

JIHOČESKÁ UNIVERZITA

v Českých Budějovicích

PEDAGOGICKÁ FAKULTA

Katedra fyziky

Ekologické zdroje energie

Bakalářská práce

Knihovna JU - PF



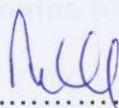
Autor: Miloslav Pukl

Vedoucí práce: RNDr. František Špulák

České Budějovice 2005

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury.

Dačice, 30. listopadu 2005


.....

podpis

OBSAH

Katedra fyziky	4
Bakalářská práce	4
Vedoucí práce: RNDr. František Špulák	4
1. ÚVOD	5
2. VODNÍ ZDROJE ENERGIE	7
2.1 Historický vývoj vodních strojů	7
2.2 Vznik vodní turbíny	7
2.3 Části vodní elektrárny	7
2.4 Princip vodní elektrárny	8
2.5 Malé vodní elektrárny	9
2.6 Přetřetí úroveň vodní elektrárny	9
2.7 Druhy turbín	10
2.7.1 Kaplanovy turbíny (hrázové turbíny)	10
2.7.2 Kaplanovy přímoproudé blokové	10
2.7.3 Kaplanovy horizontální kolečkové	10
2.7.4 Turbíny s oběžným kolem Francis	11
2.7.5 Turbíny s oběžným kolem Pelton	12
2.7.6 Turbíny s oběžným kolem Bánki	13
2.8 Nevýhody využití vodních elektráren	13
2.9 Výhody využití vodních elektráren	13
3. SLUNČNÍ ZDROJ ENERGIE	14
3.1 Energie ze Slunce	14

Děkuji vedoucímu práce RNDr. F. Špulákovi za rady a pomoc při zpracování bakalářské práce.

OBSAH

Katedra fyziky	4
Bakalářská práce	4
Vedoucí práce: RNDr. František Špulák	4
1. ÚVOD	6
2. VODNÍ ZDROJE ENERGIE.....	7
2.1 Historický vývoj vodních strojů	7
2.2 Vznik vodní turbíny	7
2.3 Části vodní elektrárny	7
2.4 Princip vodní elektrárny.....	8
2.5 Malé vodní elektrárny	9
2.6 Přečerpávací vodní elektrárny	9
2.7 Druhy turbín	10
2.7.1 Kaplanovy turbíny (kašnové turbíny).....	10
2.7.2 Kaplanovy přímoproudé blokové.....	10
2.7.3 Kaplanovy horizontální kolenové	10
2.7.4 Turbíny s oběžným kolem Francis:	11
2.7.5 Turbíny s oběžným kolem Pelton:.....	12
2.7.6 Turbíny s oběžným kolem Bánki:	13
2.8 Nevýhody využití vodních elektráren	13
2.9 Přednosti vodních elektráren	13
3. SLUNEČNÍ ZDROJ ENERGIE	14
3.1 Energie ze Slunce.....	14

3.2 Energie dopadající na naši zemi	14
3.3 Meteorologické podklady (intenzita slunečního záření)	15
3.4 Elektrická energie ze slunce	15
3.5 Princip solárního článku.....	16
3.6 Přeměna zářivé energie v elektrický proud.....	17
3.7. Možnosti použití	17
3.7.1 Možnosti použití – GRID-ON	18
3.7.2 Možnosti použití – GRID-OFF	19
3.8 Tepelná energie ze slunce	19
3.9 Horkovzdušný kolektor.....	20
3.10 Rozdělení systému na solární ohřev vody.....	20
3.10.2 Vakuovaný trubicový kolektor	21
3.10.3 Lineární Fresnelova čočka	21
3.11 Obvyklá montáž na objektech.....	21
3.12 Stanoviště, sklon a orientace kolektoru	22
3.13 Solární ohřev a ekonomika	24
3.14 Výhody využívání sluneční energie.....	24
4. VYUŽITÍ ENERGIE BIOMASY	26
4.1 Pojem Biomasa.....	26
4.2 Přehled přeměny biomasy	26
4.3 Využití biomasy	26
4.4 Způsoby získávání energie z biomasy.....	27

4.5 Výroba paliva	27
4.6 Biomasa odpadní	27
4.7 Principy získávání energie z biomasy	28
4.7.1 Spalování biomasy (sláma, štěpky, dřevní hmota)	28
4.7.1.1 Využití:.....	29
4.7.2 Alkoholové kvašení	29
4.7.2.1 Využití.....	29
4.7.3 Anaerobní fermentace - metanové kvašení	29
4.7.3.1 Využití.....	30
4.7.3.2 Princip kogenerační jednotky	30
4.7.3.3 Rozdělení kogeneračních jednotek	30
4.7.4 Esterifikace	31
4.7.4.1. Využití:.....	31
4.7.5 Fyzikální přeměny biomasy.....	31
5. ENERGIE MOŘÍ A OCEÁNŮ	32
5.1 Pohyb oceánů způsobuje dvě energie	32
5.2 Řešení využití síly oceánů	32
5.3 Elektrárny pro využití mořského příboje	32
5.4 Energie mořských proudů	33
5.5 Přílivové elektrárny	34
5.6 Technologie OTEC	35
5.6.1 OTEC může být aplikován až ve 100 zemích světa	37
5.6.2 Výhody	38
5.7 Nevýhody přílivových elektráren	38
6. GEOTERMÁLNÍ ENERGIE	39

6.1. Energie geotermálních pramenů a hornin	39
6.2. Geotermální vody	39
6.3 Teplo suchých hornin	39
6.4 Využití	40
6.5 Přehled geotermální energie v České republice.....	40
7. VYUŽITÍ ENERGIE POMOCÍ TEPELNÝCH ČERPADEL	41
7.1 Princip zařízení	41
7.2 Topný faktor.....	42
7.3 Přehled systémů.....	43
7.4 Bivalentní provoz.....	43
7.5 Rozdělení podle způsobů získávání tepla.....	43
7.5.1 Teplo z povrchu země.....	43
7.5.2 Teplo z hloubky země	44
7.5.3 Teplo z venkovního vzduchu	44
7.5.4 Teplo z vody.....	44
7.5.5 Teplo z větracího vzduchu	45
7.6 Životnost tepelných čerpadel.....	46
8. VYUŽITÍ ENERGIE VĚTRU.....	47
8.1 Vznik větru - energie	47
8.2 Princip větrné elektrárny	47
8.3 Rotor VE	48
8.4 Převodovka a generátor.....	49

8.5 Brzdy.....	49
8.6 Vychylovací jednotka a anemometr.....	49
8.7 Řídicí systém	49
8.8 Transformátor	50
8.9 Ocelový tubus (stožár).....	50
8.10 Větrné elektrárny v zahraničí	50
8.11 Měření směru a rychlosti větru	51
8.13 Počítačový program na určení rychlosti větru	53
8.14 Využívání větrných motorů	54
8.14.1 Mechanické pohony	54
8.14.2 Výroba elektrické energie pomocí větru.....	54
8.14.3 Čerpání vody pomocí větru	54
8.15 Výpočet výkonu větrné energie	55
8.16 Vliv atmosférických srážek a námrazy.....	57
8.17 Vliv hustoty vzduchu na výkon větrné elektrárny	59
8.19 Hlukové emise	59
8.20 Vliv větrné elektrárny na faunu	60
8.21 Televizní a radiový signál.....	60
9. ZÁVĚR	61
8. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A PRAMENŮ	62

1. ÚVOD

Záměrem této závěrečné práce bylo poukázat na ekologické zdroje energie které by v budoucnu měli úplně nahradit vyčerpatelné zdroje energie např. ropa, zemní plyn, uran, černé či hnědé uhlí.

Pokud jde o problém uhlí, docházejí mnohé studie k závěru, že je třeba zvýšit jeho užití, přestože jsou známy negativní účinky tohoto paliva na životní prostředí. Z toho vyplívá, že se musejí hledat cesty jak využívat uhlí s přijatelným ekologickým dopadem, tj. čisté uhelné technologie.

Zdrojovou základnou ropy a zemního plynu je dnes možno dobře charakterizovat, ale zůstává nejisté, v jakém rozsahu bude ekonomicky života schopné vytěžovat podmořská ložiska a naleziště v Arktidě, a jaký příspěvek k tomu poskytnou pokrokové těžební technologie. Příklad severomořských nalezišť přitom naznačuje, že nové a zdokonalené postupy mohou vést k podstatnému snížení těžebních nákladů.

Jaderné elektrárny neznečišťují ovzduší, ale jsou zde rizika havárie. Do budoucna je třeba vyvinout zdokonalený projekt reaktoru, který bude lépe vyhovovat bezpečnostním požadavkům a umožní urychlit schvalovací řízení, a dále je nutno vyřešit co s radioaktivním odpadem.

2. VODNÍ ZDROJE ENERGIE

2.1 Historický vývoj vodních strojů

Nejstaršími hydraulickými stroji (HS) jsou vodní kola, která byla využívána jako stroje pracovní k dopravě vody a později i jako stroje energetické k pohonu jiných strojů, např. ve mlýnech. Podle neurčitých pramenů bylo vodní lopatkové kolo vynalezeno Ctébiem již r.135 před Kristem. Na počátku křesťanské éry se začalo používat vodního kola k pohonu mlýnů, nejdříve v blízkém Orientu. V letech 260 - 300 po Kr. se setkáváme již s úplným velkomlýnem ve Francii u Arles, který využíval spádu 18 m ve dvou paralelních kanálech s celkovým počtem 18-ti vodními koly. Podnět k vývoji výkonnějších rotačních lopatkových strojů dal Ján Andrej Segner (1704 - 1783) rodák z Bratislavy, pozdější profesor Univerzity v Göttingen. Segnerovo kolo se používalo jako vodní motor. Dovršení rozvoje dynamiky ideální kapaliny nastal po r.1750 zásluhou Leonarda Eulera (švýcarského původu, 1707 - 1783) a také Daniela Bernoulliho (holandského původu, 1700 - 1782), kteří působili v Petrohradě jako členové Ruské akademie věd, kde položili teoretické základy pro stavbu HS (vodních turbín a čerpadel).

2.2 Vznik vodní turbíny

Vodní turbíny byly uvedeny do praxe začátkem 19. století, kdy je realizovali Francouzi Bourdin a Fourneyron, který zkonstruoval a uvedl v r.1835 do provozu první centrifugální (odstředivou) turbínu pro spád: $H = 108$ m, průtok: $Q = 35$ l/s, otáčky: $n = 2300$ 1/min a výkon: $P = 40$ kW. Tato turbína pracovala plných 30 let, až do r.1865. Z později vyvinutých energetických strojů je nutné jmenovat vodní turbíny pro střední a vysoké spády Američanů J.B.Francis (v r.1849) a L.A.Peltona (v r.1880) a také profesora německé vysoké školy technické v Brně Victora Kaplana (v r.1919), který patentoval axiální přetlakovou turbínu pro nízké spády a vyšší průtoky [5].

2.3 Části vodní elektrárny

- Vzdouvací zařízení (hráze, jezy) - slouží ke vzduť vodní hladiny (k zvětšení spádu) a k usměrnění průtoku do přivaděče.
- Přivaděče - přivádějí vodu k vodní turbíně.

- Česle - slouží k odstranění mechanických nečistot a zabraňují jejich vniknutí do turbíny.
- Technologická zařízení turbíny (základní typy a charakteristiky viz dále) - slouží k přeměně hydraulické energie vody na mechanickou, generátory přeměňují mechanickou energii na elektrickou.
- Odpadní kanály - vrací vodu do původního koryta.

2.4 Princip vodní elektrárny

Ve vodní elektrárně 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.

Výběr turbíny závisí na účelu a podmínkách celého vodního díla. Nejčastěji se osazují turbíny reakčního typu (Francisova nebo Kaplanova turbína), a to v nepřeberné paletě modifikací. Pro vysoké spády (někdy až 500 m) se používá akční Peltonova turbína. V přečerpávacích vodních elektrárnách se používá turbín s reverzním chodem a s přestavitelnými lopatkami. V malých vodních elektrárnách se převážně zabydlela malá horizontální turbína Bánkiho spolu s upravenou jednoduchou turbínou Francisovou.

Vedle průtokových vodních elektráren patří mezi nejznámější typy vodních elektráren, elektrárny akumulární. Jsou součástí vodních děl - nádrží. Tato vodní díla kromě akumulace vody pro výrobu elektrické energie stabilizují průtoky říčním korytem, chrání před povodněmi a podporují plavební možnosti toku. Břehy nádrží mohou sloužit jako rekreační oblasti. Mnohdy jsou nádrže také zdrojem pitné vody pro vodárny, technologické vody pro průmysl a závlahové vody pro zemědělství.



Obr. 2.1 vodní elektrárna

2.5 Malé vodní elektrárny

K využití potenciálu vodních toků v ČR slouží i kategorie tzv. malých vodních elektráren (zdroje elektrické energie s instalovaným výkonem do 10 MW). Většina malých vodních elektráren slouží jako sezónní zdroje. Průtoky toků, na kterých jsou zřizovány, jsou kolísavé a silně závislé na počasí a na ročním období. Malé vodní elektrárny můžeme rozdělit na průtočné, které využívají přirozený průtok a akumulární, s časově omezenou schopností odběru vody podle momentální potřeby energie. Vlastní elektrárny se budují buď přímo na jezech, či v tělesech hrází, anebo je potřebného spádu dosaženo i několikakilometrovým náhonem nebo tlakovým přivaděčem. Turbína je základní technologickou jednotkou vodní elektrárny. Roztáčena proudící vodou pohání generátor vyrábějící elektrický proud. Existuje celá řada typů turbín pro různé průtoky a spády. Nejznámějšími jsou Bánkiho, Peltonova, Kaplanova či Francisova. Nadále se u malých spádů používá rovněž vodních kol, které však mají malou účinnost.

2.6 Přečerpávací vodní elektrárny

Elektrizační soustava státu musí v každém okamžiku vyrobit přesně tolik elektrické energie, kolik jí je potřeba. Spotřeba elektrické energie přitom jak během dne, tak i v delších obdobích kolísá. Elektrickou energii sice nelze v čistém stavu skladovat, situaci však účinně pomáhají řešit přečerpávací vodní elektrárny.

Přečerpávací vodní elektrárna je v principu soustava dvou výškově rozdílně položených vodních nádrží spojených tlakovým potrubím, na němž je v jeho dolní části umístěna turbína s elektrickým generátorem. Ta vyrábí elektrickou energii pro elektrizační soustavu v době energetické potřeby; v době útlumu se voda z dolní nádrže přečerpává "levnou elektřinou" do nádrže horní, kde její potenciální energie čeká na své optimální využití v "pravou chvíli".

Velkou předností přečerpávacích vodních elektráren je schopnost přifázování do elektrifikační sítě s plným výkonem v několika minutách. Tato schopnost je ostatně vlastní všem vodním elektrárnám.

2.7 Druhy turbín

2.7.1 Kaplanovy turbíny (kašnové turbíny)

Umístěné v betonové kašně nebo v jednoduché spirální skřini v horizontálním uspořádání, od výkonu 20 kW do 300 kW (400) kW a pro větší průtoky a spády ve vertikálním uspořádání od výkonu 50 kW, pro spády od 1,5 m. Jsou vyráběné s průměry oběžných kol 300 mm, 400 mm, 560 mm, 710 mm, 800 mm, 1000 mm, 1300 mm. Jsou vhodné zejména pro obnovu dříve vybudovaných nízkospádových MVE s otevřenými kašnami (šachtami) s velmi proměnlivým průtokem i spádem. Pracují s vysokou účinností ve velkém rozsahu zatížení. Turbíny jsou standardně dodávány s převodem na rychloběžný standardní generátor pro paralelní provoz se sítí a s automatickým bezobslužným provozem, řízeným hladinovou regulací.



Obr. 2.2 Kaplanova turbína

2.7.2 Kaplanovy přímoproudé blokové

Horizontální turbíny 4 PB 10 s kuželovým převodem firmy Klingelberg na rychloběžný standardní generátor, od výkonu 50 kW do 600 kW, pro spády 1,5 m až 8 m. Jejich uplatnění zejména v nově budovaných strojovnách. Jsou moderní konstrukce, vyžadují jednoduchou stavbu budovy VE v minimálním rozsahu a jejich kompaktní řešení umožňuje jednoduchou a rychlou montáž. Pracují při velkém zatížení (průtoku) s vysokou účinností, neboť mají hydraulicky výhodný tvar s přímou savkou.

