

Využití obnovitelných zdrojů energie a úspory energie na venkově

(studijní materiály k akci)



TENTO PROJEKT

„Na venkově pro venkov“

JE SPOLUFINANCOVÁN EVROPSKOU UNIÍ

Z EVROPSKÉHO ZEMĚDĚLSKÉHO FONDU PRO ROZVOJ VENKOVA

v rámci opatření III.3.1 Vzdělávání a informace

Programu rozvoje venkova ČR



Evropský zemědělský fond pro rozvoj venkova: Evropa investuje do venkovských oblastí

Obsah

1. Energie biomasy
2. Energie slunce
3. Energie vody
4. Energie větru
5. Energie prostředí

ENERGIE BIOMASY

Biomasa vzniká díky dopadající sluneční energii. Jde o **hmotu organického původu**. Pro energetické účely se využívá buď cíleně pěstovaných rostlin nebo odpadů ze zemědělské, potravinářské nebo lesní produkce. Zásadní výhodou je, že biomasa slouží jako akumulátor energie a lze ji poměrně jednoduše a dlouhodobě skladovat. Nevýhodou je nízká účinnost přeměny slunečního záření na energii. Z hektaru pole získáme hmotu s energetickým obsahem 40 až 90 MWh, podle typu plodiny. To je méně než 1 % slunečního záření, které na tuto plochu za rok dopadne. Při zpracování biomasy a konečném spalování získaného paliva vznikají další ztráty.

Biomasu můžeme rozlišit podle obsahu vody:

Suchá - zejména dřevo a dřevní odpady, sláma a další suché zbytky z pěstování zemědělských plodin. Lze ji spalovat přímo, případně po dosušení.

Mokrá - zejména tekuté odpady, jako kejda a další odpady ze živočišné výroby a tekuté komunální odpady. Nelze ji spalovat přímo, využívá se zejména v bioplynových technologiích.

Speciální biomasa - olejniny, škrobové a cukernaté plodiny. Využívají se ve speciálních technologiích k získání energetických látek
- zejména bionafty nebo lihu.



Centrální vytápění na dřevní štěpku (Rakousko). Foto: EkoWATT

Přírodní podmínky

V přírodních podmínkách ČR lze využívat biomasu těchto kategorií:

1. Biomasa odpadní:

rostlinné odpady ze zemědělské prvovýroby a údržby krajiny - řepková a kukuřičná sláma, obilná sláma, seno, zbytky po likvidaci křovin a náletových dřevin, odpady ze sadů a vinic, odpady z údržby zeleně a travnatých ploch,

lesní odpady (dendromasa) - po těžbě dříví zůstává v lese určitá část stromové hmoty nevyužita (pařezy, kořeny, kůra, vršky stromů, větve, šišky a dendromasa z prvních probírek a prořezávek),

organické odpady z průmyslových výrob - spalitelné odpady z dřevařských provozoven (odřezky, piliny, hobliny, kůra), odpady z provozů na zpracování a skladování rostlinné produkce (cukrovary), odpady z jatek, mlékáren, lihovarů, konzerváren,

odpady ze živočišné výroby - hnůj, kejda, zbytky krmiv, odpady z přidružených zpracovatelských kapacit,

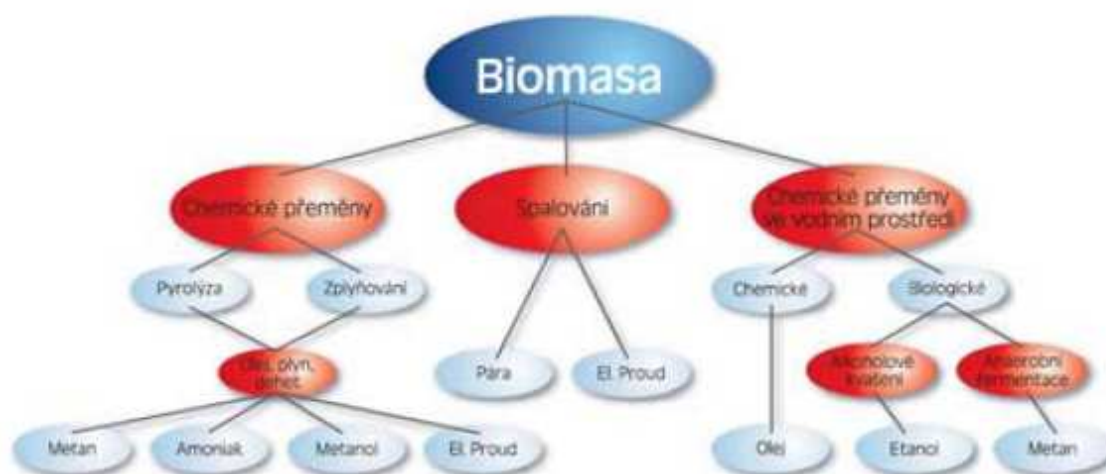
komunální organické odpady - kaly, organický tuhý komunální odpad (TKO).

2. Biomasa záměrně produkováná k energetickým účelům, energetické plodiny

Možnosti využití a přehled technologií

Z energetického hlediska lze energii z biomasy získávat téměř výhradně termo-chemickou přeměnou, tedy spalováním. Výhřevnost je dána množstvím tzv. hořlaviny (organická část bez vody a popelovin, směs hořlavých uhlovodíků - celulózy, hemicelulózy a ligninu). Biomasa je podle druhu spalována přímo, nebo jsou spalovány kapalné či plynné produkty jejího zpracování. Od toho se odvíjejí základní technologie zpracování a přípravy ke spalování:

termo-chemická přeměna	pyrolýza (produkce plynu, oleje)
	zplyňování (produkce plynu)
bio-chemická bio-chemická	fermentace, alkoholové kvašení (produkce etanolu)
	anaerobní vyhnívání, metanové kvašení (produkce bioplynu)
mechanicko-chemická přeměna	lisování olejů (produkce kapalných paliv, oleje)
	esterifikace surových bio-olejů (výroba bionafty a přírodních maziv)
	štípání, drcení, lisování, peletace, mletí (výroba pevných paliv)



Možnosti využití biomasy. © EkoWATT

Přímé spalování a zplyňování

Spalování - suchá biomasa je velmi složité palivo, protože podíl částí zplyňovaných při spalování je velmi vysoký. Vzniklé plyny mají různé spalovací teploty. Proto se také stává, že ve skutečnosti hoří jenom část paliva, zejména při pálení dřeva v kotlích na uhlí.

Dřevoplyn - ze suché biomasy se působením vysokých teplot uvolňují hořlavé plynné složky, tzv. **dřevoplyn**. Jestliže je přítomen vzduch, dojde k hoření, tj. jde o **prosté spalování**. Pokud jde o zahřívání bez přístupu vzduchu, odvádí se vzniklý dřevoplyn do spalovacího prostoru, kde se spaluje obdobně jako jiná plynná paliva. Část vzniklého tepla je použita na zplyňování další biomasy. Výhodou je snadná regulace výkonu, nižší emise a vyšší účinnost.

Vliv vlhkosti na výhřevnost biomasy

Výhřevnost dřeva je srovnatelná s **hnědým uhlím**. U rostlinných paliv však kolísá podle druhu a vlhkosti, na kterou jsou tato paliva citlivá. Čerstvě vytěžené dřevo má relativní vlhkost až 60 %, na vzduchu dobře proschlé dřevo má relativní vlhkost cca 20 %; pod střechou sníží svůj obsah vody na 20 % za půl až jeden rok. Dřevěné brikety mohou mít relativní vlhkost od 3 do 10 %, podle kvality lisování.

Pro spalování štěpek je optimální vlhkost 30-35 %. Při vlhkosti nižší má hoření explozivní charakter a mnoho energie uniká s kouřovými plyny. Při vyšší vlhkosti se mnoho energie spotřebuje na její vypaření a spalování je nedokonalé. Pro spalování dřeva lze doporučit vlhkost cca 20 %.



Automatický kotel na štěpku. Foto: EkoWATT



Štěpkovač pro velké průměry dřeva. Foto: EkoWATT



Pellety lisované z dřevního odpadu. Foto: EkoWATT



Hořák kotle na peletky (lze vmontovat i do kotlů na jiné palivo). Foto: EkoWATT

Bio-chemická přeměna

Bioetanol - Fermentací roztoků cukrů je možné vyprodukovat etanol (etylalkohol). Vhodnými materiály jsou cukrová řepa, obilí, kukuřice, ovoce nebo brambory. Cukry mohou být vyrobeny i ze zeleniny nebo celulózy. Teoreticky lze z 1 kg cukru získat 0,65 l čistého etanolu. V praxi je však energetická výtěžnost 90 až 95 %. Fermentace cukrů může probíhat pouze v mokřém (na vodu bohatém) prostředí.

Vzniklý alkohol je nakonec oddělen destilací a je vysoce hodnotným kapalným palivem pro spalovací motory.

Jeho přednostmi jsou ekologická čistota a antidetonační vlastnosti. Nedostatkem etanolu jako paliva je schopnost vázat vodu a působit korozi motoru, což lze odstranit přidáním antikoročních přípravků. V posledních letech probíhají výzkumy výroby etanolu z celulózy pomocí speciálně vyšlechtěných mikroorganismů (tzv. biopaliva druhé generace). Etanol lze pak získat i ze dřeva, slámy nebo sena. Výroba je však energeticky náročná.

Od 1. ledna 2008 se v ČR do automobilového benzínu povinně přimíchává 2 % bioetanolu. Podíl se bude postupně zvyšovat - v roce 2009 bude 3,5 %. Tím se sníží závislost na fosilních palivech.

Skládkové plyny - na skládkách TKO dochází ke složitým bio-chemickým pochodům, důsledkem je tvorba skládkového plynu. Složení plynu se mění v průběhu let. Průměrné množství TKO na jednoho obyvatele na rok je asi 310 kg. Z toho je přibližně 35 % organického původu, z něhož lze získat produkci plynu zhruba 0,3 m³/kg.

Bioplyn - při rozkladu organických látek (hnůj, zelené rostliny, kal z čističek) v uzavřených nádržích, bez přístupu kyslíku vzniká bioplyn. Tento proces, kdy se organická hmota štěpí na anorganické látky a plyn, vzniká díky anaerobním bakteriím. Rozkládání víceméně odpovídá procesům probíhajícím v přírodě, s tím rozdílem, že v přírodě probíhají i za přítomnosti kyslíku (aerobní procesy).

Proto jsou meziprodukty těchto procesů odlišné a také chemické složení konečných produktů se liší. Zbytky vyhnívacího procesu jsou vysoce hodnotným hnojivem nebo kompostem.

Bioplyn obsahuje cca 55-70 % objemových procent **metanu**, výhřevnost se proto pohybuje od 19,6 do 25,1 MJ/m³. V zemědělství se v největší míře využívá **kejda** (tekuté a pevné výkaly hospodářských zvířat promísené s vodou), případně **slamnatý hnůj**, v menší míře sláma, zbytky travin, stonky kukuřice, bramborová nať (obtížnější zpracování). Bioplynový potenciál v hnoji závisí na obsahu sušiny a na složení a strávení potravy.

V bioplynové stanici se biomasa zahřívá na provozní teplotu ve vzduchotěsném **reaktoru**, kde zůstává pevně stanovenou **dobu zdržení** (většinou experimentálně ověřenou).



