



Energie vody



Centrum pro
obnovitelné
zdroje a úspory
energie

EKIS ČEA

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.

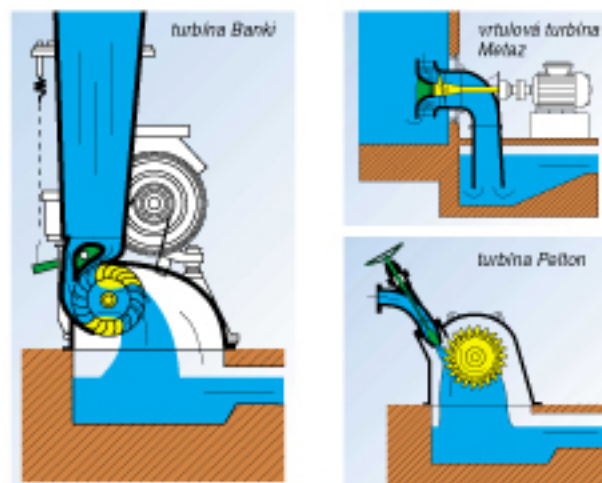
MVE jsou rozptýleny po celé republice, tím se snižují ztráty v rozvodech – elektřinu není třeba daleko přenášet. Případný výpadek některé z nich je z hlediska sítě, na rozdíl od výpadek velkého centrálního zdroje, nevýznamný.

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 turbinami typu **Bánki** a **Pelton**.

Potenciální energie vzniká v důsledku gravitace, závisí na výškovém rozdílu hladin. Využívá se pomocí turbin typu **Kaplan**, **Francis**, **Reiffenstein** a rovněž různých typů **turbin vrcholových** a vhodných **čerpadel v turbinovém provozu**.



Typy nejčastěji používaných turbin © EkoWATT

Části vodního díla a přehled zařízení

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

Hráze se vyznačují obvykle větší výškou vzdutí, větším objemem zadržené vody a plochou zaplavovaného území. Jejich nová výstavba pouze za účelem provozování MVE 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 turbina. Další možností je instalace vodní turbíny na přivaděcích pitné vody.

Jezy mají oproti hrázím nižší výšku vzdutí 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 svažitosti 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: hrubá a jemná, 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 svoji 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 m^3/s . Výroba je vždy individuální.

Kaplanova turbina je klasická přetlaková turbina. V základním provedení je výborně regulovatelná, ale výrob-

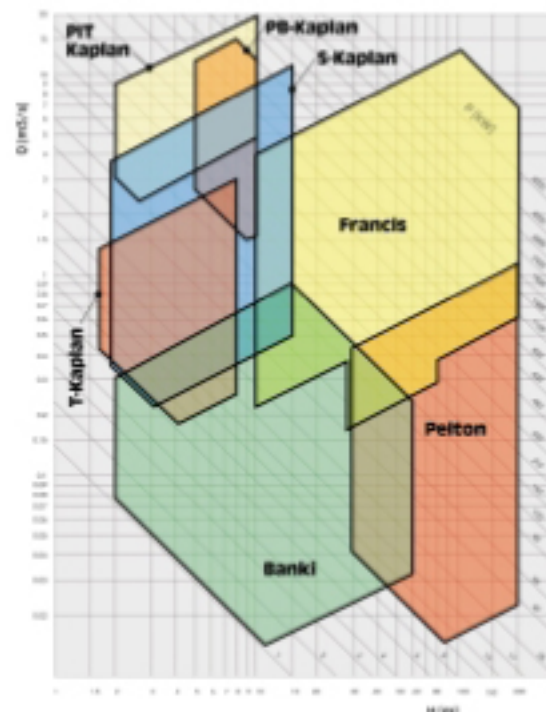
ně náročná. Dnes ji vyrábí řada firem v ČR s různými úpravami regulace i dispozičním uspořádáním (kolonové či přímoproudé turbíny). Je použitelná pro spády od 1 do 20 m, průtoky 0,15 až několik m^3/s , někdy až několik desítek m^3/s . Vhodná je zejména pro jezové a říční elektrárny.

Francisova turbina je v minulosti nepoužívanější přetlaková turbina 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 turbin v MVE se dnes omezuje na spády od 10 m a pro větší průtoky (vyšší výkony).

