1/3 objemu stromu. Hrubší klest lze zpracovat na polena a zbytek lze seštěpkovat. Při štěpkování čerstvě pořezaného klestu vzniká problém s vlhkostí štěpky. V případě spalování čerstvé vlhké štěpky je horší celková výhřevnost, ale za to dosáhneme toho že hoří i jehličí, které obsahuje značné množství pryskyřic, které dobře hoří. Při sušení klestu v hromadách jehličí opadá a je nebezpečí, že se v hromadách začnou množit škůdci.

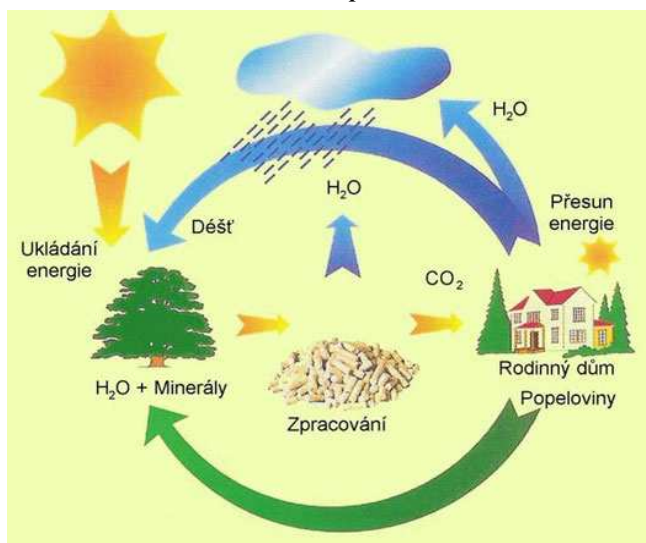
### 1.2.2 Ostatní rostlinná biomasa

Nejen dřevo, ale i další rostlinné produkty se dají přímo spalovat. Jde například o obilí (případně další plodiny), slámu, seno atd. Kotle pro spalování biomasy jsou nejčastěji jednoúčelové tzn. jsou určeny pouze pro jeden druh paliva. V domácím kotli na polenové dříví se sice dají spalovat i jiné druhy paliv, ale ne s takovou účinností spalování. Univerzální kotle ve kterých je možné spalovat více druhů paliv se vyrábějí, ale nejsou prozatím tak rozšířené. Biomasa se využívá také v podobě právě sklizených rostlin. Tyto rostliny se umístí do fermentační nádrže, kde probíhá fermentace. Organismy, které fermentaci provádějí vylučují, jako vedlejší produkt své činnosti, spalitelný plyn. Po dokončení fermentace se zbylý obsah fermentační nádrže použije jako hnojivo.

Spalováním biomasy vzniká různě vázaný uhlík například jako skleníkový plyn  $\text{CO}_2$ . Při spalování fosilních paliv vzniká tento plyn také, ale jeho zpětné navrácení do původního fosilního paliva není možné. U Biomasy se tomu však děje. Při spalování je vyprodukováno pouze tolik uhlíku kolik rostlina při svém růstu spotřebovala. Uhlík je tedy možno opětovně „uskladnit“ v biomase (obr.2). Množství vypuštěného  $\text{CO}_2$  je závislé na vlhkosti dřevní hmoty tak jak je uvedeno v následující tabulce.[5]

Vlhkost dřevní hmoty (%)	Produkce $\text{CO}_2$ (kg/t)
10	1654
20	1562
30	1286

Tab. 1 Produkce  $\text{CO}_2$  závislá na procentní vlhkosti dřevní hmoty



Obr.2 Koloběh  $\text{CO}_2$  v přírodě [5]

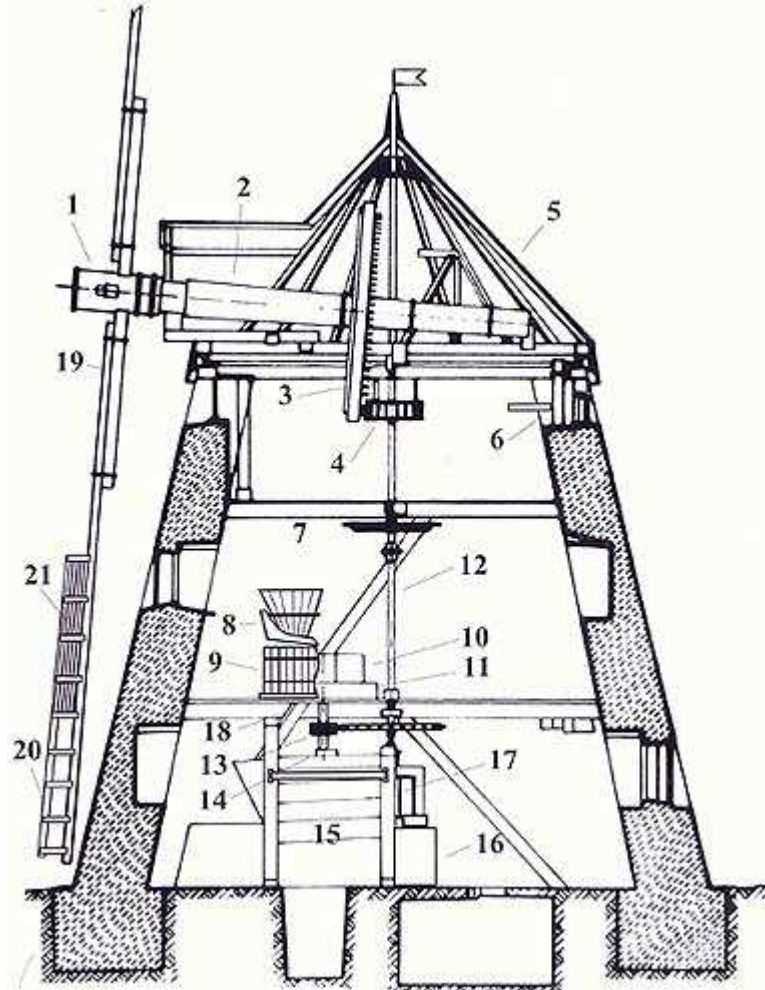
## 2. Větrná energie

### 2.1 Větrné mlýny

Kořeny využívání větru v ČR sahají nejspíše k větrným mlýnům. Byly to mlýny, pro které byla jedinou hnací silou větrná energie. Mlýny byly buď zděné a nebo měly celodřevěnou konstrukci. Byly závislé na povětrnostních podmínkách. Když nefoukalo nemlelo se. Tyto mlýny byly stavěny na kopcích, kde byly povětrnostní podmínky příznivé. Poslední stavby těchto mlýnů byly uskutečněny ke konci 19.stol. Větrné mlýny byly později nahrazeny mlýny vodními, které měly přibližně pětikrát větší výkon.[6] Při dobrém větru trvalo přibližně 2 hodiny sešrotovat 1q obilí. [6]