Kontinuální systém na zpracování kejdy. Foto: EkoWATT



Bioplynová stanice jako součást kravína. Foto: EkoWATT

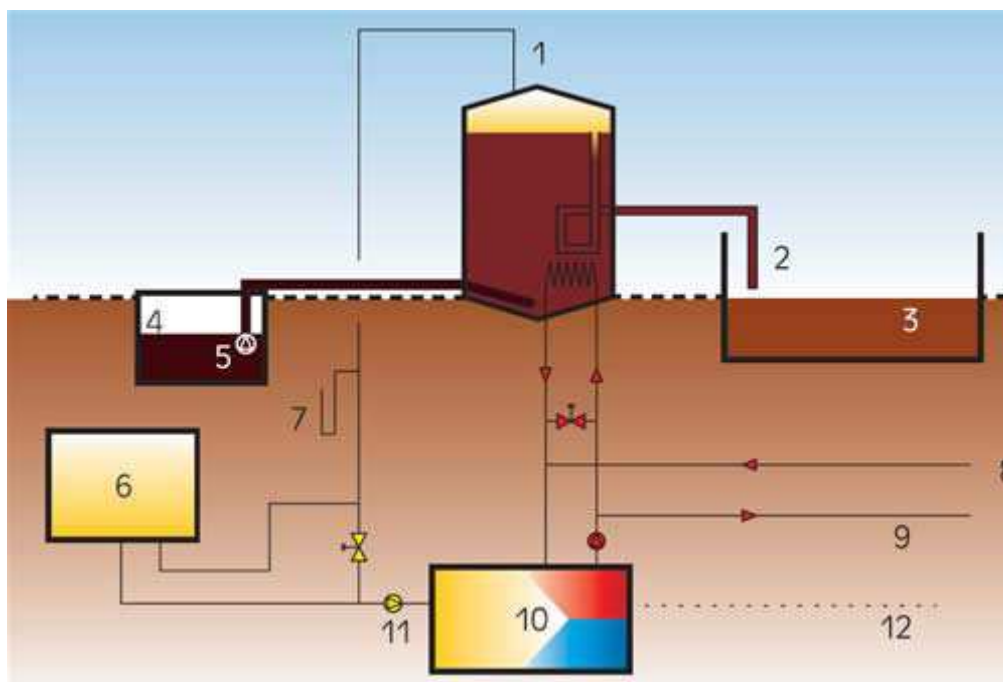


Schéma bioplynové stanice, kontinuální systém. © EkoWATT

Popis zařízení: 1 - odvod bioplynu, 2 - přepad kalu, 3 - zásobník odplyněné kejdy, 4 - nová sběrná nádrž, 5 - kalové čerpadlo, 6 - plynojem, 7 - vodní uzávěr, 8 - připojení ke stávajícímu dálkovému vytápění, 9 - teplo z kogenerační jednotky, 10 – kogenerační jednotka, 11 - dmychadlo, 12 - elektřina z kogenerační jednotky.

Mechanicko-chemická přeměna

Bionafta - z řepkového semene se lisuje olej, který se působením katalyzátoru a vysoké teploty mění na **metylester řepkového oleje**. Nazývá se bionafta první generace. Protože výroba metylesteru je dražší než běžná motorová nafta, mísí se s některými lehkými ropnými produkty, nebo s lineárními alfa-olefiny, aby jeho cena mohla konkurovat běžné motorové naftě. Tyto produkty se nazývají bionafty druhé generace a musí obsahovat alespoň 30 % metylesteru řepkového oleje. Zachovávají si svou biologickou odbouratelnost a svými vlastnostmi, jako je např. výhřevnost, se více přibližují běžné motorové naftě. Jejich výroba se řídí ČSN 656507, která pojednává o výrobě biopaliv. Motory musí být pro spalování bionafty přizpůsobeny (např. pryžové prvky).

Od 1. 9. 2007 se u nás do motorové nafty přimíchává 2 % metylesteru mastných kyselin. V roce 2009 se podíl zvýší na 4,5 %. V roce 2010 má povinný podíl bioložky v motorových palivech v zemích EU činit 5,75 % z celkové spotřeby benzínu a motorové nafty.

Pěstování biomasy pro energetické účely

Vhodný druh energetické plodiny je určován mnoha faktory: **druhem půd**, způsobem **využití a účelem**, možností sklizně a dopravy, druhovou skladbou v okolí atp. Předem se musí porovnat

náklady na pěstování a na výrobu (spotřebu energie) a výnosy (zisk) energie. Z bylin jsou zajímavé rostliny produkující cukr, škrob nebo olej. Například brambory, cukrová řepa, slunečnice a zejména řepka (řepkový olej se zpracovává na naftu a mazadla, řepková sláma se využije ke spálení). **Řepková sláma** má výhřevnost 15-17,5 GJ/t, obilná sláma o něco nižší - 14,0-14,4 GJ/t.

Z víceletých rostlin je známá **křídlatka sachalinská** (*Reynoutria sachalinensis* Nakai), která dosahuje vysokých výnosů 30-40 t sušiny z ha. Velmi diskutovanou energetickou rostlinou je **sloní tráva** (*Miscanthus sinensis*). Výhodné je pěstování **konopí setého** (*Cannabis sativa* L.), neboť nevyžaduje žádné ošetření v průběhu vegetace. V Evropě dosahuje výšky až 4 m a výnosu 6-15 t suché hmoty z hektaru. Konopí je jednoletá rostlina, ale na stanovišti vydrží, pokud se vysemeří, mnoho let (odtud např. Konopiště).

Nejvhodnější **rychle rostoucí dřeviny** (RRD) jsou platany, topoly (černý, balzamový), pajasany (žláznatý), akáty, olše a zejména **vrby**, které jsou vhodné hlavně pro hydromorfní půdy podél vodotečí, kde lze uplatnit i domácí **topol černý**. Obmýtní doba je 2 až 8 vegetačních období, životnost plantáže je 15-20 let. Speciální vyšlechtěné klony mají výtěžnost až 15-18 t sušiny na hektar, v našich podmínkách se dosahuje roční výtěžnosti 10 t/ha. Je však třeba respektovat zákon 114/92 Sb. o ochraně přírody a krajiny (cizí rostliny a dřeviny).



Automatický kotel na peletky. Foto: EkoWATT

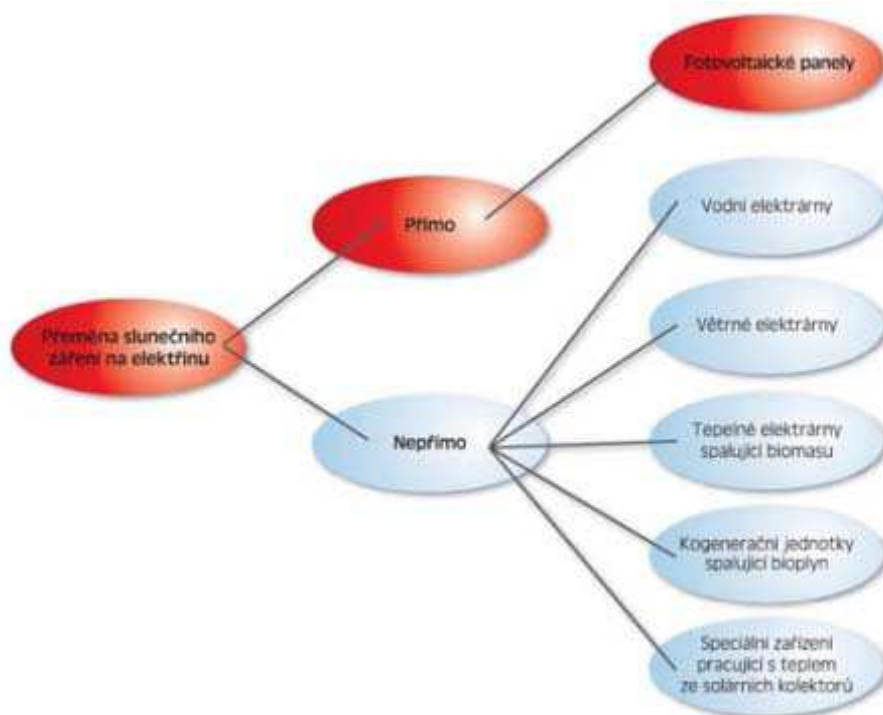
ENERGIE SLUNCE

Téměř veškerá energie, kterou na Zemi máme, pochází ze slunečního záření. Na území ČR dopadne za rok asi milionkrát více sluneční energie, než je naše roční spotřeba elektřiny. Sluneční záření lze neefektivněji přeměňovat na teplo, přeměna na elektřinu je dražší. **Přímo** ji lze získávat pomocí fotovoltaických panelů, **nepřímo** pomocí větrných a vodních elektráren nebo tepelných elektráren spalujících biomasu či bioplyn. Existují i zařízení, kde je teplo spalovacího procesu nahrazeno např. párou získávanou pomocí speciálních slunečních kolektorů.

Fotovoltaické panely

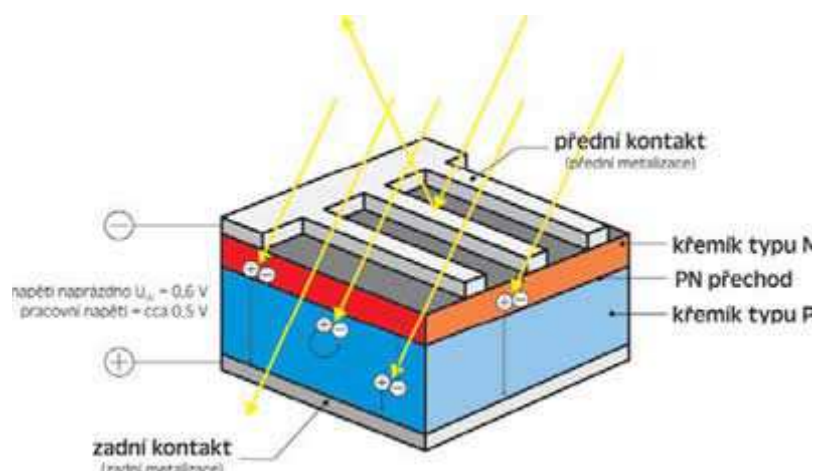
Fotovoltaická zařízení představují jednoduchý a elegantní způsob, jak sluneční paprsky přeměnit na elektřinu. Pracují na principu fotoelektrického jevu: částice světla - fotony - dopadají na článek a svou energií z něho "vyráží" elektrony. Polovodičová struktura článku pak uspořádává pohyb elektronů na využitelný stejnosměrný elektrický proud. Se stejnými základními stavebními prvky - **solárními články**

- je možné realizovat aplikace s nepatrným výkonem (napájení kalkulačky) až po velké elektrárny s výkony v MW.



Způsoby využití slunečního záření pro výrobu elektřiny. © EkoWATT

Solární článek je polovodičový velkoplošný prvek s alespoň jedním PN přechodem (v podstatě jde o polovodičovou diodu). Na rozhraní materiálů P a N vzniká přechodová vrstva P-N, v níž existuje elektrické pole vysoké intenzity. Toto pole pak uvádí do pohybu volné nosiče náboje vznikající absorpcí světla. Vzniklý elektrický proud odvádějí z článku elektrody. V ozářeném solárním článku jsou generovány elektricky nabitě částice (pár elektron - díra). Některé elektrony a díry jsou poté separovány vnitřním elektrickým polem PN přechodu. Rozdělení náboje má za následek napěťový rozdíl mezi "předním" (-) a "zadním" (+) kontaktem solárního článku. Zátěží (elektrospotřebičem) připojenou mezi oba kontakty potom protéká stejnosměrný elektrický proud, jež je přímo úměrný ploše solárních článků a intenzitě dopadajícího slunečního záření.