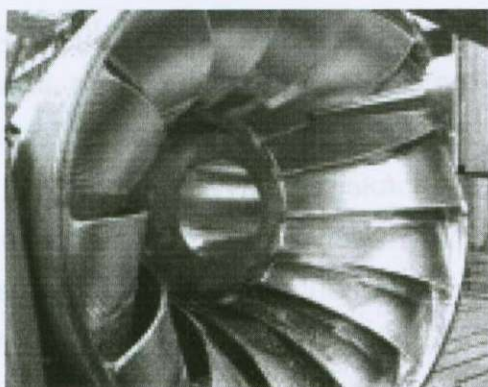
2.7.3 Kaplanovy horizontální kolenové

Turbíny s převodem na rychloběžný standardní generátor od výkonu 50 kW pro spády 1,5 m až 12 m. Uplatní se také u větších výkonů a větším spádovém rozmezí

přesahujícími možnosti blokových turbín 4 PB 10. Vyžadují jednoduché řešení stavební části. Použití kolenové savky poněkud snižuje jejich účinnost oproti blokovým turbínám, pracují však ve velkém rozsahu zatížení (průtoku) s velmi dobrou účinností. Převod na generátor je proveden planetovou převodovkou v monobloku s horizontálním generátorem v šachtě turbíny nebo kuželovou převodovkou s vertikálním generátorem nad vlastní turbínou. Pro spojení hřídelů je použito osvědčených zubových spojek. Lopaty oběžných kol jednotlivých typů jsou výhradně s nerezového materiálu Ni-Resist, COR 13,1 případně hliníkové bronzí a jsou uloženy v samomazných ložiskách typu KU s teflonovou výstelkou nebo v pouzdrech z vysokomolekulárního polyetylénu Solidur 1000. Ucpávka hřídele je řešena variantně. U typu PB a SR je použito těsnění gufero a tvrdým nerezovým případně keramickým protipouzdem. Kašnové turbíny jsou usazovány labyrintovým těsněním a přímoproudé Pit turbíny měkkou ucpávkou. Pro podmínky menšího kolísání průtoku turbínou od 40 % do 100 %, se nabízí u všech druhů Kaplanových turbín zjednodušené provedení s pevně nastaveným oběžným kolem a regulovanými rozváděcími lopatkami. V případě dlouhodobých intervalů změny průtoku se nabízí zjednodušené provedení s ručně přestavitelnými lopatami oběžného kola, přitom může být rozváděcí kolo regulovatelné nebo pevné.

Pro velmi malé výkony se používají Kaplanovy mikroturbíny bez rozvaděče s Reiffensteinovou spirálou, s poněkud nižší účinností, avšak s velkým regulačním rozsahem od 40 % do 100 % průtoku.

2.7.4 Turbíny s oběžným kolem Francis:

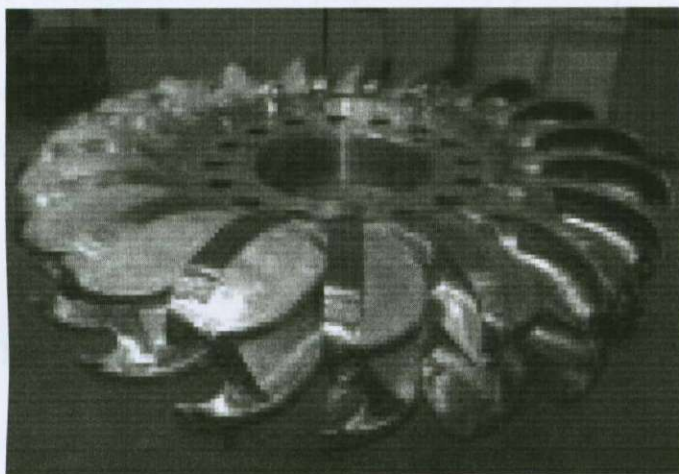


Obr. 2.3 Francisova turbína

Pro vyšší spády Francisovy turbíny s typizovanými průměry oběžných kol v horizontálním provedení. Francisovy spirální turbíny typu F 15R, F 23 a F 265 (u větších velikostí i ve vertikálním uspořádání), které jsou vhodné pro spády od 10 m do

120 m a výkony do 5000 kW při menším kolísání průtoku. Mají vysokou účinnost, avšak pracují v menším rozsahu zatížení než Kaplanovy turbíny. Oběžná kola Francisových turbín jsou odlévána z materiálu COR 13,4 a COR 13,1 metodou přesného lití (SHOW) s minimálními přídavky na dobrou úroveň. Turbíny mají tlakovou spirálu a regulovatelné nerezové rozváděcí lopaty s čepy uloženými v samomazných pouzdrech. Rozvaděč je uzavírán u menších turbín závažím čímž současně plní funkci provozního uzávěru. Savka je tvarovaná z ocelového plechu. Turbína je spojena přímo, řemenovým převodem nebo převodovkou s asynchronním, případně synchronním generátorem.

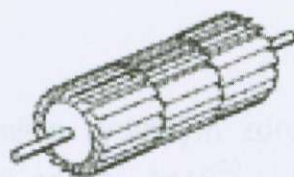
2.7.5 Turbíny s oběžným kolem Pelton:



Obr. 2.4 Peltonova turbína

Pro vyšší spády od 40 m do 200 m a výkony od 30 do 1800 kW se používají Peltonové turbíny, spojeny buď přímo, řemenovým převodem nebo převodovkou s asynchronním nebo synchronním generátorem. Mají relativně velmi plochou křivku účinnosti, mohou pracovat v širokém pásmu zatížení. Hlavními částmi Peltonovy turbíny jsou oběžné kolo z materiálu COR 13,1 nebo COR 13,4, turbínová hřídel uložená ve dvou vodících valivých ložiskách, svařovaná skříň turbíny, jedna respektive dvě kolenové dýzy s jehlami ovládanými hydraulickými nebo elektrickými servomotory pro regulaci průtoku a případně deviátory pro odklonění vodního paprsku mimo lopaty oběžného kola při výpadku soustrojí od sítě. Deviátor je ovládán tlakovým olejem z čerpacího agregátu v otevřené poloze a do záběru při výpadku sítě je přestavován silou pružin. Odkloněním vodního paprsku se zaručí stálý průtok vody turbínou při otevřené dýze.

2.7.6 Turbíny s oběžným kolem Bánki:



Obr. 2.5 Bánkiho turbína

Pro využití menších vodních zdrojů jsou vodní turbíny typu Bánki s rozšířeným ostřikem oběžného kola, která svojí ekonomickou, jednoduchou a robustní konstrukcí je určena pro co nejširší a v řadě případů i nejvýhodnější použití. Její předností jsou velmi dobré provozní vlastnosti a průběh účinnosti v širokém rozsahu regulovaného průtoku vody. Jsou vyráběny většinou tři typové řady turbín s jednotným průměrem oběžného kola a různými šířkami. Turbíny jsou vyráběny a sestavovány s ostatním zařízením v soustrojí, individuálně navrhované a dodávané pro jednotlivé lokality MVE podle typu lokality.

2.8 Nevýhody využití vodních elektráren

- poměrně časově a finančně náročná předrealizační fáze.
- při stavbě nového vodního díla je nutné vynaložit poměrně vysoké investiční náklady.
- návratnost vložených finančních prostředků je závislá na využití vyrobené elektrické energie.
- poměrně složitá obsluha a údržba zařízení.

2.9 Přednosti vodních elektráren

Vodní elektrárny neznečišťují ovzduší, nedevastují krajinu a povrchové či podzemní vody těžbou a dopravou paliv a surovin, jsou bezodpadové, nezávislé na dovozu surovin a vysoce bezpečné. Pružným pokrýváním spotřeby a schopností akumulace energie zvyšují efektivnost elektrizační soustavy. Vysokým stupněm automatizace přispívají k vyrovnávání změn na tocích a vytvářejí nové možnosti pro revitalizaci prostředí (prokysličování vodního toku) [3].

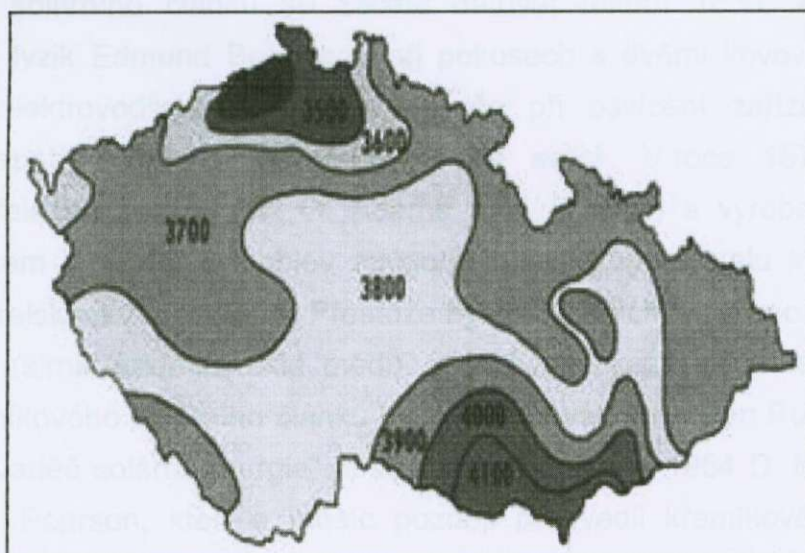
3. SLUNEČNÍ ZDROJ ENERGIE

3.1 Energie ze Slunce

Slunce, naše nejbližší hvězda, je velice vydatným zdrojem energie. Každou sekundu do svého okolí marnotratně vyzáří energii 4×10^{26} J. Na Zemi pak z tohoto množství dopadne záření o energii $1,8 \times 10^{17}$ J, přičemž průměrná spotřeba celého lidstva je 10^{13} J za každou sekundu. Slunce nám tedy dává zhruba 20 000× více energie než potřebujeme. A je jenom na nás, zda této velkorysé nabídky, jejíž platnost potrvá ještě několik miliard let, nějak využijeme, nebo zda sluneční energii necháme vyzářit zpět do vesmíru ve formě infračerveného záření, aniž bychom ji jakkoliv zužitkovali.

3.2 Energie dopadající na naši zemi

Ročně dopadá na území ČR sluneční záření o průměrné intenzitě 620 W/m^2 (tj. 3.800 MJ/m^2). Při ploše naší republiky (78.864 km^2) a cca 1400 až 1800 hodinách slunečního svitu ročně, to znamená energetickou bilanci 30629 GJ (tj. 172 - násobek současné spotřeby primárních zdrojů). Výrazný podíl tohoto nevyčerpatelného energetického toku spotřebuje samozřejmě příroda (na fotosyntézu, růst vegetace, apod.), u záření, které dopadá na zastavěné území existují nicméně obrovské rezervy v jeho využívání. A právě zde se otvírá prostor pro využití solární energie i ve stavebnictví.



Obr. 3.1 globální sluneční záření na území ČR

3.3 Meteorologické podklady (intenzita slunečního záření)

Z hlediska využívání solární energie je nejdůležitějším faktorem intenzita záření a počet hodin slunečního svitu v jednotlivých ročních obdobích, příp. součinitel znečištění atmosféry.

U malých systémů je možno použít průměrné údaje pro Českou republiku:

Roční období	Průměrná doba slunečního svitu hod	Průměrná intenzita slunečního záření W/m^2	Průměrná teplota vzduchu $^{\circ}C$
duben - září	1 320	604	19,65
říjen - březen	430	451	2,72
Rok	1 750		

Tab. 3.1 energie slunečního záření za rok

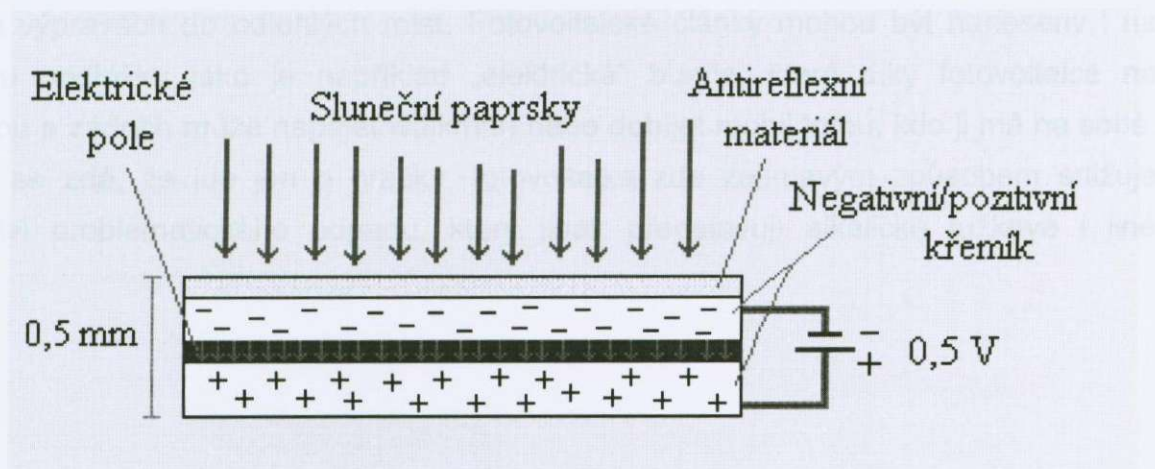
3.4 Elektrická energie ze slunce

Historie solárního článku se začala datovat rokem 1839, kdy francouzský experimentální fyzik Edmund Becquerel při pokusech s dvěmi kovovými elektrodami umístěnými v elektrovedivém roztoku zjistil, že při osvětlení zařízení vzrostlo na elektrodách napětí: fotovoltaický efekt byl na světě. V roce 1877 byl objeven fotovoltaický efekt na selenu (W. G. Adams a R. E. Day) a vyroben první článek. Důležitým krokem v historii byl objev způsobu růstu monokrystalu křemíku polským vědcem Czochralským v roce 1918. Přestože byl fotovoltaický efekt postupně objeven i u jiných prvků (sírnik kadmia, oxid mědi), křemík se ukázal jako nejvýhodnější. Za vynálezce křemíkového solárního článku bývá označován američan Russel Ohl (1941). Patent na "převaděč solární energie" dostali však 5. března 1954 D. M. Chapin, C. S. Fuller a G. L. Pearson, kteří o měsíc později předvedli křemíkové solární články s účinností 4,5 % a později 6 %. Další vývoj solárních článků urychlilo rozhodnutí použít je jako zdroj energie pro družice Země. Účinnost článků postupně stoupá, v roce 1958

dosáhla 9 %. To už je postačující na to, aby první umělá družice Spojených Států (Vanguard I), vypuštěná 17. března téhož roku, mohla být takovými články napájena (0,1 W, rozměry cca 100 cm², družice pracovala 8 let). Explorer VI, vypuštěný o rok později, měl už solárních článků 9 600 (1 cm x 2 cm). V roce 1960 se účinnost článků vyhoupla na "neuvěřitelných" 14 %. A tak první telekomunikační družice, legendární Telstar, mohla být zásobena zdrojem o 15 W. K výraznému zlevnění solárních článků nepřispěla ani naftová krize v 70. letech, ačkoliv ostatním alternativním zdrojům energie (využití větru, ohřev vody) pomohla. Také účinnost běžných článků zůstala na 12 % až 15 %. V Japonsku sice byly vyvinuty články s účinností přesahující 30 %, jejich výrobní cena je však příliš vysoká.

3.5 Princip solárního článku

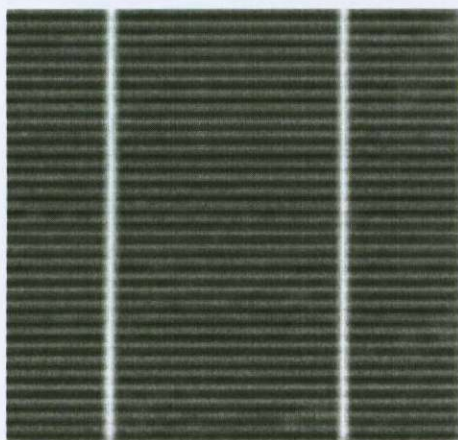
Solární články využívají tzv. fotovoltaického jevu. Je to jev, při kterém se v látce působením světla (fotonů) uvolňují elektrony. Tento jev může nastat v některých polovodičích. Fotovoltaický článek je nejčastěji tvořen tenkou destičkou (0,5 mm) nařezanou z monokrystalu křemíku (dnes se používá i levnější polykrystalický materiál). Každá strana destičky je obohacena atomy vhodných prvků tak, aby jedna byla kladná a druhá záporná. Když na destičku dopadnou fotony, uvolňují se záporné elektrony a po nich zbývají kladně nabitý "díry". Přiložíme-li na obě strany elektrody a spojíme je drátem, začne protékat elektrický proud. Jeden cm² dává proud kolem 12 mW. Jeden m² tak může dát až 150 W stejnosměrného proudu. Solární články můžeme zapojovat, jako každé jiné, buď za sebou (sériově), abychom dosáhli potřebného napětí (na jednom článku je asi 0,5 V), nebo vedle sebe (paralelně), abychom získali větší proud.



Obr. 3.2 princip solárního článku

3.6 Přeměna zářivé energie v elektrický proud

Probíhá ve fotovoltaickém neboli slunečním článku. Nejužívanější je sluneční článek z křemíku. Je to tenká (méně než 1 mm) destička z krystalu křemíku. Sluneční články se spojují a tvoří sluneční panel. Na slunečním panelu o ploše 1 m² se v letní poledne získá 150 W stejnosměrného proudu. Fotovoltaických elektráren o výkonech kilowattů až megawattů jsou už po světě miliony.



Obr. 3.3 princip solárního článku

3.7. Možnosti použití

Asi nejčastěji se s fotovoltaikou můžeme setkat v kalkulačkách, budících, rádiích a podobné elektronice, která nemá příliš vysokou spotřebu. Pár čtverečních centimetrů fotovoltaických článků nahradí jednu nebo dvě tužkové baterie. Oblíbené jsou různé cestovní dobíječky mobilů nebo tužkových akumulátorů, které jsou vhodné zejména na delších výpravách do odlehlých míst. Fotovoltaické články mohou být nanесeny i na pružnou podložku jako je například „elektrická“ bunda, která díky fotovoltaice na ramenou a zádech může napájet walkman nebo dobíjet mobil tomu, kdo ji má na sobě. I když se zdá, že jde jen o hračky, fotovoltaika zde zajímavým způsobem snižuje množství problematického odpadu, který jinak představují alkalické tužkové i jiné baterie.