*Obr.3 Větrný mlýn v Kuželově [7]*

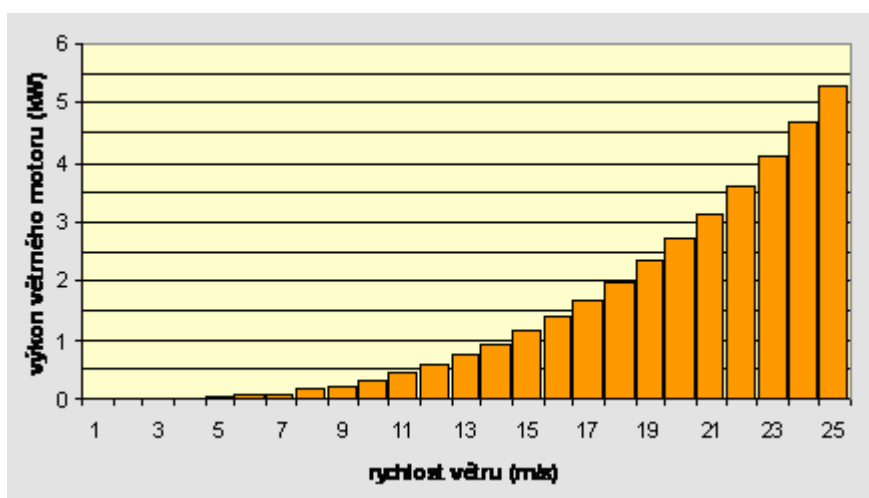


Obr.4 Schéma větrného mlýnu [8]

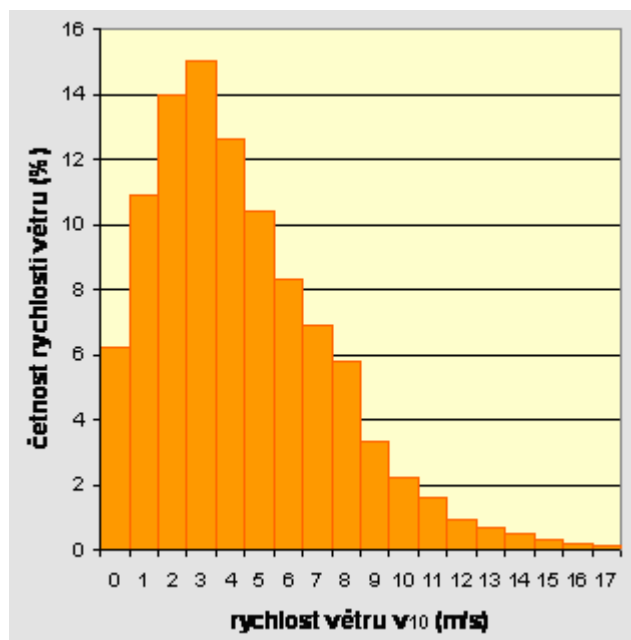
1. zakončení krku hřídele (hlava)
2. hlavní hřídel (val)
3. palečné kolo
4. převod mezi palečným kolem a svislou osou (trýb, cévl)
5. otočná jehlancová střecha
6. vrátek k otáčení střechy
7. násypný koš na obilí (násypka, koš)
8. pohyblivé dno násypky (korčák)
9. kryt mlýnských kamenů (lub)
10. horní mlýnský kámen (běhoun)
11. spodní mlýnský kámen (vytěrák, spodek)
12. svislý hnací hřídel
13. hnací soukolí
14. vačka pro pohon hasačertu (vaček)
15. schránka s moučnými síty (moučnice)
16. truhla na mouku (trukle)
17. moučný pytel otřásaný hasačertem
18. přechod meliva do moučnice
19. trámy perutí (pláte)
20. křídla větrného kola (perutě, lopaty)
21. výplně perutí (plachty, dračky)

## 2.2 Větrné elektrárny

Dnes se v ČR k využití větrné energie využívá nejvíce tzv. větrných elektráren. Jedná se z pravidla o vysoký stožár, na kterém je na horním konci upevněna vrtule s generátorem. Větrné elektrárny v ČR se stále staví a jejich počty narůstají rok od roku rychleji. Maximální instalovaný výkon na větrných elektrárnách je v ČR přibližně 2,5 MW. V ČR není mnoho míst, kde je tak silný vítr, který by byl schopen konat práci na větrné elektrárně stabilně. Větrné elektrárny jsou konstruovány aby pracovaly při rychlostech větru od 5 do 25 m/s. Při menší rychlosti větru vítr nemá dostatečnou sílu roztočit vrtuli a naopak při vyšší rychlosti větru se elektrárna automaticky zastaví, aby nedošlo k jejímu poškození.



Graf 1 Výkon elektrárny závislý na rychlosti větru [9]



Graf 2 Průměrné četnostní rozložení rychlosti větru v ČR [9]

S větrnými elektrárnami do ČR přichází spíše více problémů než kladných vlastností. Vyberme pouze nějaké. Při obtékání vzduchu kolem vrtule vzniká hluk o síle až 90dB. V zimě listy vrtule namrzají. Led narůstá až do větších rozměrů, kdy při odpadnutí by mohl

způsobit poranění či škody na majetku. Led může z otáčející se vrtule odletět až na vzdálenost okolo 100m zřídka i více. Proto se větrné elektrárny staví s ochranným pásmem 150m. Problém vzniká i při silném větru. V případě, že je na jednom místě postaveno více větrných elektráren tzv. větrný park (větrná farma) může se při silném větru vyrábět tolik elektrické energie, že to způsobí i výpadek celé elektrické sítě tzv. Blackout. Tento problém kvůli českým větrným elektrárnám prozatím nastat nemůže, protože na území ČR není větrných elektráren tak mnoho, aby dokázaly tento výpadek uskutečnit. V Německu mají však dostatek větrných elektráren, aby vážně ohrozily přenosovou elektrickou soustavu a zavinily Blackout.

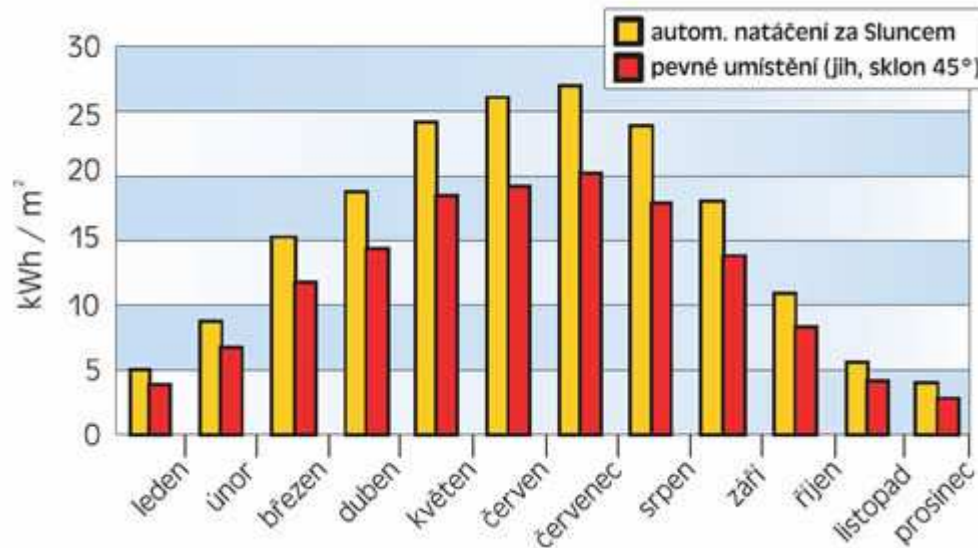


*Obr.5 Jedna z větrných elektráren u obce Pavlov na Vysočině*

### **3. Energie ze slunce**

Jak již bylo uvedeno v úvodu k této práci, energie ze slunce je „matkou“ všech obnovitelných energií. Přímé využití sluneční energie na výrobu některé z potřebných energií (elektřina, teplo, atd.) nemá dlouhého trvání. „Vytápění“ slunečním svitem bylo však používáno již dříve. Dbalo se na stavbu domu, aby byl nejlépe nastaven ke slunci a byl jím ohříván. Nyní se zaměříme pouze na zpracování slunečního záření k přímému využití na potřebnou energii.