Princip činnosti solárního článku. © EkoWATT

Fotovoltaické články mají za sebou 50 let vývoje. Dnes rozlišujeme celkem čtyři generace:

První generace - z destiček z monokrystalického křemíku, v současnosti jde stále o nejpoužívanější typ. Protože výkon článků závisí pochopitelně na okamžitém slunečním záření, udává se jejich výkon jako tzv. špičkový, tedy při dopadajícím záření s intenzitou 1000 W/m² při definovaném spektru. Článek s účinností 17 % má při ploše 1 m² špičkový (peak) výkon 170 Wp. Energie vložená do výroby fotovoltaických panelů je těmito panely v našich podmínkách získána zpět za 2 až 6 roků. Předpokládaná životnost je přitom minimálně 20 let. Sériovým nebo i paralelním elektrickým propojením solárních článků vzniká po jejich zapouzdření fotovoltaický panel. Články jsou sério-paralelně elektricky spojeny tak, aby bylo dosaženo potřebného napětí a proudu. Panel musí zajistit hermetické zapouzdření solárních článků, musí zajišťovat dostatečnou mechanickou a klimatickou odolnost (např. vůči silnému větru, krupobití, mrazu apod.). Tím, že mezi články vznikají mezery, klesá energetický zisk z jednotky plochy. Účinnost panelů je tak nižší, než se udává u samotných článků.

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

Třetí generace - nevyužívají křemík, ale třeba organické polymery. Dosud se komerčně příliš nepoužívají.

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

Protože výkon článků závisí pochopitelně na okamžitém slunečním záření, udává se jejich výkon jako tzv. špičkový, tedy při dopadajícím záření s intenzitou 1000 W/m² při definovaném spektru. Článek s účinností 17 % má při ploše 1 m² špičkový (peak) výkon 170 Wp. Energie vložená do výroby fotovoltaických panelů je těmito panely v našich podmínkách získána zpět za 2 až 6 roků. Předpokládaná životnost je přitom minimálně 20 let. Sériovým nebo i paralelním elektrickým propojením solárních článků vzniká po jejich zapouzdření fotovoltaický panel. Články jsou sério-paralelně elektricky spojeny tak, aby bylo dosaženo potřebného napětí a proudu. Panel musí zajistit hermetické zapouzdření solárních článků, musí zajišťovat dostatečnou mechanickou a

klimatickou odolnost (např. vůči silnému větru, krupobití, mrazu apod.). Tím, že mezi články vznikají mezery, klesá energetický zisk z jednotky plochy. Účinnost panelů je tak nižší, než se udává u samotných článků.



Fotovoltaické panely integrované do krytiny různým způsobem. Foto: EkoWATT

Trendy vývoje

Poptávka po fotovoltaických panelech stále roste. Některé země EU, Japonsko a USA instalují fotovoltaické elektrárny jako cestu ke zvýšení vlastní energetické soběstačnosti. Pro země třetího světa jsou fotovoltaická zařízení cestou k zajištění elektřiny i v odlehlých oblastech, navíc spolehlivější než diesela agregáty. I když křemík je na Zemi hojný prvek, produkce velice čistého křemíku potřebného pro fotovoltaiku je drahá. Proto se hledají cesty, jak množství křemíku snížit (výsledkem jsou tenkovrstvé články) nebo jak zvýšit účinnost článků. Vyvíjejí se i články na bázi jiných materiálů. Do budoucna lze očekávat, že cena fotovoltaických panelů (a tím i cena produkované elektřiny) bude klesat. V kombinaci s růstem ceny elektřiny z jiných zdrojů může být použití fotovoltaiky výhodnější.

Zvýšení energetických zisků

Při dané účinnosti fotovoltaických článků lze energetický výnos zvýšit třemi způsoby, které je možné i vzájemně kombinovat. Nevýhodou je, že tyto systémy lze jen výjimečně integrovat do budov. Většinou se tedy neobejdou bez záboru volné plochy.

Oboustranné moduly - při instalaci článku na průhlednou podložku na něj dopadá světlo z obou stran. I když na spodní stranu dopadá jen odražené a difuzní záření, uvádí se zvýšení produkce až o 30 %.

Natáčení za sluncem - pokud na článek dopadají paprsky kolmo, zvýší se výtěžnost asi o 35 %. To zajistí dvouosý polohovací systém, který však zvýší také investiční náklady a vyžaduje i údržbu a reinvestice.

Koncentrátory - pro koncentraci záření lze použít čočky nebo různá korýtková zrcadla, nejlevnější jsou ovšem plochá zrcadla. Díky nim se sluneční záření "sbírá" z větší plochy a koncentruje na článek. Zrcadlo je vždy levnější než fotovoltaický článek. Koncentrátory obvykle vyžadují alespoň jednoosý polohovací systém, který udrží článek v ohnisku. Kvůli koncentraci záření je nutno také použít články, které snesou vyšší teploty. Zvýšení výnosu závisí na velikosti koncentrátoru - běžně je to několik desítek procent.



Pevně umístěné panely - roční produkce cca 110 kWh/m² (100%). Foto: EkoWATT

Systémy připojené k síti (grid-on)

Vzhledem k výhodným výkupním cenám se takto provozují větší systémy. Pokud je systém součástí budovy, je veškerá produkce obvykle prodávána do sítě a budova odebírá elektřinu podle vlastní potřeby, nezávisle na okamžitém výkonu fotovoltaiky. Ekonomicky může být výhodnější spotřebovávat část vlastní výroby v budově a prodávat pouze přebytky, je však potřeba technicky náročnější řešení a ani současná legislativa ho nepodporuje.



Fotovoltaická elektrárna na střeše budovy MŽPČR. Foto: MŽP

Součástí systému je vždy střídač, který přemění stejnosměrný proud z fotovoltaického článku na střídavý. Jeho životnost je obvykle kratší než u zbytku systému a je tedy nutno počítat s reinvesticí. Systémy připojené k síti fungují zcela automaticky díky mikroprocesorovému řízení. Připojení k síti podléhá schvalovacímu řízení u distributora elektřiny (ČEZ, E.ON, PRE) a je nutné dodržet dané technické parametry. U větších systémů (cca nad 10 kW) se investiční náklady pohybují v rozmezí

120-180 Kč/Wp, podle toho, zda se jedná o systémy pevné či polohovací. U menších systémů však měrné investiční náklady rostou i nad 200 Kč/Wp.



Schéma zapojení systému dodávajícího energii do rozvodné sítě. © EkoWATT

Samostatné (ostrovní) systémy - grid off

Fotovoltaiku lze využít i tam, kde jsou náklady na vybudování a provoz elektrické přípojky vysoké nebo zřízení přípojky není možné. Může jít o chatu, jachtu nebo obytný automobilový přívěs, kde díky fotovoltaickým panelům získáme komfort elektrického osvětlení, chladničky a dalších spotřebičů. Setkat se můžeme i s fotovoltaikou napájeným veřejným osvětlením, nouzovými telefonními budkami u dálnic, výstražnou dopravní signalizací nebo parkovacími automaty. Takové zařízení lze kdykoli snadno přemístit, bez nutnosti rozkopávat chodník pro napojení k síti. U připojených spotřebičů se pak klade důraz na nízkou spotřebu energie - čím menší spotřeba, tím menší a levnější je i fotovoltaický systém. Trh nabízí nejrůznější spotřebiče konstruované na stejnosměrný proud, od zářivek přes chladničky, televize až třeba po vodní čerpadla.

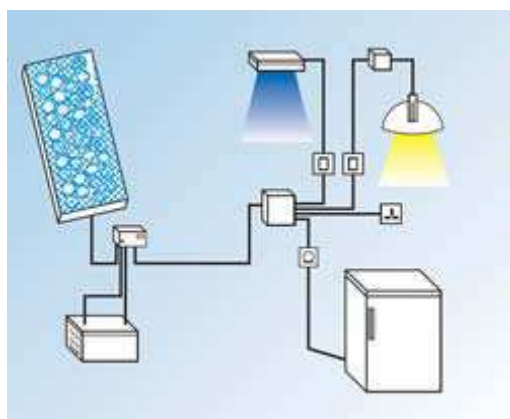


Schéma zapojení ostrovního systému. © EkoWATT

Výkony se pohybují v od 100 Wp do 10 kWp špičkového výkonu. Investiční náklady na ostrovní systémy jsou v rozmezí 230-300 Kč/Wp. Cena závisí zejména na kvalitě a kapacitě akumulátorů.

Fotovoltaika v budovách

Hlavní výhodou fotovoltaiky je to, že ji lze začlenit do budov, takže není nutno zabírat další plochu. Podmínkou je vhodná orientace a tvar budovy a vstřícný přístup architekta, případně památkářů.

Integrace do fasády není příliš vhodná. Na jižní svislou plochu dopadá asi o 30 % méně slunečního záření než na skloněnou plochu. Protože účinnost panelů klesá s jejich teplotou, je nutno zajistit dostatečné odvětrání fotovoltaické fasády, případně může být potřeba i provedení tepelné izolace stěny domu. Stejný problém nastává při integraci panelů do střechy.



Budova s fotovoltaickou fasádou (Wels, Rakousko). Foto: EkoWATT

Integrace do zasklení je velmi působivá. Na smysluplné použití však narazíme jen zřídka. Pokud potřebujeme prosvětlení, je lepší čiré izolační trojsklo, pokud světlo nepotřebujeme, je lepší použít zed' s izolací.

Outdoor aplikace

Pro většinu mobilních telefonů lze pořídit fotovoltaickou dobíječku, která přijde vhod zejména na delších výpravách mimo civilizaci. Můžeme se setkat i s bundami, stany či batohy, které díky našitým pružným fotovoltaickým článkům mohou napájet přehrávač nebo dobíjet mobil, GPS, notebook apod.



Kapesní nabíječka tužkových

akumulátorů a batoh s fotovoltaikou. Foto: Voltaic Systems

Ekonomika fotovoltaických technologií

Ekonomika závisí na způsobu provozu. U větších zařízení je třeba zvážit i náklady na obsluhu, pojištění a drobnou údržbu. U malých systémů na rodinném domku se tyto náklady leckdy zanedbávají. Elektřinu je možno dodávat do sítě. Výkupní ceny předepisuje [Energetický regulační úřad](#) pro každý rok zvlášť. Zákonem je garantováno, že tato cena se nezmění po dobu 15 let od uvedení do provozu. Pokud se elektřina spotřebuje v domě (ev. ji výrobce prodá třetí osobě), může dostat tzv. zelené bonusy. Při ceně elektřiny pro domácnost okolo 4,50 Kč/kWh je druhý způsob výnosnější - celková suma je v součtu vyšší než přímá výkupní cena. Dotaci na instalaci fotovoltaického systému lze žádat u [Státního fondu životního prostředí](#) nebo ze [strukturálních fondů EU](#). Podmínky jsou různé pro různé žadatele a mění se i v čase.