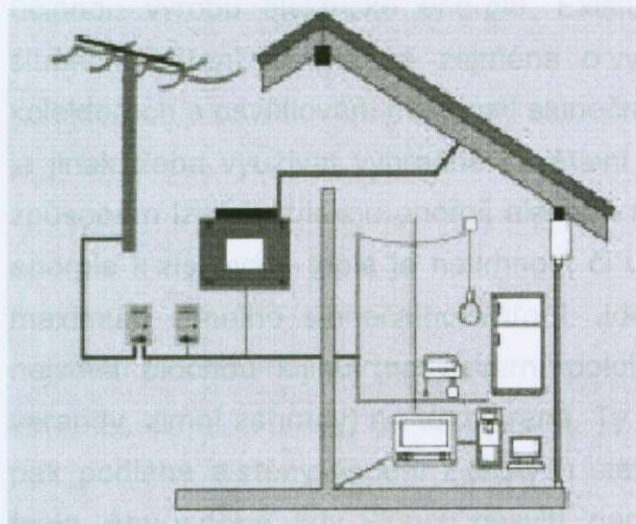
3.7.1 Možnosti použití – GRID-ON

Fotovoltaický zdroj elektrické energie lze použít pro dodávku do distribuční sítě. U nás zatím pracuje jen několik takových zařízení, jedna fotovoltaická elektrárna je instalována na budově ředitelství pražské energetiky.



Obr. 3.4 instalace solárních článků na budově PRE.

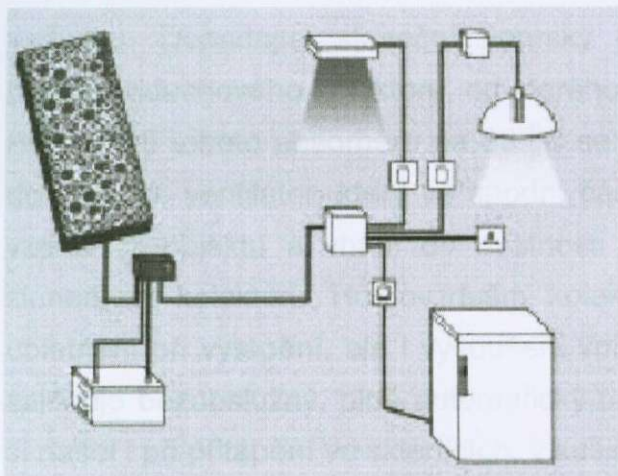
Častěji se však toto zapojení využívá v rodinných domech, kdy fotovoltaika napájí přednostně domácí spotřebiče. Není-li v domě odběr, jsou přebytky prodávány do sítě. Tyto systémy se obejdou bez poměrně nákladných akumulátorů, jako nekonečně velký akumulátor jim slouží síť. Naopak vždy potřebují střídač, který přemění stejnosměrný proud na střídavý, na který jsou spotřebiče v domácnosti konstruovány.



Obr. 3.5 schéma zapojení systému dodávajícího energii do rozvodné sítě

3.7.2 Možnosti použití – GRID-OFF

Ve středoevropských podmínkách se však častěji využívá fotovoltaika v místech, kde není k dispozici elektřina ze sítě. Může to být chata či obytný automobilový přívěs, kde je díky slunečnímu záření zajištěn komfort elektrického osvětlení, chladničky i dalších spotřebičů. Fotovoltaika může napájet elektrický ohradník na pastvinách nebo zařízení ostrahy na staveništi.



Obr. 3.6 schéma zapojení systému dodávajícího energii do akumulátorů

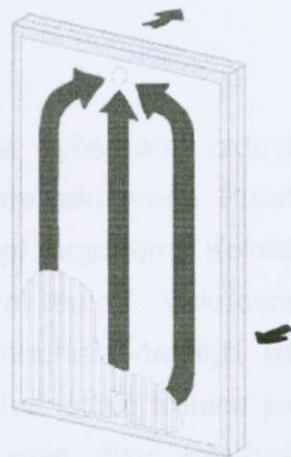
3.8 Tepelná energie ze slunce

V našich zeměpisných šířkách bohužel nemáme dostatek slunečního svitu pro účinnou výrobu elektrické energie. Existuje však řada jiných možností, jak využít sluneční záření. Jedná se zejména o vytápění budov vodou ohřátou v solárních kolektorech a osvětlování místností slunečním světlem přiváděným světlovody tam, kde je jinak třeba využívat výhradně osvětlení elektrického (Hybrid Solar Lighting). Tímto způsobem lze elektrickou energii alespoň ušetřit. Základem pasivního využití sluneční energie k získávání tepla je navrhnout či uzpůsobit stavby tak, aby mohly zachytávat maximum zimního slunečního záření. Jde jednak o vhodnou orientaci budov s co největší plochou k jihu (na severní polokouli) a umístění prosklených částí (okna, verandy, zimní zahrady) na této straně. Ty propustí sluneční paprsky do místnosti, kde pak podlaha a stěny (jsou-li z těžkých stavebních materiálů) působí jako akumulátor tepla. Aby v době, kdy Slunce nesvítí, nachytané teplo zase rychle neunikalo ven, je nutné použít tepelně-izolační prosklení anebo v noci okna uzavírat izolačními okenicemi či roletami. Jisté zastínění je vhodné instalovat i pro omezení přehřívání v létě. Velmi populárním řešením je zimní zahrada. V podstatě je to skleník přistavený k jižní stěně

domu, nebo alespoň prosklená lodžie v bytových domech. Teplý vzduch odsud může být rozváděn po celém domě. Ještě výhodnější je vedení tohoto vzduchu přes tepelně-akumulační zásobník tvořený například křemennými oblázky. V něm shromážděné teplo lze čerpat ještě dlouho poté, co přestalo „topit“ Slunce.

3.9 Horkovzdušný kolektor

Jedná se o solární zařízení k přímému ohřevu vzduchu. Dopadající sluneční paprsky ohřívají absorpční plochu vzduchového kolektoru, od kterého se ohřívá vzduch. Při nahřátí tohoto absorberu na 33 °C se automaticky uvádí do provozu ventilátor, který ve spodní části nasává chladný vzduch z objektu a vhání do místnosti vzduch ohřátý ze slunečního kolektoru. Horkovzdušný kolektor nachází široké uplatnění při vytápění, ale i vysoušení vnitřních prostor, kde zajišťuje bezobslužný, plně automatický provoz. Svoje místo si našel i při přitápění ve sklenicích, v sušičkách píce i ovoce. Používá se k vytápění v kombinaci s klasickým ústředním



Obr. 3.7 horkovzdušný kolektor

vytápěním, nebo elektrickým přímotopným vytápěním. Automatický provoz zajišťuje s úspěchem temperování a vytápění chat, ale i rodinných domů, kanceláří i dílenských provozů. Dokonale vysouší píce, ovoce, ale i vlhké zdivo při plném uzavření objektu.

3.10 Rozdělení systému na solární ohřev vody

Podle způsobu provedení rozdělujeme solární kolektory na:

- ploché kolektory
- trubicové kolektory
- koncentrační kolektory

3.10.1. Plastové absorbéry

Jsou nejjednodušší a nejlevnější typy kolektorů, jež se hodí k sezónnímu ohřevu vody v bazénech případně i vody na chatách, zahradách apod. Jsou vyrobené z plastu odolného UV záření v podobě vaku nebo trubkového registru. Nejsou kryté sklem, mají malou účinnost, ale protože vodu ohříváme přibližně na teplotu okolního vzduchu, není to na závadu.

3.10.2 Vakuovaný trubicový kolektor

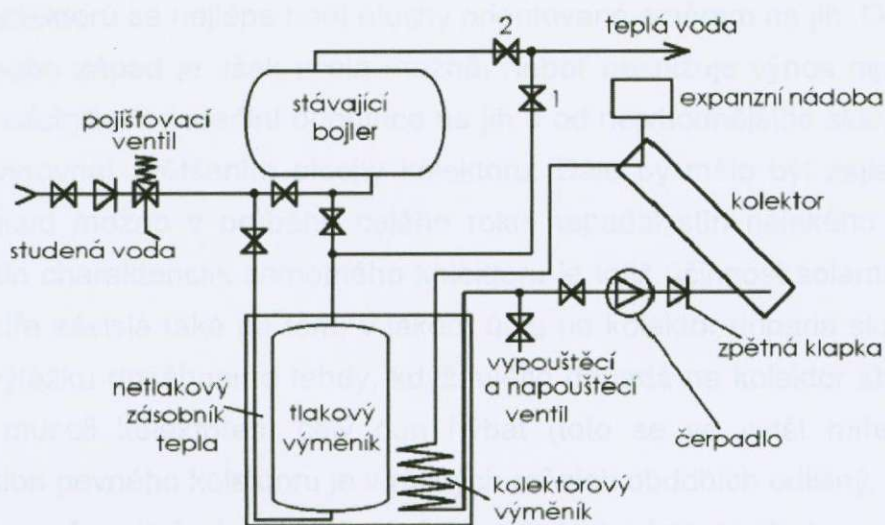
Nejelegantnějším řešením jak snížit ztráty konvekcí je vyčerpání vzduchu z prostoru mezi absorbérem a krytem – takovým kolektorům říkáme vakuované. Prostor je často zaplněn některým z plynů s malou tepelnou vodivostí např. argonem. Kolektor pak zachycuje i záření o velmi malé intenzitě a při nízké venkovní teplotě. Vakuované kolektory se sice vyrábí i v podobě plochého kolektoru, ale mnohem častější jsou trubicové, kdy absorbér je uprostřed trubice z tvrzeného skla. Jednotlivé trubice jsou pak propojeny do sestavy kolektoru. Trubicové kolektory mají díky vakuování podstatně lepší ochranu před vlhkostí a korozí.

3.10.3 Lineární Fresnelova čočka

Jde o sklo se speciálním vyválným rastrovým povrchem, který dokáže koncentrovat přímé záření na absorbér umístěný na pohyblivém rámu v patřičné vzdálenosti pod sklem. Difúzní záření prochází sklem a může osvětlovat prostory pod ním. Používá se tedy jako kombinace kolektoru a osvětlovacího prvku. V letních měsících odvedením přímé složky záření zabraňuje přehřívání osvětlovaných prostor.

3.11 Obvyklá montáž na objektech

Schéma obvyklého systému na solární ohřev vody v rodinném domě vidíme na obrázku 3.8.



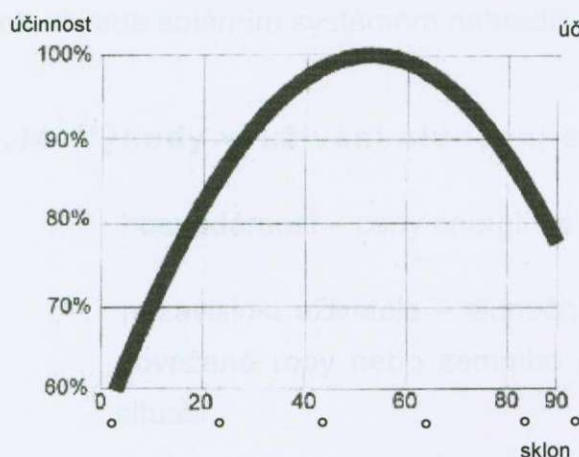
Obr. 3.8 schéma solárního ohřevu vody v rodinném domě

Dopadající sluneční energie ohřívá pracovní kapalinu (jde-li o sezónní provoz), pak vodu, nejčastěji však nemrznoucí směs v kolektoru, který je umístěn na dobře osluněném místě. Ta je odváděna potrubím a v tepelném výměníku předává získané teplo ohřívané vodě. Výměník je obvykle v akumulačním zásobníku vody. Zásobník bývá opatřen i druhým zdrojem tepla na ohřev v období, kdy nestačí Slunce (v našem schématu je to kotel ústředního vytápění). Oběh vody v systému zajišťuje malé oběhové čerpadlo. Pro bezporuchový chod je okruh doplněn expanzní nádobou, která vyrovnává změny objemu při různých teplotách, zpětným ventilem, jež brání nežádoucí cirkulaci při nečinnosti zařízení, pojistným ventilem a ventilem pro odvzdušnění. Mezi standardní vybavení patří též jednoduchý automatický regulátor s teplotními čidly, který zajistí zapnutí čerpadla, jestliže je teplota v kolektoru vyšší než v nádrži. Systém může být doplněn výměníkem pro přitápění a též výměníkem pro ohřev bazénové vody, který odvádí letní přebytky tepla. Můžeme-li umístit akumulační zásobník výše než kolektor, lze využít principu, kdy teplá voda sama stoupá vzhůru a ušetřit na čerpadle. Takovým systémům se říká samotížné. V dnešní době se již vyrábí i některé kolektory přímo spojené s výše umístěným ležatým zásobníkem v kompaktní celek.

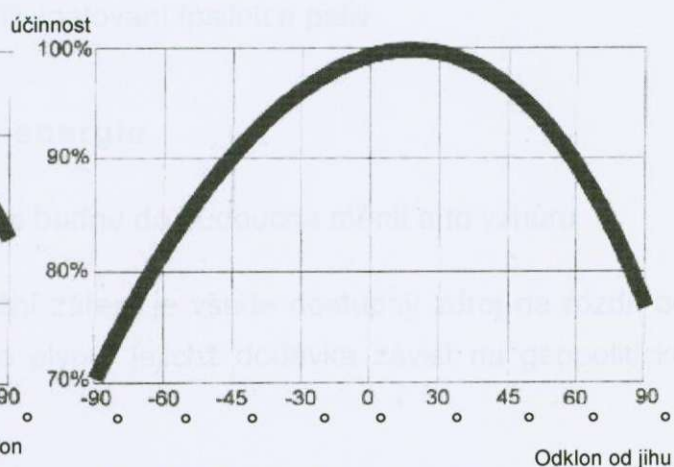
3.12 Stanoviště, sklon a orientace kolektoru

Místem, které se nejčastěji nabízí pro instalaci kolektoru, je plocha střechy. Není-li montáž na střechu možná, lze kolektory upevnit na vhodný podstavec v blízkosti domu, integrovat do svahu nebo postavit na plochou střechy. V každém případě je vhodné dbát, aby potrubí vedoucí do zásobníku a z něj bylo co nejkratší. Pro montáž

slunečních kolektorů se nejlépe hodí plochy orientované směrem na jih. Odchylna o 45° na východ nebo západ je však zcela možná, neboť nesnižuje výnos nijak podstatně. Mimo to lze odchylnu od ideální orientace na jih a od nejvhodnějšího sklonu střechy do určité míry vyrovnat zvětšením plochy kolektoru. Dále by mělo být zajištěno, aby na kolektory pokud možno v průběhu celého roku nepadal stín nějakého stromu nebo budovy. Vedle charakteristik samotného kolektoru je totiž účinnost solárního zařízení v podstatné míře závislá také na tom, v jakém úhlu na kolektor dopadá sluneční záření. Největšího výtěžku dosáhneme tehdy, když světlo dopadá na kolektor stále kolmo ale to bychom museli kolektorem celý den hýbat (toto se ve větší míře nepoužívá). Optimální sklon pevného kolektoru je v různých ročních obdobích odlišný, neboť Slunce je v létě výše než v zimě. Je-li plocha kolektoru orientována na jih, lze v letní polovině roku získat největší výnosy při sklonu 20° - 30° . V zimních měsících by byl nejvhodnější úhel přibližně 60° . Pro celoroční využití k ohřevu pitné vody je v našich zeměpisných šířkách u skromně dimenzovaných kolektorů ideální sklon 50° . Tento sklon je výhodný z toho důvodu, že kolektory jsou optimálně nastaveny ke Slunci především v přechodném období. V létě to lze sotva považovat za nevýhodu, neboť většinou bývá k dispozici přebytek slunečního záření a proto může být malé zhoršení stupně účinnosti zanedbáno. Obecně lze říci, že solární zařízení, která by měla dosahovat velmi dobrých celoročních výnosů, by měla mít úhel sklonu mezi 40° až 60° . Při umísťování kolektoru na střechu bývá již sklon a směr většinou daný a tak není optimální orientace vždy možná. Odchylny jsou zde spíše pravidlem. V jakém rámci se klidně mohou odchylny od orientace na jih a ideálního sklonu pohybovat, ukazuje obrázek 3.9 a 3.10.



Obr. 3.9 Závislost sklonu kolektoru



Obr. 3.10 Závislost orientace na jih

Je zjevné že např. na zahradě, chceme-li aby půdorys kolektoru byl co nejmenší, můžeme volit sklon i přes šedesát stupňů. Výhodu má v tom, že se na kolektoru nedrží

sníh. I když nemáme k umístění ideální podmínky, měli bychom upustit od různých "důmyslných" konstrukcí k úpravě sklonu a orientace kolektoru na střeše ve prospěch pěkného vzhledu domu.

Závěrem lze říci, že odchylky od ideální polohy jdou nejlépe vyrovnat nainstalováním o něco větší plochy kolektoru. Jeden kolektor navíc bývá vždy levnější než nákladné systémy k upevnění kolektorů, které kompenzují sklon střechy, nebo dokonce natáčení kolektorů za sluncem, které je velmi nákladné [4].

