

Vodní energie



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Publikace vznikla v rámci projektu Operačního programu Vzdělávání pro konkurenceschopnost Zelený most mezi školou a praxí – environmentální vzdělávací moduly pro trvale udržitelný rozvoj, registrační číslo CZ.1.07/1.1.00/14.0153, který realizuje Střední průmyslová škola strojní a stavební, Tábor, Komenského 1670 ve spolupráci s těmito partnery:

- Vyšší odborná škola a Střední zemědělská škola, Tábor, náměstí T. G. Masaryka 788
- Střední odborná škola a Střední odborné učiliště, Hradec Králové, Hradební 1029
- Střední odborná škola energetická a stavební, Obchodní akademie a Střední zdravotnická škola, Chomutov, příspěvková organizace, Na Průhoně 4800
- Masarykova střední škola, Letovice, Tyršova 500
- Střední škola – Centrum odborné přípravy technické, Kroměříž, Nábělkova 539
- Integrovaná střední škola technická, Benešov, Černošská 1997

Tato publikace je spolufinancována Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

Více informací o projektu najdete na www.zelenymost.cz.

VODNÍ ENERGIE

Autor:

Ing. Bc. Jan Hurtečák, MBA

Editor: Ing. Marcel Gause

Metodická pomoc: RNDr., PhDr. Danuše Kvasničková, CSc.

Obálka a grafická úprava: Quo-ST, spol. s r.o.

Tisk: FINAL EXIT tisková produkce

Text neprošel jazykovou úpravou

Vydala Střední průmyslová škola strojní a stavební, Tábor, Komenského 1670
Tábor 2013



Vodní energie



Obsah

1	Úvod	6
2.	Využívané zdroje energie	9
3.	Vodní energie	13
3.1	Hydroenergetický potenciál vodního toku	14
3.2	Využití vodní energie v České republice	15
3.3	Vodní elektrárny a jejich rozdělení	17
4.	Malé vodní elektrárny (MVE)	20
4.1	Základní parametry hydroenergetického díla	20
4.1.1	Spád	20
4.1.2	Průtok turbínou	21
4.1.3	Výkon MVE a výroba elektrické energie	23
4.1.4	Otáčky turbíny a turbosoustrojí	24
4.2	Stavební řešení MVE	25
4.2.1	Koncepce a dispozice MVE	25
4.2.2	Vtokové objekty	27
4.2.3	Přivaděče a odpady	29
4.2.4	Provozní a výrobní objekty	32
4.3	Strojní zařízení MVE	34
4.3.1	Přívod vody k přetlakové turbíně	34
4.3.2	Odvod vody od přetlakové turbíny	36
4.3.3	Turbíny	38
4.3.3.1	Často používané druhy turbín – základní výkresy	43

4.3.4	Převody turbíny	53
4.4.	Elektrická zařízení MVE a její připojení do sítě	54
4.4.1	Elektrické generátory	54
4.4.1.1	Synchronní generátor	55
4.4.1.2	Asynchronní generátor	56
4.4.2	Silnoproudá zařízení MVE	56
4.4.3	Řídící, měřicí a regulační systémy v MVE	57
5.	Odborná dokumentace a povolení	59
6.	Závěrečné shrnutí postupu při realizaci MVE	60
7.	Ukázka realizované stavby vodní elektrárny	
	firmou MAVEL a.s. v Ugandě	63
	LITERATURA	69



1 Úvod

Říkává se, že energie je krev průmyslu. Ale zdaleka nejen průmyslu. Často si ani neuvědomujeme, že energie je základním předpokladem **veškerého života** na naší planetě, tedy i nás - lidí. Každé malé dítě ví, že musí jíst - a že většímu výdeji energie (při sportu, při práci) odpovídá i větší potřeba výživy. Tuto **energetickou potřebu** pro život lidí zajišťuje již více než 5000 let hlavně zemědělství ve formě potravin, v některých oblastech světa také rybářství.

Základním energetickým zdrojem pro naši planetu je Slunce, které vyzařuje do vesmírného prostoru obrovské množství energie (okolo $3,8 \cdot 10^{19}$ MJ /s). Z ní na naši Zemi dopadá přibližně pouze jedna dvoumiliardtina, ale tato „kapka“ energie ohřívá zemský povrch, uvádí do pohybu vrstvy atmosféry kolem něho a přeměňuje se v energii větru, umožňuje oběh vody a mění se ve vodní energii, je příčinou energie mořského vlnění a díky fotosyntéze je jeho malá část (necelé 1 %) zdrojem energie pro veškerý život na Zemi. Fotosyntéza představuje obdivuhodnou základní reakci života, při níž je v zelených rostlinách energie slunečního záření převáděna do energie chemických vazeb organických látek (z energetického hlediska do „energetických konzerv“ či do biomasy). Ty jsou pak v následných potravních řetězcích postupně využívány a měněny a slouží jako zdroj výživy (energie a látek) pro všechny ostatní organismy - tedy i pro nás.

Kromě této základní energetické potřeby pro život, je pro lidi důležitá také další **energetická spotřeba** - pro úpravu potravy, bydlení, výrobu různých látek, dopravu, obchod, spotřebu, kulturu - prostě pro lidský způsob života. Velikost energetické spotřeby se v průběhu vývoje lidské společnosti měnila. I v dnešním světě existují obrovské rozdíly ve spotřebě energie.

Předpokládá se, že naši předchůdci, kteří ještě nepoužívali oheň, potřebovali pro svůj život okolo 8000 kJ denně, což odpovídá i dnešnímu příjmu potravy. Využíváním ohně stoupla energetická spotřeba našich předchůdců někdy před 500 000 lety na dvojnásobek - tj. asi na 6 GJ/rok na osobu. V dobách počátečního zemědělství asi před 10 000 lety se tato spotřeba vlivem využívání zvířat zvýšila na 20-30 GJ/osobu/rok, ve starověku a středověku se dále zvyšovalo využívání energie vody a větru. Naprostou změnu ve spotřebě energie pak znamenala **průmyslová revoluce**, která zahájila využívání nového energetického zdroje - fosilních paliv. S vynálezem parního stroje stoupla spotřeba energie přibližně na 100 GJ/osobu/rok. Další velmi nerovnoměrný vývoj ve světě dokumentuje diametrálně rozdílná spotřeba energie v dnešním světě: zatímco v USA se roční spotřeba energie na osobu odhaduje na 350 GJ, v Evropě průměrně na 200 GJ, v rozvojových státech Afriky pouze na 20-30 GJ na osobu/rok. Hlavním energetickým zdrojem současné civilizace jsou fosilní paliva.

Odkud se vlastně vzala?

Jejich základem je biomasa (především rostlin, ale i ostatních organismů), která se na Zemi fotosyntézou vytvářela **před mnoha miliony let** a která se v průběhu následujících milionů let vlivem geologických změn postupně pod vrstvami hornin za nepřístupu vzduchu měnila v uhlí, ropu a zemní plyn. Když uvážíme, že existence člověka na Zemi (včetně jeho přímých předchůdců) se dnes odhaduje na dobu 1 - 2 miliony let a proces vytváření např. černého uhlí na více než 200 milionů let, pak je na prvý pohled zřejmé, že fosilní paliva jsou **zdroje neobnovitelné**.

Nevíme sice přesně, jak velké zásoby fosilních paliv se v hlubinách naší Země ještě skrývají a odhady se u jednotlivých druhů paliv i u jednotlivých odhadců liší až v měřítku století, ale víme, že je nejvyšší čas intenzivně **hledat nové energetické zdroje** pro lidstvo, chceme-li nadále využívat stejné či zvyšující se množství energie.

Navíc využívání fosilních paliv s sebou nese vážné nebezpečné vlivy na prostředí. **Nečistoty** vypouštěné do ovzduší z domácích i průmyslových topenišť a ze stále rostoucího počtu dopravních prostředků představují vážné nebezpečí pro zdraví lidí a významně snižují také výnosy a kvalitu zemědělských produktů. Snad ještě větším globálním problémem je to, že při jejich spalování se uvolňuje oxid uhličitý vázaný do těl organismů před mnoha miliony let, což sebou přináší zvyšování skleníkového jevu a s tím související hrozbu **klimatických změn**, jejichž důsledky by mohly představovat katastrofy nezvyklých rozměrů.

Bezesporu nový nepominutelný energetický zdroj nepůsobící na **klimatické změny** představuje **jaderná energie**, která se uvolňuje při rozpadu radioaktivních prvků. Zdrojem je však rovněž neobnovitelný zdroj - různé nerosty ze zemské kůry obsahující izotop U^{235} . Zdá se, že tohoto zdroje je zatím k dispozici značné množství, ale tragické katastrofy z ukrajinského Černobylu a japonské Fukušimy budí mnoho obav z využívání tohoto přírodního zdroje a mnohé státy se proto orientují jiným směrem. Naděje se obrací i k **jaderné fúzi** - tedy k období procesů probíhajících na Slunci, ale možnosti jejího využívání v praxi jsou zatím v nedohlednu.

Energie však není nedostatek. Stálý a prakticky **nevycherpatelný** je zdroj sluneční energie, která se na Zemi dostává v množství přibližně $21 \cdot 10^{20}$ kJ /rok - a je zdrojem neustále se **obnovující energie vody, větru i biomasy**. Nevycherpatelným energetickým zdrojem je i **teplo zemského nitra**, které se uvolňuje stálými radioaktivními přeměnami v hlubinách Země a také **přitažlivé síly Měsíce** na naši Zemi, které způsobují pravidelný příliv a odliv na pobřežích oceánů a moří.

Před technicky vyspělou společností stojí nyní velmi závažné i podněcující úkoly:

- jak efektivněji a bezpečněji (s ohledem na vlivy na prostředí) využívat dosavadní energetické zdroje (neboť jejich náhlé opuštění není prakticky možné),
- jak zlepšit možnosti a perspektivy využívání energetických zdrojů nevyčerpatelných a obnovitelných, s nimiž nemusí být spojeny závažné problémy bezpečnostní, ani vlivy na biosféru.

Přitom je nezbytné mít na zřeteli souvislosti **environmentální, ekonomické i sociální** - tedy základní pilíře **udržitelnosti** dalšího vývoje naší civilizace.

Na tuto cestu je důležité vykročit co nejdříve - a začít ověřovat nejrůznější současné možnosti v praxi. Které způsoby šetření a využívání energie to jsou?

Možnosti šetření energií jsou nejen v jednání každého člověka, které zamezí zbytečnému plýtvání, ale i v řadě technických opatření v průmyslu (nové technologie), v zemědělství (využívání zbytkového tepla a biomasy), v dopravě (nové formy pohonu dopravních prostředků a snižování jejich spotřeby), ve stavebnictví (nové formy izolací, energeticky úsporné stavby atd.).

A další možnosti jsou v postupném a kombinovaném zavádění různých zařízení pro využívání nevyčerpatelných a obnovitelných energetických zdrojů:

- energie solární, jako přímého zdroje tepla, jako zdroje elektrické energie prostřednictvím fotovoltaických článků či jako naakumulované energie v ovzduší, ve vodě a v půdě prostřednictvím tepelných čerpadel (popř. v kombinaci s využíváním energie geotermální),
- energie větru prostřednictvím větrných elektráren
- energie vody prostřednictvím různých typů vodních elektráren,
- energie biomasy, a to jak novými termickými způsoby jejího využívání prostřednictvím spalování, zplynování, zkapalňování apod., tak i různými biotechnologickými způsoby využívání zbytkové biomasy a odpadních organických látek.

Zavádění těchto nových možností úspor a získávání energie musí překonávat mnohé problémy spojené zejména s nepravidelností slunečního záření, ale také s mnoha předsudky, neochotou hledat nové cesty a s řadou nežádoucích společenských vlivů ekonomického i sociálního rázu. Žádné novinky nikdy nebyly přijímány jednoznačně kladně a bez obav.

Navzdory různým těžkostem je důležité nenechat se odradit od hledání možnosti udržitelného řešení energetiky v 21. století.