Výběr vhodných lokalit a zásady pro dimenzování

Fotovoltaický systém pracuje nejlépe, pokud je navržen pro skutečné místní podmínky (dimenzování, umístění solárních článků a způsob využití). Pro dimenzování je důležité znát účel, uvažovanou spotřebu (výrobu) elektřiny, typ a provozní hodiny připojených spotřebičů, zda bude systém připojen do sítě či nikoliv, způsob napojení na doplňkový zdroj energie a další vstupní údaje:

počet hodin slunečního svitu a **intenzita** slunečního záření, která se mění podle znečištění atmosféry (město, venkov, hory),

orientace - ideální je na jih, případně s automatickým natáčením panelů za sluncem

sklon panelů - pro celoroční provoz je optimální 38° vzhledem k vodorovné rovině,

množství stínících překážek - je nutný celodenní osvit sluncem.

Z výše uvedených parametrů je možné stanovit množství vyrobené energie z celého systému za rok. Pro podrobnější výpočty existují počítačové programy, např. firemní programy výrobců.

Přírodní podmínky

Na území ČR dopadá za rok 900 až 1200 kWh/m². Rozhodujícími faktory jsou oblačnost a znečištění atmosféry. Množství dopadající sluneční energie se v jednotlivých letech liší běžně o 10 %.

Fotovoltaický systém s instalovaným výkonem 1 kWp je schopen v podmínkách ČR dodat ročně 800-1000 kWh elektrické energie. Při nevhodné orientaci nebo zastínění to může být výrazně méně.

Plocha systému s výkonem 1 kWp závisí na účinnosti použitých komponent, pohybuje se od 6 do 9 m².

ENERGIE VODY

Potenciál vodní energie je u nás využíván po staletí. Před I. světovou válkou zde bylo několik tisíc malých vodních elektráren, vesměs na místě původních vodních mlýnů, pil a hamrů. Vodní energie se dá velmi dobře a účinně přeměnit na žádanou elektřinu. Z celkové produkce elektřiny v ČR se ve vodních elektrárnách vyrobí asi 3,3 %. Vodní elektrárny (včetně přečerpávacích) představují asi 12 % instalovaného výkonu elektráren v ČR. Většina tohoto výkonu (cca 90 %) připadá na zařízení s výkonem vyšším než 5 MW. V ČR se za **malou vodní elektrárnu (MVE)** považují zařízení s výkonem pod 10 MW, v EU pod 5 MW. MVE jsou rozptýleny po celé republice, tím se snižují ztráty v rozvodech - elektřinu není třeba daleko přenášet. Případný výpadek některé z nich je z hlediska sítě, na rozdíl od výpadku velkého centrálního zdroje, nevýznamný.

Možnosti využití a přírodní podmínky

Energii z vody je možno získat využitím jejího proudění (energie pohybová, kinetická) a jejího tlaku (energie potenciální, tlaková), nebo také obou těchto energií současně. Podle způsobu využití potom rozlišujeme i používané typy vodních strojů.



Kinetická energie je ve vodních tocích dána rychlostí proudění; rychlost je závislá na spádu toku. Dříve se využívala vodními koly, dnes turbínami typu **Bánki** a **Pelton**.

Energie potenciální vzniká v důsledku gravitace, závisí na výškovém rozdílu hladin. Využívá se pomocí turbín typu **Kaplan**, **Francis**, **Reiffenstein** a rovněž různých typů turbín vrtulových a vhodných čerpadel v turbínovém provozu.

Základní části vodního díla a přehled zařízení

Vzdouvací zařízení slouží ke vzduť vodní hladiny v toku a usměrnění vody do přivaděče (přehradní hráze a jezy).

Hráze se vyznačují obvykle větší výškou vzduť, větším objemem zadržené vody a plochou zaplavovaného území. Jejich nová výstavba pouze za účelem provozování malých vodních elektráren je z ekologických a ekonomických hledisek většinou neúnosná, nicméně využití stávajících hrází může být ekonomicky velmi výhodné. Například u základových výpustí nádrží je nutno mařit energii protékající vody, např. instalací rozstřikovacích uzávěrů. Přitom tuto funkci může částečně přebrat vodní turbína. Další možností je



instalace vodní turbíny na přivaděčích pitné vody.

Jezy mají oproti hrázím nižší výšku vzduť a podstatně menší objem zadržené vody. Náklady na jejich výstavbu rostou s jejich šířkou. U toku větší šířky nutnost využití speciální mechanizace navyšuje investice. U nížinných toků je zachovalý jez většinou nutnou podmínkou výstavby MVE.

Přivaděče koncentrují spád do místa instalace vodní turbíny. **Beztlakové přivaděče** (náhony, kanály) se budují převážně výkopem v terénu. Náklady závisí na délce, příčné svazitosti terénu, typu zeminy a s tím souvisejícího druhu opevnění stěn koryta. Nejvýhodnější je oprava původního náhonu, případně volba stejné trasy z důvodu snadnějšího získání a zaměření pozemku. **Tlakové přivaděče** jsou nejčastěji zhotoveny z ocelových trub, případně ze železobetonu. Měrné náklady na jejich výstavbu jsou vyšší než u přivaděčů beztlakových (náhonů), zejména u toků podhorských a horských. Ekonomicky mohou být výhodnější než beztlakové pouze při velkém podélném spádu toku, proto se realizují co nejkratší. Často se oba typy přivaděčů kombinují s cílem dosažení maximálního spádu a minimálních nákladů.

Česle zhotovované převážně jako mříž z ocelové pásoviny zabraňují vnikání vodou unášených nečistot do turbíny. Obvykle jsou před turbínou nejméně dvoje: hrubé a jemné, často s automatickým čištěním. Ve **strojovně** je umístěno strojní a elektrotechnické zařízení elektrárny.

Stavební část turbíny (základy, betonová spirála atp.) spolu se strojní částí tvoří elektrárnu jako celek. Při volbě typu turbíny je nutné zohlednit i rozměry a konstrukci stavební části, neboť dražší strojní vybavení může svojí kompaktností celkové investiční náklady snížit. **Odpadní kanály** vracejí vodu do původního koryta. Často jsou tak krátké, že náročnost jejich výstavby a náklady jsou vůči ostatním částem elektrárny bezvýznamné. Pro delší kanály se řídíme podobnými kritérii jako u beztlakových přivaděčů.

Vodní kolo je dnes už historický vodní motor, který může najít uplatnění zejména pro spády do 1 m a průtoky až do několika m³/s. Výroba je vždy individuální.

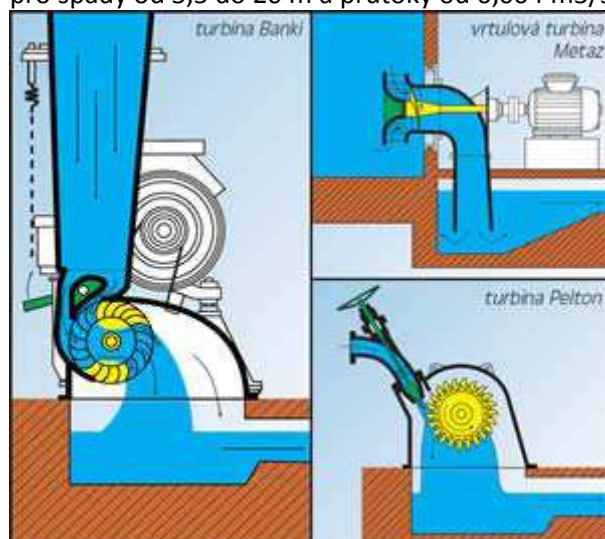
Kaplanova turbína je klasická přetlaková turbína. V základním provedení je výborně regulovatelná, ale výrobně náročná. Dnes ji vyrábí řada firem v České republice s různými úpravami regulace i dispozičním uspořádáním (kolenové či přímoproudé turbíny). Je použitelná pro spády od 1 do 20 m, průtoky 0,15 až několik m³/s, někdy až několik desítek m³/s. Vhodná je zejména pro jezové a říční elektrárny.

Francisova turbína je v minulosti nejpoužívanější přetlaková turbína pro téměř celou oblast průtoků a spádů. Na rekonstruovaných MVE je možné ji vidět již od spádu 0,8 m. Její oprava se vyplácí zejména od spádu 3 m. Instalace nových turbín v MVE se dnes omezuje na spády od 10 m a pro větší průtoky (vyšší výkony).

Bánkiho turbína je rovnotlaká turbína s dvojnásobným průtokem oběžného kola. Výrobně je nenáročná. Turbíny jsou podle velikosti použitelné pro spády 5 až 60 m a průtoky 0,01 až 0,9 m³/s.

Peltonova turbína je rovnotlaká turbína vhodná pro spády nad 30 m. Využitelné průtoky jsou od 0,01 m³/s (10 l/s). Levnější náhradou mohou být v některých případech sériově vyráběná odstředivá čerpadla v reverzním chodu použitá za cenu nižší účinnosti.

Turbína SETUR pracuje na principu rotoru, který se odvaluje po vnitřním povrchu statoru. Lze ji využít pro spády od 3,5 do 20 m a průtoky od 0,004 m³/s (4 l/s) do 0,02 m³/s.



Typy nejčastěji používaných turbín. © EkoWATT

Výběr vhodných lokalit a zásady pro dimenzování



Malá vodní elektrárna (Rakousko). Foto: EkoWATT

Výstavba velkých vodních elektráren přináší výrazný zásah do životního prostředí (přehradní hráze, zatopené oblasti, změna vodního režimu). Potenciál pro jejich stavbu už je u nás v zásadě vyčerpán. Naproti tomu MVE lze stále stavět, zejména v místech bývalých mlýnů, hamrů a pil. Zbytky bývalého vodního díla (odtokový kanál, jez apod.) mohou výrazně snížit náklady na výstavbu. Díky technologii tzv. mikroturbín lze využít i toky s velmi malým energetickým potenciálem, nebo i vodovodní zařízení. Další cestou je instalace moderních a účinnějších turbín a soustrojí ve stávajících MVE. Leckdy zde totiž fungují stroje staré kolem 100 let. To sice svědčí o fortelnosti práce našich předků, moderní technologie by ovšem umožnily využít vodní potenciál efektivněji (produkce může být až o několik desítek procent vyšší).

Rozhodujícími ukazateli k ohodnocení konkrétní lokality jsou dva základní parametry - **využitelný spád a průtočné množství vody** v daném profilu, který chceme využít.

Dále jsou důležité i následující parametry: možnost umístění vhodné technologie, vhodné geologické podmínky a dostupnost lokality pro těžké mechanismy, případně vhodnost pro vybudování potřebné zpevněné komunikace, vzdálenost od přípojky VN nebo VVN s dostatečnou kapacitou, minimalizace možného rušení obyvatel hlukem, jinak je nutno provést odhlučnění, míra zásahu do okolní přírody a vhodné začlenění do reliéfu lokality, zátěž při výstavbě elektrárny a budování přípojky, ohrožení vodních živočichů, dodržování odběru sjednaného množství vody - využitím spolehlivého automatického řízení s hladinovou regulací se vyloučí nevhodný vliv obsluhy MVE, způsob odstraňování naplavenin vytažených z vody - je nutno zajistit odvoz a likvidaci, majetkoprávní vztahy k pozemku - vlastnictví či dlouhodobý pronájem pozemku, postoj místních úřadů.