Bánkiho turbina je rovnotlaká turbina 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 m^3/s .

Peltonova turbina je rovnotlaká turbina vhodná pro spády nad 30 m. Využitelné průtoky jsou od 0,01 m^3/s (10 l/s). Levnější náhradou mohou být v některých případech sériově vyráběná odstředivá čerpadla v reverzním chodu použitá za cenu nižší účinnosti.

Turbina 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 m^3/s (4 l/s) do 0,02 m^3/s .



Oblasti použití turbin podle průtoku a spádu. © EkoWATT

Výběr vhodných lokalit a zásady pro dimenzování

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. mikroturbin lze využít i toky s velmi malým energetickým potenciálem, nebo i vodovodní zařízení. Další cestou je instalace moderních a účinnějších turbin 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:

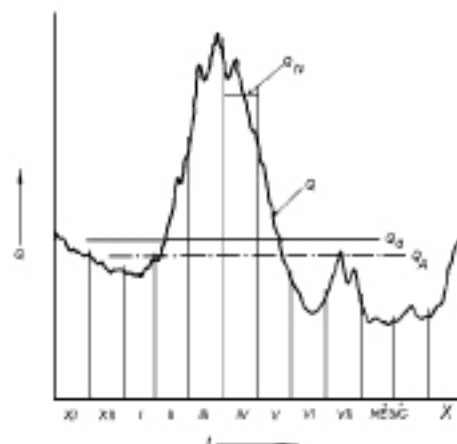
- **Hrubý (celkový) spád H_b (brutto)** je celkový statický spád daný rozdílem hladin **při nulovém průtoku** vodní elektrárnou. Pro velmi hrubé odhady jej lze stanovit z mapy. Spád lze stanovit výškovou nivelací na úseku od vtokového objektu (nad jezem), po úroveň spodní hladiny na odpadu z turbíny. Pro relativně přesný odhad postačí lať s centimetrovým dělením. Přesné měření, zejména u delších přivaděčů, lze objednat u specialisty.
- **Užitný (čistý) spád H (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 česlicích, v přivaděcím kanálu, v potrubí atp.). Tím získáme spád pro turbinu užitný.

Průtok

Průtok je průtočné množství vody v daném využitelném profilu. Přesný průtok lze zjistit za úplaty u Českého hydrometeorologického ústavu nebo příslušné správy toku jako tzv. **dlouhodobý průměrný průtok Q_m , 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.

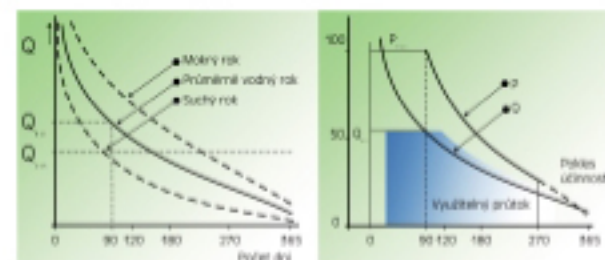
M [dny]	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	355	364
Q [m ³ /s]	2,7	1,9	1,5	1,2	1,0	0,85	0,75	0,6	0,5	0,4	0,34	0,25	0,18

Příklad M-denní průtokové závislosti. Zdroj: EkoWATT



Průběh průtoku v roce a průměrný roční a měsíční průtok. Zdroj: EkoWATT

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.



Roční odtoková závislost a výkon dosažený v průběhu roku. © EkoWATT

Hodnocení lokality

Pro předběžný odhad dosažitelného výkonu MVE lze použít zjednodušený vztah, kde je výkon uveden již v kW (jíz je brán zřetel na měrnou hmotnost vody):

$$P = k \cdot Q \cdot H$$

kde:

- P je výkon [kW]
- Q je průtočné množství vody, průměrný průtok [m³/s]
- H je spád využitelný turbínou v [m]
- k je konstanta uváděná v rozsahu 5–7 pro malé a 8–8,5 pro střední a velké vodní elektrárny; její velikost ovlivňuje účinnost soustrojí a technická úroveň použité technologie

Výroba elektřiny ve vodní elektrárně potom bude:

$$E = P \cdot T$$

kde:

- E je množství vyrobené energie během roku [kWh]
- P je výkon [kW]
- T je počet provozních hodin během roku [h]

Počet provozních hodin během roku se stanoví podle počtu dní M , ve kterých může turbína se zvoleným regulačním rozsahem pracovat (alespoň 4 000 h).