2. Využívané zdroje energie

Lidstvo potřebuje pro uspokojování svých potřeb energii a s vývojem civilizace se nároky na množství energie stále zvyšují. U některých druhů energie můžeme vidět jejich dlouhou historii, např. využívání síly vody a větru, spalování dřeva apod. a také si umíme představit jejich dlouhou budoucnost. Bohužel se to netýká zdrojů nejčastěji používaných, tedy fosilních paliv.

Většina dnešních energetických zdrojů má svůj prapůvod ve slunečním záření nebo v teple zemského nitra. energii vytvořenou přírodou za miliony let se lidstvo snaží zužitkovat během několika staletí. Dnešní výroba a spotřeba energie¹ jsou velmi často spojeny s ekonomickými, politickými, sociálními a environmentálními problémy a proto mohou hrát čím dál větší roli obnovitelné zdroje, které v širším měřítku lidstva charakterizujeme jako dosud nevyčerpané formy energie Slunce a Země.

Proč nejsou obnovitelné zdroje používány ve větším měřítku? Protože je jednodušší používat koncentrovanou energii ve formě fosilních paliv, která nám ze své minulosti poskytuje příroda. Naštěstí se v poslední době zvětšují snahy o využití obnovitelných zdrojů a tím o zmenšení závislosti lidstva na uhlí, ropě a zemním plynu.

Využívané zdroje energie

- *Fosilní paliva* (uhlí, ropa, plyn) – vyčerpatelné zdroje.

Uhlí je hnědá, černá nebo hnědo-černá hořlavá hornina. Získává se dolováním z povrchových nebo hlubinných dolů a používá se jako palivo. Uhlí je složeno především z uhlíku, vodíku a kyslíku, obsahuje však také další chemické prvky, a to především síru a příměsi radioaktivní (uran a thorium).

Uhlí vzniklo rozkladem rostlin bez přístupu kyslíku, za stálého působení tlaku horních vrstev. Proces karbonizace (prouhelňování) trval miliony let. Při kratší době prouhelňování, nižším tlaku a teplotě asi 150 až 200 °C vznikala rašelina. Ta se časem měnila na hnědé uhlí. Při větším tlaku a teplotách 300 až 500 °C pokračoval proces přeměny na černé uhlí a antracit.

¹ Pojem „výroba energie“, často používaný nejen v energetice, znamená její přeměnu z jiné formy, např. z mechanické na elektrickou apod.



Ropa je hnědá až nazelenalá hořlavá kapalina tvořená směsí uhlovodíků. Pravděpodobně vznikla rozkladem zbytků pravěkých rostlin a živočichů. Nachází se ve svrchních vrstvách zemské kůry – nejčastěji v oblasti kontinentálních šelfů. Je základní surovinou petrochemického průmyslu.

Naleziště ropy jsou pod nepropustnými vrstvami, v hloubkách až 8 km pod zemským povrchem. Ropa při těžbě buď vyvěrá pod tlakem, nebo je čerpána. Vyskytuje se společně se zemním plynem.

Mezi základní technologické charakteristiky ropy patří hustota stanovená při teplotě 20 °C a atmosférickém tlaku s korekcí na teplotu 4 °C (kvůli změnám hustoty vody). V závislosti na obsahu rozpuštěných látek se pohybuje v rozmezí od 0,61 - 0,85 g/cm³ pro lehké ropy, 0,85 – 0,93 g/cm³ pro středně těžké až 0,93 - 1,05 a více g/cm³ pro velmi těžké ropy.

Pro měření objemu ropy se používá míra 1 barel = 42 amerických galonů = 35 britských galonů = 158,97 litrů. Jeden barel ropy tak v závislosti na jejím druhu váží od 96,972 kg do 166,92 kg.

Množství ropy se také někdy udává v tunách. Jedna tuna ropy tak odpovídá přibližně 6 až 10,32 barelu.

Přibližnou představu o složení ropy dávají následující hmotnostní podíly:

Uhlík: 84–87 %

Vodík 11–14 %

Kyslík až 1 %

Síra až 4 %

Dusík až 1 %



Zemní plyn je přírodní hořlavý plyn využívaný jako významné fosilní palivo. Jeho hlavní složkou je metan (obvykle přes 90 %) a etan (1–6 %). Nachází se v podzemí buď samostatně, společně s ropou nebo s černým uhlím. Používá se také jako zdroj vodíku při výrobě dusíkatých hnojiv.

Díky tomu, že obsahuje především metan, má v porovnání s ostatními fosilními palivy při spalování nejmenší podíl CO_2 na jednotku uvolněné energie. Je proto považován za ekologické palivo. Ve vozidlech se využívá ve stlačené podobě (CNG).

Samotný zemní plyn je bez zápachu; proto se při jeho distribuci provádí tzv. odorizace, tj. přidávají se do něj zapáchající plyny (např. etyl-merkaptan) tak, aby čichem bylo možno pocítit zemní plyn ve vzduchu v koncentraci větší než 1 procento.

- *Jaderná energetika* (štěpení uranu). Jde o tepelné elektrárny, kde v primárním okruhu probíhá štěpná reakce a v sekundárním okruhu se získaná tepelná energie vhodným teplosměnným médiem převádí na vodní páru, která koná práci na lopatkách parních turbín.

Obnovitelné zdroje energie:

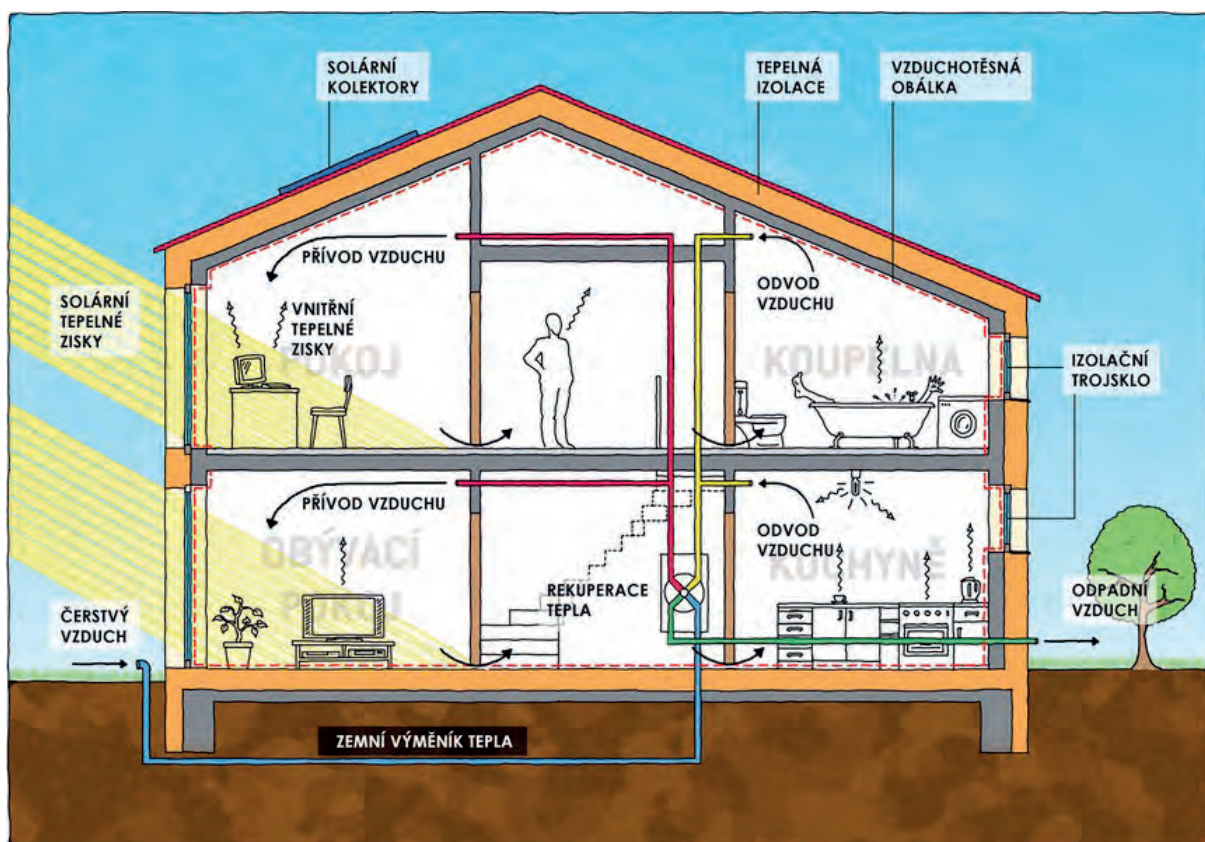
- *Využití vodních toků* – viz další kapitola.

- *Sluneční energie* – *fotovoltaika* (přímá přeměna slunečního záření na elektrickou energii), *Fototermální* kolektory běžně ohřívají vodu pro mytí osob. Tepelné elektrárny využívající soustředění slunečních paprsků do jednoho ohniska pomocí parabolických zrcadel k ohřevu vody a získání vodní páry, která opět koná práci v turbíně, využití slunečních pecí k tavení kovů atd.

- *Energie větru* – výkon elektrárny nejvíce ovlivňuje rychlost větru, dále průměr vrtule, dobrý výběr lokality atd.

- *Využití biomasy* – v přeneseném významu jde opět o využití energie slunce.

- *Geotermální zdroje* – využití zemského tepla obvykle pomocí hlubinných vrtů.



Obr. 2

Klasické zdroje energie jsou snadno přepravitelné. Z obnovitelných zdrojů lze přepravovat biomasu (ale při větší vzdálenosti by silně poklesla finální efektivita). Také při rozvodu teplé vody nebo páry z výměníků geotermálních zdrojů hrozí narůstání ztrát se vzdáleností – příklad Liberec.

Ekologické hledisko spočívá v porovnání klasických zdrojů (velké emise CO_2 , oxidů dusíku atd.) a obnovitelných zdrojů, které při svém využívání neznečišťují životní prostředí.

Nekonvenční zdroje energie:

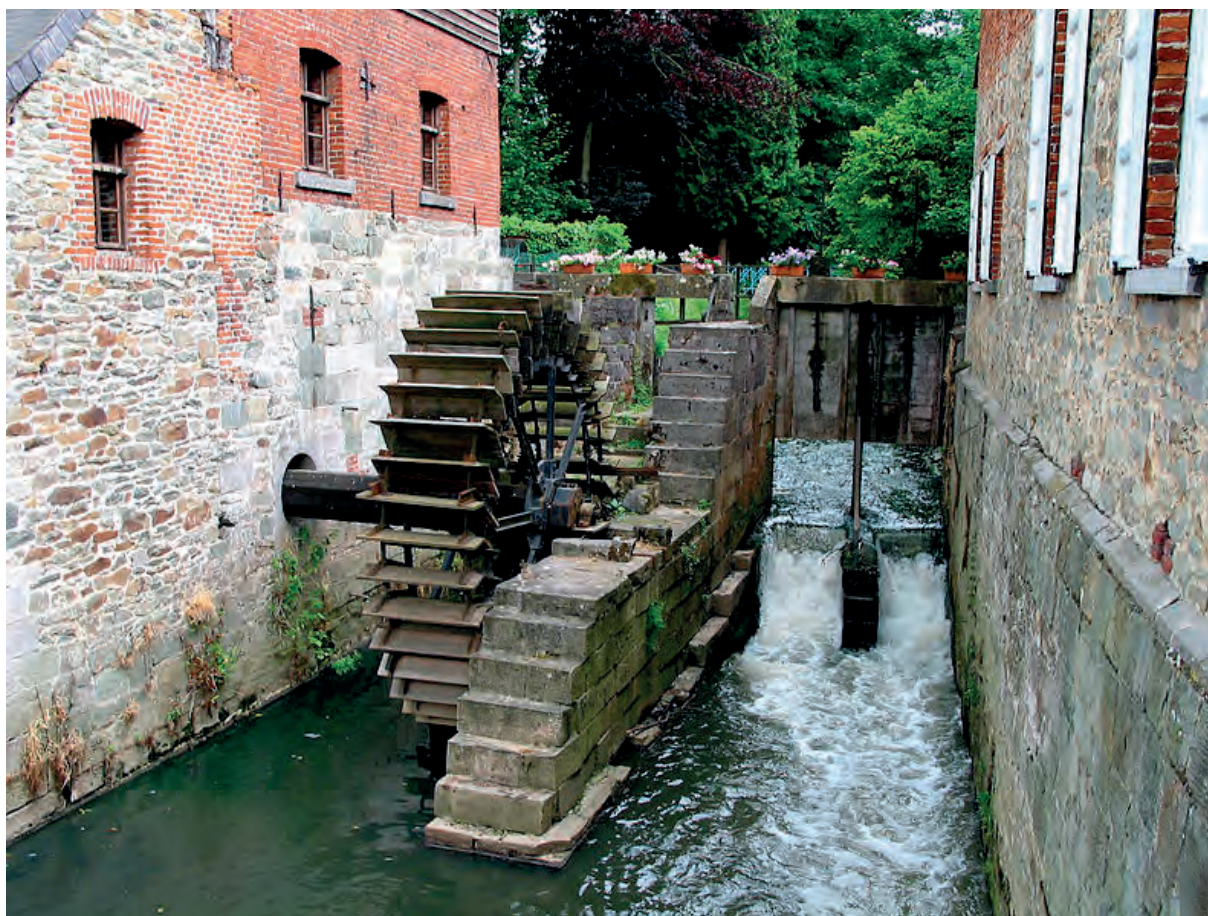
- *Příliv a odliv*
- *Příboj- Teplotní spád v rovníkových oblastech (teplota vody u hladiny a v hloubce min. 300 metrů).*
- *Využití mořských proudů.*
- *Palivové články.*
- *Využití osmózy (míchání mořské a sladkovodní vody přes vhodnou mikromembránu)*

3. Vodní energie

Využití vodní energie je velmi široký pojem, protože pod toto téma spadá velká řada systémů.