Při respektování všech uvedených aspektů MVE nemůže svým provozem vážně narušit životní prostředí v lokalitě. Přispívá naopak k revitalizaci místního říčního systému a kladně ovlivňuje režim vodního toku (čistí a provzdušňuje tok). Případné nedodržování odběru, které se projevuje tím, že přes jez neprotéká dostatečné (tzv. sanační) množství vody, by mělo být přísně postihováno.

Spád

Spád je výškový rozdíl vodních hladin. V praxi se většinou rozlišují dva druhy spádů:

Hrubý spád H_b (brutto, celkový) je celkový statický spád daný rozdílem hladin při nulovém průtoku vodní elektrárnou. Pro velmi hrubé odhady jej lze stanovit z mapy. Spád lze stanovit výškovou nivelací na úseku od vtokového objektu (nad jezem), po úroveň spodní hladiny na odpadu z turbíny. Pro relativně přesný odhad postačí lať s centimetrovým dělením. Přesné měření, zejména u delších přivaděčů, lze objednat u specialisty.

Užitný spád H (čistý, netto) se liší od hrubého spádu odečtením hydraulických ztrát, které vznikají těsně před vodním motorem a za ním (v přivaděči a odpadu) vlivem poklesu hladiny horní vody při provozu, vlivem vzduť hladiny spodní vody a dále změnami směru toku a objemovými ztrátami (v česlích, v přivaděčím kanálu, v potrubí atp.). Tím získáme spád pro turbínu užitný.

Průtok

Průtok je průtočné množství vody v daném využitelném profilu. Přesný průtok lze zjistit za úplatu u Českého hydrometeorologického ústavu nebo příslušné správy toku jako tzv. **dlouhodobý průměrný průtok** Q_a , **N-leté průtoky** a **M-denní průtoky**. Pro využití energie vody jsou nejdůležitější M-denní průtoky (křivka překročení průtoků v průměrně vodném roce neboli M-denní odtoková závislost). Ty udávají průtok zaručený v daném profilu toku po určitý počet dní. Data se uvádějí číselně v obvyklém členění po 30 dnech v roce. MVE se obvykle dimenzují na 90-ti až 180-ti denní průměrný průtok, podle technické úrovně technologie - zejména schopnosti turbíny přizpůsobit se regulací změnám průtoku. Pro výpočet využitelného průtoku v elektrárně je potřeba počítat s **minimálním sanačním průtokem** původním korytem. Sanační množství bývá předepsáno při vodoprávním řízení a odpovídá obvykle 330, 355 nebo 364 dennímu průtoku vody, který je nutno ponechat v řečišti a nelze s ním kalkulovat pro energetické využití.

Mikroturbíny

Vzhledem k tomu, že většina výhodných lokalit pro MVE je již obsazena, soustřeďuje se pozornost na místa, kde instalace elektrárny dosud nebyla technicky možná nebo ekonomicky výhodná. Pro nepatrné průtoky (do 20 l/s) lze použít mikroturbínu Setur s výkonem do 1 kW. Pro extrémně nízké spády (kolem 2 m) byla v ČR (VUT Brno) vyvinuta vírová turbína.



Mikroturbína firmy CINK. Foto: EkoWATT

Ekonomika provozu

Elektřinu z MVE je možno dodávat do sítě. Výkupní ceny předepisuje **Energetický regulační úřad** pro každý rok zvlášť. Zákonem je garantováno, že tato cena se nezmění po dobu 30 let od uvedení MVE do provozu (resp. od rekonstrukce). U průtokových MVE lze dodávat do sítě celý den za jednotnou cenu. Tam, kde je možné vodu zadržet, je výhodnější dodávku rozdělit na špičku, kdy je cena vyšší (MVE pracuje na vyšší výkon) a mimo špičku, kdy je cena nižší, výkon MVE snížit. Je-li MVE například součástí průmyslového areálu, může být výhodnější elektřinu spotřebovat na místě a uplatnit tzv. zelené bonusy. Ty vyplácí lokální distributor elektřiny (ČEZ, E.ON), stejně jako výkupní ceny. Zelené bonusy lze uplatnit i v případě, že majitel MVE vyrobenou elektřinu spotřebuje v jiném svém objektu, musí však zaplatit za distribuci elektřiny veřejnou sítí. Existuje i možnost prodat elektřinu z MVE třetí osobě.

Dotace

Na výstavbu, event. rekonstrukci MVE, lze získat dotaci. Její výše závisí i na typu žadatele (obec, podnikatel aj.). Dotační podmínky se mění a je nutno sledovat aktuální informace (www.mpo.cz, www.strukturalni-fondy.cz).

Legislativa provozu

Pro provoz MVE je nutno získat licenci pro podnikání v energetice (živnostenský list se nevydává). Pokud nemá provozovatel vzdělání v oboru, je nutno absolvovat rekvalifikační kurs (pro MVE do 1 MW). Během provozu MVE je nutno dodržet zejména podmínky, které stanovil vodoprávní úřad s povolení k nakládání s vodami - především **dodržování odběru sjednaného množství vody**. Nedodržování minimálního průtoku přes jez by mělo být postihováno. Důležité je i **odstraňování zachycených naplavenin** na česlích (zejména dřeva a listí, ale i nejrůznějších odpadků) - je nutno zajistit jejich odvoz a likvidaci, vrácení naplavenin do toku je zakázáno. Rušení obyvatel hlukem by mělo být vyloučeno dobrým návrhem MVE.

ENERGIE VĚTRU

Větrná energie je jen jedna z forem sluneční energie. Vzniká díky tomu, že Slunce zahřívá Zemi nerovnoměrně. Mezi různě zahřátými oblastmi vzduchu v zemské atmosféře vznikají tlakové rozdíly, které se vyrovnávají prouděním vzduchu. Pod pojmem vítr rozumíme pouze horizontální složku proudění vzduchu, ve vrstvě několika desítek metrů nad zemí jsou stoupavé vzdušné proudy nevýznamné. Výhodou větrné energie je, že ji, na rozdíl třeba od energie biomasy, dokážeme poměrně snadno přeměnit na žádanou elektřinu. Využívání větru tak může napomoci splnění národního cíle - produkovat v roce 2010 z obnovitelných zdrojů 8 % celkové spotřeby elektřiny.

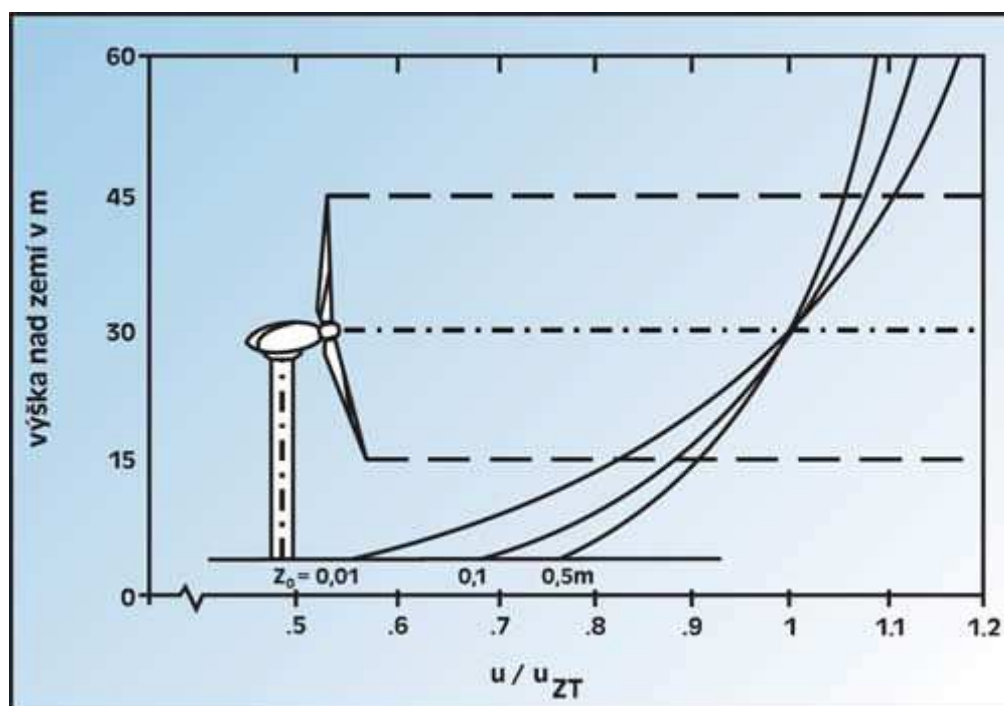


Potenciál větrné energie v ČR se odhaduje na 4 000 GWh ročně. To je asi 4 % naší celkové spotřeby elektřiny. V bilanci celkové energetické spotřeby jde asi o jedno procento. V poslední době u nás větrných elektráren přibývá. Důvodů je více: zejména poměrně příznivé výkupní ceny a hlavně zákonem daná garance, že tyto ceny budou pevné po dobu 20 let od spuštění. Dalším důvodem může být možnost získání dotace, i když většina velkých větrných elektráren se u nás staví i bez dotace. Obcím navíc provozovatelé obvykle nabízejí roční příspěvky ve výši několika desítek tisíc Kč za jednu elektrárnu.

Přírodní podmínky

Česká republika je vnitrozemský stát s typicky kontinentálním klimatem, které se projevuje významným sezónním kolísáním rychlostí větru. Příčinou je zejména globální vzdušné proudění typické pro severní a střední Evropu. **Rychlost větru** je nejdůležitějším údajem při využívání energie větru, udává se převážně v m/s. Poblíž zemského povrchu je proudění vzduchu ovlivňováno členitostí terénu - vítr je zpomalován terénními překážkami - stavbami, kopci, a také druhem povrchu (tráva, les, vodní hladina, sníh apod.). S rostoucí výškou se rychlost větru logaritmičtě zvyšuje. Je tedy velký rozdíl mezi rychlostí větru ve výšce 10 m a 100 m nad terénem.

Proudění vzduchu je vždy **turbulentní**, což se projevuje kolísáním rychlosti a směru větru. Výsledky měření směru a rychlosti větru jsou proto průměrované za určitý časový interval, tzv. **vzorkovací dobu**. Měření rychlosti větru se provádí **anemometrií** (mechanické či elektronické). V nejjednodušším přiblížení je možno vertikální profil rychlosti větru přiblížit následujícím příkladem.



Schématizované vertikální profily rychlosti větru v přízemní vrstvě při různých parametrech drsnosti.
Zdroj: časopis Větrná energie

Pro měření rychlosti větru existují mezinárodní standardy. Pro rychlost a směr větru je to výška 10 m nad zemským povrchem (pokud ji není možno dodržet, jsou údaje dohodnutým způsobem přepočítávány na tuto výšku). Pro **velmi hrubou představu** o rychlosti větru lze použít běžně dostupná měření meteorologických stanic. Měření rychlostí a směru větru se spolu s jinými klimatickými údaji provádí v ČR síti cca 200 meteorologických stanicích ČHMÚ, včetně stanic synoptických a klimatologických. Výsledky měření jsou odborně kontrolovány, archivovány a jsou k dispozici za úhradu buď ve formě nezpracovaných dat, nebo ve formě výsledků analýzy těchto dat prováděných pro různé účely. Pro základní výpočet průměrných ročních rychlostí větru vznikl v Ústavu fyziky atmosféry AV ČR (ÚFA) počítačový program VAS. Umožňuje výpočet rychlosti větru na libovolném místě v ČR, který je prováděn interpolací údajů meteorologických stanic a z numerického modelu proudění nad naším územím. Umožňuje teoretické rozlišení pro oblast velikosti 2 x 2 km. V praxi se pro základní odborné posouzení lokalita hodnotí třemi různými počítačovými modely: modelem VAS, dánským modelem WAsP a modelem PIAP. S těmito modely pracují ÚFA i ČHMÚ. Toto posouzení může sloužit pro rozhodování o podnikatelském záměru a při rozhodování o umístění větrné elektrárny.