Výroba námi kýžené energie je ovlivňována počasím v dané lokalitě a to hlavně na přímém slunečním záření dopadajícím na sluneční kolektor. Toto záření není po celý rok stejné. Je proměnlivé vlivem mraků, které zastíní kolektor a rázem se změní dodávané kvantum energie.



Graf 3 výroba energie ze slunce během roku [11]

### 3.1 Výroba elektrické energie

Děje se v tzv. fotovoltaických kolektorech. Důležitým jevem provázející výrobu energie z tohoto typu kolektorů je tzv. fotovoltaický jev. Pořizování těchto panelů je v dnešní době moderní avšak zkušenosti ukazují, že touto cestou se v budoucnu vydat nelze pokud nedojde k výraznému posunu účinností těchto panelů. Dnešní obvyklé panely dosahují účinností okolo 15 % a jejich životnost se uvádí okolo 20 let. Instalovaný výkon však klesá vlivem stárnutí panelů. Výkupní cena energie vyrobené touto cestou je vysoká (nejvyšší ze všech obnovitelných zdrojů energie), proto se v dnešní době tyto kolektory začaly stále více objevovat i jako elektrárny o výkonech v řádu desítek kW a více.

### 3.2 Výroba tepelné energie

Výroba tepelné energie se provádí ohřevem vody v solárních kolektorech. Voda v kolektoru se ohřeje a nuceným oběhem putuje do výměníku tepla kde odevzdá část své energie k dalšímu použití a opět se vrací do kolektoru. Teplá voda ve výměníku může být dohřáta v kotli. Voda z kolektorů není dostatečně teplá, aby mohla rychle vytápět dům může se proto dohřívat.

## 4. Vodní energie

Vodní energie je obecný pojem, který je možno rozdělit do těchto skupin [20]:

- mechanická energie vodních srážek
- mechanická energie ledovců
- mechanická energie moří
- mechanická energie vodních toků

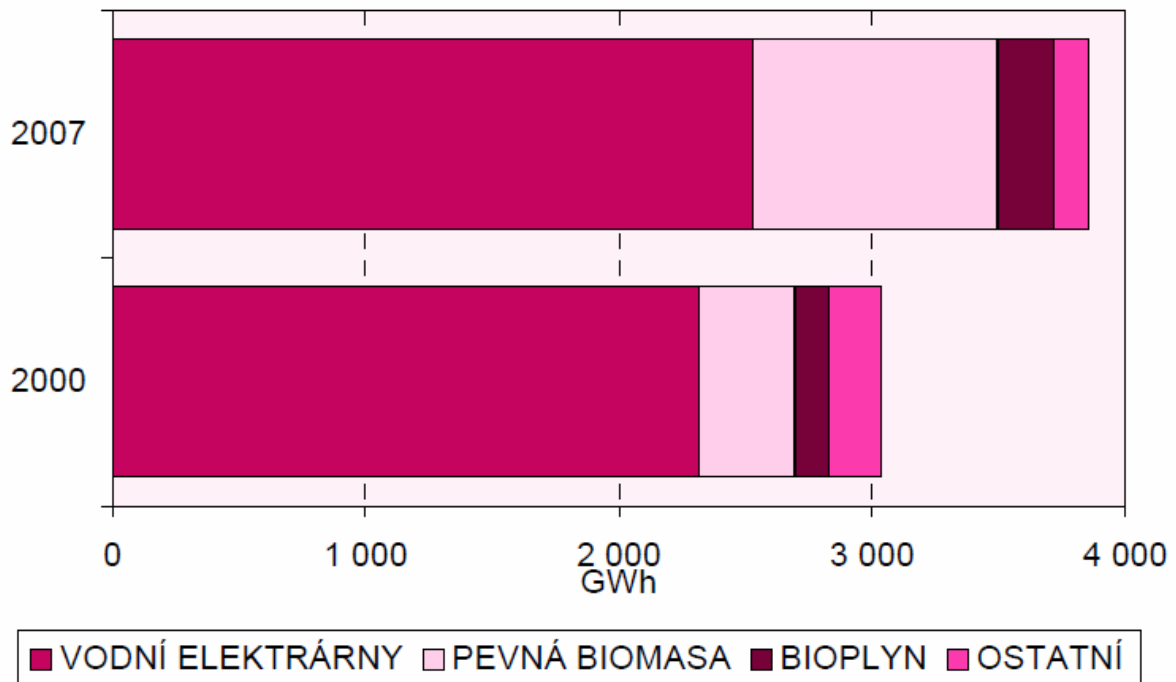
Pro využívání těchto energií se pro ČR nabízí pouze využití mechanické energie vodních toků. Česká republika leží na povodí 3 moří (Severní, Baltské a Černé). Řeky zde pramení, ale žádné větší toky ČR neprotékají. Všechny toky nejdříve nabírají na „síle“ a jak se z nich stanou velké toky - opouštějí hranice ČR. Není tedy mnoho příležitostí využít velkých vodních toků na velkých spádech k výrobě elektrické energie (jako například v Rakousku), ale je zde příležitost k budování malých vodních elektráren o menších výkonech.

#### 4.1 Z historie do současnosti

Historie využívání energie vodních toků má své kořeny staré přibližně 1500 let. Jako první využívaly tuto energii vodní mlýny. Za vynálezce vodních mlýnů udávají Řecké báje Kolumna Mifesa Mylanfa. Bohové mlýnů byli Molitor Mola Promylius a Luntus [21]. Vodní mlýny začaly stavět Římané v druhé polovině šestého století [21]. Patrně první věrohodná zmínka o mlýnech v Čechách je z roku 993, kdy kníže Boleslav II. daroval břevnovskému klášteru 2 mlýny. Na Moravě se první zmínka o mlýnech datuje k roku 1190 [21]. Od té doby se vodní díla stavěla (tedy nejenom mlýny) a rozšiřovala svůj sortiment do dalších odvětví jako například pily či valchy. Zlom nastává ve 20. století, jak ilustruje tabulka.