Energie vod se v přírodě ukrývá ve formě chemické, tepelné a hlavně mechanické, která v sobě zahrnuje mechanickou energii srážek, ledovců, toků a moří. Z historického hlediska je z těchto zdrojů mechanické energie nejdéle využívána energie toků, a proto má v dnešní době největší světový podíl na výrobě energie z vodních zdrojů.

Mechanická energie vodních toků je využívána od dob vynalezení vodního kola, (buď na spodní vodu, obvykle v místech s větším průtokem, ale malým spádem – využití kinetické energie, nebo na svrchní vodu v místech s větším spádem – využití kinetické i potenciální energie, případně v menší míře používané kolo na střední vodu, které byla kompromisem obou předchozích variant), které bylo používáno jako mechanický pohon takových zařízení, jako byly mlýny, hamry a pily.



Obr. 3

Problémy s vázaností vodní energie na tok byly vyřešeny s vynálezem elektrického generátoru, který v soustrojí s turbínou dokáže vyrobit elektrickou energii s velkou účinností a poté ji pomocí přenosové soustavy dokáže dopravit na velké vzdálenosti. Renesance vodních elektráren poté přišla s průmyslovou revolucí, kdy enormně vzrostla poptávka po elektrické energii a vodní elektrárny byly v tehdejší době jejím nejlepším zdrojem.

Využití hydroenergetického potenciálu naší země ve vodní elektrárně má mnoho výhod ve srovnání s ostatními zdroji:

- Je to nevyčerpatelný zdroj energie, jehož využití má minimální důsledky na životní prostředí.
- Je to zdroj nezávislý na okolních zemích.
- Je to pohotový zdroj, který dokáže reagovat v řádech několika sekund na potřeby elektrizační soustavy.
- Vyžaduje velmi nízké náklady na provoz (možnost plné automatizace) při velkém počtu provozních hodin a dlouhé životnosti.
- Patří mezi nejlacnější zdroje elektrické energie.

3.1 Hydroenergetický potenciál vodního toku

Každý vodní tok představuje určité množství vodní energie. Hydroenergetickým potenciálem označujeme velikost energie, kterou představuje jeho roční průtok. Jednotlivé potenciály vztažené na určité území či oblast nám slouží k přehledu o možnosti využití potenciální energie těchto toků v dané oblasti. Rozdělujeme je na hrubý, teoretický a reálně využitelný hydroenergetický potenciál.

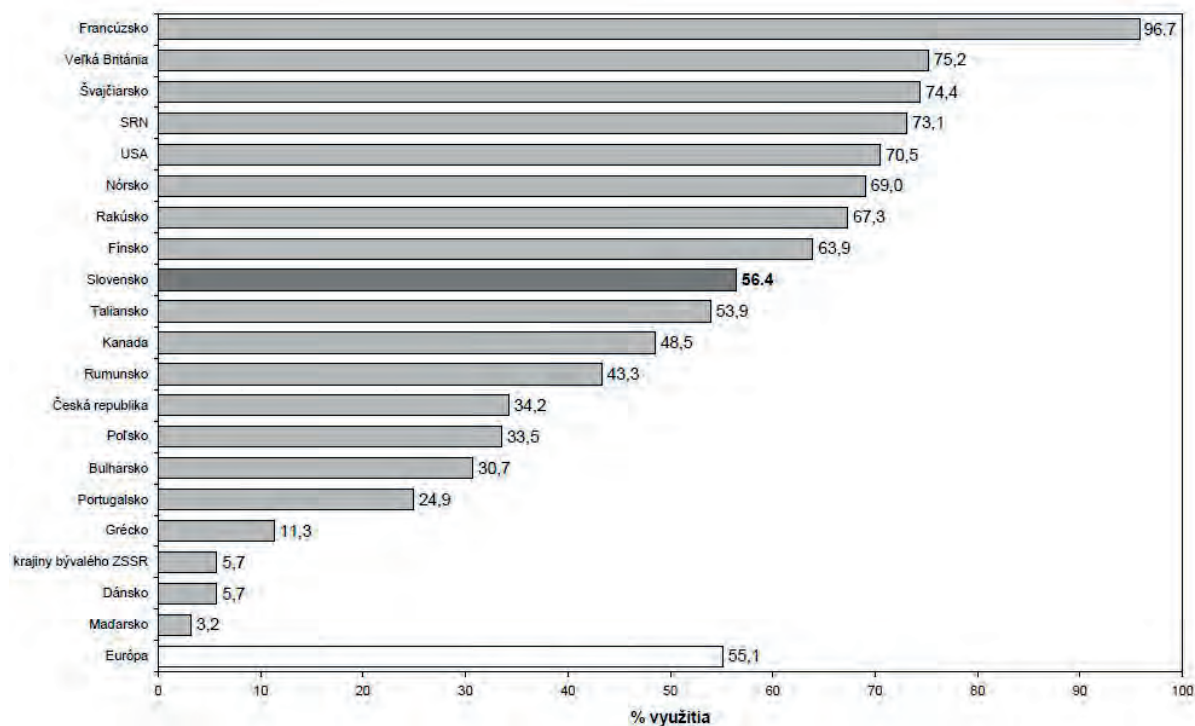
Hrubý hydroenergetický potenciál má spíše evidenční charakter. Určuje se z nadmořských výšek a příslušných průměrných průtoků pro hodnocenou oblast. Vztahuje se buď k hladině ústí do moře, nebo ke kótě hladiny na státní hranici.

Teoretický hydroenergetický potenciál představuje teoretické zásoby energie v našich tocích při stoprocentním využití spádu toku a jeho středních průtocích.

Pro všechny toky v České republice byl vyhodnocen teoretický hydroenergetický potenciál ve směrných vodohospodářských plánech.

Reálně využitelný hydroenergetický potenciál je vždy mnohem menší než teoretický, jelikož nejsme schopni využít celý spád na sto procent kvůli osídlení, chráněným krajinným oblastem, komunikacím a průmyslovým objektům. Dále nejsme schopni dosáhnout sto procentní přeměny vodní energie v elektrickou.

Nejčastěji bojujeme se ztrátou na spádu průtoku, průtočným množstvím (průsaky, odpary, omezená kapacita vodní elektrárny) a ztrátou při převodu energie (účinnost generátoru, turbíny, přenosové sítě apod.).



3.2 Využití vodní energie v České republice

Česká republika zahrnuje ve svém povodí střední a horní části velkých evropských toků a tudíž čelí určitým problémům s využitím svého hydroenergetického potenciálu. Z důvodu omezení z hlediska hydrologických, topografických, geologických a ekologických podmínek jsme dnes schopni využít pouze 40-50 % z teoretického hydroenergetického potenciálu České republiky.

Pro horní a střední toky je charakteristické kolísání průtoků a celkově menší průtoky. Proto je nutná výstavba vodohospodářských děl, jako jsou akumulční nádrže, které jsou schopny naakumulovat velké množství vody a tím i poskytnout možnost provozu vodní elektrárny v případě zvýšené spotřeby energie.

Pro výstavbu velkých akumulčních nádrží jsou u nás vhodné toky Labe a Vltava, které jsou již ale z hlediska výstavby větších děl vyčerpané, protože je husté osídlení podél řek. Na Labi je nutné zajistit splavnost a stavba velké nádrže by narazila na odpor veřejných organizací.

První vodní elektrárny vznikaly na našem území již koncem 19. století, kdy se jednalo spíše o lokální zdroje v řádu jednotek až stovek kW. Velké vodní elektrárny se začaly stavět v období 30. let 20. století.

Největší rozmach výstavby vodních elektráren nastal v 50. letech minulého století, kdy vzrostly energetické nároky naší země a využití vodní energie se zdálo být ideálním řešením. V tomto období vyrostly jedny z největších vodních děl: Lipno, Orlík, Kamýk, Slapy a Štěchovice na Vltavské kaskádě.

Další významnou událostí byla výstavba jaderné elektrárny Dukovany a s ní spojené přečerpávací elektrárny Dalešice s výkonem 480 MW v roce 1978.

Dále vznikly přečerpávací elektrárny Štěchovice II (45 MW) a Dlouhé stráně (650 MW), které patří mezi základní regulační prvky české elektrizační soustavy. Rozmístění vodních elektráren nad 1MW instalovaného výkonu v České republice je znázorněno na obr. 5.



Obr. 5 Vodní elektrárny s výkonem nad 1 MW

Výstavba větších vodních děl tedy není možná, avšak podle odborníků se ve vodních tocích České republiky ukrývá ještě velké množství energie, jež by mohlo být využito menšími díly.

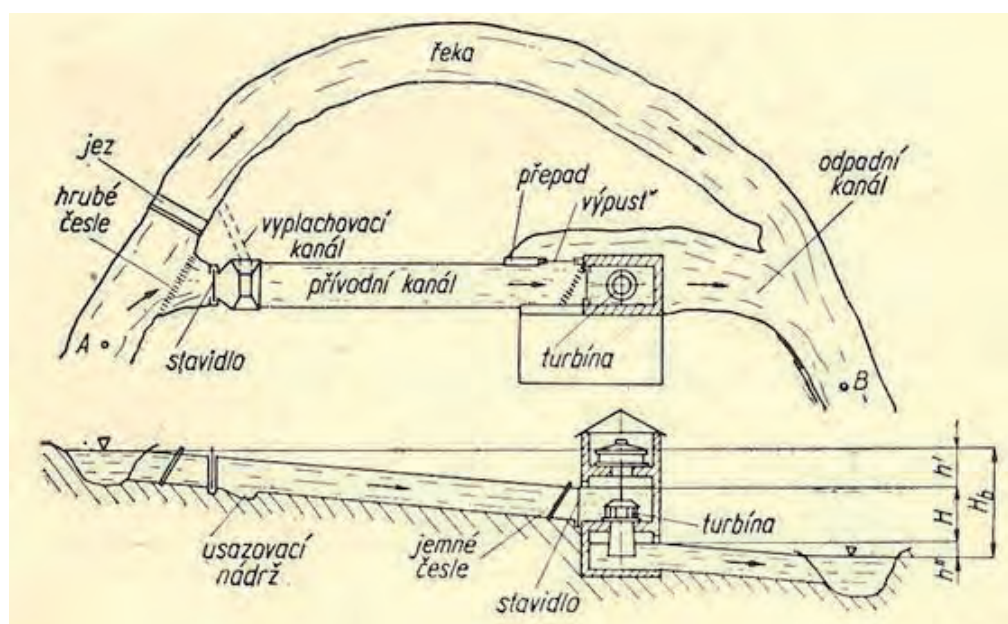
Dle aktuálních statistik je v současnosti u nás v provozu asi 1400 vodních elektráren, přičemž celkový instalovaný výkon těchto zdrojů představuje 2 GW a technicky využitelný potenciál naší republiky včetně všech aspektů, jako je životní prostředí, infrastruktura, osídlení a rozmístění průmyslu se odhaduje v průměrně vodním roce na maximálně 3 000 GWh/rok.