Jsou-li nepřímo získané údaje o rychlosti větru příznivé, je nutné provést měření rychlosti větru přímo v dané lokalitě. Měření by mělo trvat alespoň rok, měřicí přístroj by měl být v ideálním případě umístěn ve výšce osy budoucího rotoru elektrárny (vrtule).

Možnosti využití

Dnes se z větru získává zejména elektřina. Velká zařízení dodávají elektřinu do sítě. Drobná zařízení mohou sloužit i pro zásobování odlehlých objektů nepřípojených k síti - horských chat, lodí apod.

Historicky se energie větru převáděla přímo na mechanickou práci. Dnes jsou funkční větrné mlýny spíše jen kuriozitou. Občas se můžeme setkat s větrnými čerpadly na vodu, např. na pastvinách. Větrné elektrárny jsou i lákavým turistickým cílem, např. poblíž Vídně můžeme navštívit elektrárnu, která má pod vrtulí i vyhlídkovou plošinu. Setkat se můžeme i s využitím větrné elektrárny jako reklamního poutače.

Autonomní systémy

Systémy nezávislé na rozvodné síti (grid-off), tedy autonomní systémy, slouží objektům, které nemají možnost se připojit k rozvodné síti. Zde se obvykle používají mikroelektrárny s výkonem od 0,1 do 5 kW. Součástí autonomního systému jsou i akumulátory a řídicí elektronika. V objektu pak může být buď rozvod stejnosměrného proudu s nízkým napětím (12 nebo 24 V), nebo je v systému zapojen ještě střídač pro dodávku střídavého proudu 230 V. Podle toho je nutno objekt vybavit energeticky úspornými spotřebiči. Autonomní systémy bývají často doplněny fotovoltaickými panely pro letní období, kdy je méně větru, ale více sluníčka. Pro větší výkony se používají větrné elektrárny se synchronními generátory. Můžeme se také setkat s myšlenkou využít větrnou energii k vytápění rodinného domu nebo chaty. Toto využití je trochuproblematické. Dům pro bydlení by měl stát na místě chráněném před větrem. Větrná elektrárna naopak potřebuje větru co nejvíce. Nízko nad zemí je vzduch brzděn stromy, domy a dalšími překážkami, takže je nutno umístit turbínu na co nejvyšší stožár. Kabel mezi domem a elektrárnou zvyšuje náklady; pokud by měl vést přes cizí pozemky, může jít o nepřekonatelnou překážku. Dalším problémem je dostatečná rychlost větru. Malé stroje začínají pracovat již při rychlostech okolo 4 m/s (14,4 km/h), ale jejich výkon je velmi malý. Energie větru totiž roste se třetí mocninou rychlosti, takže např. vítr o rychlosti 5 m/s má dvakrát více energie než při rychlosti 4 m/s. Problémem je ale i příliš vysoká rychlost větru - při rychlosti kolem 20 m/s je obvykle nutno elektrárnu zastavit (zabrzdit vrtuli), aby nedošlo k havárii. Plného (jmenovitého) výkonu dosahuje elektrárna při rychlostech větru kolem 10, někdy až 15 m/s - podle typu a výrobce. Takto silný vítr fouká jen zřídka, elektrárna tedy většinu provozní doby poběží na nižší výkon. Cena energie získané z autonomního systému je dost vysoká, obvykle vyšší než je cena elektřiny ze sítě. Elektrárna, přípojovací kabel a akumulátory pro teplo (event. elektřinu) představují investici v řádu stovek tisíc Kč. Jistou překážkou je i malá nabídka elektráren s výkonem od 5 do 50 kW.

Systémy připojené k síti

Systémy dodávající energii do rozvodné sítě (grid-on) jsou nejrozšířenější a používají se v oblastech s velkým větrným potenciálem. Slouží téměř výhradně pro komerční výrobu elektřiny.

Trendem je výstavba stále větších strojů (průměr rotoru 40 až 100 m a stožár o výšce více než 100 m). Důvodem jsou nižší měrné náklady na výrobu energie a maximální využití lokalit, kterých je omezený počet. Ve vnitrozemí se staví stroje s výkonem 100 až 2000 kW. Na moři (poblíž pobřeží) se využívají turbíny s výkonem až 5 MW. Naopak starší vnitrozemské elektrárny s výkony do 200 kW se demontují a nahrazují silnějšími, i když jsou ještě provozuschopné. Nabízí se pak k vývozu i do ČR. Pozor: garantované výkupní ceny platí pouze pro zařízení, která nejsou starší než 2 roky.



Velké větrné elektrárny mají asynchronní generátor, který dodává střídavý proud většinou o napětí 660 V, a tudíž nemohou pracovat jako autonomní zdroje energie. Existují i elektrárny se speciálním mnohapólovým generátorem, který nevyžaduje převodovou skříň. Většina elektráren má konstantní otáčky - s rostoucí rychlostí větru se zvyšuje zátěž generátoru. Moderní větrné elektrárny mají rozběhovou rychlost větru kolem 4 m/s. Pro zvýšení výroby jsou některé turbíny vybaveny dvěma generátory (nebo jedním generátorem s dvojitým vinutím). Při nízké rychlosti větru běží menší generátor, při vyšší rychlosti větru se přepne na větší generátor. Startovací rychlost pro snížený výkon je potom kolem 2,5 m/s. K zefektivnění provozu a snížení nákladů na projektování a výstavbu se velké elektrárny sdružují do skupin (obvykle 5 až 30 elektráren), tzv. větrných farem.

Technické řešení

Podle aerodynamického principu dělíme větrné motory na **vztlakové** a **odporové**. Nejrozšířenějším typem jsou elektrárny s **vodorovnou osou otáčení**, pracující na vztlakovém principu, kde vítr obtéká lopatky s profilem podobným letecké vrtuli. Na podobném principu pracovaly již historické větrné mlýny, nebo tak pracují větrná kola vodních čerpadel (tzv. **americký větrný motor**). Po experimentech s jedno-, dvou- i čtyřlístovými rotory již všechny velké moderní elektrárny používají rotory třílístové, které mají nejlepší parametry. Existují také elektrárny se **svislou osou otáčení**, které pracující na **odporovém principu** (typ Savonius) nebo na **vztlakovém principu** (typ Darrieus). Výhodou vztlakových elektráren se svislou osou je, že mohou dosahovat vyšší rychlosti otáčení, a tím i vyšší účinnosti. Pracují tedy i při nižší rychlosti větru a není třeba je natáčet podle směru větru. Elektrárny se svislou osou otáčení se donedávna v praxi příliš nepoužívaly. Důvodem bylo jejich mnohem vyšší dynamické namáhání, a tedy i nižší životnost. Tento problém se však podařilo do určité míry konstrukčně vyřešit. Pro výše uvedené výhody a také menší hlučnost se začínají v Británii a USA využívat přímo v městské zástavbě. Stále jde však o menší zařízení s nižšími výkony.

Výběr vhodných lokalit a zásady pro dimenzování

V případě vnitrozemských oblastí, tedy i v ČR, jsou příhodné lokality převážně ve vyšších nadmořských výškách, obvykle nad 500 m n. m. V nižších nadmořských výškách je roční průměrná rychlost větru nízká (kolem 2 až 4 m/s). **Rychlost větru** je naprosto zásadní parametr, neboť energie větru roste se třetí mocninou jeho rychlosti. Při zdvojnásobení rychlosti větru (např. ze 4 m/s na 8 m/s) vzroste jeho energie osmkrát. I malá odchylka v rychlosti větru se tedy výrazně projeví na množství získané elektřiny. K ohodnocení konkrétní lokality je nejvhodnější stanovení **distribuční charakteristiky**, což je rozdělení četnosti rychlostí větru zjištěné **kontinuálním měřením rychlosti** ve výšce osy rotoru. Ideální je alespoň roční měření porovnané s dlouhodobými údaji na blízkých meteorologických stanicích. Jednotlivé roky se od sebe mohou značně lišit. Před rozhodnutím o stavbě elektrárny je tedy třeba znát následující vstupní údaje:

měřené průměrné rychlosti větru včetně **četnosti směru**, ideálně roční měření, množství a parametry **překážek**, které způsobují turbulenci a brání laminárnímu proudění větru (porosty, stromy, stavby, budovy), chod ročních venkovních teplot či jiných nepříznivých **meteorologických jevů** (např. námrazy způsobují odstávky), **nadmořská výška** (hustota vzduchu), možnost **umístění** vhodné technologie: únosnost podloží, kvalita podkladu a seismická situace, **eologické podmínky** pro základy elektrárny,

dostupnost lokality pro těžké mechanismy, možnosti pro vybudování potřebné zpevněné komunikace,
vzdálenost od přípojky VN nebo VVN s dostatečnou kapacitou,
vzdálenost od obydlí, která by měla být dostatečná kvůli minimalizaci možného rušení obyvatel hlukem (nejvyšší přípustná hladina hluku ve venkovním prostoru na obytném území je ve dne 50 dB a v noci 40 dB),
míra zásahu do okolní přírody - zátěž při výstavbě elektrárny a budování přípojky, zásah do vzhledu krajiny (umístění v CHKO nebo v oblasti NATURA 2000 velmi komplikuje povolovací řízení),
majetkoprávní vztahy k pozemku, postoj místních úřadů a občanů.

Pro vlastní stavbu elektrárny je nutno získat v první řadě územní rozhodnutí a následně stavební povolení. Často je nutno změnit také územní plán příslušné obce či území. Stavební úřad bude v souladu se zákonem vyžadovat stanoviska různých dotčených orgánů státní správy, zejména státní ochrany přírody, ale třeba i Armády ČR. Mimoto je nutno vyřešit i jiné problémy:

Pokud přípojka elektrárny k síti nepovede pouze po pozemcích investora, je třeba získat svolení pro instalaci a vedení po všech soukromých či veřejných pozemcích (ev. zřídit věcná břemena k těmto pozemkům).

Posouzení vlivu na životní prostředí (EIA) - zjišťovací řízení je zákonem vyžadováno u plánovaných instalací s výkonem nad 500 kW nebo se stožárem vyšším než 35 m. Úřad rozhodne, zda uloží provést úplné posouzení (tzv. "velká EIA") - vyžadováno je především u projektu více elektráren. Hodnocen je především vliv na krajinný ráz, ptactvo a hlučnost. Plné posouzení EIA může trvat rok i déle.

Chceme-li dodávat elektřinu do sítě, je třeba mimo jiné:

Získat licenci k výrobě elektřiny (případně k přenosu) podle energetického zákona 458/2000 Sb. Splnit technické podmínky pro připojení k síti a získat souhlas příslušného provozovatele distribuční soustavy (veřejné sítě). Řešení většiny těchto problémů je časově a administrativně náročné.