Rok	1925	1933	1950	1981	1986	1992	1998
Počet děl	15 000	11 700	5 470	135	260	900	1250

S vyvíjejícím se stupněm technického pokroku byly stavěny dokonalejší a účinnější stroje, které dokázaly lépe využít vodní energii. Zastaralá díla nebyla schopná konkurovat modernějším zařízením a zanikala. Velký zlom byl proveden komunistickou regulací po roce 1950. Mnoho vodních děl bylo zrušeno pro svoji malou kapacitu, zbylá díla byla znárodněna. Z 39 mlýnů v mikroregionu Velkomeziříčsko bylo rázem zastaveno 37 mlýnů pro svoji malou kapacitu. 1. zbylý mlýn mlel do roku 1969 a 2. do roku 1975, ale okolo roku 1950 byl plně elektrifikován kvůli regulaci místního vodního toku. Vodní díla, která byla i po politickém zásahu stále v provozu, byla používána převážně na výrobu elektrické energie. Po změně politického režimu vzniklo podnikatelské zázemí k obnově vodních děl. Staré mlýny byly obnovovány jen výjimečně do podoby mlýna, ale často se přestavovaly na malé vodní elektrárny (dále jen MVE). Z uvedeného počtu přibližně 15 000 vodních děl nacházejících se na našem území je zřejmé, že do tak velkého počtu se nevrátí. Často se jednalo o malé stroje, které měly výkon pouze několik kW. Na těchto lokalitách by se nevyplatilo novou elektrárnu stavět. Obnova by byla možná pouze za předpokladu, že stavební část konstrukce je ve vyhovujícím stavu a je zapotřebí zakoupit jen strojní část elektrárny. Doba návratnosti finance by byla i tak velice dlouhá. Česká republika se zavázala že do roku 2010 bude vyrábět 8% elektrické energie z obnovitelných zdrojů (v současné době se snaží atakovat hranici 5%). K výrobě takového množství elektrické energie největší měrou přispívají vodní elektrárny. ČR se tedy významnou měrou snaží podporovat obnovu, výstavbu a rekonstrukci vodních elektráren.



Obr.6 Výroba elektřiny z obnovitelných zdrojů energie[4]

## 4.2 Dělení vodních elektráren

Vodní elektrárny lze rozčlenit do kategorií dle různých hledisek jako je instalovaný výkon, velikost vodního spádu, způsob získání vodního spádu, řízení provozu atd. Hlavní dělení jsou tyto:

Rozdělení dle velikosti instalovaného výkonu v souladu s ČSN 75 0128:

- velké s instalovaným výkonem nad 200 MW
- střední s instalovaným výkonem od 10 MW do 200 MW
- malé s instalovaným výkonem do 10 MW

Rozdělení dle získaného spádu

- přehradové - spád je vytvořen přehradou
- zdržové (jezové) - spád je vytvořen jezem
- derivační - využívá se odvedení vody mimo vodní tok pomocí např. kanálu či potrubí
- přehradně derivační – kombinace derivační a přehradové metody
- bez vzdouvací stavby

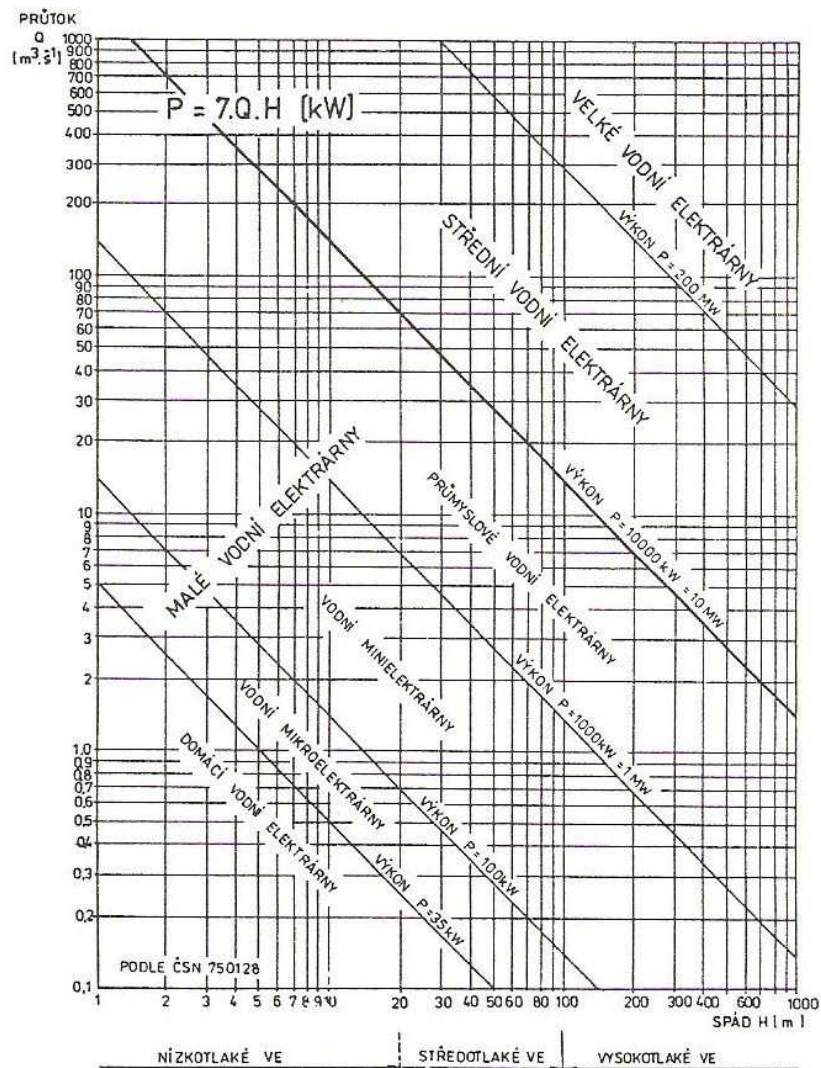
Rozdělení dle charakteru průtočného režimu

- průtočné – nemají akumulaci nádrží
- akumulaci – mají akumulaci nádrží, nepracují stále, ale jen část dne (do této skupiny patří i elektrárny přečerpávací)

Rozdělení dle řízení provozu

- s ručním ovládním
- částečně automatizované
- automatizované

Výše uvedená rozdělení jsou převzata z [20].



Obr. 7 Rozdělení vodních elektráren dle [23]

### 4.3 Elektrárny s instalovaným výkonem nad 200 MW

Stavba dalších děl o takovémto výkonu je v České republice již vyčerpána. Za určitých okolností by bylo možné postavit takto velkou elektrárnu pouze ze předpokladu výstavby velké přehradní nádrže. Ta by musela mít parametry pro osazení takto velkou elektrárnou. Toto řešení se v současné době nikde neplánuje. Tyto elektrárny není možné již postavit, ale je možné je zdokonalovat. Stále se upravují, optimalizují a vyladují turbíny, které u takto velkých elektráren dosahují největší účinnosti ze všech typů vodních elektráren. Je zapotřebí si uvědomit, že každé procento účinnosti u takovýchto elektráren znamená 2 a více MW výkonu. Takto velká elektrárna je v ČR pouze na přehradní nádrži Orlík s celkovým instalovaným výkonem 364 MW. Tato elektrárna je osazena 4 Kaplanovými turbínami, každá o výkonu 94,5 MW.

### 4.3.1 Přečerpávací elektrárny

Je vhodné uvést, že i přečerpávací elektrárny Dlouhé stráně (650 MW) a Dalešice (480 MW) spadají do kategorie elektráren s instalovaným výkonem nad 200 MW. V ČR se nachází ještě jedna přečerpávací vodní elektrárna a to Štěchovice (45 MW) na Vltavské kaskádě. Přečerpávací elektrárny nejsou považovány za elektrárny, které využívají obnovitelný zdroj energie. Pracují v turbínovém a čerpadlovém chodu. Slouží převážně k vykrytí špiček maximální spotřeby elektrické energie. Náběh této elektrárny na plný výkon se udává v řádech desítek sekund. Elektrárna Dlouhé stráně je opatřena reverzními Francisovými turbínami. Přečerpávací elektrárny pracují v čerpadlovém chodu nejčastěji v nočních hodinách kdy celková spotřeba elektrické energie výrazně poklesne oproti denní spotřebě a tedy nastane přebytek elektrické energie.