3.3 Vodní elektrárny a jejich rozdělení

Vodní elektrárny můžeme rozdělit podle mnohých kritérií. Mezi hlavní patří velikost spádu, koncepce využití energie vodního toku, způsob provozu a velikost instalovaného výkonu.

Podle způsobu využití vodního toku tedy rozdělujeme vodní elektrárny na:

- a) Říční, kdy je elektrárna postavena v korytě řeky, kde voda prochází turbínou, tzn., že je postavena pod jezem či přehradou nebo v jejím tělese.
- b) Derivační, kdy je voda k turbíně dovedena pomocí přívodního kanálu, štoly či tunelů a po průchodu turbínou se opět vrací do koryta řeky nebo je odvedena do řeky jiné (řeky ve dvou úrovních výšky).



Obr. 6

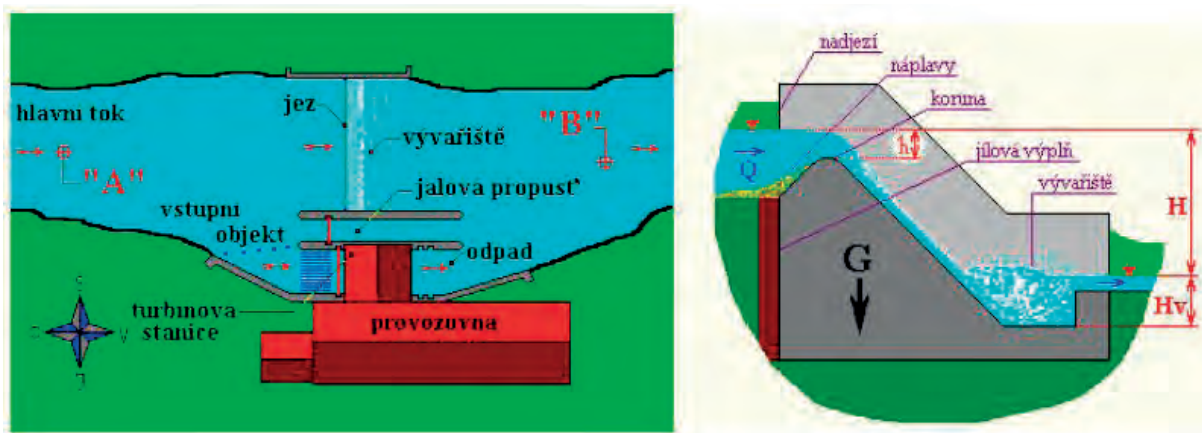
Podle způsobu provozování se elektrárny dělí na:

a) Akumulační s přirozenou akumulací – jsou schopny udržovat a regulovat vodní tok, tzn., že mají postavena vodohospodářská díla (přehrady), která zadržují přitékající vodu po dvacet čtyři hodin a poté ji přes turbínu vypouští ven v období špičkového a pološpičkového zatížení, což znamená, že pracují jen několik hodin denně, a proto musí být vybaveny vyrovnávací nádrží, která poté vodu rovnoměrně vypouští přes turbínu. Tyto elektrárny jsou charakteristické středním až vysokým spádem.

b) Akumulační s umělou akumulací (přečerpávací) - z energetického hlediska jsou tyto elektrárny ztrátové (spotřebují více, než vyrobí), avšak slouží jako regulační prvky přenosové soustavy.

Tyto elektrárny čerpají v období menšího zatížení elektrizační soustavy vodu z dolní nádrže do horní akumulací nádrže a poté ji v období špičky vypouští přes turbínu zpět do dolní nádrže spádem až několika set metrů. Potřeba těchto typů vodních elektráren vzrostla s příchodem jaderných elektráren, které pracují na 100 % výkonu po celých dvacet čtyři hodin.

c) Průtočné - nemají žádný akumulací prostor, a proto jsou závislé na okamžitém průtoku vody korytem řeky. Z tohoto důvodu je vhodné jejich budování na velkých tocích, kde je průtok velký a stálý. Pro vzedmutí hladiny se většinou využívají jezy. Tyto elektrárny jsou charakteristické velmi malým spádem.



Obr. 7

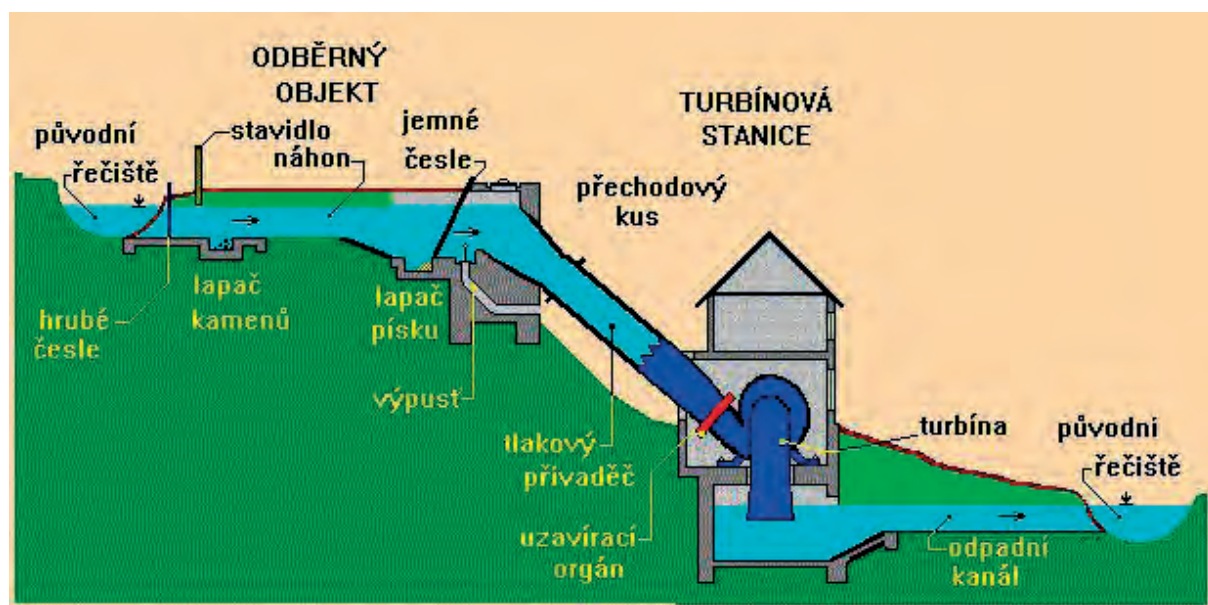
Budují se na:

1) Využití přirozených průtoků u vzdouvacích objektů, bez akumulacích prvků (nejčastěji).

- 2) Využití rovnoměrných odběrů pro vodohospodářské účely z akumulčních nádrží a vodojemů.
- 3) Využití vyrovnaných odtoků pod vyrovnávacími nádržemi.

Podle spádu vodního díla se vodní elektrárny dělí na:

- a) Nízkotlaké elektrárny – mají spád menší než 20 m. Bývají většinou postaveny při jezu nebo přímo v jezovém tělese, a proto nepotřebují přivaděč vody. Jejich hltnost bývá menší než maximální průtok vody a jejich využitelnost je 5000-7000 hodin ročně. Používají se většinou Kaplanovy turbíny a to díky své schopnosti pracovat při proměnném průtoku a různém spádu a pro svou vysokou účinnost.
- b) Středotlaké elektrárny - mají spád 20-100 m. Velmi častý typ (většina přehrad). Používají se zde Kaplanovy a především Francisovy turbíny. Doba využití je okolo 3000 hodin za rok.
- c) Vysokotlaké elektrárny - mají spád větší než 100 m. Používají se zde Francisovy a Peltonovy turbíny. Elektrárna je postavena buď pod přehradou a nebo je voda přiváděna derivačním kanálem.



Obr. 8

Hltnost turbín je větší, než maximální průtok vody a doba využití je okolo 1000 hodin ročně.

4. Malé vodní elektrárny (MVE)

Podle normy ČSN 750128 se rozdělují na:

- Domácí elektrárny s výkonem do 35 kW
- Mikroelektrárny s výkonem 35 – 100 kW
- Minielektrárny s výkonem 100 – 1000 kW
- Průmyslové elektrárny s výkonem 1 – 10 MW

4.1 Základní parametry hydroenergetického díla

Vodní elektrárna je charakterizována pěti základními parametry:

- Průtokem Q
- Spádem H
- Účinností η
- Výkonem P
- Výrobou elektrické energie E

4.1.1 Spád

Spádem H obecně označujeme výškový rozdíl hladin ve dvou bodech toku, u vodní elektrárny výškový rozdíl hladin před vtokem a při vyústění do odpadu.

Čistý spád vodní elektrárny je spád zmenšený o hydraulické ztráty, čímž získáme užitečný spád. Jeho určení vychází z řešení Bernoulliho rovnic a výstupního profilu za dynamického režimu.

Problémem využití spádu na toku se stává jeho roční proměnlivost, která je nejvíce patrná u nízkotlakých MVE bez akumulace, proto je potřeba přihlížet při komplexním rozboru na vlastnosti turbín a průtokové změny.

Roční období můžeme rozdělit pro nízkotlaké MVE bez akumulace na tři období:

- Období nedostatku spádu a přebytku průtoku.

- Období dostatku spádu a průtoku.
- Období velkých spádů a nízkých průtoků.

Tento jev lze jednoduše a přehledně popsat křivkami překročení průtoků a spádu. Čáru překročení průtoků získáme seřazením denních průtoků podle velikosti v průběhu normálně vodního roku a čáru překročení spádu přiřazením spádů k odpovídajícím průtokům.

V prvním období často dochází k odstavení nedostatkem minimálního spádu H_{min} , pod jehož hodnotou nemohou stroje efektivně pracovat. V praxi se tento problém řeší použitím turbín s dvojitou regulací (Kaplanova a Bankiho turbína), jež dokážou délku odstavení zkrátit.

4.1.2 Průtok turbínou

Průtok turbínou je definován jako celkové množství vody procházející turbínou, včetně vody, která prosákne v oblasti turbíny. Jednotkou je m^3/s . V případě vodohospodářského řešení vodní elektrárny se zabýváme pouze průtoky použitelnými k účinnému energetickému zpracování. Hlavním kritériem při zvolení návrhového průtoku turbínou je snaha o docílení co největší roční výroby elektrické energie při co nejnižších investičních a provozních nákladech.

Pro stanovení průměrných ročních průtoků je nejlepší cestou využití Českého hydrometeorologického ústavu. Z těchto údajů poté sestavíme křivku překročení průtoků pro daný úsek toku.