3.13 Solární ohřev a ekonomika

Cena solárního systému závisí na jeho velikosti, na použitých kolektorech, nádrži a dalších částí, na náročnosti montáže apod. Proto neexistuje žádná univerzální cena. Malý systém pro ohřev vody v rodinném domě se třemi plochými kolektory a zásobníkem na 300 l lze orientačně pořídit za 100.000 Kč až 120.000 Kč. Za systém pro přitápění zaplatíme 180.000 Kč až 350.000 Kč. Pro instalaci solárního systému můžeme čerpat finanční podporu. V první řadě je to možnost dotace od Státního fondu životního prostředí ve výši 30 % investičních nákladů, maximálně však 50.000 Kč u systémů pro ohřev vody a 50 % investičních nákladů, maximálně však 100.000 Kč u systémů pro přitápění (tato žádost se však musí doložit energetickým auditem). Dotace je poskytována až po instalaci systému, není ale nároková. V některých městech existují místní programy na podporu environmentálně šetrného vytápění či přímo solárních kolektorů, další programy připravují některé kraje. Čerpat je možno i speciální půjčku od stavební spořitelny, pokud ji má v nabídce (např. Modrá pyramida). Na dobu pěti let pak můžeme být osvobozeni od platby daně z nemovitostí, pokud jsme solárním systémem nahradili spalování fosilních paliv.

3.14 Výhody využívání sluneční energie

- hospodárnost – ceny energií se budou do budoucna měnit a to vzhůru.
- nezávislost uživatele – sluneční záření je všude dostupný zdroj na rozdíl od dovážené ropy nebo zemního plynu, jejichž dodávka závisí na geopolitické situaci.

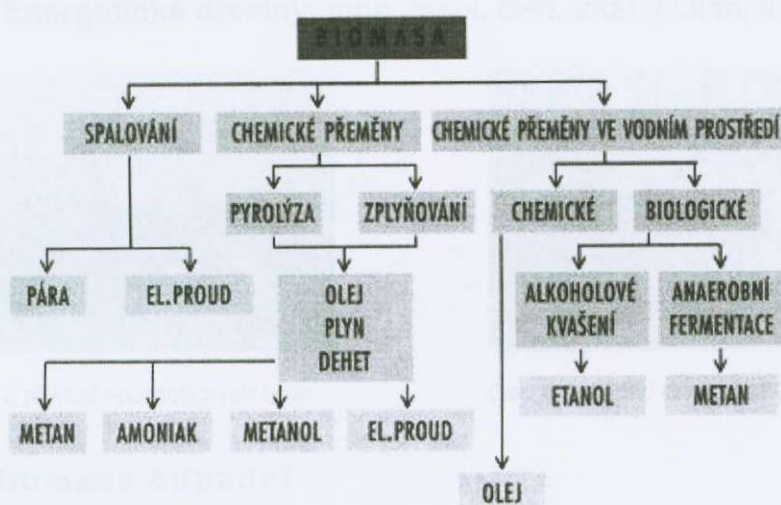
- ochrana životního prostředí – nevznikají škodlivé emise a skleníkové plyny, nejsou spotřebovávány suroviny, produkovány odpady. Energetická návratnost malých solárních systémů je 1 až 2 roky.
- větší komfort bydlení – pohodlnější vytápění, žádná starost o paliva, nový prostor při využití zimních zahrad ...
- architektonické zhodnocení domu – ve většině případů vylepšení stávajícího vzhledu domu, zvláště markantní u starých budov a na fádních sídlištích.
- příspěvek k zaměstnanosti – využití místních zdrojů energie, tedy i Slunce dává práci v místě (peníze neodtékají ve velkém do jiných zemí či na jiné kontinenty jako v případě ropy a zemního plynu). Podle studie zpracované Evropskou komisí bude využívání obnovitelných zdrojů energie v roce 2020 v EU dávat práci na 900 tisícům obyvatel.

4. VYUŽITÍ ENERGIE BIOMASY

4.1 Pojem Biomasa

Biomasa je organická hmota rostlinného nebo živočišného původu je nositelem obnovitelných zdrojů energie vznikajících fotosyntézou. Z hlediska energetického využití jde v podmínkách České republiky většinou o dřevo (či jeho odpad), slámu a jiné zemědělské zbytky a exkrementy užitkových zvířat, či o energeticky využitelný komunální odpad nebo plynné produkty odpadající při provozu čistíren odpadních vod.

4.2 Přehled přeměny biomasy



Obr. 4.1 celkový přehled přeměny biomasy

4.3 Využití biomasy

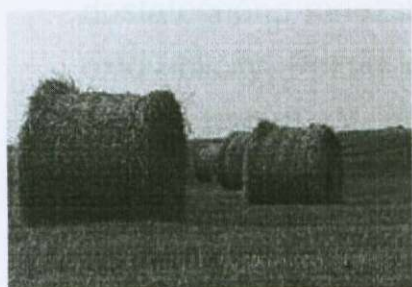
- Výroba tepla přímým spalováním v topeništích (dřevo, dřevní odpad, sláma, atd.).
- Zpracování na kvalitnější paliva tzv. fytopaliva (pelety, brikety, bioplyn, etanol, bionafta).
- Výroba elektřiny (kombinovaná výroba elektrické energie a tepla).

4.4 Způsoby získávání energie z biomasy

Způsob získávání energie je podmínován fyzikálními a chemickými vlastnostmi biomasy (např. vlhkost). Množství vody a sušiny má vliv na zpracování biomasy, tedy i na způsob získávání energie. Hodnota 50 % sušiny je přibližná hranice mezi mokkými procesy a suchými procesy.

4.5 Výroba paliva

- **Energetické byliny:** řepka, konopí, amaranthus, šťovík, topinambur, komonice bílá, lesknice, psineček, ovsík, kostřava, atd..
- **Energetické dřeviny:** vrba, topol, olše, akát, platan, líska, atd..



Obr. 4.2 příklad energetických bylin



Obr. 4.3 příklad energetických dřevin

4.6 Biomasa odpadní

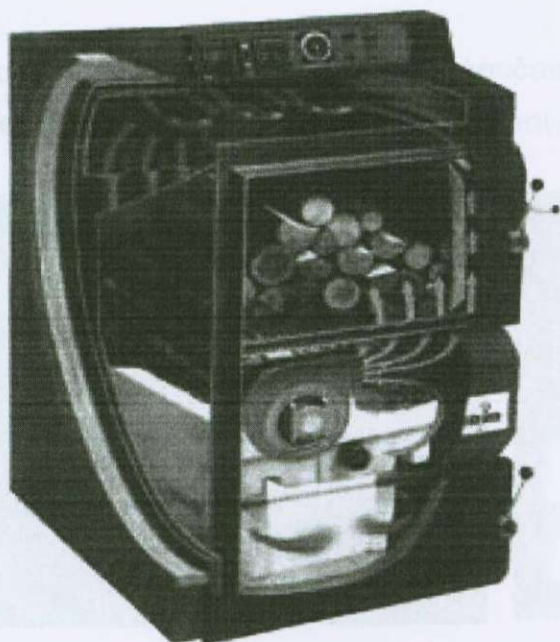
- **Rostlinné zbytky ze zemědělské prvovýroby:** kukuřičná, obilná, řepková sláma, zbytky po likvidaci křovin a lesních náletů, odpady ze sadů a vinic, luk a pastvin.
- **Odpady z živočišné výroby:** exkrementy hospodářských zvířat, zbytky krmiv.
- **Lesní odpady:** dřevní hmota z lesních probírek, kůra, větve, pařezy, kořeny, palivové dřevo, manipulační odřezky, klest.
- **Komunální organické odpady:** kaly z odpadních vod, organický komunální odpad, zbytky z údržby zeleně a travnatých ploch.
- **Organické odpady z potravinářské a průmyslové výroby:** odpady z jatek, mlékáren, lihovarů, z dřevařských provozoven.

4.7 Principy získávání energie z biomasy

Získat energii z biomasy můžeme získat několika způsoby

4.7.1 Spalování biomasy (sláma, štěpky, dřevní hmota)

1. **fáze sušení:** odstraňuje se vlhkost z paliva.
2. **fáze pyrolýzy:** materiál se začne ohřívat, organický materiál se rozkládá na hořlavé plyny, destilační produkty a zuhelnatělý zbytek.
3. **fáze spalování plynné složky:** postupné hoření, prodlužování plamene.
4. **fáze spalování pevných složek:** zuhelnatělý zbytek na roštu za přístupu dostatečného množství kyslíku vytváří oxid uhelnatý, který dále oxiduje na oxid uhličitý. Pokud ke spalování dochází za přístupu vzduchu, jedná se o prosté hoření. V případě zahřívání paliva za nepřístupu vzduchu se uvolňuje dřevoplyn, který se odvádí do spalovacího prostoru, kde se spaluje podobně jako ostatní plynná paliva.



Obr. 4.4 kotel spalující dřevoplyn

4.7.1.1 Využití:

Tento druh spalování biomasy se nejčastěji využívá při výrobě tepla a přípravě teplé užitkové vody.

4.7.2 Alkoholové kvašení

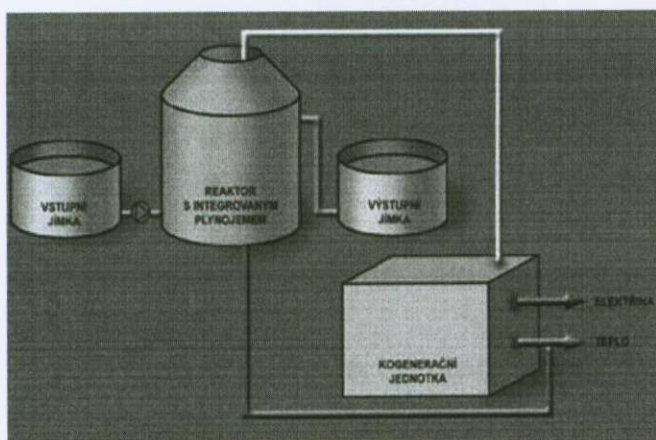
Z rostlin, které obsahují cukry a škrob (např. obiloviny, řepa, brambory, cukrová třtina, ovoce atd.) je možné získat organickou fermentací v mokřém prostředí a následně destilací vysokoprocentní alkohol (etanol). Teoreticky lze z 1 kg cukru získat 0,65 l čistého etanolu. V praxi je však energetická výtěžnost 90 % – 95 %, protože vedle etanolu vznikají další produkty např. glycerín.

4.7.2.1 Využití

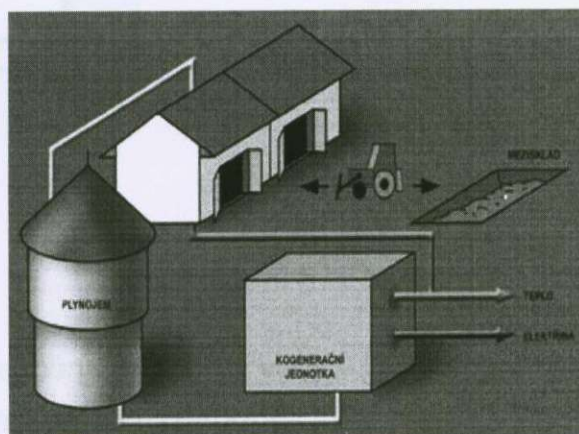
Etanol je vysoce hodnotné ekologické palivo pro spalovací motory. Má antidetonační vlastnosti. Jeho nedostatkem je schopnost vázat vodu a může způsobit korozi motoru, což lze odstranit přidáním aditiv (antikoročních přípravků).

4.7.3 Anaerobní fermentace - metanové kvašení

Zpracování organických látek se současným vznikem bioplynu se nazývá anaerobní fermentace dříve metanogenní kvašení (vyhánění, rozklad).



Obr. 4.5 Mokrá fermentace



Obr. 4.6 Suchá fermentace

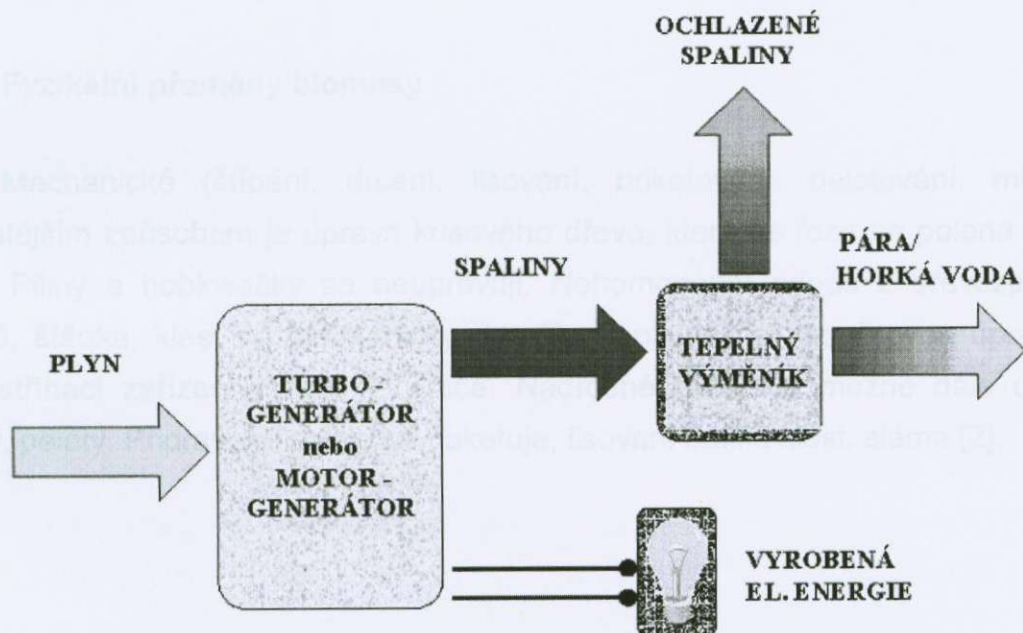
Bioplyn (dříve kalový plyn) je směs plynů: 50% až 75% metanu, 25% až 40% oxidu uhličitého, 1% až 3% dalších plynů (dusík, vodík, vzácné plyny, sirovodík, vodní páry).

4.7.3.1 Využití

Spalování v kogeneračních jednotkách – zařízení, které spalováním paliva vyrábí současně elektrický proud a teplo.

4.7.3.2 Princip kogenerační jednotky

Elektrickou energii vyrábí generátor, teplo je získáváno z chlazení spalovacího motoru, mazacího oleje a spalin (výroba obou forem energií je vzájemně spjata a je dán poměr mezi jejich množstvím).



Obr. 4.7 jednoduché schéma kogenerační jednotky

4.7.3.3 Rozdělení kogeneračních jednotek

- **Plynové spalovací motory** – vhodné zejména pro ohřev vody – 2/3 vyrobeného tepla má teplotu 100 °C, zbytek (výfuk) má teplotu až 400 °C.
- **Plynové spalovací turbíny** – teplota spalin dosahuje teplot vyšších než 500 °C, výhodné je jejich použití pro dodávky technologické páry nebo horké vody.

4.7.4 Esterifikace

Z olejnatých semen (řepka, len, slunečnice) se lisuje olej. Ten se esterifikací, tj. substitucí metylalkoholu za glycerin mění na metylester oleje, který má podobné vlastnosti a výhřevnost jako motorová nafta. Jeho rozložitelnost v přírodě je několikrát rychlejší než u běžné nafty, což má význam pro ochranu životního prostředí, vodních zdrojů apod.

Výhodou jsou menší investiční náklady, stabilní vysoká kvalita bionafty. Reesterifikace za tepla umožňuje zvýšit výtěžnost, ale i technologickou spotřebu energie.

4.7.4.1. Využití:

Používá se jako palivo do dieselových motorů. V dnešní době je již bionafta velmi kvalitní a může se používat i v moderních automobilech s naftovými motory

4.7.5 Fyzikální přeměny biomasy

Mechanické (štípání, drcení, lisování, briketování, peletování, mletí, atd.) Nejčastějším způsobem je úprava kusového dřeva, které se řeže na polena vhodných délek. Piliny a hoblovačky se neupravují. Nehomogenní odpad z dřevozpracujících závodů, štěpka, klest se mechanicky drtí. Technologie na rozměrovou úpravu dřeva např. stříhací zařízení, sekačky, drtiče. Nadrčené palivo je možné dále upravit na brikety, pelety. Připravené palivo se paketuje, lisování balíků klest, sláma [2].

5. ENERGIE MOŘÍ A OCEÁNŮ

5.1 Pohyb oceánů způsobuje dvě energie

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, 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. V této souvislosti bylo vypočteno, že každá vlna vzdutého moře při pobřeží Velké Británie má nepřetržitě po celý rok na jeden metr své délky výkon 50 kWh až 80 kWh. Zatím se energie oceánů využívá velice málo. První kroky k praktickému využití však už byly učiněny.