Větrné elektrárny a životní prostředí

I když jsou větrné elektrárny často symbolem ekologické výroby elektřiny, jsou jim vytýkána i některá negativa. Obvykle neprávem - současné elektrárny jsou mnohem modernější, než byly před deseti lety. **Hlučnost** současných strojů je poměrně nízká. Elektrárny jsou navíc stavěny v dostatečné vzdálenosti od obydlí. Hluková studie bývá součástí dokumentace nutné ke stavebnímu povolení. U existujících instalací lze provést měření a na jeho základě případně omezit jejich provoz. Nevhodně umístěná elektrárna přesto může působit nepříjemnosti. Malé větrné elektrárny jsou rychloběžné, a proto jsou poměrně hlučné. Jejich umístění přímo v zástavbě může narušit dobré sousedské vztahy. **Stroboskopický efekt** (vrhání pohyblivých stínů, je-li Slunce nízko nad obzorem) není v praxi závažný, zejména právě kvůli vzdálenosti instalací od lidských obydlí. Podobně i **odraz slunce** na lopatkách je díky matným nátěrům již minulostí. **Rušení zvířete** podle praktických zkušeností nenastává. Dokladem jsou ovce a krávy, ale i divoká zvěř pasoucí se v těsné blízkosti elektráren. Podle některých studií se v okolí elektráren zvýšil i počet hnízdicích ptáků. Vysvětluje se to jednak tím, že elektrárny jsou dobrým orientačním bodem v krajině, a jednak tím, že rotory mohou rušit dravé ptáky. Podobně se nepotvrdilo ani to, že by rotující listy zabíjely proletující ptáky. Ke kolizím dochází poměrně vzácně,

zejména v noci a za mlhy. Výjimkou byly případy, kdy elektrárna stála v místě migračního tahu ptáků. Těmto oblastem se však dá vyhnout. **Rušení televizního signálu** může nastat. Závisí na pozici televizního vysílače, elektrárny a domů, které mají anténu. Týká se opět jen blízkého okolí elektrárny. V ČR je většina lokalit dále od osídlení.



Odstup elektráren od zástavby je někdy překvapivě malý (Rakousko). Foto: EkoWATT

Narušení krajinného rázu je nejspíše nejproblematictější. Někomu se elektrárny líbí, někomu ne. V české krajině lze jen s obtížemi najít panorama nerušené stožáry elektrického vedení či vysílači. Větrné elektrárny představují další, zatím nezvyklý prvek. Paradoxně se zde někdy dostává do konfliktu požadavek státní ochrany přírody na "nenápadnost" elektrárny s požadavkem bezpečnosti leteckého provozu na její dobrou viditelnost (zábleskové zařízení). Trend stavět stále větší stroje vede k tomu, že elektráren může být méně, ale současně budou více vidět. Elektrárny ale mohou také pomoci snížit počet stožárů v krajině. Na stožár elektrárny lze umístit několik různých telekomunikačních zařízení, které bohužel často mají každý svůj vlastní stožár. Díky umístění ve větší výšce mohou pak vysílače pokrýt větší území. Vzhledem k ekonomické životnosti elektrárny 20 let může jít jen o dočasnou stavbu, která snadno zmizí.

ENERGIE PROSTŘEDÍ

Prostředí, které nás obklopuje (vzduch, voda, půda) má obvykle příliš nízkou teplotu a jeho teplo nelze pro vytápění využít přímo. Výjimkou jsou geotermální prameny, hojně využívané například na Islandu. **Nízkoteplotní teplo okolního prostředí** můžeme využívat pomocí **tepelného čerpadla (TČ)**, které toto teplo (např. kolem 2 °C) převede na **vyšší teplotní hladinu** (kolem 50 °C). Princip je stejný jako u chladničky, která odebírá teplo potravinám a předává jej zadní stranou chladničky do místnosti. Podobně i TČ využívá tepla získaného od okolního prostředí k odpaření chladicí kapaliny. Tato pára je poté kompresorem stlačena a díky dodané práci dochází k uvolnění tepla o vyšší teplotě, které je předáno topnému médiu. Celý cyklus se poté opakuje.

Topný faktor

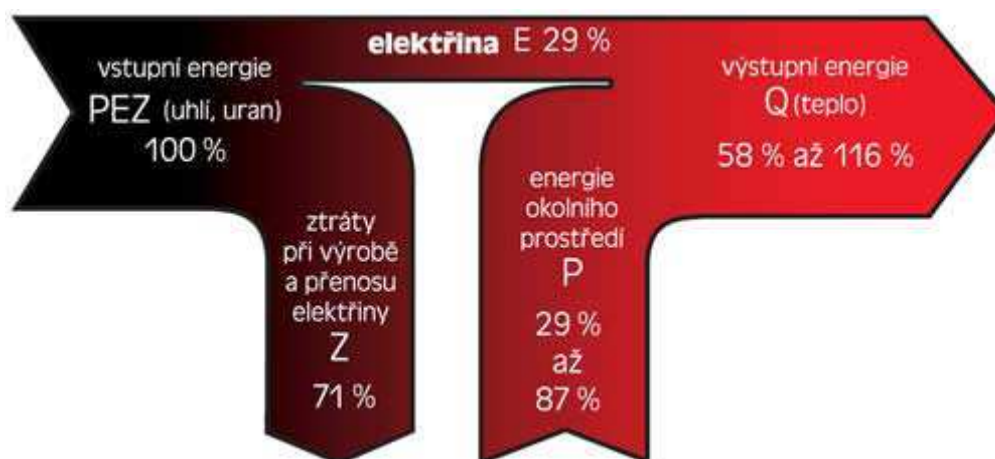
Velmi důležitým parametrem TČ je topný faktor. Vyjadřuje poměr dodaného tepla k množství spotřebované energie.

Q = teplo dodané do vytápění [kWh]

E = energie pro pohon TČ [kWh]

Topný faktor různých TČ je v rozmezí od 2 do 5. Závisí na vstupní a výstupní teplotě, typu kompresoru a dalších faktorech. Dodavatelé obvykle udávají topný faktor při různých teplotách vstupního a výstupního média. Pozor: při výpočtu topného faktoru se někdy nezapočítává spotřeba oběhových čerpadel (resp. ventilátorů), která jsou nutná pro provoz TČ. Skutečný topný faktor se pak může od údajů z prospektu výrazně lišit.

Toky energií



Toky energií pro elektrické tepelné čerpadlo. © EkoWATT

Rozdíl teplot na vstupu a výstupu má být **co nejnižší**, maximální pracovní teplota TČ na výstupu je přitom cca 55 °C. Používání tepelného čerpadla je tedy výhodné v kombinaci s **nízkoteplotním vytápěcím systémem** (podlahové vytápění). Čím menší rozdíl hladin teplot musí tepelné čerpadlo překonávat, tím méně energie spotřebuje a tím vyšší má topný faktor. Topný faktor během roku kolísá v závislosti na vstupní a výstupní teplotě tepelného čerpadla. **Průměrný roční topný faktor** je poměr **celoroční spotřeby energie** a **celoroční výroby tepla** a používá se pro vyhodnocení provozu. Běžně tepelná čerpadla dodají za ideálních podmínek třikrát až čtyřikrát více tepla, než spotřebují elektřiny na svůj provoz.

Zdroje tepla pro tepelné čerpadlo

Okolní vzduch - je k dispozici všude. Tento typ TČ má tedy široké využití, navíc je investičně méně náročný. Vzduch se ochlazuje ve výměníku tepla umístěném vně budovy. Protože ve vzduchu je tepla poměrně málo, musí výměníkem procházet velké objemy vzduchu. Je tedy nutný výkonný ventilátor. Ten je zdrojem určitého hluku, proto je potřeba pečlivě volit umístění výměníku, aby hluk neobtěžoval obyvatele domu ani sousedy. Venkovní část by neměla být ani v místech, kde se mohou tvořit "kapsy" studeného vzduchu. Vzduchová TČ jsou schopná pracovat i když je venku cca 12 °C, při nižší teplotě je nutné zapnout další, tzv. bivalentní zdroj. Při nízkých teplotách se na venkovním výměníku tvoří námraza. Energie spotřebovaná na její odtávání může výrazně zhoršit celkový topný faktor a tím zvýšit provozní náklady.



Venkovní jednotka tepelného čerpadla vzduch/voda. Foto: EkoWATT

Odpadní vzduch - teplo je odebíráno vzduchu odváděnému větracím systémem objektu. Tento vzduch má relativně vysokou teplotu (18 až 24 °C). Tepelné čerpadlo může pracovat efektivně i za podmínek, kdy běžně užívané systémy zpětného získávání tepla (rekuperace) nelze použít. Teplo může být použito pro topnou vodu ústředního topení nebo pro ohřev vzduchu, je-li vytápění objektu teplovzdušné. Nevýhodou je, že větracího vzduchu je k dispozici jen omezené množství, takže TČ kryje jen část tepelné ztráty - přibližně tu, která je potřeba na ohřev větracího vzduchu. Vždy je tedy potřeba ještě další zdroj pro krytí tepelné ztráty konstrukcemi, případně i pro ohřev vody. Na trhu jsou také tepelná čerpadla s integrovanými ventilátory, která lze použít jako centrální větrací jednotku domu.

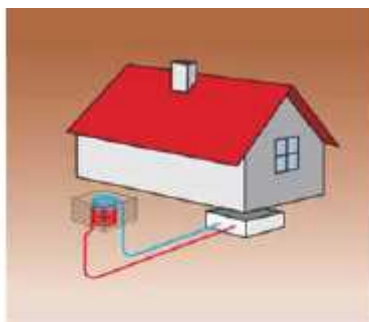
Povrchová voda - využívá se vody v toku nebo v rybníku, která je ochlazována tepelným výměníkem, umístěným přímo ve vodě nebo zapuštěným do břehu - vždy tak, aby nehrozilo zamrznutí.

Podmínkou je vhodné umístění objektu, nejlépe přímo na břehu. Teoreticky je také možné vodu přivádět potrubím přímo k tepelnému čerpadlu a ochlazenou vypouštět zpět. S tím je ale spojeno mnoho technických i administrativních překážek, které omezují použití v praxi téměř na nulu.

Podpovrchová voda - tato voda se odebírá ze sací studny a po ochlazení se vypouští do druhé, takzvané vsakovací studny. Podmínkou je geologicky vhodné podloží, které umožní čerpání i vsakování. Ochlazenou vodu lze za určitých podmínek vypouštět i do potoka nebo jiné vodoteče. Zdroj vody však musí být dostatečně vydatný (přibližně 15-25 l/min. pro TČ s výkonem 10 kW). Vhodných lokalit je proto k dispozici relativně málo.

Z půdy - jde o velmi rozšířený způsob. Půda se ochlazuje tepelným výměníkem z polyethylenového potrubí plněného nemrznoucí směsí a uloženého do výkopu (půdní kolektor). Půdní kolektor se umísťuje poblíž objektu v nezamrzlé hloubce. Trubky půdního kolektoru se mohou ukládat na souvisle odkrytou plochu, nejméně 0,6 m od sebe. Velikost takovéto plochy je asi trojnásobkem plochy vytápěné. Je také možné ukládat potrubí ve tvaru uzavřených smyček do výkopů kolektoru, rýhy o hloubce cca 2 m a šířce cca 0,9 m. Na 1 kW výkonu tepelného čerpadla je pak potřeba 5 až 8 metrů délky výkopu. Je třeba počítat s tím, že půdní kolektor okolní zeminu ochladí, takže se zde např. bude v zimě déle držet sníh. Pokud má být teplo odebíráno celoročně (v létě pro ohřev bazénu), je potřeba půdní kolektor o větší ploše. Je-li TČ využíváno pro letní chlazení, lze půdní kolektor "dobíjet" odpadním teplem.