### 4.4 Elektrárny s instalovaným výkonem od 10 MW do 200 MW

Tyto elektrárny se v ČR vyskytují na tzv. Vltavské kaskádě. Za všechny například Lipno I (výkon 120 MW), Kamýk (40 MW), Slapy (144 MW), Štěchovice (22,5 MW), atd. Výstavba elektráren o tomto výkonu již v ČR možná je. Výkon takovéto elektrárny by dosahoval hodnoty maximálního výkonu v řádu desítek MW. Vyžádalo by si to stavbu další střední přehradní nádrže. Tuto stavbu by provázela řada kardinálních problémů a proto nelze čekat velký rozvoj těchto elektráren. Dá se říci, že ČR již vyčerpala svůj hydroenergetický potenciál na stavbu takovýchto elektráren.

### 4.5 Elektrárny s instalovaným výkonem do 10 MW

Jedná se o nejčtenější skupinu vodních elektráren v ČR. Rozvoj těchto elektráren je podporován. Nejjednodušší cestou k výstavbě takovéto elektrárny je přestavba starého vodního díla. Komplexní výstavba nového vodního díla je finančně náročná. Protože tyto elektrárny mají v ČR největší potenciál rozvoje budou v následujícím textu blíže popsány.

#### 4.5.1 Posouzení vhodnosti lokality pro malou vodní elektrárnu (MVE)

Vhodnost lokality se určuje z hydroenergetického potenciálu vodního toku. Většina řek v ČR pramení a jejich hydroenergetický potenciál je rozptýlen do malých toků, které jsou nevyužitelné k výrobě elektřiny. Než-li vodní tok nashromáždí dostatek energie pro odevzdání ve vodním díle opouští hranice ČR. Pečlivý průzkum lokality jak po stránce hydrologické tak po stránce ekologické je nutné provést před započítáním návrhu MVE. Jako nejdůležitější vlastnost lokality je možno považovat výskyt chráněných rostlin či živočichů. V takovém případě by schválení po ekologické stránce nebylo kladné. Dalšími důležitými aspekty je odměření vodního spádu a průtoku vody během celého roku. Jelikož žádný rok není stejný je nejlepší provádět měření průtoku po několik let a z těchto hodnot vycházet. Uvažování dat pouze z jednoho kalendářního roku by mohlo být zavádějící.

Jako základní výpočet při návrhu MVE se počítá teoretický výkon  $P$

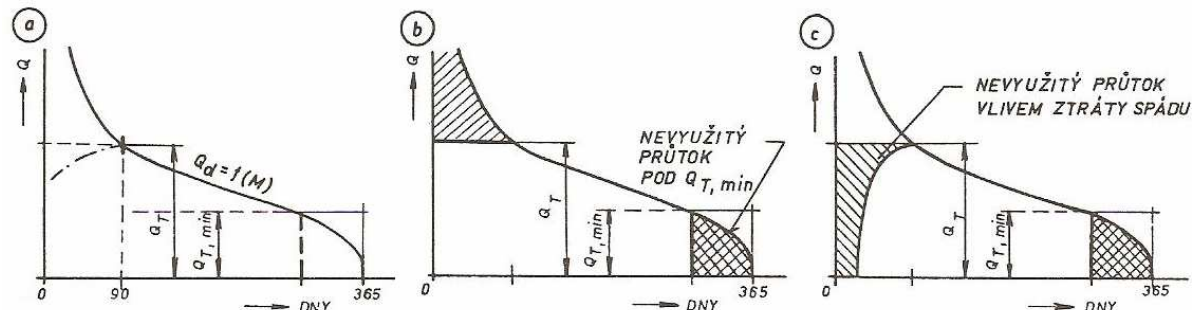
$$P = Q \times \rho \times g \times H \quad [W = J \cdot s^{-1}]$$

Kde:  $Q$  – průtok vody [ $m^3 \cdot s^{-1}$ ]  
 $\rho$  – hustota vody [ $kg \cdot m^{-3}$ ]  
 $g$  – gravitační zrychlení [ $m \cdot s^{-2}$ ]  
 $H$  – výška vodního sloupce [m]

Teoretický objem dodané energie do sítě  $E$  je pak

$$E = P \times t$$

Kde :  $P$  – teoretický výkon  
 $t$  – doba provozu MVE



Obr. 8 Vlivy na roční výrobu elektrické energie v důsledku nuceného nevyužití toku [23]  
 a – čára překročení průtoku, b – ztráty při nízkých průtocích, c – ztráty při povodňových průtocích

#### 4.5.2 Stavební část MVE

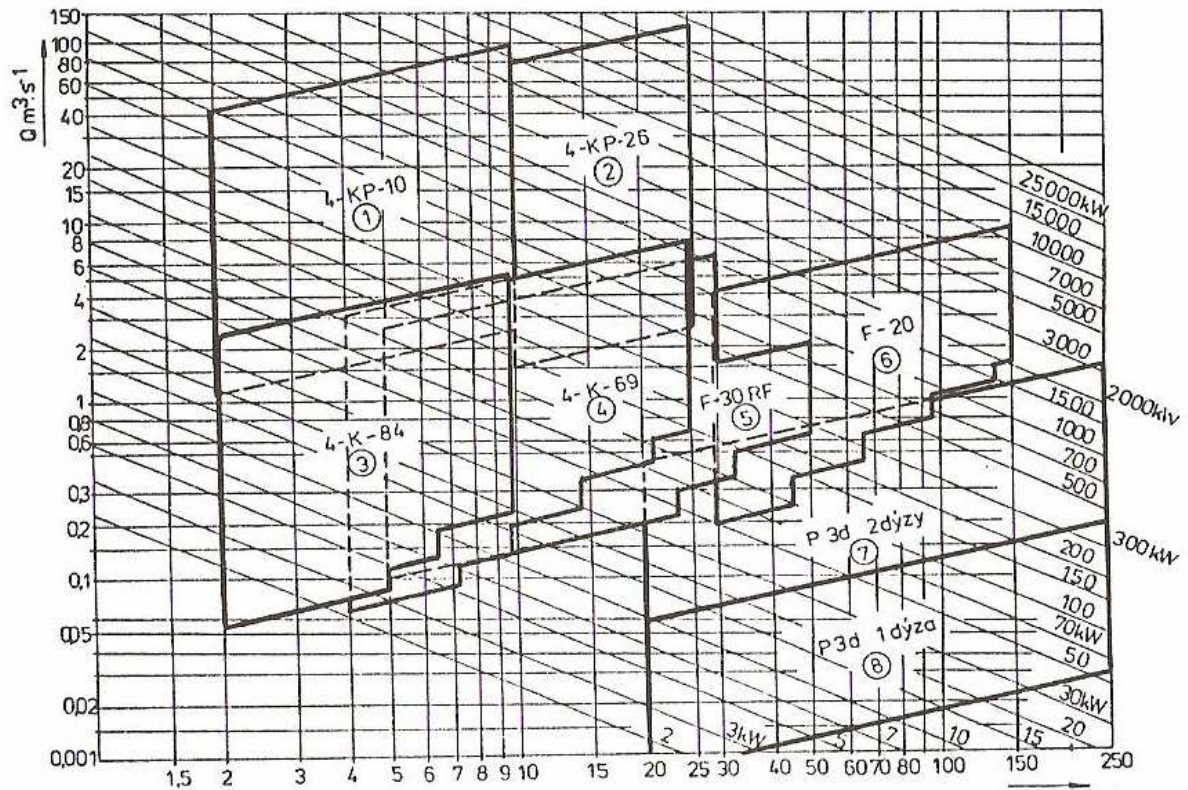
Stavební část MVE je nejnákladnější z celé stavby MVE. Nelze komplexně vyčíslit cenu stavebních prací. Záleží na typu elektrárny, zda je nutno přivádět vodu na delší vzdálenosti, zda je nutná stavba vzdouvacího díla, přírodního kanálu atd. Tento návrh by měla vypracovat specializovaná firma. Stavební část je třeba konzultovat i s vodohospodářským institutem. Je nutné dodržovat přísné předpisy, aby nedošlo k narušení biologického systému okolí. Při projektování MVE je nutné myslet především na dobu zvýšené vodní hladiny (či na povodně), aby elektrárna nebyla ohrožena zvýšenou vodní hladinou a nedošlo k jejímu zničení případně poškození.