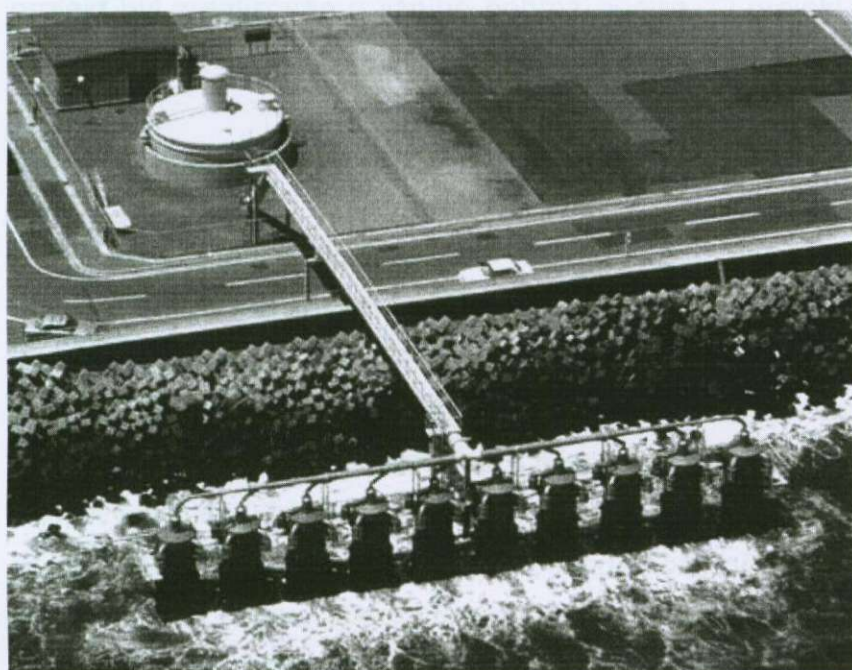
5.2 Řešení využití síly oceánů

Jedním z mnoha řešení je návrh trojdílných pontonů plovoucích na hladině a zakotvených na dně. Pohyb vln by se přenášel na vodní motor. Další zajímavý návrh pod názvem Ploeg se týká instalace řady plováků, které působením vln kmitají kolem osy. Pohyb je soustavou hydraulických nebo mechanických zařízení převáděn na generátor. Jiný způsob využití energie vln byl navržen v Japonsku. Elektrárna Kalimai je podobná cisternové lodi dlouhé 80 m a široké 12 m. Mořské vlny stlačují v komorách stanice vzduch a pohánějí 3 turbíny s generátory o výkonu 200 kW. Takto upravená elektrárna je víceúčelová, protože plní funkci vlnolamu před přístavem a před rybími farmami. U havajského pobřeží byly prováděny pokusy i s minielektrárnami umístěnými v mořských bójích. Na převratnou myšlenku přišli pracovníci firmy Lockheed. Navrhli konstrukci elektrárny Dam-Atol. Jde o umělý ostrov, na kterém by byla umístěna přehrada. Vlnová elektrárna má být kruhová o průměru 76 m. Lopatky zvláštního tvaru by přiváděly vodu z moře do středu elektrárny, kde by se vytvářel mohutný vír, který by otáčel lopatkami turbíny. Přivaděč vody by měl průměr 20 m a hydrogenerátor by dosahoval výkonu až 2 MW.

5.3 Elektrárny pro využití mořského příboje

Síla příboje při větších bouřkách je až neuvěřitelná. Například ve Francii přehazovaly příbojové vlny přes kamenný vlnolam vysoký 7 m balvany o hmotnosti až

3,5 t a betonový blok o hmotnosti 65 t posunuly na vzdálenost 20 m. Přesto je síla příboje zatím velmi málo používána - v místech silného příboje se nenalézají velká města a ani se nestaví žádné velké průmyslové podniky. Příbojová hydroelektrárna na pobřeží Bretaně s generátory umístěnými pod mořskou hladinou měla jen malý úspěch. 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.



Obr. 5.1 elektrárna využívající mořský příboj

5.4 Energie mořských proudů

Cirkulace vodních mas ve světových oceánech a mořích je nejen periodická, ale uchovává svůj směr a rychlost. Stablní proudy jsou součástí celooceánské cirkulace. Energetické využití těchto mořských proudů zůstává zatím ve stavu úvah a studií. Jako příklad lze uvést návrh na energetické využití části Golfského proudu mezi mysem Heterras a Floridou v USA. Průměrná rychlost proudu je v těchto místech 3,2 km/h ve spodních vodních vrstvách a 8,8 km/h při povrchu. Každou sekundu tudy proteče $70 \times 10^6 \text{ m}^3$ vody. Na úrovni mysu Heterras téměř 100 km široký proud vody se obrací k východu a směřuje k Evropě. Podle propočtů by se zde dalo získat z 1 m^3 vody 0,8 kW elektrického výkonu. Celkový energetický výkon Golfského proudu v těchto místech se

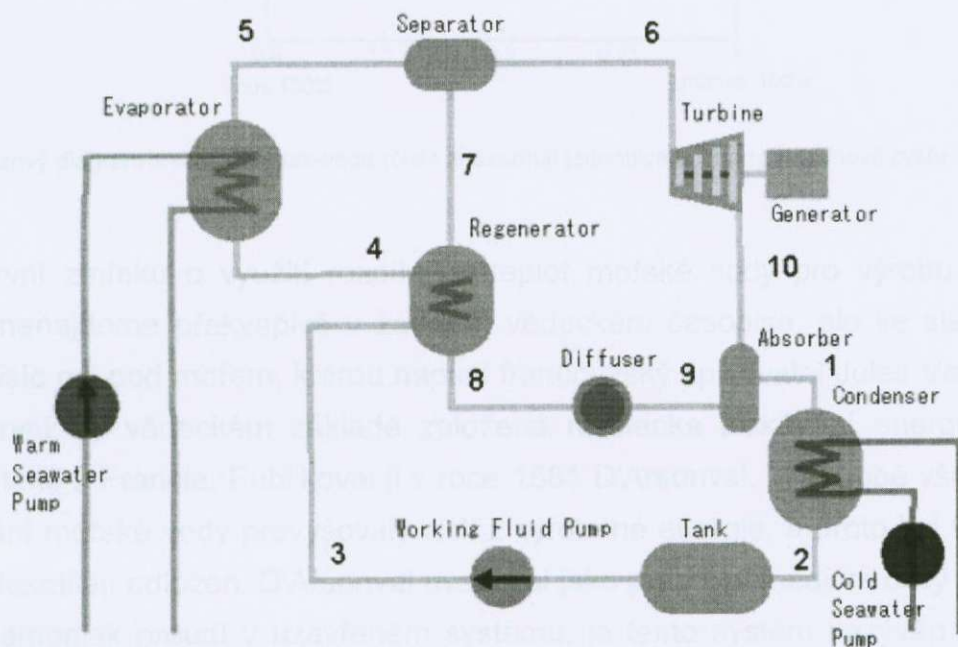
odhaduje na 25 tisíc MW. V projektu se uvažuje o využití velkých turbín o průměru asi 170 m, se dvěma lopatkami oběžného kola, otáčejícími se rychlostí 1 otáčka za minutu. Turbíny mají být upevněny ocelovými lany k těžkým kotvám v hloubce 30 m až 130 m pod hladinou. Jejich vzájemná vzdálenost by byla 100 m i s propustěmi pro velké lodi. Všechny projekty využívání mořských proudů s sebou však nesou velké riziko. Mohlo by dojít ke zpomalení Golfského proudu a možné katastrofické důsledky se dají stěží odhadnout. Francouz Morion navrhuje zapustit do mořského dna obrovské disky, které by se otáčely spolu s mořským proudem. Turbína by měla průměr víc než 100 m. Tyto elektrárny navrhuje umístit k pobřeží Francie, Japonska a Iberských ostrovů. Zkušební projekt byl zrealizován u jižního pobřeží Sicílie. O projekt je ve světě značný zájem již také proto, že neohrožuje stabilitu proudů a nepodstupuje ekologická rizika.

5.5 Přílivové elektrárny

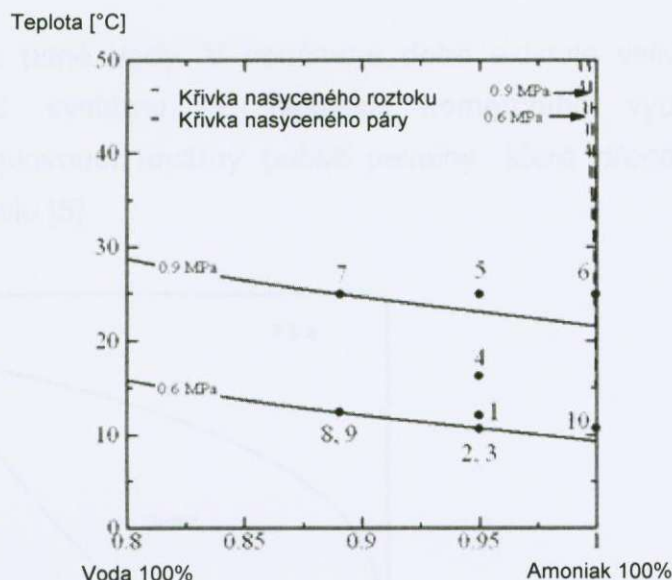
Příliv a odliv je důsledkem působení slapových sil Měsíce a Slunce. Na výšku přílivu a odlivu má zásadní vliv tvar pobřeží (nejvyšší známý příliv je u Nového Skotska v USA - o plných 20 m). Chod slapových sil, a tím přílivů a odlivů, není pravidelný. Při stavbě přílivových elektráren je třeba přihlížet ke všem vlastnostem toho či onoho místa a ke všem nepravidelnostem, které s sebou nese. Ve Francii a Itálii jsou známy stavby přílivových mlýnů již ze 13. století. Přílivová vlna se vlévala přímo do nádrží a při odlivu se vypouštěla na mlýnská kola. Nepravidelnosti přílivů a odlivů však přinášely značné obtíže, a to nejen starobylým mlýnům. Potíže vznikaly i v později budovaných přílivových elektrárnách. Za nejstarší přílivovou elektrárnu z roku 1913 je považována anglická Dee Hydro Station v Cheshire o výkonu 635 kW. První moderní přílivová elektrárna 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. Elektrárna je vybavena 24 reverzními turbínami, takže využívá jak přílivu, tak odlivu. Pracuje ročně 2250 hodin a produkuje 540 milionů kWh elektrické energie. V roce 1984 byl v Kanadě v bazénu Annapolis s výškou přílivu až 15,8 m také spuštěn první stroj přílivové elektrárny. Rotor přímoproudé turbíny se čtyřmi lopatkami má průměr 7,6 m a výkon 17,8 MW.

5.6 Technologie OTEC

Tato technologie je stará 124 let. OTEC je laicky a ve stručnosti systém využívající teplou povrchovou mořskou vodu, která zahřívá pracovní médium k bodu varu a přeměňuje jej na páru. Vzniklá pára pohání turbínu a vyrábí elektrickou energii. Systém je tedy stejný jako u tepelných nebo atomových elektráren. Hlavní rozdíl spočívá v tom, že pracovním médiem je kapalina s nízkým bodem varu - roztok amoniaku ve vodě (platí pro CC-OTEC cykly - viz dále).



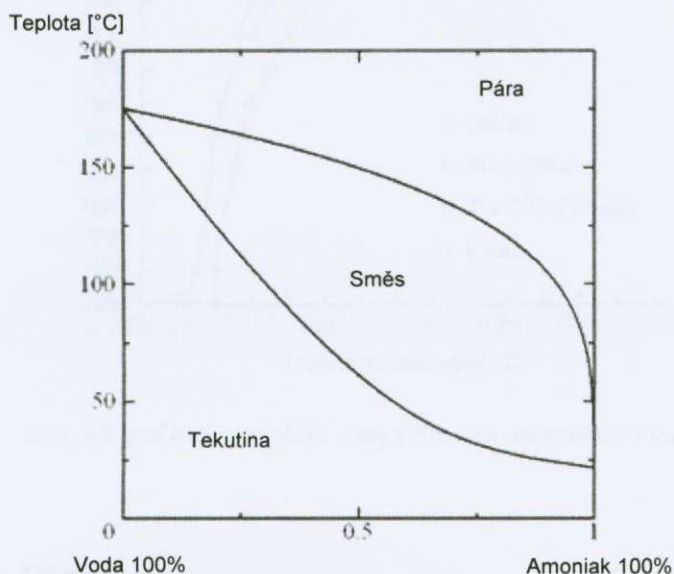
Obr. 5.2 Kalinův cyklus



Obr. 5.3 Fázový diagram směsi amoniak-voda (čísla znázorňují jednotlivé pochody v Kalinově cyklu, viz 5.2)

První zmínku o využití rozdílných teplot mořské vody pro výrobu elektrické energie nenajdeme překvapivě v žádném vědeckém časopise, ale ve slavné knize Dvacet tisíc mil pod mořem, kterou napsal francouzský spisovatel Jules Verne v roce 1870. První na vědeckém základě založená myšlenka získávání energie z moře pochází také z Francie. Publikoval ji v roce 1881 D'Arsonval. V té době však náklady na čerpání mořské vody převyšovaly zisk z vyrobené energie, a proto byl výzkum na několik desetiletí odložen. D'Arsonval uvažoval jako pracovní médium čistý amoniak a protože amoniak proudí v uzavřeném systému, je tento systém nazýván CC-OTEC (Closed-Cycle Ocean Thermal Energy Conversion). Na základě D'Arsonvalových myšlenek byl v roce 1979 na Havaji postaven plovoucí OTEC systém s výkonem 18 kW. O tři roky později, v roce 1982, postavila japonská vláda na ostrově Nauru továrnu o výkonu 100 kW. Oba tyto provozy sloužily pouze pro demonstrativní účely a po několika měsících byly odstaveny. Čtyřicet let po D'Arsonvalovi navrhl další francouzský vědec Claude jako pracovní médium mořskou vodu. V Claudově cyklu médium volně prochází systémem, proto je tento cyklus označován jako otevřený - OC-OTEC (Open-Cycle Ocean Thermal Conversion System). Tento systém může navíc vedle elektrické energie vyrábět i pitnou vodu. Claude OC-OTEC úspěšně otestoval v roce 1930 na Kubě. Jeho další pokusy pak ztroskotaly na neznalosti technologie, jenž by čerpala studenou hlubokomořskou vodu potřebnou pro chlazení. Po dobu šesti let (1993-1998) byl úspěšně provozován OC-OTEC na Havaji. Systém byl navržen na výkon 210 kW, teplotu povrchové vody 26 °C a teplotu hlubokomořské vody 6 °C. Zhruba deset procent vyrobené páry bylo odkloněno do kondenzátoru a

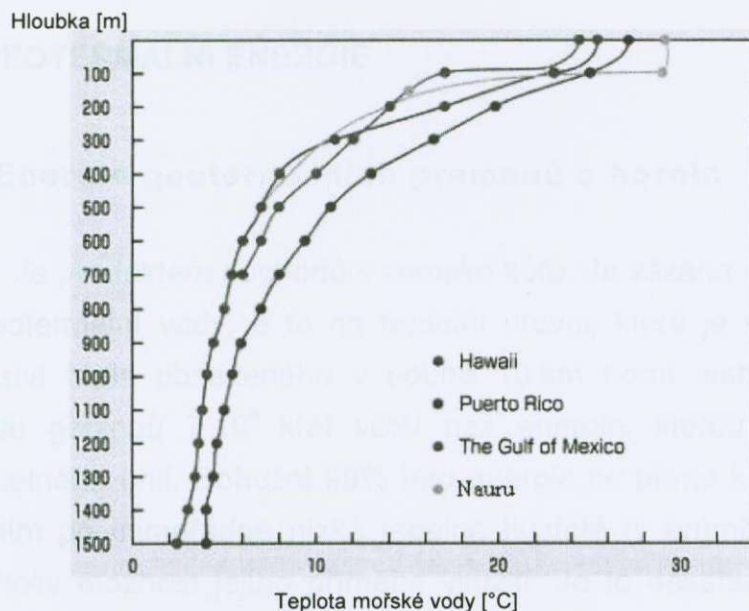
použito na tvorbu pitné vody. V současné době existuje velké množství různých modifikací OTEC systému. Z hlediska komerčního využití se jeví jako nejekonomičtější plovoucí továrny poblíž pevniny, které přenášejí energii pomocí podmořského kabelu [5].



Obr. 5.4 Fázový diagram směsi amoniak-voda za atmosférického tlaku

5.6.1 OTEC může být aplikován až ve 100 zemích světa

V oblastech okolo rovníku činí teplotní rozdíl mezi povrchovou mořskou vodou a vodou v hloubce jednoho kilometru $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Tento teplotní rozdíl umožňuje teoreticky v japonských vodách využít energii okolo 10^{14} kWh/rok. Toto množství energie lze získat z 8.600 miliónů tun fosilních paliv, zatímco celková spotřeba energie v Japonsku v roce 2000 činila v přepočtu 600 miliónů tun fosilních paliv. Pro efektivní získávání energie je nutný rozdíl teplot na odpaření, resp. kondenzaci média, alespoň $15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Této difference lze docílit nejen na základě rozdílné teploty vody v různých hloubkách, ale lze ji aplikovat i v oblastech blízkých pólům, kde je pro chlazení využít vzduch, anebo v oblastech s geotermálními prameny (STEC System), kde je pro změnu pro chlazení využita mořská voda. Klimatické podmínky vhodné pro provoz OTEC cyklu jsou zhruba ve sto zemích celého světa, zejména v tropických a subtropických oblastech soustředěných mezi čtyřicátou severní a jižní rovnoběžkou.