Pro návrhový průtok turbínou se doporučuje zvolit průtok Q_{90d} u jezových vodních elektráren a Q_{120d} u derivačních vodních elektráren, což je průtok, který je dosažen nebo překročen po 90 až 120 dní v roce. Jeho teoretický výpočet je stanoven vztahem:

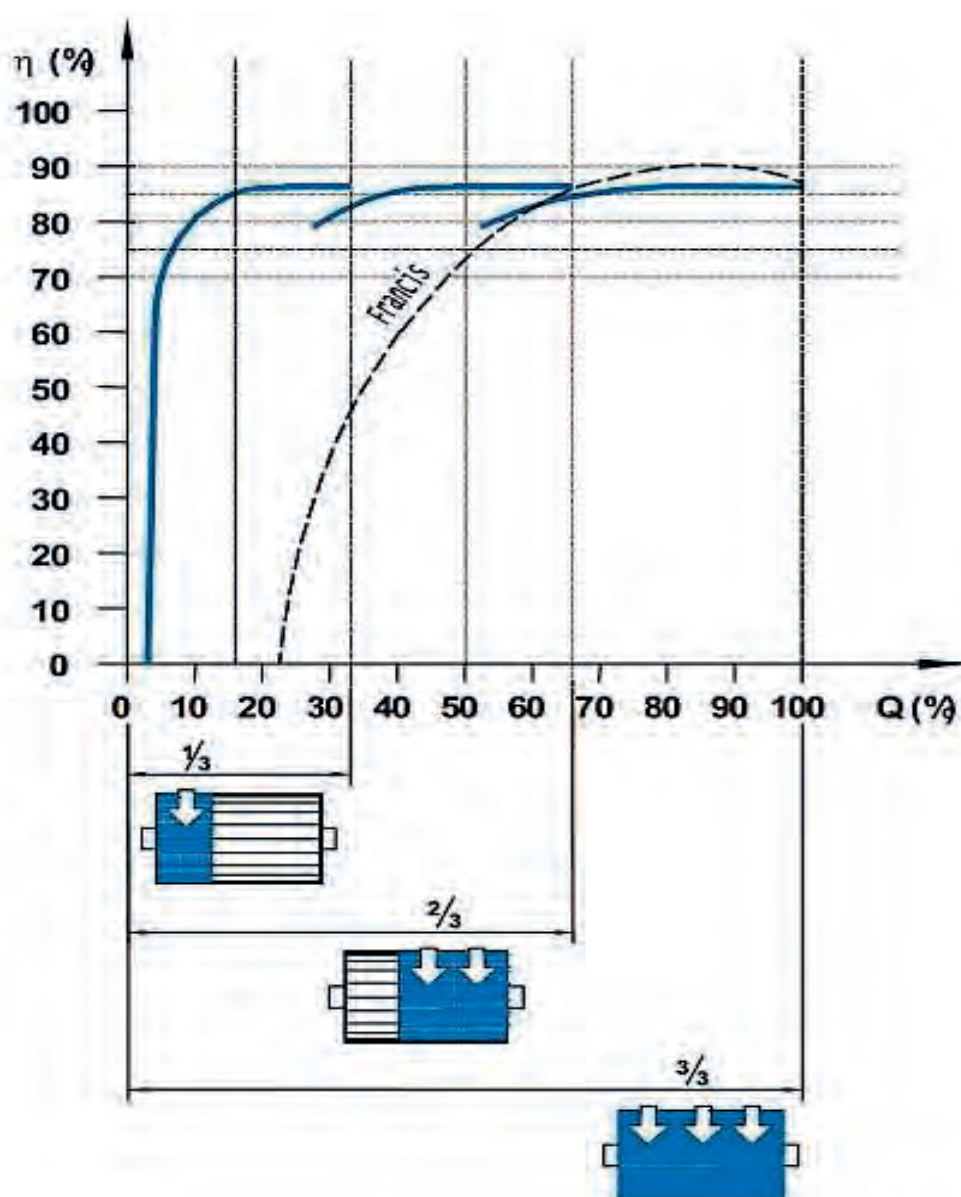
$$Q_{90d} = 1.15 Q_a \quad (m^3/s)$$

kde Q_a je průměrný roční průtok, hodnota 1.15 může dosahovat hodnoty až 1.2 (pro zvolený 120denní průtok).

Jak již bylo zmíněno v předchozí kapitole, v průběhu roku dochází ke změnám průtoků na toku, a proto je vhodné zvolit řešení, které by efektivně dokázalo pokrýt výkyvy průtoku během roku. V praxi se osvědčilo využití řešení se dvěma stroji s odběrem 2/3 průtoku a 1/3 průtoku.

Malé průtoky zpracovává menší stroj a v případě plného průtoku běží oba stroje. Dalším podobným řešením zakládajícím se na jiném principu u průtokové turbíny je dvoukomorový systém Bankiho turbíny ossberger, jež rozděljuje průtok 1:2 a rozvádí je do komor, jež jsou velikostně rozděleny na 1/3 a 2/3. Princip je opět stejný.

Na obrázku 9 můžeme vidět průběh účinnosti této turbíny, pro dvoustrojové řešení vypadá závislost podobně, pouze zde pracují buď jednotlivé stroje samostatně nebo oba zároveň.



Obr. 9 Účinnost turbíny s regulací v závislosti na průtoku.

4.1.3 Výkon MVE a výroba elektrické energie

Po určení použitelného průtoku a spádu je dobré se zabývat výkonem hydroagregátu (soustrojí turbíny, osy, popř. převodového ústrojí a generátoru).

Všeobecně je znám vztah pro výpočet energie vodního toku mezi body A a B:

$$E = H \cdot \rho \cdot Q \cdot g \cdot t \quad (J) = (W \cdot s)$$

kde H je součet rozdílů výšek úseků mezi místy A a B a Q označuje průtok vody. Výpočet teoretického výkonu je poté dán vztahem:

$$P_t = H \cdot \rho \cdot Q \cdot g \quad (W)$$

Tento výkon je zmenšen o ztráty na turbíně η_t , jež jsou dány součinem tří dílčích účinností:

- Volumetrické (ztráty objemu vlivem obtékání turbíny mezerami mezi turbínou a odsávací trubicí, úniku na ucpávce na hřídeli turbíny),
- Mechanické (tření v ložiscích turbíny, v ucpávkách hřídele turbíny a třením vnějších ploch turbíny o vodu),
- Hydraulické (víření vody, ohýbání vodního proudu a tření o turbínové kanály), většinou však výrobce udává účinnost celého soustrojí η_r .

$$P_{ef} = \eta_t \cdot P_t = \eta_t \cdot H \cdot \rho \cdot Q \cdot g \quad (W)$$

Při dobře navržené turbíně a optimálním průtoku a spádu dosahuje η_t hodnot 0,85 - 0,93.



Obr. 10 Generátor s řemenovým převodem u svislé turbíny

Mechanickou energii předává turbína generátoru, který ji přeměňuje na elektrickou s účinností $\eta_g = 0,85 - 0,97$ (hodnoty nad 0,90 platí pouze pro synchronní generátory). Generátor je spojen s turbínou buď pevně $\eta_p = 1$, nebo přes převodovku, která dosahuje hodnot účinnosti $\eta_p = 0,94 - 0,98$.

Posledním článkem, kde vznikají ztráty, je transformátor, u něhož účinnost dosahuje hodnot $\eta_{tr} = 0,92 - 0,98$. Celková účinnost je dána vztahem:

$$P = P_t \cdot \eta_t \cdot \eta_g \cdot \eta_p \cdot \eta_{tr} = P_t \cdot \eta_c \quad (W)$$

Výroba elektrárny o výkonu P za dobu t (hod) je dána vztahem:

$$E = P \cdot t \quad (Wh)$$

4.1.4 Otáčky turbíny a turbosoustrojí

Určení provozních otáček turbosoustrojí je velmi důležitým prvkem a má vliv na účinnost energetických přeměn. Otáčky se běžně pohybují od 53 ot/min. do 1500 ot/min., ovšem malé otáčky jsou z hlediska potřeby převodu do rychla nevýhodné a vysoké otáčky v sobě skýtají nebezpečí v případě vypadnutí generátoru.

Stanovení se neobejde bez spolupráce s výrobcem turbosoustrojí.

V praxi se doporučuje volit turbíny rychloběžné, tj. s velkou hodnotou n_s , aby nebylo nutné používat převody do rychla, jež představují větší ztráty, avšak při nízkých spádech se převodům do rychla nevyhneme.

MVE velikosti mikrozdrojů v praxi vyrábí také stejnosměrný proud, většinou to bývá v místech, kde rozvod nepřesáhne 1 km a elektrická energie se využívá pro odporové vyhřívání (žárovky, topení atd.). Otáčky se v tomto případě navrhuji podle dostupných alternátorů a dynam.

Pro zdroje vodní elektrárny vyšších výkonů se používají třífázové synchronní generátory. Zde můžeme ovlivňovat jmenovité otáčky stroje *počtem pólových dvojic p*. Jelikož stroje dodávají do sítě napětí s frekvencí 50 Hz, jsou otáčky stroje za minutu dány vztahem:

$$n = \frac{60 \cdot 50}{p}$$

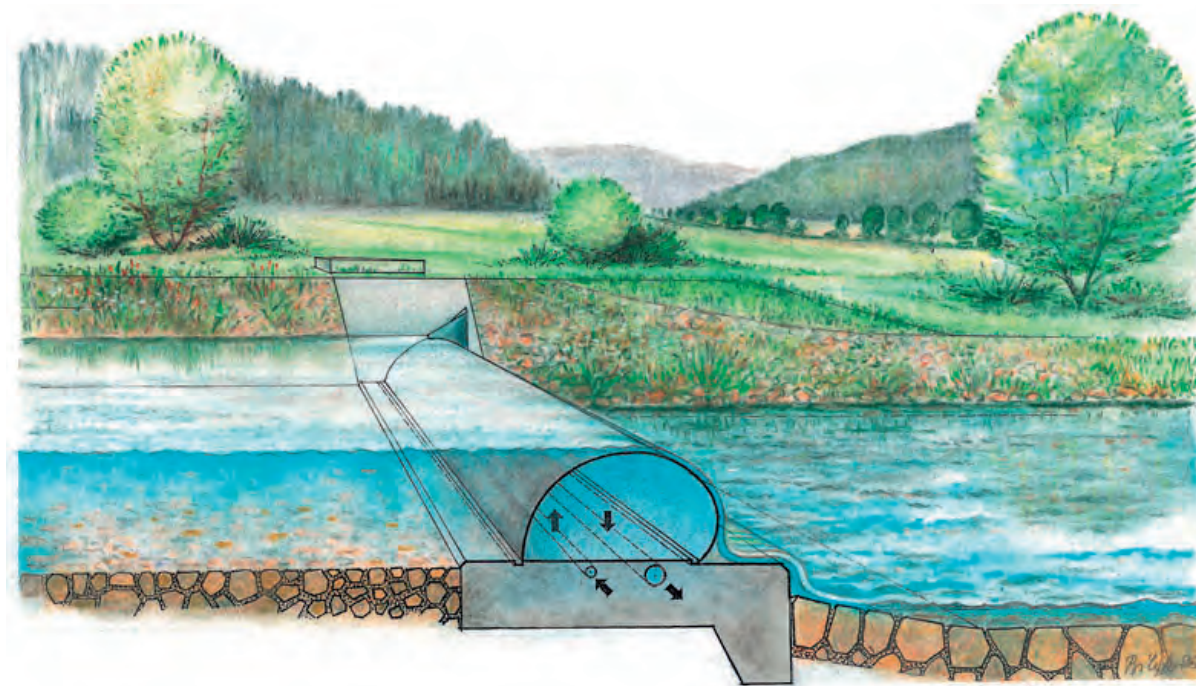
4.2 Stavební řešení MVE

Při návrhu a přípravě výstavby je potřeba zvážit možnosti koncepčního řešení, dispozice a stavebních částí, jako jsou vtokové objekty, přivaděče, odpady a výrobní objekty, jež mají velký vliv na výsledné parametry vodní elektrárny a také investiční náklady, které významně ovlivňují návratnost investice.

4.2.1 Koncepce a dispozice MVE

Z hlediska získání spádu se u nás objevují MVE přehradní, jezové a derivační. MVE přehradního typu u nás nejsou příliš běžné, protože je jejich provoz i výstavba spojena s mnoha problémy a většinou jsou stavěny na dílech, která neslouží energetickým dílům (přehrady pro regulaci průtoků řekou, pro zásobu pitné vody atd.). U nás patří mezi nejběžnější typ MVE typ jezový a derivační, neboť nepředstavují velké úpravy na toku, pokud jde o změny průtoků, pohybu ryb atd.

Jezové MVE se dnes již navrhuji s pohyblivým jezem, aby se zabránilo zvyšování hladiny nad jezem při vyšších průtocích a s tím spojenou výstavbou ochranných hrází apod. Jako hradící konstrukce pro pohyblivý jez se používají balené klapky či hradící vaky.



Obr. 11

Další nutnou součástí tohoto typu vodní elektrárny je tzv. rybovod, který umožňuje volný pohyb ryb mezi horní a dolní částí jezu.