#### 4.5.3 Strojní část MVE

Voda před vstupem do vodní elektrárny musí být očištěna od hrubých nečistot, jako jsou nánosy listí, větví, odpadků atd. Pro tuto operaci se u elektráren používají tzv. česle (nejprve česle hrubé, a jako druhý jemnější čistič jemné česle). Nejdůležitější strojní částí v MVE je turbína která je vhodně navržena pro potřeby dané lokality. Na turbínu dále navazuje kónicky se rozšiřující trouba tzv. savka. Dále se u MVE používají převodovky, které převádí otáčky turbíny na potřebné otáčky, kterými je nutné roztočit generátor.

#### 4.5.4 Návrh turbíny do MVE

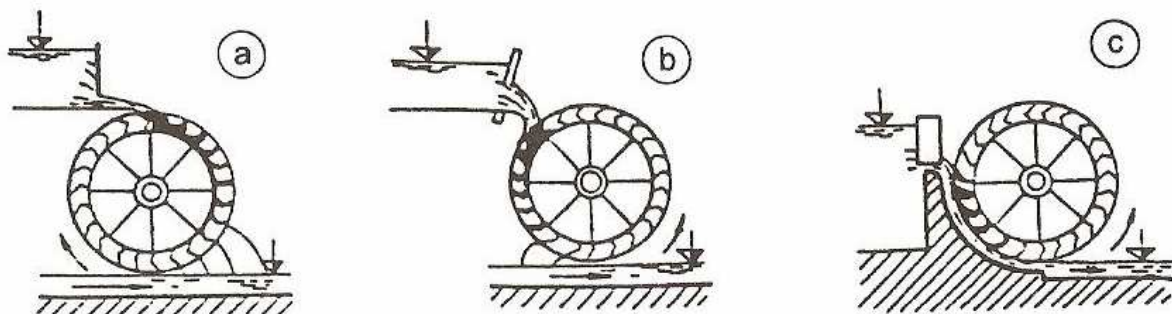
Všechny turbíny jsou určeny pro specifické podmínky. Pro názornost uvádím obr. 9 z kterého je zřejmé jak se předběžně navrhuje použití turbíny. Toto rozdělení je pouze orientační, další firmy vyrábějí další turbíny, které lze též použít. Základní principy turbíny byly již zkonstruovány, ale každá firma si turbínu upraví podle svého návrhu a přizpůsobí ji daným podmínkám.



- Legenda:
- KP - Kaplanova přímoproudá turbína
  - K - Kaplanova turbína
  - F - Francisova turbína
  - F RF - Francisova turbína s Reiffensteinovou klapkou
  - P - Peltonova turbína

Obr. 9 Diagram pro určení vhodného typu turbíny pro MVE od firmy ČKD Blansko[23]

Dříve se též používala vodní kola. Rozdělovala se, podle nátku vody na kolo. Využití vodních kol, v dnešní době, není velké, dosahují jen malé účinnosti (přibližně do 40%), při přeměně energie vody na mechanickou energii, oproti turbínám (obecně do 93%).



Obr. 10 Typy vodních kol a - na horní vodu, b - na střední vodu a c - na spodní vodu. [23]

#### 4.5.5 Ztráty

V přírodě nic není dokonalé a ani dokonalý stroj nelze vyrobit. Vše provázejí ztráty a ani MVE nejsou výjimkou. Ztráty se vyskytují ve všech stavebních, strojních i elektrických

komponentech. Nelze tedy uvažovat, že z již uvedeného vzorce  $P = Q \times \rho \times g \times H$  je vypočítaný výkon ten, který bude dodáván do rozvodné sítě.

Ztráty u MVE lze rozdělit na ztráty:

- mechanické – provázejí provoz všech součástí jako je tření, účinnost převodovky atd.
- hydraulické – vznikají v přívodních a odtokových potrubích, na česlích, v turbíně atd.
- elektrické – vznikají při přeměně mechanické energie (otáčející se hřídel) na elektrickou, při transformaci energie atd.

Kvalitním projektem a návrhem všech částí MVE se ztráty dají pouze zmenšit, ale nelze je odstranit. Platí pravidlo, že čím jednodušší systém je tím je kvalitnější. Pokud je možno vynechat např. převodovku odpadnou ztráty v převodovce. Toto řešení není však vždy možné. Slovo ztráty se pojí ještě s jedním možným výrazem a to ztráty vlivem nestálého průtoku. Z obr. 8 je patrné kdy není možné MVE užívat. V těchto obdobích vznikají pak ztráty finanční.

#### 4.5.6 Mimořádné provozní stavy

Období sucha – se specifikuje velmi nízkým průtokem vody. Často je v létě průtok tak nízký, že není možné elektrárnu provozovat. Neměla by dostatek vody pro provoz. Je zapotřebí uvažovat i se zajištěním stálého průtoku v korytě řeky. Není možné zastavit průtok vody, aby se např. napustila nádrž, ve které se naakumuluje dostatek vody pro chvilkový provoz. Minimální průtok vody korytem je předepsán a je nutné ho zajistit. Při nedodržení této podmínky by mohlo dojít k úhynu vodních živočichů, kteří obývají povodí pod MVE.

Období povodní – je jedno z nejrizikovějších období pro MVE. Nese s sebou zvýšené namáhání na objekty MVE. Už při plánování stavební části projektu je nutno s těmito krizovými obdobími počítat a při konstrukci stavby dbát na protipovodňová opatření. V těchto obdobích se také stává, že provoz MVE nebude možný, protože spodní voda bude na takové úrovni, že nebude dostatečný vodní spád.

Provoz v podzimním období (trvá přibližně 1 – 2 měsíce) – největším problémem v tomto období jsou plovoucí nečistoty ve vodním toku. V tomto období opadává listí ze stromů, které lemují břehy vodních toků. Listy splavuje řeka a při vtoku do MVE jsou částečně odfiltrovány hrubými česlemi. Na hrubých česlích se zachytí však jen málo listí. K „úplnému“ odfiltrování listí poslouží až jemné česle. Koncentrace listí ve vodě je však tak velká, že není možné ruční čištění česlí (z důvodu časové náročnosti – 24 hodin denně), ale je zapotřebí použít mechanizovaných čistidel česlí. Nabídka těchto přípravků je široká, ale mnozí provozovatelé MVE si je konstruují sami.