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.

Ekonomika provozu

Elektřinu z MVE je možno dodávat do sítě. Výkupní ceny předepisuje Energetický regulační úřad (www.eru.cz) 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 spotřebovává v jiném svém objektu, musí však zaplatit za distribuci elektřiny veřejnou síti. Existuje i možnost prodat elektřinu z MVE třetí osobě.

Kč/kWh	Výkupní cena elektřiny do sítě			Zelené bonusy		
	celodenní	VT	NT	celodenní	VT	NT
MVE uvedená do provozu						
po 1. 1. 2008	2,60	3,80	2,00	1,40	2,21	1,01
po 1. 1. 2006	2,45	3,80	21,78	1,25	2,21	0,79
po 1. 1. 2005	2,22	3,47	1,60	1,02	1,88	0,61
před 1. 1. 2005	1,73	2,70	1,25	0,53	1,11	0,26

Výkupní ceny za elektřinu z MVE pro r. 2008. Zdroj: ERU

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).



Malé spády lze využít pomocí vodního kola. Foto: EkoWATT



Turbína s generátorem na přivádění v úpravně pitné vody nahradí škrtící armatury. Foto: EkoWATT

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 v 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 nejružnějších odpadků) – je nutno zajistit jejich odvoz a likvidaci, vrácení naplavenin do toku je zakázáno. Rušení obyvatel hlukem by mělo být vyloučeno dobrým návrhem MVE.



Obnova zastaralé technologie MVE snižuje ztráty a zvyšuje produkci. Foto: EkoWATT



Malá vodní elektrárna Hněvkovice s výkonem 9,6 MW. Foto: EkoWATT

Použitá a doporučená literatura

- [1] Bednář, J.: Malé vodní elektrárny 2. SNTL, Praha, 1989.
- [2] Gabriel, P., Čihák, F., Kalandra, P.: Malé vodní elektrárny. ČVUT, Praha, 1998.
- [3] Kol. autorů: Co chcete vědět o malých vodních elektrárnách. ČEZ, a.s., Praha.
- [4] Beranovský, J., Truxa, J.: Alternativní energie pro váš dům. ERA, Brno, 2004.
- [5] Kol. autorů: Obnovitelné zdroje energie. FCC Public, Praha, 1994, druhé upravené a doplněné vydání 2001.
- [6] Kol. autorů: Malé vodní turbíny, konstrukce a provoz. ČVUT, Praha, 1998.
- [7] Melichar, J.: Malé vodní turbíny. ČVUT, Praha, 1995.
- [8] Pažout: Malé vodní elektrárny. SNTL, Praha, 1990.
- [9] Škopil, J., Kasářík, M.: Obnovitelné zdroje energie I. Malé vodní elektrárny. ZČU, Plzeň, 2000.

Vydal:

EkoWATT, Centrum pro obnovitelné zdroje a úspory energie

Švábky 2
180 00 Praha 8
tel.: +420 266 710 247
fax: +420 266 710 248

Žitkova 1 (budova PVT)
370 01 České Budějovice
tel.: +420 389 608 211
fax: +420 389 608 213
e-mail: info@ekowatt.cz
www.ekowatt.cz, www.energetika.cz

Foto na titulní straně: náhon malé vodní elektrárny; vodní kola Buškova hamru; Foto: EkoWATT
Texty: EkoWATT – Jiří Beranovský, Monika Kašparová, František Macholdá, Karel Srdočný, Jan Truxa

Grafický návrh: Irena a Saša Mandič
Sazba a tisk: Sdružení MAC, spol. s r.o., © EkoWATT, 2007

Podrobnější informace lze získat také v celostátní síti Energetických informačních a konzultačních středisek České energetické agentury (EKIS ČEA). Seznam středisek je uveřejněn na: www.ekis.cz.

Publikace je určena pro poradenskou činnost a je zpracována v rámci Státního programu na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie pro rok 2007 – část A – PROGRAM EFEKT.

Publikace vyšla díky laskavé podpoře České energetické agentury.