Obr. 5.5 graf teploty mořské vody v různých oblastech a hloubkách

5.6.2 Výhody

Náklady na stavbu OTEC cyklu vyrábějícího cca 300 MWh činí zhruba 6 jenů - 8 jenů (okolo 1,30 Kč - 1,70 Kč) na kWh, zatímco náklady v případě tepelné elektrárny dosahují cca 10 jenů (okolo 2,10 Kč - 2,20 Kč) na kWh. A protože jako zdroj tepla slouží mořská voda, emise CO_2 jsou neporovnatelně nižší ve srovnání s tepelnými elektrárnami. Systém neprodukuje žádný radioaktivní odpad jako atomové elektrárny a mořská voda může být recyklována. Narozdíl od ostatních zdrojů obnovitelné energie (např. větrné nebo solární elektrárny) je systém nezávislý na počasí a produkuje stabilní množství energie po celý rok.

5.7 Nevýhody přílivových elektráren

K nevýhodám přílivových elektráren patří skutečnost, že jejich pracovní doba mnohdy nesouhlasí s energetickou špičkou elektrizačních soustav a že místa vhodná pro výstavbu těchto elektráren jsou často značně vzdálena od míst spotřeby produkované energie. Přesto energie přílivů a odlivů je nadějným energetickým zdrojem pro využití v budoucnosti. Ročně by se tak mohlo získat 7,2 biliónů MJ až 11,8 biliónů MJ elektrické energie.

6. GEOTERMÁLNÍ ENERGIE

6.1. Energie geotermálních pramenů a hornin

Je produktem pochodů v zemské kůře. Je vázána na teplo suchých hornin nebo na geotermální vody, a to na teplotní úrovni, která je využitelná k přímé spotřebě. Množství tepla obsaženého v pouhé 10 km horní vrstvě zemské kůry a je podle odhadu geologů $7 \cdot 10^4$ krát větší než energie, kterou by vydaly veškeré zásoby vytěžitelného uhlí. Bohužel 99% této energie se přímo k zemskému povrchu dostává vedením při mimořádně nízké tepelné hustotě (v průměru $0,05 \text{ W/m}^2$), což vylučuje jakoukoliv možnost jejího přímého využití. Je to desettisíckrát menší hustota, než s jakou na naši planetu dopadá energie sluneční. Z tohoto důvodu využíváme přírodní zemské teplo jako zdroj k vytápění sídlišť a k výrobě elektrické energie jen na několika místech tzv. geotermální anomálie, kde geologickými formacemi prostupuje z hlubin k povrchu s mnohem větší hustotou [1].

6.2. Geotermální vody

Jsou přírodní podzemní vody, které se nacházejí v zemských dutinách a zemských zvodnělých vrstvách. Jsou zahřáté zemským teplem natolik, že jejich teplota po výstupu na zemský povrch je vyšší než průměrná roční teplota vzduchu v dané lokalitě. Pro přímé energetické využití jsou vhodné vody podle klasifikace z kategorie nízkoteplotních třídy a) $30^\circ\text{C} - 70^\circ\text{C}$ a třídy b) $70^\circ\text{C} - 100^\circ\text{C}$. Voda se ve většině případů získává hlubinnými vrtly. Část geotermálních vod je klasifikována jako vody lázeňské. Jsou podrobeny zvláštnímu režimu využití, jejich čerpání pouze pro energetické využití není přípustné.

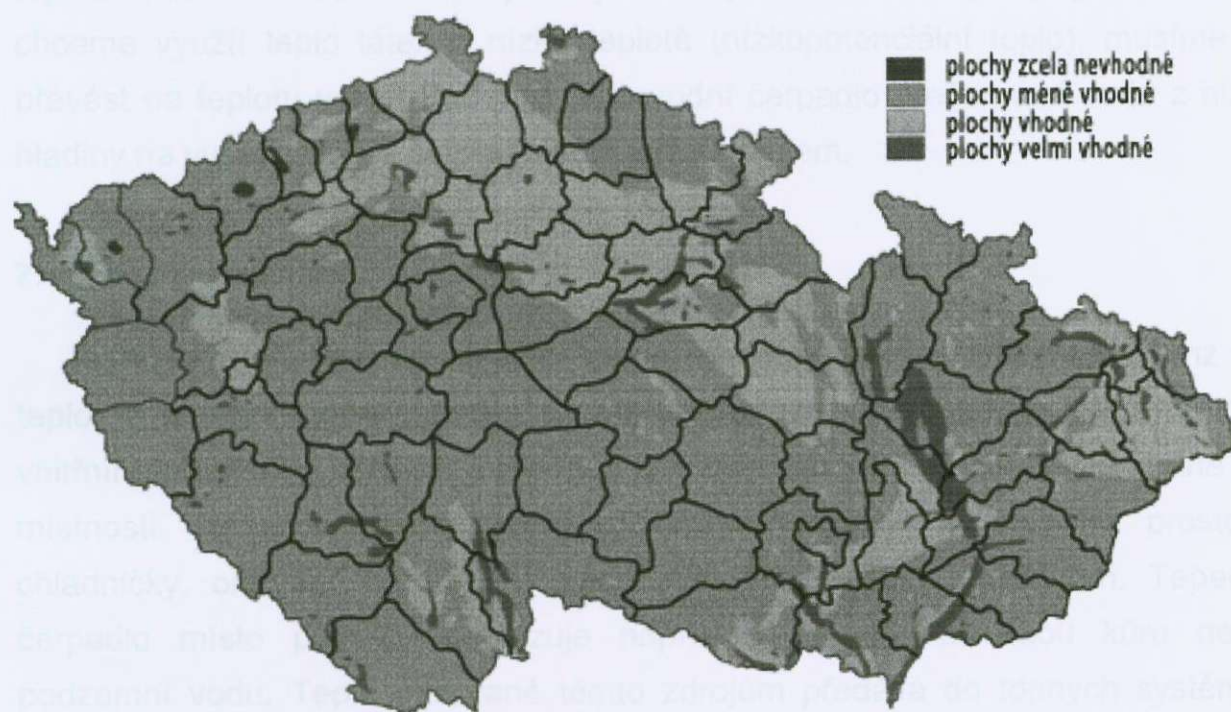
6.3 Teplo suchých hornin

Využívá se buď pomocí trubkových kolektorů osazených do suchých vrtů nebo pomocí injektáže povrchové vody a jejího zpětného čerpání systémem dvou a více vrtů.

6.4 Využití

Geotermální teplo se v současné době využívá v menších aplikacích v lázeňství, ve větších systémech přímým použitím geotermální vody jako TUV a dále v systémech CZT k hrazení části tepelné bilance (v závislosti na teplotní úrovni zdroje).

6.5 Přehled geotermální energie v České republice



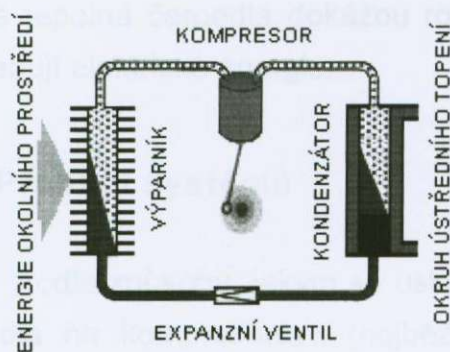
Obr. 6.1 zobrazení geotermálních lokalit

7. VYUŽITÍ ENERGIE POMOCÍ TEPELNÝCH ČERPADEL

Tepelná čerpadla jsou ekonomická a ekologická zařízení, která, využívají energii okolního prostředí a přeměňují ji na teplo používané k vytápění budov a ohřevu vody. Tepelné čerpadlo odebírá energii vodě (podzemní voda, spodní voda, odpadní voda), vzduchu (okolní vzduch, odpadní vzduch) nebo ze země a na termodynamickém principu ji mění v použitelnou tepelnou energii. V zemi, vodě i ve vzduchu je obsaženo nesmírné množství tepla, avšak jeho nízká teplotní hladina neumožňuje jeho přímé využití pro účely vytápění. Pokud chceme využít teplo látek o nízké teplotě (nizkopotenciální teplo), musíme je převést na teplotu vyšší. Podobně jako vodní čerpadlo přečerpává vodu z nižší hladiny na vyšší, tepelné čerpadlo dělá totéž s teplem.

7.1 Princip zařízení

Principem je uzavřený chladicí okruh, obdobný jako u chladničky, jímž se teplo na jedné straně odebírá a na druhé předává. Chladnička odebírá teplo z vnitřního prostoru a potravin a předává je kondenzátorem na své zadní straně do místnosti. Požadovaným efektem je snížení teploty ve vnitřním prostoru chladničky, ohřívání vzduchu v místnosti je nezbytným důsledkem. Tepelné čerpadlo místo potravin ochlazuje například vzduch, zemskou kůru nebo podzemní vodu. Teplo odebrané těmito zdroji předává do topných systémů. Požadovaným efektem je právě zvýšení teploty. Činnost tepelného čerpadla využívá fyzikální jevy spojené se změnou skupenství pracovní látky - chladiva. Ve výparníku tepelného čerpadla chladivo při nízkém tlaku a teplotě odebírá teplo zdroji nizkopotenciálního tepla, dochází k varu. Páry chladiva jsou stlačeny, zahřívají se a v kondenzátoru předávají kondenzační teplo ohřívané látce. Tím se opět ochlazují a zkapalňují. Celý oběh je uzavřen odvodem chladiva do výparníku přes expanzní ventil, který snižuje tlak kapalného chladiva [3].



Obr. 7.1 schéma tepelného čerpadla

7.2 Topný faktor

Spotřeba pohonné energie pro uskutečnění popsaného oběhu chladiva závisí především na množství přečerpávaného tepla a na rozdílu mezi teplotou topného systému a zdroje nízkopotenciálního tepla. Poměr tepelného výkonu k příkonu kompresoru (resp. energie dodané pro ohřev k energii spotřebované) se nazývá topný faktor. Přibližně ho lze určit ze vztahu

$$\varepsilon_r = 0,5 \cdot \frac{T_k}{T_k - T_o}$$

kde T_k je teplota kondenzační (topného systému) a T_o je teplota vypařovací (teplota zdroje) [K].

Pro dosažení vysoké hodnoty topného faktoru by měl zdroj nízkopotenciálního tepla mít co možná nejvyšší teplotu. Tato teplota však pro daný typ tepelného čerpadla nesmí přesáhnout maximální hodnotu povolenou výrobcem. Důležitá je vydatnost zdroje nízkopotenciálního tepla, protože při přílišném ochlazení teplonosné látky ve výparníku by kromě snížení hodnoty chladicího faktoru mohlo dojít k ohrožení funkce zařízení, například zamrznutím vody. Teplonosnou látku je třeba ohřívat vždy jen na nezbytnou teplotu. Čím menší rozdíl hladin teplot musí tepelné čerpadlo překonávat, tím méně energie spotřebuje. Snížením kondenzační teploty se zvětší topný faktor a tím prakticky vzroste výkon tepelného čerpadla. Z tohoto důvodu pracují otopné soustavy využívající tepelné čerpadlo s nižšími teplotami topné vody a s větší otopnou plochou. Topný faktor kolísá během ročního provozu v závislosti na vstupní teplotě ochlazované látky a požadované výstupní teplotě. Pro vyhodnocení provozu se proto používá průměrný roční topný faktor, což je poměr celoroční spotřeby energie a celoroční produkce tepla.

Běžná tepelná čerpadla dokážou ročně dodat třikrát až čtyřikrát více tepla, než kolik spotřebují elektrické energie.

7.3 Přehled systémů

Podle způsobu, jakým se uskutečňuje odsávání par z výparníku, dělí se tepelná čerpadla na kompresorová (nejběžnější druh), absorpční (zřídka se vyskytující) a hybridní (obvykle zakázková výroba). Typ tepelného čerpadla se určuje podle druhu ochlazované a ohřívání látky. Nejobvyklejší kombinace jsou vzduch/voda, vzduch/vzduch, voda/voda, nemrznoucí kapalina/voda nebo (země/voda).

7.4 Bivalentní provoz

Pokud je výkon tepelného čerpadla navržen na plnou výši tepelné ztráty objektu, bude po většinu roku nevyužit (spotřeba tepla se během roku mění). Jedná se tedy o zbytečně nákladnou investici. Proto se tepelné čerpadlo většinou používá v kombinaci s jiným zdrojem tepla (elektrina, plyn, uhlí), tedy v bivalentním provozu, kdy instalovaný tepelný výkon čerpadla je nižší než je maximální potřebný, například 60 %. Z hlediska roční spotřeby tepla to znamená, že tepelné čerpadlo dodává asi 90 % celkového tepla a pouhých 10 % doplňuje v nejchladnějším období špičkový zdroj.

7.5 Rozdělení podle způsobů získávání tepla

7.5.1 Teplo z povrchu země

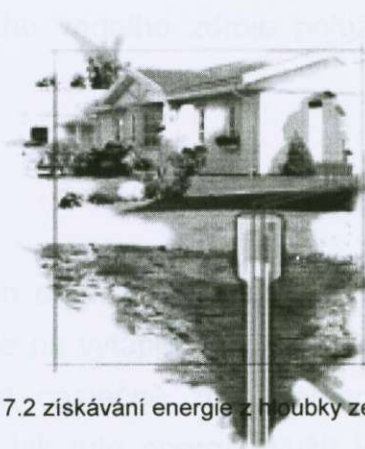
Jedním z nejčastějších způsobů získávání energie ze země, je využití plošného kolektoru umístěného v okolí objektu. Kolektor je proveden z plastových trubek uložených v hloubce 1 m až 1,2 m s roztečí 1 m od sebe. Země ohřívá medium protékající v kolektoru o několik stupňů a tepelné čerpadlo převádí tuto energii na teplo pro radiátory. Velikost plošného kolektoru pro vytápění běžné velkých rodinných domů se pohybuje v rozpětí 250 m² - 400 m². Podmínkou pro provedení plošného kolektoru je dostatečná velikost pozemku. Správně nadimenzovaný a provedený zemní kolektor nemá vliv na vegetaci například v zahradě.



Obr. 7.1 získávání energie z povrchu země

7.5.2 Teplo z hloubky země

Nejčastěji používaným způsobem odběru tepla je odběr z hloubkového vrtu. Využívá se při tom faktu, že v hloubce několika málo metrů pod zemským povrchem je teplota po celý rok konstantní. Ve vrtu o průměru 14 cm je vložena plastová sonda, kterou protéká nemrznoucí směs. Po vložení sondy se vrt zasype. Vrtne práce lze provádět v jakémkoliv podloží. Hloubky vrtů pro vytápění běžně velkých rodinných domů se pohybují v rozpětí 70 m - 120 m. Vrt lze v letních obdobích velmi jednoduše využít i jako velmi levný zdroj chladu pro klimatizaci domu.



Obr. 7.2 získávání energie z hloubky země

7.5.3 Teplo z venkovního vzduchu

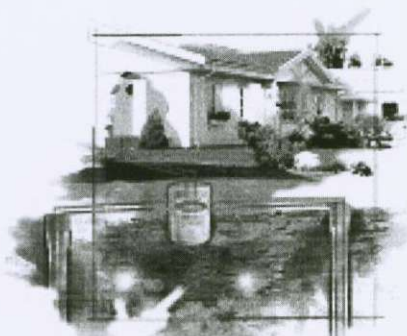
Tam, kde nelze z prostorových důvodů umístit plošný kolektor ani vrt, lze odebírat teplo z venkovního vzduchu. Tato vzduchová tepelná čerpadla mají výhodu, že se velmi snadno instalují a odpadají veškeré zemní práce. Zařízení může být umístěno v zahradě, na terase nebo střeše vytápěného objektu. Podle provedení pracují tato zařízení až do venkovní teploty $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. U kvalitních vzduchových tepelných čerpadel se průměrný roční topný faktor přibližuje topnému faktoru čerpadel odebírajících teplo ze země.



Obr. 7.3 získávání energie z venkovního vzduchu

7.5.4 Teplo z vody

Nachází-li se v daném prostředí studna s dostatkem spodní vody, může být také využita jako zdroj termální energie. Spodní voda se ze studny vyčerpává, v tepelném čerpadle se jí odebere teplo a ochlazená se pak vrátí do země ve druhé vsakovací studni. Teplená čerpadla pracující se spodní vodou, dosahují největších topných faktorů, které se mohou při kombinaci s podlahovým



Obr. 7.4 získávání energie z teploty vody

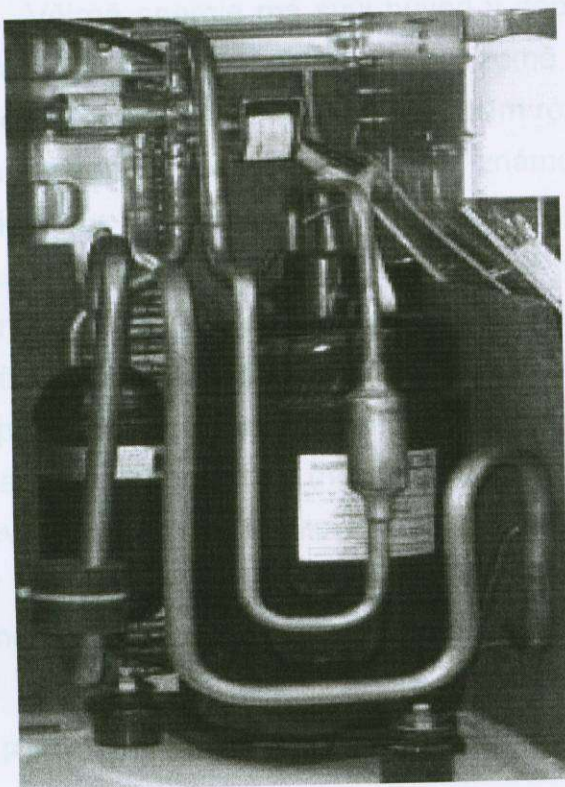
topením v domě dostat až na hodnotu 6. Pro běžně velký dům je potřebná studna s čistou vodou s ověřenou vydatností 1 800 l / hodinu. Druhou možností je využití tepla z povrchové vody, kdy se například na dno rybníka či jiného vodního zdroje položí plastové hadice, pomocí kterých se teplo odebírá.