Provoz v zimním období – bezesporu největším rizikem pro MVE v zimním období je tvorba ledu. Při projektování MVE by tento jev měl být vyřešen, aby nedocházelo k problémům např. při čištění česlí atd. Nejhorší je období kolísajících teplot okolo 0°C. Ve vodě se tvoří ledové kusy, které ucpávají česle. Jakmile teplota poklesne trvale pod 0°C a řeka na hladině zamrzne voda se od těchto zmrazků vyčistí a provoz je bezproblémový.

#### 4.5.7 Ekonomická návratnost stavby MVE

Po vypracování všech projektů potřebných k realizaci MVE přichází konečné rozhodnutí na investora celé stavby MVE. Existuje nepsané pravidlo, které udává, že se stavba MVE vyplatí když návratnost investice do realizace MVE bude kratší deseti let. V případě, že z ekonomických propočtů vyplyne, že doba návratnosti bude nižší jak pět let říkáme, že se jedná o rychlou návratnost investice. Stát se snaží podporovat stavbu nových MVE a osvobozuje po dobu pěti let od započetí provozu MVE od daní z výnosů z prodeje elektrické energie. Podpora směřuje i pro ty, kteří MVE vlastní a zrenovují ji. Na tyto projekty lze čerpat i dotace a státní podpora zvyšování efektivity MVE je zaručená.

Nyní jsou uvedeny cenové tabulky vyhlášené energetickým regulačním úřadem pro výkup elektrické energie

Datum uvedení do provozu	Výkupní ceny elektřiny dodané do sítě v Kč/MWh	Zelené bonusy v Kč/MWh
Malá vodní elektrárna uvedená do provozu v nových lokalitách po 1. lednu 2008 včetně	2700	1260
Malá vodní elektrárna uvedená do provozu v nových lokalitách od 1. ledna 2006 do 31. prosince 2007	2540	1100
Malá vodní elektrárna uvedená do provozu po 1. lednu 2005 včetně a rekonstruovaná malá vodní elektrárna	2300	860
Malá vodní elektrárna uvedená do provozu před 1. lednem 2005	1790	350

Tab. 2 výkupní ceny a zelené bonusy pro MVE [10]

Datum uvedení do provozu	Výkupní ceny elektřiny v pásmu VT v Kč/MWh	Výkupní ceny elektřiny v pásmu NT v Kč/MWh
Malá vodní elektrárna uvedená do provozu v nových lokalitách po 1. lednu 2008 včetně	3800	2150
Malá vodní elektrárna uvedená do provozu v nových lokalitách od 1. ledna 2006 do 31. prosince 2007	3800	1910
Malá vodní elektrárna uvedená do provozu po 1. lednu 2005 a rekonstruovaná malá vodní elektrárna	3470	1715
Malá vodní elektrárna uvedená do provozu před 1. lednem 2005	2700	1335

nebo

Datum uvedení do provozu	Zelené bonusy v pásmu VT v Kč/MWh	Zelené bonusy v pásmu NT v Kč/MWh
Malá vodní elektrárna uvedená do provozu v nových lokalitách po 1. lednu 2008 včetně	1700	890
Malá vodní elektrárna uvedená do provozu v nových lokalitách od 1. ledna 2006 do 31. prosince 2007	1700	650
Malá vodní elektrárna uvedená do provozu po 1. lednu 2005 a rekonstruovaná malá vodní elektrárna	1370	455
Malá vodní elektrárna uvedená do provozu před 1. lednem 2005	600	75

Tab. 3 znázorňuje výkupní ceny a zelené bonusy pro MVE pracující v provozu VT a NT [10]  
 VT – pásmo platnosti vysokého tarifu, pásmo stanovené provozovatelem distribuční soustavy  
 v délce 8 hodin denně

NT – pásmo platnosti nízkého tarifu, platí v době mimo platnost pásma VT

## 5. Geotermální energie, tepelná čerpadla.

Pod pojmem geotermální energie se rozumí energie vydávaná ze Země. Jedná se o energii, která pochází z roztaveného zemského jádra a na povrch vystupuje v podobě tepelné energie. Geotermální energie je v ČR především využívána na výrobu tepla. Používají se tzv. tepelná čerpadla k vytápění či chlazení budov. Čerpadla „čerpají“ nízkopotenciální teplo ze země, vody nebo vzduchu a tímto teplem ohřívají či chladí. Výroba elektrické energie z geotermálních zdrojů není v ČR příliš rozšířená. ČR nemá dostatečný potenciál k hromadné výstavbě elektráren využívajících tento zdroj energie. Je však prostor pro rozšíření tepelných čerpadel. Největším problémem při pořízení tepelného čerpadla je pořizovací cena, která je oproti jiným způsobům vytápění několikanásobná. Instalace si často vyžádá drahé zemní práce. Celkové provedení díla je nutné svěřit specializované firmě, jen s těží si lze tepelné čerpadlo vyrobit svépomocí. Provoz tepelného čerpadla je však mnohem levnější oproti zbylým možnostem vytápění. Tepelné čerpadlo se nejvíce hodí k podlahovému vytápění budov, protože teplota které je možno dosáhnout se pohybuje okolo 60°C.

### Závěr:

Tato rešeršní práce měla za cíl stručně popsat obnovitelné zdroje energie, které jsou využívány v České republice. Byly popsány hlavní typy zdrojů řadící se mezi obnovitelné a to energie slunce, větru, biomasa, geotermální energie a hlavní část byla věnována vodní energii. Podpora obnovitelných zdrojů energie nabyla na významu vstupem do Evropské unie, kdy se Česká republika zavázala do roku 2010 vyrábět 8% elektrické energie z obnovitelných zdrojů energie.

Největší množství elektrické energie z obnovitelných zdrojů je vyráběno z energie vody. Potenciál rozmachu v tomto odvětví je již pouze v malých vodních elektrárnách. Tento prostor k realizaci nových malých vodních elektráren není zanedbatelný. Vyráběné množství elektrické energie není sice tak velké, ale je možné vyrábět na více místech. V součtu by se pak jednalo o významný zdroj výroby elektrické energie. Větší vodní toky a místa, kde bylo možno postavit významnější vodní elektrárny jsou již využita, ale obnova starých vodních děl (mlýnů, hamrů atd.) je stále k dispozici. Není možné využít všechny lokality ke stavbě či obnově MVE, protože dodávané množství energie by bylo tak malé, že by ekonomická náročnost nebyla snesitelná. Před samotnou výstavbou (rekonstrukcí) MVE je nutno vytvořit odborný plán, který vyhotoví specializovaná firma a dle jejího návrhu se rozhodnout zda-li je návratnost investice únosná. Zvláštní důraz je nutno klást na účinnost vodní elektrárny. Má-li elektrárna vhodně navržené všechny komponenty (turbínu, savku, přivaděč atd.) její zisk je pak největší. U vodních elektráren není podporována jen výstavba nových MVE, ale i rekonstrukce stávajících, která si klade za cíl zvýšení účinnosti MVE. Největším problémem při rekonstrukci MVE je turbína. Ceny turbín jsou dosti vysoké, takže návratnost investice do nové turbíny by znamenala vysoké náklady, které by se navraceli dlouhou dobu. Proto mnozí provozovatelé používají i starší strojní zařízení, které již dříve sloužilo jinde. Demontují si co potřebují (mnohdy celé strojní zařízení) a nainstalují do své MVE, pokud je to možné.