Při výstavbě jezové MVE se řídíme těmito obecnými pravidly:

- a) V případě, že trasa řeky tvoří vlnovku, je třeba umístit jez do jejího vrcholu tak, aby vyplynulá trasa proudnice toku procházela středem kolmo na jeho osu.
- b) Vodní elektrárnu je vhodné umístit do konkávního oblouku břehu tak, aby byla chráněna před naplaveninami a přímým náporem ledu. Břehová křídla musí plynule navazovat na břehové linie obou zdrží.
- c) Do konkávních břehů je vhodné situovat i odběry vody z toku.
- d) U zdymadel se současným energetickým a plavebním využitím je třeba umísťovat vodní elektrárnu a plavební komoru tak, aby vzájemné ovlivňování energetického a plavebního provozu bylo co nejmenší.
- e) Volná šířka toku by se měla v oblasti zdymadel měnit jen velmi plynule a neměla by být nikde menší, než je světlá šířka jezu.

Derivační MVE je koncepčně nejjednodušší MVE, protože zde není potřeba stavět velké vzdouvací objekty, avšak potřebujeme velký sklon údolí. Hlavní stavební částí je přivaděč, který může být tlakový nebo otevřený.

Tlakový přivaděč používáme v případě, že má jeho trasa velký podélný sklon a nebo je třeba odtok ochránit před klimatickými podmínkami (mrazy). Otevřené kanály používáme v místech s nepropustnou zeminou, bez výskytu listnatých stromů a s mírnějšími klimatickými podmínkami.

4.2.2 Vtokové objekty

Vtokové objekty jsou stavební části zabezpečující dostatečný přítok vody do přivaděče turbíny, které chrání MVE před vnikem hrubých splavenin a plovoucích předmětů do turbíny.

Při jejich návrhu je třeba dodržovat tyto zásady:

- a) Návrh umístění a řešení musí zajišťovat minimální hydraulické ztráty.
- b) Práh vtokového objektu je třeba navrhnout tak, aby byl nad dnem horní nádrže a tím zabraňoval zanášení vtoku hrubými a jemnými splaveninami, dále aby bylo možné tyto splaveniny proplachovat.
- c) V případě, že nejsme schopni návrhem zajistit ochranu před splaveninami, je třeba navrhnout za prahem usazovací nádrž s možností proplachu.
- d) Vtokový objekt je třeba osadit zařízením na ochranu před vnikem plovoucích předmětů.
- e) Vtokový objekt musí obsahovat zařízení pro regulaci přívodu do přivaděče nebo jeho úplné zahrazení.

Vtokový práh bývá minimálně 0,5 m vysoký a slouží k zachycení hrubých splavenin posunujících se po dně. U větších průtoků je práh navržen tak, aby byly splaveniny pod ním unášeny pod jez.

Norná clona je umístěna nad prahem a zasahuje min. 0,5 m pod minimální provozní hladinu. Usměrnjuje plovoucí předměty a ledy pod jez.



Obr. 12. Hrubé česle (<https://dspace.vutbr.cz>)

Hrubé česle se umísťují mezi vtokový práh a vtokovou lávku. Jsou vyrobeny z tlustostěnných ocelových trubek s mezerami 150-300 mm podle charakteru toku a předpokladu velikosti plovoucích předmětů. Rychlost proudění vody zde dosahuje 0,5 – 0,6 m/s .

Vtoky do turbíny mají plynulý tvar jak ve směru vodorovném, tak i svislém, aby způsobovaly minimální hydraulické ztráty. Přední vtoková hrana musí být zaoblена a ponořena pod minimální provozní hladinu, aby nedocházelo ke strhávání vzduchu a vzniku vírů.

Práh vtoků před jemnými česlemi má tvar podobný jako vtokový práh, bývá zde vybudovaný proplachovací kanál na proplach splavenin vyústující do dolní vody pod jezem.

Jemné česle jsou vyrobeny většinou z ocelových prutů pravoúhlého průřezu s rozměry od 60/8 mm až do 160/20 mm. Musí unést plný hydrostatický tlak i při plném ucpání, a tak se podpírají jedním a více vodorovnými nosníky proudnicového průřezu. Vzdálenost jednotlivých prutů bývá 25 – 5 mm a voda zde dosahuje rychlosti 0,8 m/s. Ve větších vodních elektrárnách se česle čistí strojově, a to mechanickou škrabkou či řetězovým čistícím strojem. U mikro- a minizdrojů se česle čistí ručně.

Vtokové uzávěry jsou umístěny před vstupem do spirál turbín. Bývají ovládány hydromotory, které jsou schopny při výpadku proudu uzavřít přívod vlastní vahou. Dnes se v některých případech (hlavně u vodních elektrárn s malými spády) z ekonomického hlediska vtokové uzávěry nenavrhují a jejich funkci přebírají rozváděcí lopatky turbín. Hrozí tu však nebezpečí, že při vniknutí cizího tělesa mezi lopatky nebude možné uzávěr zavřít a turbínu odstavit.

Z tohoto důvodu se zde projektuje ještě provizorní hrazení, které se instaluje na vtocích a výtocích savek a nejčastěji představuje ocelová hradidla.

Při použití turbíny méně citlivé na plovoucí nečistoty je možné vynechat část se clonou a hrubými česlemi. Objekt potom tvoří pouze vlastní turbínové vtoky, kam se umísťují česle (50 – 150 mm), vtokový uzávěr a provizorní hrazení. Pilířové vodní elektrárny mají řešení ještě jednodušší, protože je tvoří pouze turbínové vtoky bez vtokových uzávěrů a jen s provizorním hrazením.

4.2.3 Přivaděče a odpady

Přivaděče a odpady představují velkou investiční část výstavby MVE. Proto je důležité navrhnout optimální řešení z hlediska ekonomiky provozu a nároků na obsluhu. Podle funkce se dělí na beztlakové a tlakové.

Beztlakové přivaděče jsou levnější variantou, a tak se většinou navrhují vždy, když to okolní podmínky dovolí. Jejich řešení může být otevřené či zakryté.

Z konstrukčního hlediska musí všechny přivaděče splňovat tyto podmínky:

- Svahy přivaděče musejí být stabilní proti sesuvu a podemletí.
- Přivaděčem nesmí prosakovat množství vody, jež by mohlo ohrozit konstrukci přivaděče, změnit hladinu spodní vody a projevit se na zmenšení výroby elektrické energie.
- Konstrukce přivaděče musí zajišťovat ochranu před přelitím.

Realizace otevřeného přivaděče se provádí jako kanál lichoběžníkového nebo obdélníkového profilu. Pro utěsnění kanálu se snažíme dosáhnout co nejmenších investic a proto se ve velkém množství případů používá fólie. Při použití fólie je potřeba ji ochránit před vyplavením a účinky slunečního záření, které zhoršuje životnost fólie. Fólie se ukládá asi 300 mm pod pokryvnou vrstvu.

Zde je třeba mít na paměti, že zrnitost pokryvné vrstvy musí být taková, aby její ostré části nemohly poškodit fólii. Z tohoto důvodu se nejdříve fólie obsypává pískem a poté přírodním materiálem. Abychom zajistili těsnost fólie po celé délce přivaděče, musíme svařit jednotlivé části. Nakonec je ještě potřeba zajistit dobré ukončení fólie, aby se nedostala na povrch terénu.

Dalším způsobem těsnění přivaděče je opevnění betonovou deskou či panely. Jednotlivé celky je třeba oddělit dilatačními spárami, jež vyrovnávají pohyby svahu, teplotní roztažnost betonu, popř. dotvarování betonu při tuhnutí. Materiál pro vyplnění dilatačních spár je třeba zvolit s ohledem na utěsnění spár, v praxi se využívají gumové těsnící pásy a u panelů gumové hadice, jež se zainjektují pod tlakem do betonové směsi. Velikost jednotlivých celků bývá okolo 2m.

V případě opravy již stávajícího přivaděče z lomeného zdiva je třeba odstranit nánosy humusu, povrch dokonale pod tlakem vymýt a spáry zaplnit směsí betonu. Nelepší variantou je rozpínavý beton, který spáry zatěsňuje a zároveň také zpevní celé zdivo. Samozřejmě je zde možné i použití normálního cementu.

Pro konstrukci přivaděče je také možné použít betonové panely na svislé stěny nebo prefabrikované betonové profily ve tvaru U.

Tyto profily umožňují jednoduše vytvořit zakryté beztlakové přivaděče, které chrání MVE před nečistotami a zamrzáním. Běžné je také použití v případě, že je nutné využít povrch nad přivaděčem.



Obr. 13. Beztlakový přivaděč (<https://dspace.vutbr.cz/>)

Tlakové přivaděče mají většinou kruhový tvar a budují se jako štoly nebo tunely. Používáme je při překonávání velkých spádů, kdy by byla výstavba beztlakového přivaděče neekonomická či nemožná. U MVE se nejčastěji používá tlakové potrubí, které bývá uloženo volně nad terénem, kryté (uložené v rýze a zasypané terénem) a uložené ve štole.

Téměř výhradně se zde používá jako materiál ocel, avšak u mini- a mikroelektráren lze použít také potrubí z PVC, polyetylenu, novoduru, azbestocementu, betonu atd. Materiály PVC, polyetylén a novodur jsou vhodné díky malým ztrátám třením, je zde však zapotřebí věnovat velkou pozornost hladkým spojům.

Dalším aspektem je tepelná roztažnost materiálu, což řešíme izolací potrubí. V případě, že hrozí velké tlakové změny v potrubí, je třeba vybudovat vyrovnávací komoru s tlakovým polštářem.

4.2.4 Provozní a výrobní objekty

Do této části patří výrobní objekty, provozní budova, rozvodna a další objekty důležité pro výrobu a provoz elektrárny. Vzhledem k malému rozsahu díla a velké automatizaci u MVE se většinou provozní budova vynechává.

Na výrobní a provozní objekty jsou kladeny vysoké nároky, pokud jde o společnou práci strojního, hydrotechnického a elektrotechnického zařízení MVE. Je důležité, aby byl zajištěn přístup a prostor pro manipulaci se zařízením a jeho revize, ale také bezpečnost celého provozu.

Při výstavbě se snažíme o co nejjednodušší řešení, nejnižší náklady a co nejmenší rozsah stavebních prací, avšak stále musíme mít na paměti všechny prostorové nároky všech zařízení.

Hlavním objektem je výrobně technologická část, kterou tvoří strojovna MVE skládající se ze tří částí: horní a dolní stavby a montážního prostoru.

Spodní stavba je oddělena od horní stavby podlahou strojovny. Tato část je nejsložitější konstrukční částí, jelikož je namáhána hydrostatickými a hydrodynamickými silami, zatížením všech zařízení a výše postavených konstrukcí. V praxi se jedná o monolitickou železo-betonovou konstrukci, v případech potřeby odlehčenou.

Horní stavba strojovny obsahuje část hydroalternátorů s budiči a regulátory otáček, převody, transformátory, montážní plošinu, jeřáby atd. Zařízení je zde chráněno před atmosférickými vlivy střechou nebo vodotěsným stropem s otevíratelnými poklopy, zajišťujícími přístup k technologickým zařízením při jeho demontáži, opravách atd.



Obr. 14

Rozměry spodní části strojovny určuje počet turbínových bloků zvětšený o jeden pro umístění montážní plošiny. Rozměry horní části strojovny ovlivňuje dispoziční uspořádání zařízení ve strojovně. Můžeme použít tři typy: zakrytou, nezakrytou a polozakrytou strojovnu.

U zakryté strojovny jsou všechna zařízení včetně jeřábu umístěna v uzavřené budově. Šířku i výšku ovlivňuje prostorová náročnost při instalaci a opravách zařízení. Výšku můžeme snížit o 1,5 - 2 m použitím spráhnutého jeřábu. Výstavba je sice finančně náročnější, avšak přináší mnoho výhod při provozu a pracích s technologickým zařízením.

Horní stavba polozakryté strojovny umožňuje zmenšit rozměry bez výrazného snížení pohodlí při provozu a opravách. Zde je pouze jeřáb umístěn nad zakrytou částí strojovny. Obsluha zařízení je zajištěna pomocí jeřábu při odstranění krytu nad každým soustrojím.

Odkryté strojovny se používají pouze pro MVE menších výkonů místního významu. Nemají horní stavbu. Hydroalternátor je umístěn pod otevíratelným krytem. Toto řešení v sobě skrývá velké problémy při opravách na nezakryté plošině.