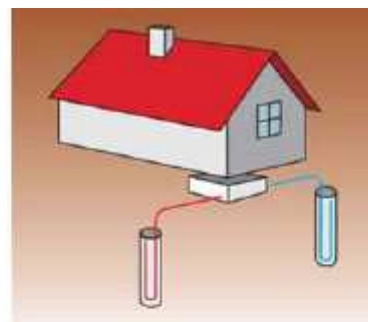
Z hlubinných vrtů - využívá se teplo hornin v podloží. Jde rovněž o velmi rozšířený způsob. Vrty hluboké až 150 m se umísťují v blízkosti stavby, nejméně 10 m od sebe. Vrty je možno umístit i pod stavbou, zvláště jde-li o novostavbu. Na 1 kW výkonu tepelného čerpadla je potřeba 12 až 18 m hloubky vrtu, podle geologických podmínek. Vrty nelze provádět kdekoli - vhodné je zajistit si hydrologický průzkum, aby nedošlo k narušení hydrologických poměrů. Výhodou je celoročně stálá teplota zdroje (cca 8 °C), takže TČ pracuje efektivně.



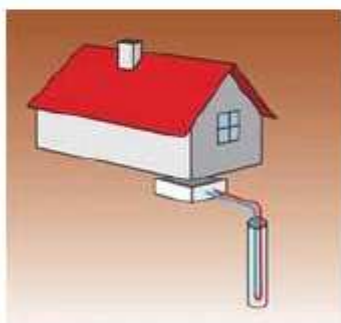
Tepelné čerpadlo vzduch/voda - vzduch se ochlazuje ve výměníku umístěném vně budovy. © EkoWATT



Tepelné čerpadlo vzduch/voda - ochlazuje se vzduch odváděný větracím systémem. © EkoWATT



Tepelné čerpadlo voda/voda - ochlazuje se voda čerpaná ze sací studny, která se poté vypouští do vsakovací studny. © EkoWATT



Tepelné čerpadlo nemrznoucí kapalina/voda - výměník naplněný nemrznoucí směsí ochlazuje půdu ve vrtu nebo ve výkopu, případně vodu ve vodním toku nebo v rybníku. © EkoWATT



Přehled systémů

V současnosti se pro vytápění rodinných domků používají téměř výhradně TČ s kompresorem, který je poháněn elektromotorem. Kompresor lze pohánět i jakýmkoli jiným motorem (např. motorem na zemní plyn). Pro relativně malé výkony, potřebné v rodinných domcích, jsou elektrická TČ nejvýhodnější. Elektromotor je levný a palivo - elektřina ve zvláštním tarifu - rovněž.

TČ s pístovými kompresory - jsou levnější, mají horší topný faktor a jsou mírně hlučnější. Životnost pístového kompresoru je okolo 15 let; za dobu životnosti TČ je třeba počítat s jednou jeho výměnou.

TČ se spirálovými kompresory scroll - jsou dražší, dosahují však nejlepších topných faktorů. V současnosti je to nejpoužívanější typ. Životnost kompresoru scroll je nejméně 20 let.

TČ s rotačními kompresory - lze se s nimi setkat u klimatizačních zařízení a levnějších TČ. Mají o něco nižší topný faktor než TČ s kompresory scroll.

Absorpční tepelná čerpadla - pracují bez kompresoru a jsou tedy zcela nehlukná. Nevýhodou je horší topný faktor. V současnosti se pro vytápění používají výjimečně, vyskytují se však u klimatizačních zařízení.

Monovalentní provoz tepelného čerpadla

U moderních, dobře izolovaných rodinných domů s tepelnou ztrátou do 10 kW je možné navrhnout TČ jako jediný zdroj tepla.

Investiční náklady se výrazně nezvyšují. Výhodou je i úspora provozních nákladů. Není-li TČ doplněno elektrokotlem, postačí menší příkon elektřiny. V současnosti, kdy konečná platba za elektřinu značně závisí na velikosti hlavního jističe, může být úspora "za jistič" zajímavá. Jinou cestou ke snížení velikosti hlavního jističe je použití ne-elektrického bivalentního zdroje, např. kamen na dřevo.

Výběr vhodných lokalit a zásady pro dimenzování

TČ pro vytápění lze použít téměř všude, pro dimenzování je důležité znát spotřebu tepla a teplé užitkové vody a další podmínky:

Elektrická přípojka musí umožnit připojení TČ (dostatečný příkon).

Obvykle je výhodné provést **zateplení objektu**, pak stačí menší a levnější technologie.

Vzduchová TČ není výhodné používat v drsných klimatických podmínkách, kde venkovní teploty klesají pod $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ (horské oblasti). U tohoto typu je potřeba najít vhodné umístění vnější jednotky (hlučnost, omezení průtoku vzduchu, námrazy).

V případě využití **hlubinných vrtů** je dobré znát předem geologické podmínky v podloží, aby nedošlo k jejich poškození ("zavření vrtu"). Provádění vrtů v 1. a v 2. ochranném pásmu lázní a minerálních vod je upravené zvláštními předpisy.

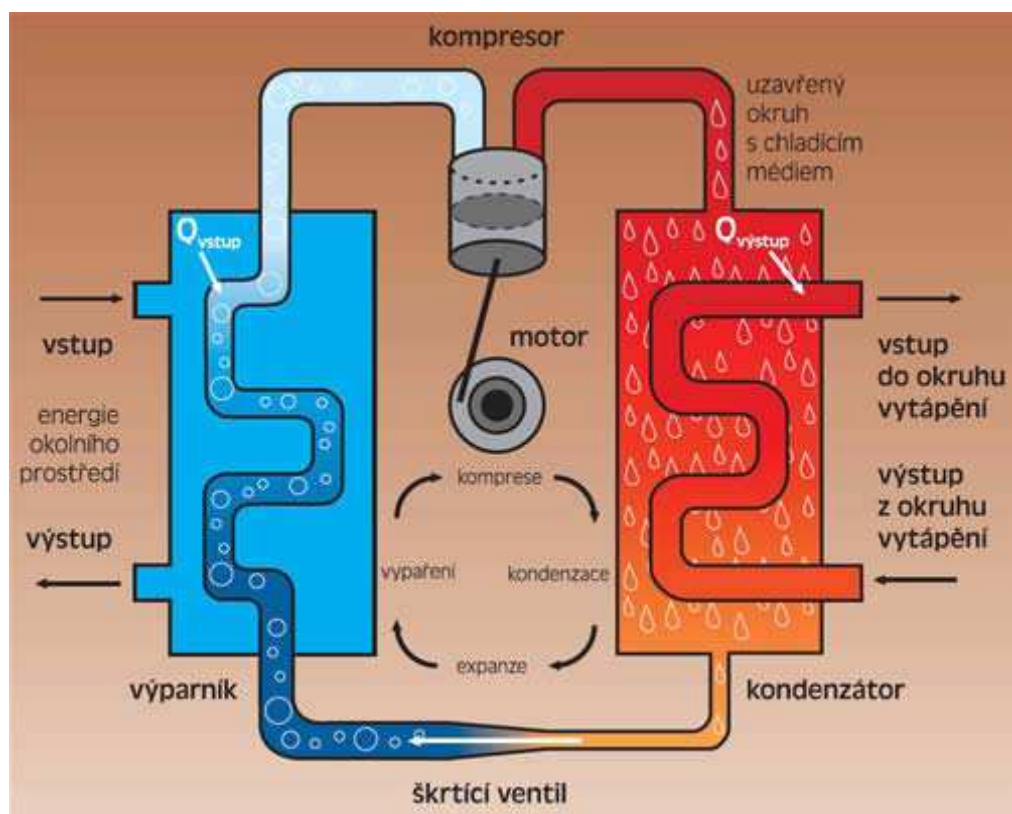
Při využití **podzemní vody** je podmínkou dostatečná vydatnost zdroje vody.

Při využití **povrchových vod** se platí poplatky správci toku, případně stočné.

TČ se nejčastěji používají na vytápění a klimatizaci budov. V kancelářských prostorách se často využívá možnosti reverzního chodu, kdy tepelné čerpadlo v létě ochlazuje vzduch v místnostech, zatímco v zimě topí. Porovnáme-li emise vzniklé v důsledku spotřeby elektřiny pro pohon TČ s emisemi vzniklými při spalování tuhých paliv (v domácím kotli), pak od průměrného ročního topného faktoru 2,33 dochází k jejich snížení (uvažujeme-li ztráty při výrobě a přenosu elektřiny 70 % a při spalování tuhých paliv 30 %).

Funkce kompresorového tepelného čerpadla

Činnost tepelného čerpadla je založena na pochodech spojených se změnou skupenství v závislosti na tlaku pracovní látky (**chlادivo**). Ve výparníku odnímá chlادivo za nízkého tlaku a teploty teplo ochlazované látky (zdroji nízkopotenciálního tepla). Dochází k varu a kapalné chlادivo přiváděné do výparníku se postupně mění v páru. Páry chlادiva jsou z výparníku odsávány a stlačeny kompresorem na kondenzační tlak. V kondenzátoru předávají kondenzační teplo ohřivané látce a mění své skupenství na kapalné. Kapalné chlادivo je po snížení tlaku přiváděno zpět do výparníku, kde doplňuje vypařené chlادivo. Tím je oběh uzavřen.



Bivalentní provoz tepelného čerpadla

Spotřeba tepla na vytápění se během roku mění. Pokrytí celé spotřeby TČ je obvykle neekonomické (větší TČ a delší vrty výrazně zvyšují pořizovací náklady), proto se systém doplňuje dalším **špičkovým zdrojem** tepla, obvykle elektrokotlem. Tento zdroj slouží i jako záloha pro případ výpadku TČ. Jako jiný bivalentní zdroj lze použít i krb nebo jiné interiérové topidlo, které nemusí být napojeno na systém ústředního vytápění.

Systém pak pracuje v tzv. **bivalentním provozu**, kdy po určitou dobu (např. v mrazových dnech) běží kromě TČ druhý zdroj tepla (elektrokotel). Instalovaný tepelný výkon tepelného čerpadla je v tomto provozu nižší než je maximální potřebný (obvykle 50 – 75 %). U správně navrženého systému špičkový zdroj dodává pouze 10 -15 % celkové spotřeby tepla.

U tepelných čerpadel ochlazujících venkovní vzduch je bivalentní zdroj nezbytný, aby bylo možno vytápět i v době, kdy je venkovní teplota nižší než $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Ekonomika provozu

Možná trochu paradoxně platí, že ekonomická návratnost TČ vychází nejlépe ve stavbách s vysokou spotřebou tepla. U nízkoenergetických nebo dokonce pasivních domů, kde je spotřeba až 10x nižší než u běžných domů, je úspora nákladů na vytápění poměrně malá, tím roste i doba návratnosti. denně. Náklady na elektřinu pro osvětlení, chladničku, pračku a ostatní domácí spotřebiče tak mohou



být výrazně nižší než v domech s vytápěním plynem, dřevem apod. Při roční spotřebě domácnosti okolo 4 000 kWh/rok je úspora až 10 tis. Kč.