Jako druhá v pořadí v množství vyrobené elektrické energie z obnovitelných zdrojů energie je biomasa. Pěstování biomasy (především dřevní biomasy) pro energetické účely má dlouhou tradici. V poslední době se začínají prosazovat tzv. rychle rostoucí dřeviny, které se pěstují nejen pro spalování v teplárnách nebo elektrárnách, ale i v domácnostech. Nelze od nich očekávat, na všech místech republiky, parametry růstu které se obecně udávají. Záleží

na lokalitě, kde se tyto dřeviny pěstují. Pro energetické účely se využívají i běžně pěstované rostliny, které nejsou speciálně šlechtěné pro energetické účely jako jsou například obilniny (ječmen, pšenice, žito, kukuřice setá, oves atd. - sláma, zrno), olejnin (řepka, slunečnice, konopí seté, len - olej a zbytky rostlin) a píce (hrách, šťovík - výroba bioplynu). Semena těchto rostlin se obvykle v energetice využívají v době nadměrné úrody. Jsou šlechtěny i tzv. energetické rostliny které jsou přímo určeny k produkci biomasy pro energetické účely. Vyznačují se rychlým objemovým přírůstkem.

U geotermální, sluneční a větrné energie lze pouze konstatovat, že se v České republice využívají prozatím jen výjimečně. Instalované výkony těchto zařízení jsou oproti ostatním druhům velmi malé. Počet aplikací těchto systémů však stále narůstá. Na využívání sluneční energie se používají fotovoltaické kolektory na výrobu elektřiny a méně solární panely na ohřev teplé užitkové vody. Energie větru je využívána ve větrných elektrárnách. Podpora větrných elektráren však již klesá. Dle cenové regulace Energetického regulačního úřadu výkupní ceny z větrných elektráren nejsou vykupovány za takové částky, jako tomu bylo dříve. Česká republika navíc nemá dostatek lokalit na kterých fouká vítr, o rychlosti 5 m/s a vyšší, stále. Geotermální energie je nejčastěji využívána tepelnými čerpadly na vytápění budov a ohřev teplé užitkové vody. Pořizovací cena tepelných čerpadel je oproti konvenčním způsobům vytápění (uhlí, dřevo, zemní plyn...) mnohonásobně vyšší. Provoz tepelného čerpadla je, ale výrazně levnější oproti konvenčnímu vytápění. V tomto odvětví by bylo zapotřebí větší státní podpory.

Obecně se dá říci, že se stát snaží podporovat využívání obnovitelných zdrojů energie, ale dělá to nešikovně. Nabízí sice různé finanční pobídky či zvyšuje výkupní ceny elektrické energie avšak komplikuje, případným zájemcům o využívání těchto zdrojů, cestu množstvím zákonů, paragrafů a dokumentů, které je nutno znát vyplnit a dodržovat. Množství těchto opatření odrazuje případné zájemce o tyto přírodní zdroje. Stát by měl podporovat také tím způsobem, že zredukuje množství nutných dokumentů, povolení atd. na minimum. Jednak by se zlepšila orientace v problematice a přilákali noví zájemci o využívání obnovitelných zdrojů energie.

Obnovitelné zdroje energie jsou přírodní zdroje, které není možné využívat bez rozmyslu. Nazývají se obnovitelnými, ale je nezbytné, aby s nimi bylo zacházeno šetrně a aby nebyly zničeny lačností po energii.

### Použité internetové WWW stránky:

- [1] *Sbírka zákonů* [online]. c2005 [cit. 2009-04-10]. Dostupný z WWW: <<http://aplikace.mvcr.cz/archiv2008/sbirka/1992/sb004-92.pdf>>.
- [2] *Obrázek termojaderné fúze vodíku* [online]. 18.3.2005 [cit. 2009-04-10]. Dostupný z WWW: <<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/aa/D-t-fusion.png>>.
- [3] *Obnovitelné zdroje energie* [online]. 2006 [cit. 2009-10-04]. Dostupný z WWW: <<http://www.eis.cz/problematika.php?klic=3/>>.
- [4] *Výroba elektřiny z obnovitelných zdrojů* [online]. 2008 [cit. 2009-04-17]. Dostupný z WWW: <[http://www.czso.cz/csu/2008edicniplan.nsf/t/0E0030742F/\\$File/14090818.pdf](http://www.czso.cz/csu/2008edicniplan.nsf/t/0E0030742F/$File/14090818.pdf)>.
- [5] *Koloběh CO<sub>2</sub> v přírodním cyklu* [online]. c2006-2009 [cit. 2009-04-17]. Dostupný z WWW: <<http://www.kea-olomouc.cz/index.php?ca=zdroje&ar=07>>.
- [6] *Stavitelé a majitelé větrných mlýnů* [online]. 19.12.2005 [cit. 2009-04-19]. Dostupný z WWW: <<http://www.povetnik.cz/rs/view.php?cislocclanku=2005121901>>.
- [7] *Větrný mlýn v Kuželově* [online]. 8.1.2007 [cit. 2009-04-19]. Dostupný z WWW: <<http://www.rodinnevylety.cz/kam-s-detmi/kam-na-vylet-s-detmi/vetrny-mlyn-v-kuzelove>>.
- [8] *Konstrukce větrného mlýna holandského typu* [online]. 29.12.2005 [cit. 2009-04-19]. Dostupný z WWW: <<http://www.povetnik.cz/rs/view.php?cislocclanku=2005122904>>.
- [9] *Energie větru* [online]. c2006-2009 [cit. 2009-04-19]. Dostupný z WWW: <<http://www.kea-olomouc.cz/index.php?ca=zdroje&ar=05>>.
- [10] *Cenové rozhodnutí Energetického regulačního úřadu č. 8/2008* [online]. 18.11.2008 [cit. 2009-05-10]. Dostupný z WWW: <[http://eru.cz/user\\_data/files/cenova%20rozhodnuti/CR%20elektro/OZ/CR\\_8-2008\\_OZE-KVET-DZ.pdf](http://eru.cz/user_data/files/cenova%20rozhodnuti/CR%20elektro/OZ/CR_8-2008_OZE-KVET-DZ.pdf)>.
- [11] *Elektrina z fotovoltaických panelů* [online]. c2008 [cit. 2009-05-10]. Dostupný z WWW: <<http://ekowatt.cz/uspory/elektrina-z-fotovoltaickych-panelu.shtml>>.

### Použitá knižní literatura:

- [20] MELICHAR, Jan, VOJTEK, Jan, BLÁHA, Jaroslav. *Malé vodní turbíny : Konstrukce a provoz*. 1. vyd. Praha : Vydavatelství ČVUT, 1998. 299 s. ISBN 80-01-01808-0.
- [21] CENEK, Miroslav, et al. *Obnovitelné zdroje energie*. 2. upravené a doplněné vyd. Praha : FCC Public, 2001. 208 s. ISBN 80-901985-8-9.
- [22] GABRIEL, Pavel, ČIHÁK, František, KALANDRA, Petr. *Malé vodní elektrárny*. 1. vyd. Praha : Vydavatelství ČVUT, 1998. 321 s. ISBN 80-01-01812-1.