4.3 Strojní zařízení MVE

V této kategorii se budeme zabývat vodními stroji a stavebními částmi začleňujícími je do MVE. Sem patří vstupní a výstupní části turbíny, jež mají velký vliv na celkovou účinnost energetické přeměny, a proto je důležité jim věnovat velkou pozornost. Principy těchto částí mají obecné řešení s malým vlivem na typ turbíny.

Rovnotlaké turbíny u nás nepatří mezi nejrozšířenější typ. Vstupní a výstupní části zde nejsou nijak technicky složité, proto se budeme nejvíce věnovat částem přetlakové turbíny.

4.3.1 Přívod vody k přetlakové turbíně

U dnešních typů turbín je třeba zásobovat oběžné kolo po celém obvodu a hlavním úkolem přívodních částí je rovnoměrnost zásobování vodou, při co největší úspoře prostoru. Mezi nejběžnější konstrukce přívodů vody můžeme jmenovat zakrytou či nezakrytou kašnu a dále moderní betonovou spirálu.

Díky mnohaletým zkušenostem prošly kašny dlouhodobým vývojem. Dnes již víme, že nejdůležitějším prvkem je správný návrh řešení především půdorysu kašny, tak, abychom dosáhli minimálních hydraulických ztrát. Kašny se používají především u starších typů turbín s průměrem kola do 1,2 m a spádem do 5 - 6 m.

Abychom předešli vytváření vertikálních vírů strhávajících vzduch a nepříznivému proudění, umístíme turbínu do kašny nesymetricky a špatně protékané kouty vyplňujeme.

Nejčastějším moderním řešením přívodu vody na turbínu je betonová (pro menší spády a vertikální uspořádání) či kovová spirála (pro střední a velké spády s vertikálním i horizontálním uspořádáním). Svým tvarem připomíná spirální ulitu.



Obr. 15 Soustrojí Francisovy turbíny se spirální skříní

Kovové spirály mají většinou kruhový profil, v případě malých výkonů bývají spirály samonosné. Pro větší výkony je zde potřeba docílit pevnosti pomocí podpěrných lopatek v horním a dolním věnci, které musí být vhodně nasměrovány, aby usnadňovaly proudění vody k oběžnému kolu. Úhel obchvatu se v praxi volí 345° .

Betonové spirály mají v mnoha modifikacích příčný profil ve tvaru lichoběžníku. Podpěrné lopatky tu spolu s radiálními ocelovými věnci tvoří radiálně průtočný prstenec zakotvený pomocí zabetonování.

Vývoj koncepce spirál se dnes ubírá směrem eliminace či úplného odstranění rozvaděče turbíny, čímž dosáhneme značných úspor, co se týče náročnosti technologie výstavby a také samozřejmě její ceny. Toto řešení představuje Kvjatkovského a Reiffenstenova spirála.

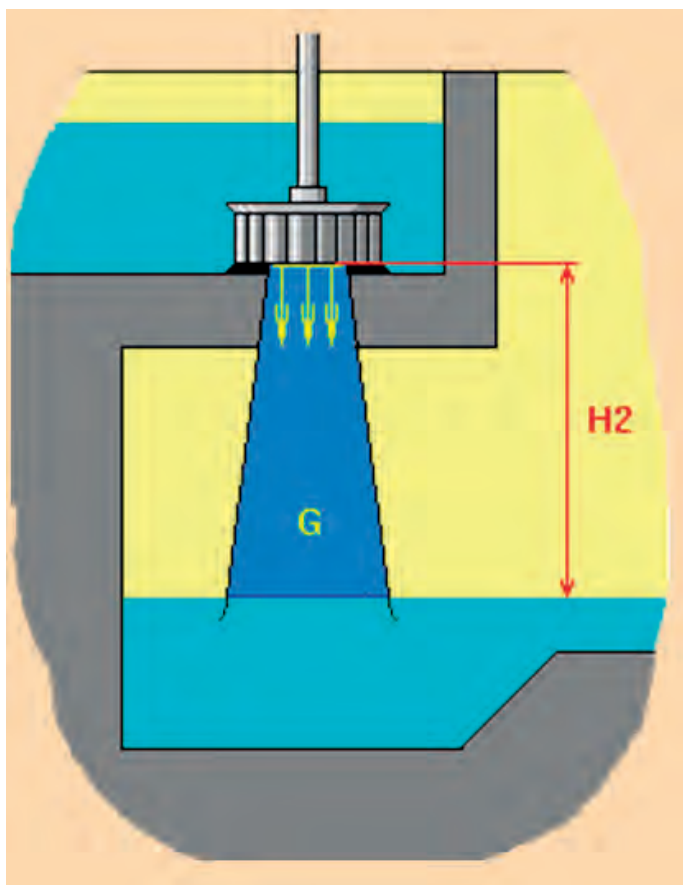
Reiffenstenova spirála umožňuje vynechat rozvaděč turbíny, avšak musí nahradit jeho funkci (vytvořit ideální nátokový úhel). Velmi důležitým komponentem Reiffenstenovy spirály je regulační klapka, která zde plní také funkci uzávěru. Nevýhodou je snížení účinnosti při malém otevření klapky, a to až o 8% oproti použití rozvaděče turbíny. Kvjatkovského spirála se liší od Reiffenstnovy právě v systému klapky. Výhodou Kvjatkovského spirály je, že při malém otevření zde dochází k poklesu účinnosti pouze o 3%, avšak oproti Reiffenstenově spirále neumožňuje plné zavření průtoku na oběžné kolo.

4.3.2 Odvod vody od přetlakové turbíny

Odvedení vody od turbíny u přetlakových turbín výlučně zajišťuje savka. Je to zařízení, díky němuž jsme schopni využívat kinetickou energii vody, odcházející z turbíny. Savka zajišťuje hermetické propojení prostoru pod oběžným kolem a dolní vody. Díky tomu můžeme umístit turbínu nad hladinu dolní vody, aniž bychom nějak výrazně snížili hodnotu užitého spádu a zvýšili energetické ztráty.

Základní požadavky na savku jsou:

- Zajistit využití celkového spádu daného rozdílem horní a dolní hladiny, a to i v případě, že je turbína umístěna nad dolní vodou.
- Využít co největší část kinetické energie vody opouštějící oběžné kolo.
- Umožnit opravy a revize turbíny v suchu.



Obr. 16 Schéma savky (<http://mve.energetika.cz>)

Princip funkce savky spočívá v její konstrukci, která se směrem ke konci rozšiřuje, čímž zpomaluje sloupec vody a tím se část kinetické energie přeměňuje na podtlak.

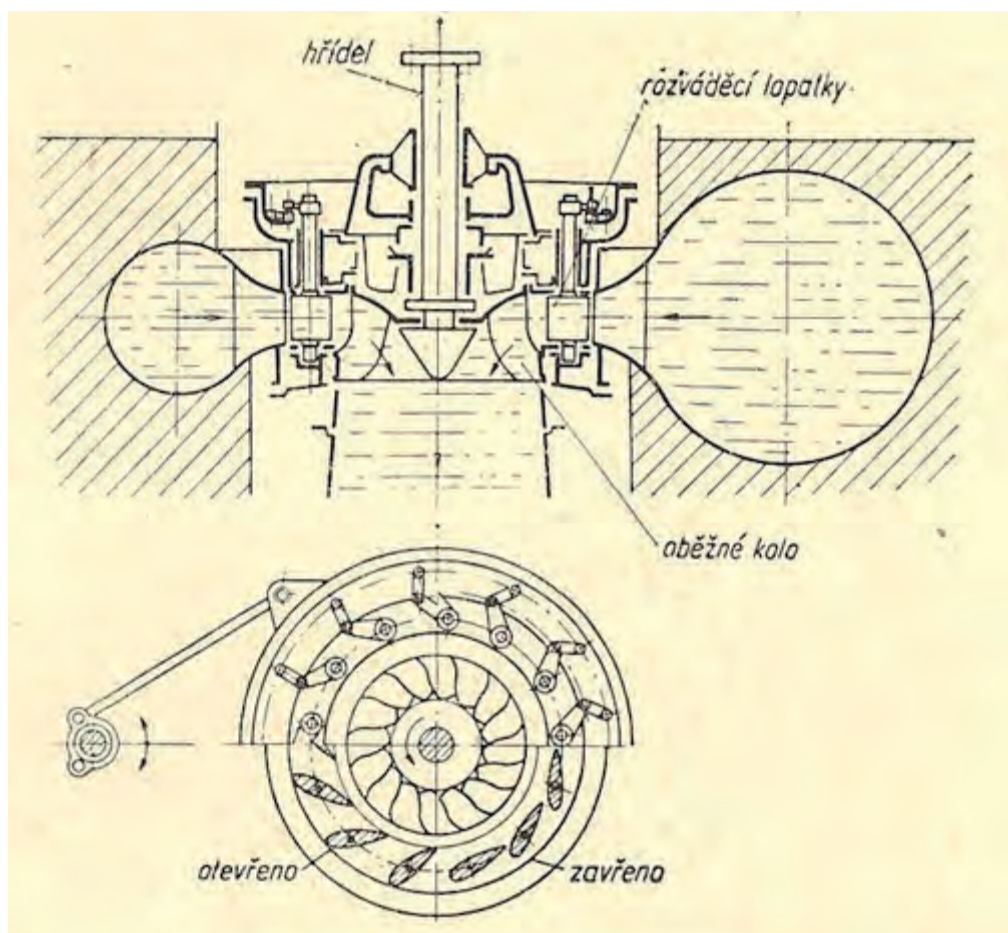
K tomu se ještě přičítá podtlak vytvořený sloupцем vody, jež má snahu se přetrhnout. Pro správnou funkci savky je správný návrh statické a dynamické výšky turbíny, která zamezí vzniku kavitačních jevů, (viz dále), jež jsou z dlouhodobého hlediska nebezpečným faktorem ovlivňujícím životnost vodního stroje.

4.3.3 Turbíny

Prvním pokusem v historii byla Fourneyronova turbína, která byla radiální, což znamená, že voda protékala oběžným kolem turbíny ve směru jeho poloměru. Brzy se objevily i turbíny axiální, ve kterých voda protéká ve směru osy.

Další pokrok představoval James Bicheno Francis, anglický konstruktér, žijící v USA. Při konstrukci použil na svou dobu velmi moderní metodu – modelování, což mu současně přineslo značné obtíže. Jeho turbíny měly sice vynikající parametry, ale nedaly se matematicky vyjádřit.

To bylo pro konzervativní evropské vědce důvodem k jejich odmítnutí. Praktické výsledky však brzy prokázaly jejich vysokou účinnost a tak se začaly šířit i v dosud skeptické Evropě.