7.5.5 Teplo z větracího vzduchu

U nově postavených a perfektně tepelně izolovaných domů tvoří energie pro ohřev vzduchu na větrání až 40 % celkové spotřeby energie na vytápění. Pokud je v domě instalováno nucené větrání lze tuto energii získat částečně zpět pomocí rekuperačních výměníků. Druhou velmi efektivní možností jak tuto energii využít je instalace tepelného čerpadla, které dokáže toto teplo odebírat přímo ze vzduchotechnického potrubí. Lze použít speciální tepelné čerpadlo s výkonem 1,5 kW až 2 kW, které odebírá teplo pouze z odpadního vzduchu, nebo výkonnější tepelná čerpadla, která odebírají teplo navíc ještě z vrtu nebo plošného kolektoru. Právě kombinace využívání tepla odpadního vzduchu a tepla z plošného kolektoru zásadně zefektivňuje účinek tepelného čerpadla. Teplo z odpadního vzduchu je v době chodu tepelného čerpadla maximálně využito. Když není potřeba vytápět nebo ohřívat TUV, je nadbytečné teplo z větracího vzduchu uloženo do podzemní smyčky. Díky tomu je teplota zemního kolektoru stále vysoká a tepelné čerpadlo pracuje celoročně s vysokým topným faktorem [5].

7.6 Životnost tepelných čerpadel

Životnost tepelných čerpadel je v rozmezí 15 let až 20 let a je dána především kvalitou nejnamáhanější části což je ve většině případech kompresor.



Obr. 7.5 Detail rotačního kompresoru

8. VYUŽITÍ ENERGIE VĚTRU

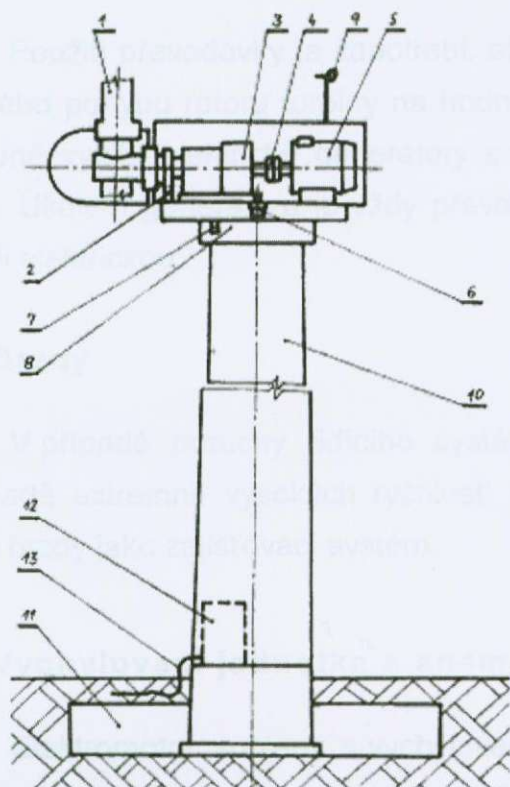
8.1 Vznik větru - energie

Větrná energie má svůj původ v dopadajícím slunečním záření, jehož energie zahřívá vzduch v blízkosti povrchu země. Vlivem rozdílného oslunění v různých oblastech dochází k významným teplotním rozdílům vzduchových oblastí. Důsledkem je potom horizontální proudění vzduchu, známé jako vítr. Energie větru je, podobně jako energie vody, využívána člověkem již odedávna. V Čechách, na Moravě a ve Slezsku se využívala již od středověku, nejvíce pak v 18. a 19. století. Svědčí o tom nejméně 260 známých lokalit, kde dříve stávaly větrné mlýny. V současné době se vítr využívá k výrobě elektrické energie v moderních větrných elektrárnách, založených na vztakovém principu. Z hlediska konstrukce, výkonu a připojení do sítě je nutno rozlišit větrné elektrárny malého výkonu (minielektrárny do cca 5 KW - 10 KW), které mohou sloužit především jako decentralizované zdroje nízkého napětí pro rekreační objekty, rodinné domy apod. a elektrárny velkých výkonů, které jsou určeny k dodávce energie do veřejné sítě.

8.2 Princip větrné elektrárny

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 (na podobném principu turbogenerátoru pracuje jak klasická tepelná, vodní či jaderná elektrárna). Podél rotorových listů vznikají aerodynamické síly; listy proto musejí mít speciálně tvarovaný profil, velmi podobný profilu křídel letadla. Se vzrůstající rychlostí vzdušného proudu rostou vztahové 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 větrné elektrárny. Obsluha větrné elektrárny je automatická [7].

Popis schématického zobrazení větrné elektrárny



Obr. 8.1 Schématické zobrazení větrné elektrárny

1. rotor s rotorovou hlavicí
2. brzda rotoru
3. planetová převodovka
4. spojka
5. generátor
6. servopohon natáčení strojovny
7. brzda točny strojovny
8. ložisko točny strojovny
9. čidla rychlosti a směru větru
10. několikadílná věž elektrárny
11. betonový armovaný základ elektrárny
12. elektrorozvaděče silnoprůdého a řídicího obvodu
13. elektrická přípojka

8.3 Rotor VE

Turbína má většinou rotor s třemi listy, které jsou uloženy v pouzdře rotoru. Listy rotoru jsou zhotoveny z epoxidové pryskyřice s přídavkem skleněných vláken. Průměr rotoru dosahuje až 90 metrů. Průtočná plocha větrné turbíny má přímý vliv na zachycenou větrnou energii. Rychlost otáčení rotoru může být regulována a případně omezována při dosažení určité rychlosti větru nastavením úhlu listu rotoru vzhledem ke směru větru, tzv. pitch regulace.

8.4 Převodovka a generátor

Použití převodovky je zapotřebí, aby bylo možno zvýšit relativně nízkou rychlost otáčivého pohybu rotoru turbíny na hodnotu 1500 ot./min. Tato hodnota otáček dovolí následně využít elektrické generátory s nízkou hmotností a malým počtem pólových dvojic. Úkolem generátoru je vždy převést mechanickou energii otáčivého pohybu na energii elektrickou.

8.5 Brzdy

V případě poruchy řídicího systému je hřídel rotoru mechanicky zabržděna. V případě extrémně vysokých rychlostí větru a také při provádění údržbových prací slouží brzdy jako zajišťovací systém.

8.6 Vychylovací jednotka a anemometr

Elektromotor spojený s vychylovací jednotkou slouží k natáčení celé gondoly. Společně zajišťují, aby listy rotoru byly vždy natočeny správně do směru větru. Rychlost a směr větru je měřena anemometrem, který je umístěn na horní části gondoly. Anemometr může být v závislosti na klimatických podmínkách mechanický nebo tzv. nepohyblivý – statický v případě potřeby s elektrickým vyhříváním.

8.7 Řídicí systém

Řídicí systém má na starosti vedle monitorování i řízení větrné turbíny v návaznosti na směr a rychlost větru. Reguluje otáčky a nastavení listu rotoru, polohu gondol, výstupní výkon a mnohé další technické parametry. Řídicí systém využívá pro svoji činnost počítač, který je umístěn v tubusu VE. Kromě řízení větrné turbíny řídicím systémem může také operátor nebo servisní středisko prostřednictvím mobilní nebo pevné telefonní linky reagovat na případné problémy v činnosti VE jejich „dálkovým“ odstraněním. Řídicí systém dále zajišťuje i přenos všech potřebných údajů na energetický dispečink, který rozhoduje o využívání jednotlivých energetických zdrojů v distribuční soustavě z pohledu energetiky.

8.8 Transformátor

Úkolem transformátoru, který je umístěn buď v tubusu VE nebo v její bezprostřední blízkosti, je převést elektrinu o nízkém napětí tak, jak je vyráběna generátorem VE na elektrickou energii o vysokém napětí, kterou je možné dodat do rozvodné distribuční sítě energetiky.

8.9 Ocelový tubus (stožár)

Moderní VE obvykle používají trubkový ocelový stožár, který je ukotven k betonovému základu. Protože rychlost větru roste s výškou, mohou VE především ve vnitrozemí pracovat efektivněji, pokud jsou jejich stožáry dostatečně vysoké. V současné době dochází k nárůstu výšek u ocelových stožárů i na více než 100 metrů, což je tzv. celosvětovým trendem při využívání energie větru.

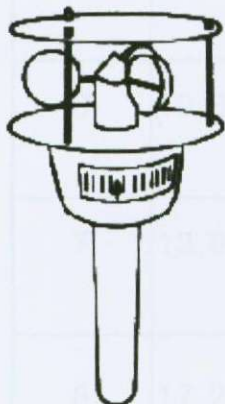
8.10 Větrné elektrárny v zahraničí

Nejdále ve využití energie větru pokročili američtí odborníci, kteří systematicky rozpracovali široký soubor souvisejících otázek. Zahrnuli do něj techniku a technologii, ekonomiku a energetiku, ale také sociologii a ekologii, stejně jako právní stránku věci a problematiku veřejného mínění. Vycházeli z faktu, že už koncem minulého století pracovalo v USA kolem šesti milionů malých větrných elektráren, čerpadel a dalších zařízení a země má mnoho rozlehlých oblastí s velmi dobrými větrnými podmínkami. Platí to především o Kalifornii, kde vznikla celá pole větrných elektráren - větrné farmy.

Technologii větrných elektráren se podařilo nejdále dovést v Dánsku, v zemi, kde vítr duje po 300 dnů v roce. Podle některých údajů pochází každá třetí větrná elektrárna na světě od dánského výrobce. V zemi pracuje více než 3 000 agregátů, které představují přes 7 % instalovaného výkonu elektráren. Dánové se rozhodli pro masivní státní podporu tohoto obnovitelného energetického zdroje, jenž by měl v roce 2010 pokrývat dokonce 10 % až 13 % celostátní spotřeby elektrické energie. Obdobný úmysl naznačuje také Velká Británie, kde větrný potenciál překračuje údajně až sedminásobek celkových energetických potřeb.

8.11 Měření směru a rychlosti větru

Měření směru a rychlosti větru se běžně provádí sítí meteorologických stanic spolu s dalším měřením barometrického tlaku, vodních srážek, slunečního záření a jiných klimatických faktorů.



Obr. 8.2 přístroj na měření větru

Měření směru větru se provádí větrnou směrovkou, jež bývá součástí rychloměru. Jde o svislou desku otáčející se kolem svislé osy v určité vzdálenosti od těžiště její plochy. Také se dá použít větrný pytel, ale jen pro hrubý odhad. Výhodou je, že je viditelný na velkou vzdálenost.

Měření rychlosti se provádí nejčastěji miskovým anemometrem, obvykle trojramenný, s půlkulovými miskami, který se otáčí svislém hřídeli (obrázek 8.2). Druhou možností měření rychlosti je měření dynamického tlaku větru [9].

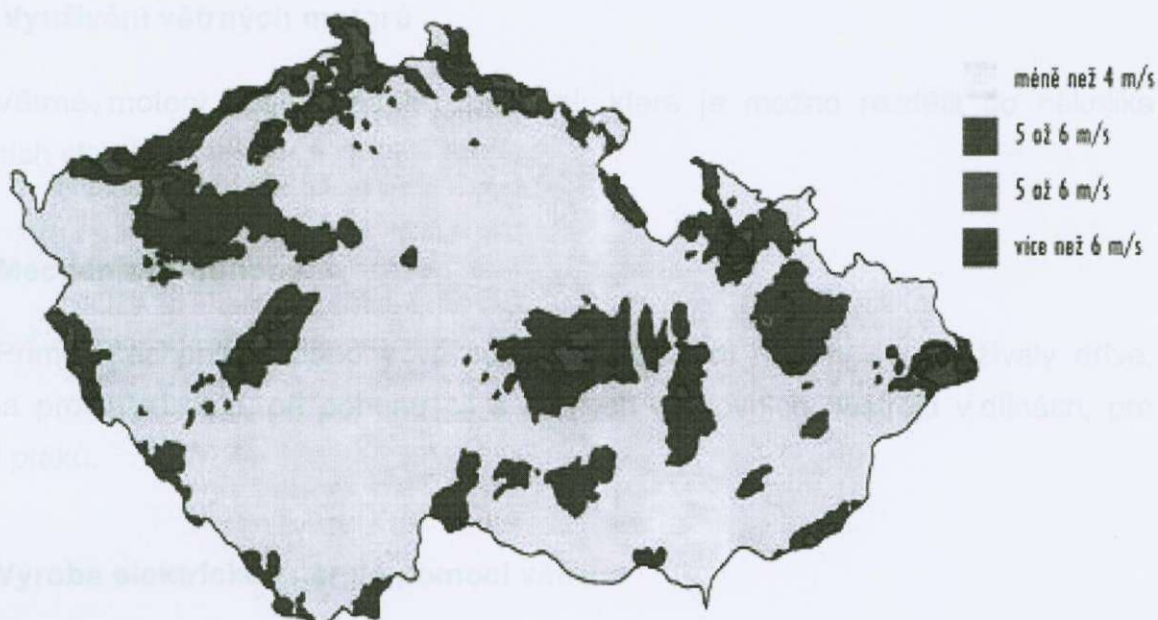
Síla větru	Rychlost v m.s^{-1}	Označe-ní	Viditelné působení
0	0-0,2	bezvětrí	Kouř stoupá kolmo vzhůru
1	0,3-1,5	vánek	Kouř stoupá podle větru
2	1,6-3,3	slabý vítr	Listí stromů šelestí, vítr je cítit ve tváři
3	3,4-5,4	mírný vítr	Listy a větvičky stromů v trvalém pohybu

4	5,5-7,9	dosti čerstvý vítr	Vítr zdvihá prach a kousky papíru
5	8,0-10,7	čerstvý vítr	Stromy se začínají prohýbat, na vodě se tvoří menší vlny
6	10,8-13,8	silný vítr	Vítr pohybuje silnými větvemi, použití deštníku je nesnadné
7	13,9-17,1	prudký vítr	Vítr pohybuje celými stromy, chůze je obtížná
8	17,2-20,7	bouřlivý vítr	Vítr ulamuje větve, chůze je nemožná
9	20,8-24,4	vichřice	Vítr způsobuje menší škody na stavbách
10	24,5-28,4	silná vichřice	Vyvrací stromy, značně poškozuje budovy
11	28,5-32,6	mohutná vichřice	Ve vnitrozemí se vyskytuje velmi zřídka , ničivé účinky
12	32,7-36,9	orkán	Ve vnitrozemí se prakticky nevyskytuje

Tab. 8.1 Přiřazení rychlosti větru k Beaufortově stupnici

8.12 Větrná mapa ČR

Pro přehlednost byla zpracována větrná mapa ČR (obrázek).



Obr. 8.3 mapa síly větru v České republice

8.13 Počítačový program na určení rychlosti větru

Pomůckou pro zjištění přízemního proudění větru byl v roce 1995 v ÚFA AV ČR vyvinut počítačový program VAS (Větrný atlas), který umožňuje v libovolném místě na území České republiky stanovit roční průměrnou rychlost větru, platnou pro čtverec o straně 2 km a to ve výšce od 10 m až do 40 m. Kromě číselného vyjádření je spolehlivost odhadu rychlosti větru klasifikována do čtyř tříd :

- Údaje pro rovinnou krajinu jsou spolehlivé a nevyžadují ověřovací měření.
- Údaje pro mírně zvlněnou krajinu, platí vysoký stupeň přesnosti, jen v některých případech je vhodné porovnat výpočet s měřením v okolí.
- Údaje pro výrazně zvlněnou krajinu, jsou pravděpodobné, podle charakteru lokality se doporučuje ověření měřením.

- Údaje pro vertikálně velmi členěnou krajinu s velkými převýšeními a hlubokými údolími, jsou orientační, proto jsou nezbytná ověřovací měření.

8.14 Využívání větrných motorů

Větrné motory mají rozsáhlé uplatnění, které je možno rozdělit do několika základních skupin.

8.14.1 Mechanické pohony

Přímé mechanické pohony ve spojení s větrnými motory se používaly dříve, zejména pro mletí obilí, při pohonu pil a různých pracovních nástrojů v dílnách, pro plašení ptáků.

8.14.2 Výroba elektrické energie pomocí větru

Větrné motory pohánějí elektrické generátory od výkonů desítek wattů, až do několika megawattů. Malé větrné elektrárny se používají pro nabíjení baterií, čerpání nebo ohřev vody a k napájení elektrických nástrojů a domácích spotřebičů. Pracují samostatně, jako jediný zdroj, napájecí spotřebiče nebo v místních samostatných sítích ve spolupráci s diesel-agregáty a slunečními bateriemi. Větrné elektrárny o výkonu nad 50 kW většinou dodávají elektrickou energii do rozvodné sítě.

8.14.3 Čerpání vody pomocí větru

Čerpání vody větrnými motory se užívá běžně pro potřeby zavlažování, čerpáním ze studní a řek, zásobování z vrtaných a hloubených studní, pro odvodňování, v omezené míře se využívá pro zavzdušňování rybníků a zkoumá se využití větrných motorů pro odsolování půd a jako součást přečerpávacích akumulacních soustav vodních elektráren. Kromě vody lze větrnými motory čerpat i jiné látky, jako např. různá chladiva v soustavách pro chlazení a výrobu ledu, dále je lze využít i k přímému pohonu tepelných čerpadel pro skleníky nebo pro stlačení pracovní látky, stlačeného vzduchu nebo tlakové hydraulické kapaliny.

8.15 Výpočet výkonu větrné energie

Následující výpočet je pouze pro orientační stanovení výkonu. Přesný výpočet uvažuje s rozdílnou rychlostí větru daleko před rotorem a v rovině rotoru, dále lze výpočet upřesnit geometrickou charakteristikou listů rotoru a přesným stanovení všech účinností. Takové to výpočty se provádějí pomocí speciálních výpočetních programů na počítači.

Kinetická energie proudícího větru je dána vztahem větru

$$E = 1/2 \cdot m \cdot v^2 \quad m - \text{hmotnost vzduchu, } v - \text{ rychlost vzduchu}$$

Hmotnost proteklého množství vzduchu je

$$m = \rho \cdot V \quad V - \text{objem proteklého vzduchu}$$

kde platí

$$V = S \cdot v_0 \cdot t \quad v_0 - \text{ rychlost vzduchu před rotorem, } t - \text{ čas}$$

$$S = \pi \cdot r^2 \quad r^2 - \text{ poloměr rotoru}$$

Výkon proudu větru před rotorem (protékajícího průřezem S):

$$P_0 = E_0 / t \quad P_0 - \text{ výkon větru před rotorem}$$

Po dosazení a úpravě je výkon proudu větru před rotorem:

$$P_0 = 1/2 \cdot \pi \cdot r^2 \cdot \rho \cdot v_0^3$$

Část výkonu proudu větru odčerpá rotor větrného motoru . Platí vztah :

$$P_0 = P_r + P_z \quad P_r - \text{ výkon rotoru,}$$

$$P_z - \text{ výkon větru za rotorem}$$

Účinnost rotoru nám řekne, jak hodně výkonu větru zužitkuje rotor motoru.

$$\eta_r = P_r / P_0$$

Samozřejmě, že podle druhu rotoru se mění i jeho účinnost.

Dalším důležitým parametrem u rotoru je t.zv. rychloběžnost rotoru, která je definována poměrem obvodové rychlosti konce listu rotoru k rychlosti větru před rotorem:

$$\lambda = u / v_0$$

Maximální hodnota rychloběžnosti motoru je omezena hlučností rotoru, která s obvodovou rychlostí značně roste. S rychloběžností rotoru souvisí i opět jeho účinnost. Obecně lze říci, že současné rotory s horizontální osou rotace jsou rotory rychloběžné s $\lambda = 4 \div 7$. Čím menší je počet listů, tím vyšší bývá hodnota rychloběžnosti. Třílisté rotory pracují nejčastěji s rychloběžností $\lambda = 6$. Teoreticky maximální dosažitelná hodnota účinnosti rotoru větrného motoru je 0,59. Již velmi dobře navržený rotor pracuje s účinností

$\eta_r = 0,47 \div 0,48$. Po dosazení a úpravě vztahu pro výkon :

$$P_r = P_0 \cdot \eta_r = 1/2 \cdot S \cdot \rho \cdot v_0^3 \cdot \eta_r$$

Za rotorem větrné elektrárny stojí v cestě přeměně výkonu rotoru až na výkon elektrický předávaný do sítě ještě několik zařízení, ve kterých se část výkonu rotoru zmaří na pokrytí ztrát. Tyto ztráty jsou taktéž vyjádřeny účinností jednotlivých zařízení jako např. převodovky, spojky, generátoru, aj. Chceme-li určit skutečně předávaný výkon do rozvodné sítě musíme počítat s účinností celé soustavy, která je vyjádřena součinem všech účinností jednotlivých částí:

$$\eta_c = \eta_r \cdot \eta_{pr} \cdot \eta_g \cdot \dots \cdot \eta_j, \text{ kde } \eta_c - \text{celková účinnost soustavy}$$

η_c – účinnost rotoru (v praxi pro třílistého rotoru počítáme s 0,47)

η_c – účinnost převodovky (cca. 0,97)

η_c – účinnost generátoru (asynchronní stroj bereme cca. 0,95)

η_j – jiné ostatní účinnosti vyjadřující ztráty v přenosové cestě (cca. 0,95)

Po dosažení těchto přibližných hodnot dostaneme :

$$\eta_c = 0,47 \cdot 0,97 \cdot 0,94 \cdot 0,95 = 0,407$$

Elektrický výkon větrné elektrárny :

$$P_e = 1/2 \cdot \pi \cdot r^2 \cdot \rho \cdot v_0^3 \cdot \eta_c [\text{W, m, kg/m}^3, \text{m.s}^{-1}, \rho]$$

se pohybuje

$$P_e = 0,639 \cdot r^2 \cdot \rho \cdot v_0^3$$

v rozmezí 1,0 - 1,3 kg/m³ podle tlaku a vlhkosti vzduchu

Nutno ještě zahrnout, že výkon je závislý na hustotě vzduchu, která souvisí s nadmořskou výškou.

Použijeme stavovou rovnici, kde R (287 J.kg⁻¹.K⁻¹) je plynová konstanta, T (K) je teplota vzduchu :

$$\rho = p/R \cdot T$$

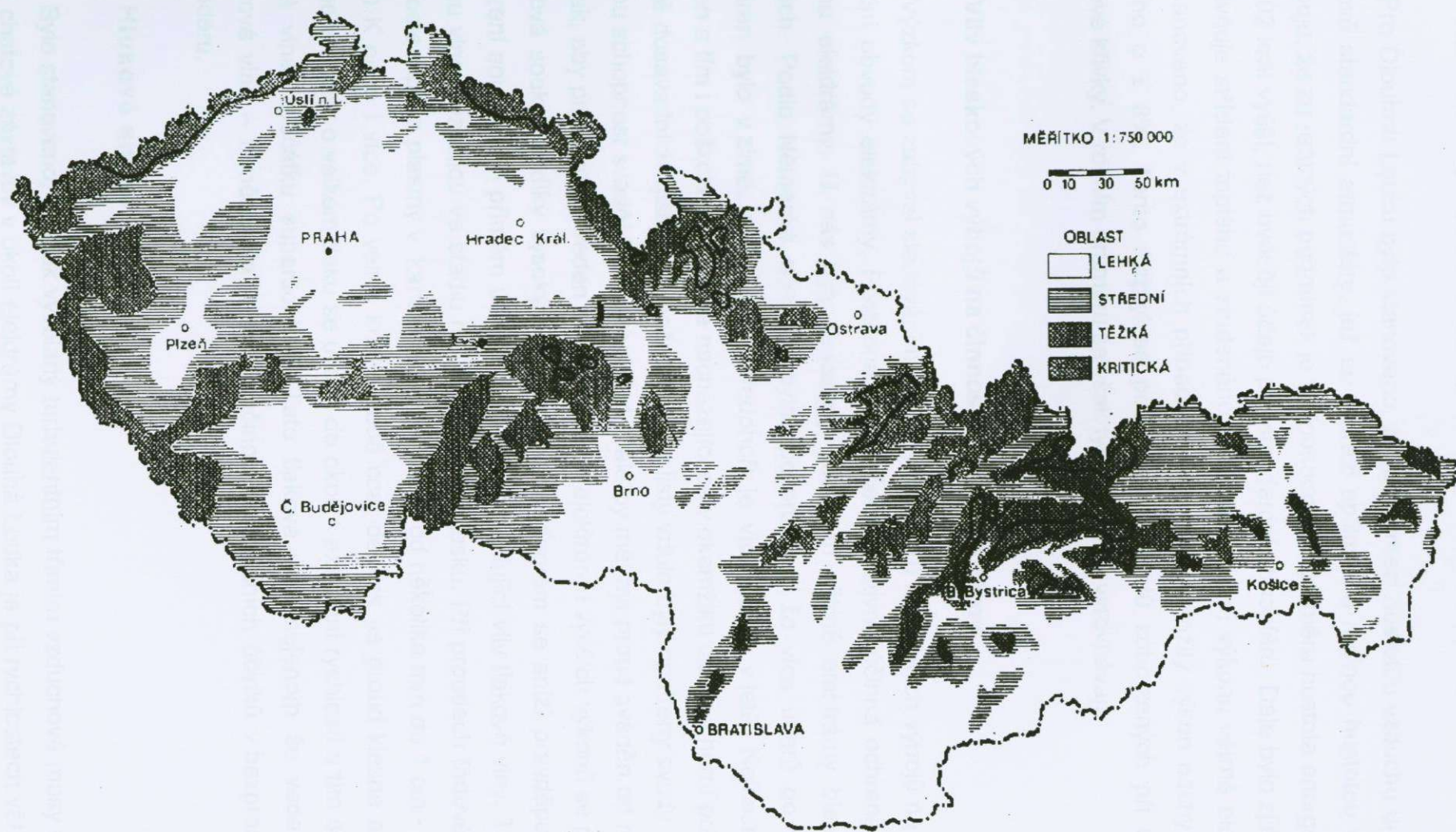
Jestliže však chceme určení hustoty vzduchu v závislosti na nadmořské výšce použijeme vztah :

$$\rho/\rho_0 = p/p_0$$

$$\rho_0 = 1,26 \text{ kg.m}^{-3}, p_0 = 1000 \text{ hPa}$$

8.16 Vliv atmosférických srážek a námrazy

V souladu se zahraničními autory bylo zjištěno, že dešťové srážky mírně snižují výkon větrné elektrárny. Výzkum vlivu námrazy probíhal ve dvou směrech. První využíval konstrukční adaptaci dříve používaných námrazoměrů. Do provozního režimu byly uvedeny dva námrazoměry, z nichž jeden měl snímací čidlo ve zmenšené podobě listu rotoru. Zaznamenával se vznik námrazy, časový průběh a průběh hmotnosti námrazy a postupně i struktura námrazy pomocí digitálního fotoaparátu. Druhý směr měl charakter synoptického výzkumu s cílem stanovit komplex podmínek nezbytných pro vznik intenzivní námrazy. Tento výzkum vyvrcholil vypracováním algoritmu pro krátkodobou předpověď vzniku intenzivní námrazy. Podobná předpověď umožní učinit řadu opatření ke snížení možných ztrát.



8.17 Vliv hustoty vzduchu na výkon větrné elektrárny

Pro Dlouhou Louku bylo stanoveno, že rozdíl mezi hustotou vzduchu určenou z modelové standardní atmosféry, jež se v praxi aplikuje, a reálnou hustotou vzduchu způsobuje, že za reálných podmínek je v dlouhodobém průměru hustota energetického toku 1,02 krát vyšší, než uvádějí údaje pro standardní atmosféru. Dále bylo zjišťováno, jak ovlivňuje střídání teplého a studeného vzduchu kolísání výkonu větrné elektrárny. Bylo stanoveno, že v extrémních případech se může okamžitý výkon odchylvat od středního o $\pm 8\%$. Tento rozptyl se podílí na roji bodů zobrazených při určování výkonové křivky. V ročním průměru se však tyto odchylky vyrovnávají.

8.18 Vliv bleskových výbojů na činnost větrné elektrárny

Výzkum se zabýval sledováním nepřímých účinků bleskových výbojů na silové a regulační obvody elektrárny. Postupně byla určena relativně účinná ochrana řídicího systému elektrárny. U nás byly zasaženy pouze tři větrné elektrárny bleskem při bouřkách. Podle Německé statistiky bylo zpozorováno, že více úderů do větrných elektráren bylo v zimě, zatímco ve středohoří je více úderů v létě. Nejčastěji bývá zasažen a tím i poškozen list vrtule nacházející se v okamžiku úderu v horní poloze. Na základě dosavadních zjištění se požaduje, aby listy vrtule byly opatřeny svody, jež mají vysokou schopnost svádět bleskový proud. Dále by měl být proud sváděn od rotoru do věže tak, aby proud nebyl veden přes ložiska. U elektráren vyšších výkonů se používají planetová soukolí a díky vysokým přechodovým odporům se sníží pravděpodobnost poškození soukolí. Při přímém účinku blesku je rozhodující vliv tlakové vlny. Ta vzniká rázovou vlnou, vzniklou ve stadiu hlavního výboje blesku. Při proudech řádově desítek kA vzroste teplota plasy v kanále blesku širokém od několika mm do 1 cm - 2 cm na 30.000 K nebo i více. Po velice krátké době cca. desítek μs proud klesne a zahřátý sloupec vzduchu o velkém tlaku se uvolní do okolí s extrémní rychlostí a tím se vytvoří tlaková vlna, zpočátku supersonická. Tato tlaková vlna nejenom že vede později k zvukové vlně – hřmění, ale je také příčinou destrukčních účinků v bezprostředním okolí úderu.

8.19 Hlukové emise

Bylo stanoveno, že hluk vyvolaný turbulentním třením vzduchové masy o povrch lesa a chatové zástavby v okolí elektrárny Dlouhá Louka je při rychlostech větru kolem

10 m/s v úrovni 45 dB až 50 dB. Hygienická norma připouští hladinu hluku ve dne 50 dB a v noci 40 dB. Do vzdálenosti 200 m od zdroje hladina hluku klesá velmi rychle, v průměru z 57 dB na 43 dB, další pokles je pozvolný a ve vzdálenosti asi 1 000 m od turbíny už hluk způsobovaný elektrárnou není možné zachytit. Z měření vyplývá doporučení situovat větrné elektrárny alespoň 300 m od obytných objektů.

8.20 Vliv větrné elektrárny na faunu

Výzkum který byl proveden před výstavbou elektrárny a po ní, bylo shledáno, že výstavba elektrárny neovlivnila hnízdní společenstva ptáků. Stejně tak nebyl zjištěn vliv na táhnoucí ptactvo. Během sedmiletého provozu nebyl zjištěn žádný případ poranění či zabití ptáka rotorem elektrárny.

8.21 Televizní a radiový signál

Měřením bylo zjištěno, že televizní či radiový signál v okolí větrné elektrárny není ovlivněn ani deformován, ovšem je teoretická možnost zhoršení kvality příjmu v místech kde je signál velmi slabý a je velmi blízko větrná elektrárna.

9. ZÁVĚR

Závěrem této práce chci upozornit na nemalý podíl získávání energie z neobnovitelných zdrojů např. (uhlí, ropa, zemní plyn, uran), což nutně musí dospět k jejím vyčerpáním. Dalším nezanedbatelným hlediskem je neustálé znečišťování životního prostředí, důsledkem výroby energie těmito zdroji.

Naproti tomuto je zde na zemi veliké množství obnovitelných energií, které není možné vyčerpat, (alespoň dokud bude zářit slunce). Dále znečišťují životní prostředí jen v minimální míře a to většinou jen při výrobě zařízení, jež dokáží zachytit tyto energie. Zařízení, která umožní čerpat obnovitelnou energii je popsáno v předcházejících statích této závěrečné práce.

Je nutno si uvědomit, že s úbytkem neobnovitelné energie je potřeba se ve větší míře zaměřit na vyhledávání a uvádění do praktického života všech možných zdrojů obnovitelné energie a dále zvyšovat účinnost všech již vyvinutých zařízení.

8. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A PRAMENŮ

- [1].Články z odborných časopisů, týdeníků, novin:
Alternativní energie - 2004
- [2].kolektiv,sborník
Možnosti využití energetických zdrojů
v zemědělství
ČZU, Praha, 1996
- [3].konference Brno`2002
Obnovitelné zdroje energie
ČENES, Brno, 2002
- [4].kolektiv autorů Letov a.s.
Sluneční energie a její využití
- [5].Články z internetu
[http:// www. Zelená energie. cz](http://www.Zelená.energie.cz)
ČAE, Praha, 2003
- [6].Beranovský, J.
The Sustainable Energy Handbook
EkoWatt, Praha, 1993
- [7].Štibraný, P.
Veterná energetika
Polygrafia SAV Bratislava,1997
- [8].redakce časopisu Elektro
Obnovitelné zdroje energie
FCC PUBLIC, Praha 2003
- [9].MLVH ČR
Větrná situace na území ČR
MLVH ČR,ČSVTS Pardubice, 1985
- [10].Boyle Godfrey
Renewable Energy: Power for
Sustainable Future
The Open University,U.K., 1996
- [11].Wrixon,G.T. Rooney, E.
Renewable Energy – 2000
Spring-Verlag, 1999

[12].Jaroš, J.

Větrné motory na Moravě

EkoCentrum Brno, 2003

[13].Rychetník,V.

Větrné motory a elektrárny