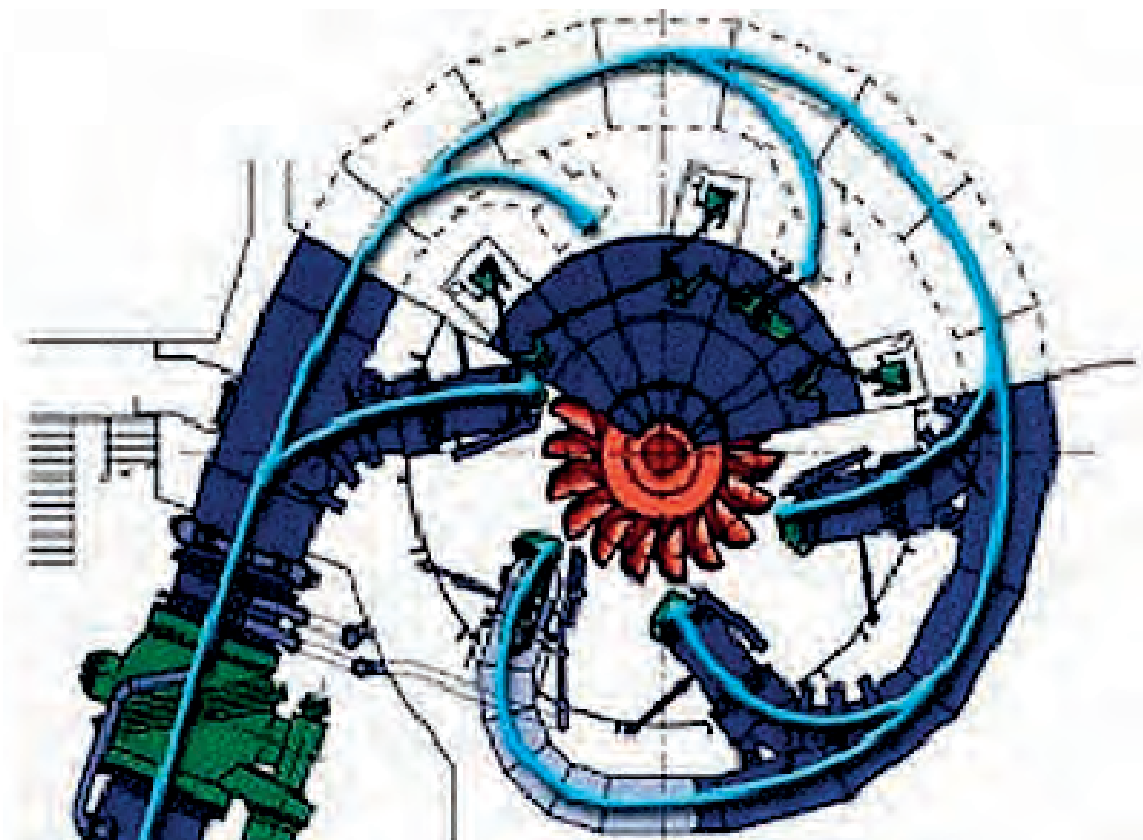


Obr. 17. Francisova turbína (Šidák, Stroje, SNTL Praha 1963)

Také další konstruktér turbín pocházel z Ameriky. Jmenoval se Lester Allan Pelton a postavil turbínu bez rozváděcího kola. Vodu na lopatky ve tvaru misek přivádějí trysky. Také tuto turbínu evropští hydromechanici nejprve zavrhlí. Brzy se však prokázalo, že na malých tocích s velkým spádem je nenahraditelná.

Porovnávat kvalitu turbín je značně problematické. Nedá se jednoznačně říci, která je lepší a která horší. Všechno záleží na parametrech vodního toku, který má turbínu pohánět.

Zkušenosti z praxe nakonec prokázaly, že pro prudké horské řeky je nejvhodnější Peltonova turbína, pro dolní toky s menšími spády je lepší turbína Francisova. Má však jednu nevýhodu a tou jsou nízké otáčky. Připojení rychloběžného generátoru vyžaduje složitější převody a tím se snižuje účinnost.



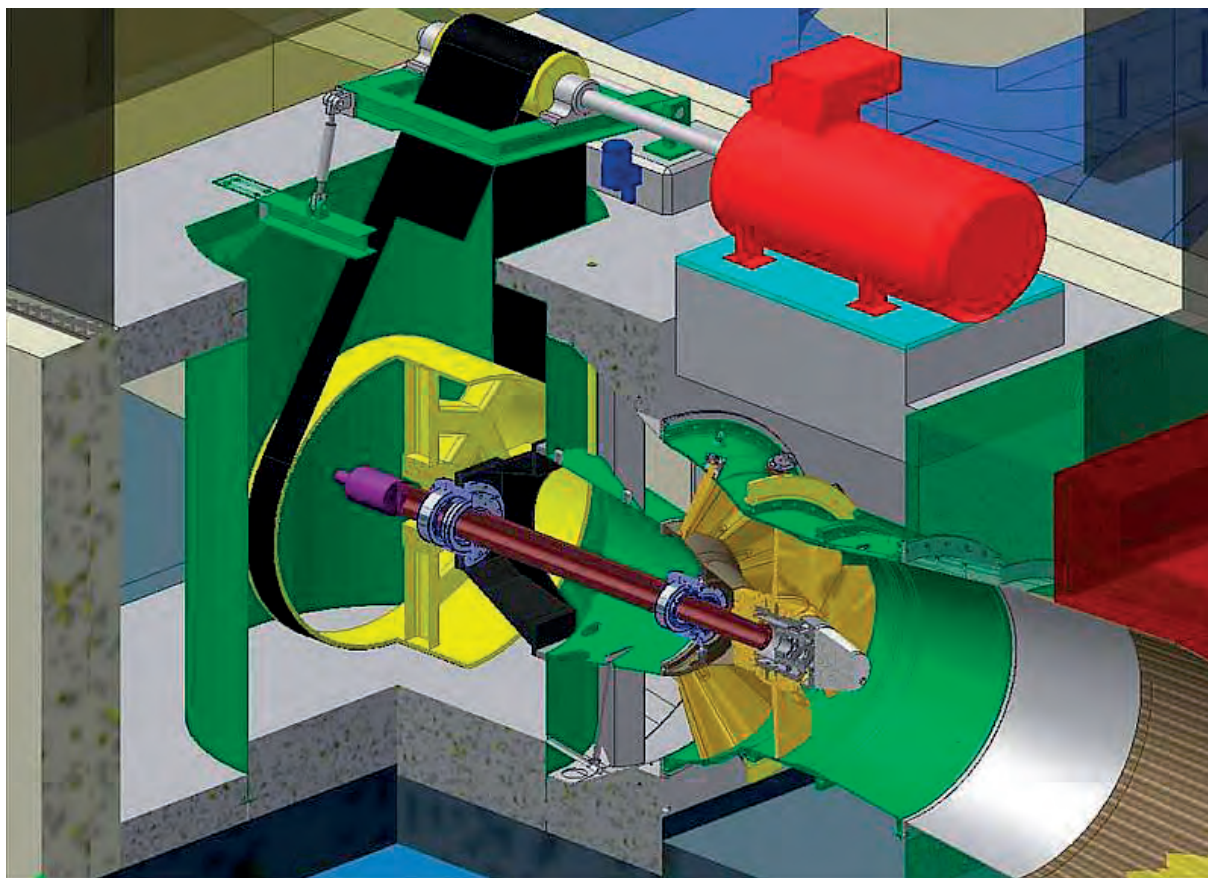
Obr. 18. Půdorys Peltonovy vertikální turbíny

Tento problém vyřešil až profesor brněnské univerzity Viktor Kaplan, který postavil rychloběžnou turbínu pro malé spády. Ani on nebyl ušetřen silných útoků z odborných kruhů, ale i přes to jeho turbína našla cestu do celého světa.

Charakteristickým znakem Kaplanových turbín je možnost nastavování lopatek rozváděcího i oběžného kola podle průtoku. Aby nedocházelo k víření vody, které ohrožuje hladký chod turbíny, má oběžné kolo jen čtyři lopatky.

Na rozdíl od vodního kola, kde voda působí jen na malou část jeho obvodu, působí voda v turbíně současně na všechny její lopatky. Voda protéká oběžným kolem s lopatkami plně, na jedné straně oběžného kola do lopatek vstupuje, na druhé straně vychází.

Většina turbín má ještě navíc rozváděcí kolo, které je pevné, neotáčí se a slouží na přivádění vody na lopatky oběžného kola v neoptimálnějším směru. Velmi důležité je zakřivení lopatek obou kol, určované podle hydrodynamických výpočtů a pomocí modelování. Rozváděcí kolo může být v některých případech nahrazeno tryskami.



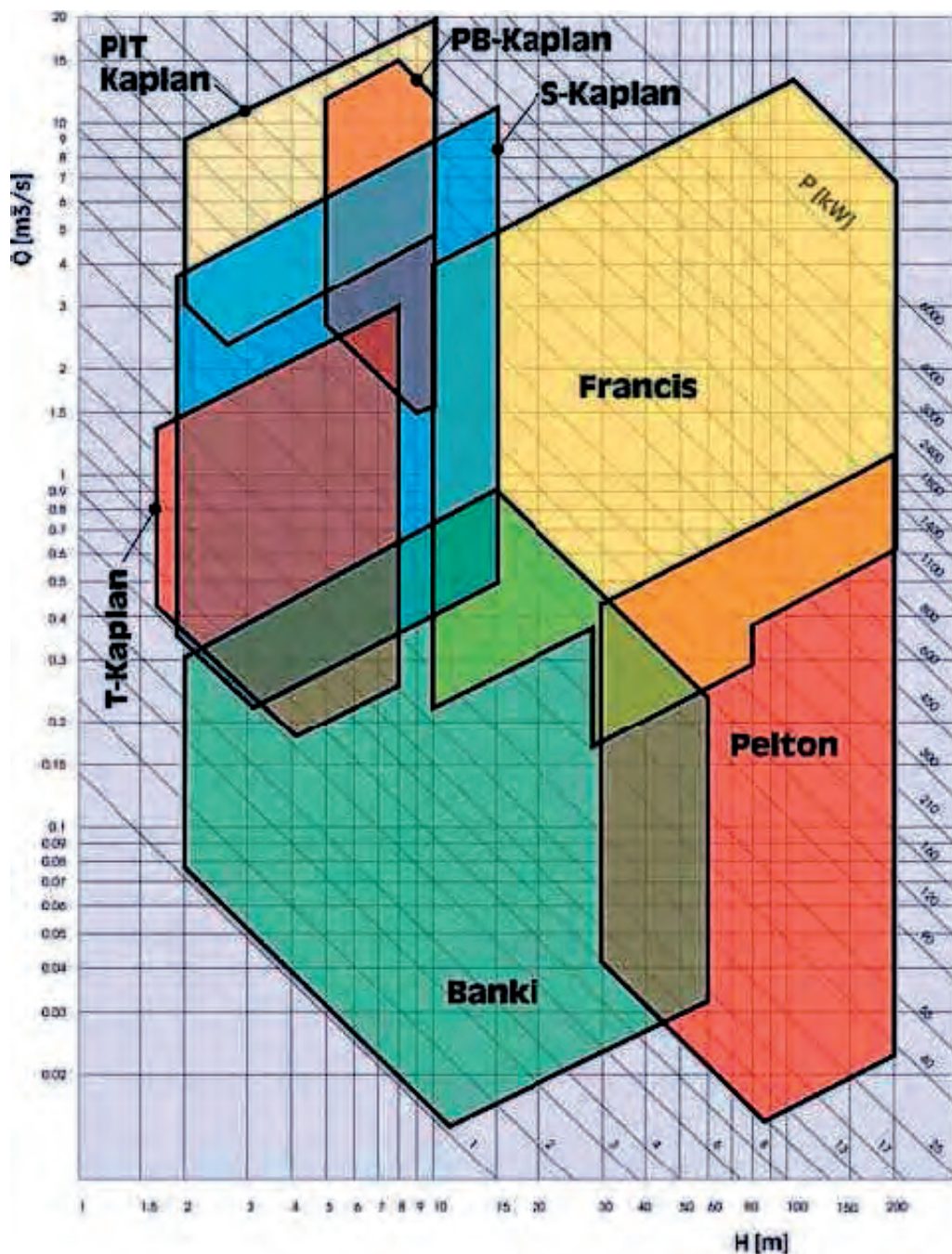
Obr.19 Model Kaplanovy turbíny

Podle způsobu práce se turbíny dělí na rovnotlaké a přetlakové. V rovnotlakých zůstává tlak vody stále stejný, voda vychází z turbíny se stejným tlakem, pod jakým do ní vstupuje.

U přetlakových turbín vstupuje voda do oběžného kola s určitým přetlakem, který při průtoku turbínou klesá.

Pro návrh MVE je většinou důležité volit turbínu podle spádu a průtoku, kde volíme buď rovnotlaké turbíny (Peltonova, Bánki atd.) nebo přetlakové turbíny (Francisova, Kaplanova atd.). Rovnotlaké turbíny jsou vhodné pro větší spády a menší průtoky, přetlakové turbíny používáme hlavně při větších průtocích a malých spádech, avšak jejich použití je mnohem univerzálnější.

Dnes nejpoužívanější jsou různé typy turbíny Kaplanovy, které vynikají výbornou účinností při velkém rozsahu průtoků, což je dáno možností regulace průtoku pomocí rozváděcích lopatek, lopatek oběžného kola nebo dokonce obojího.



Obr. 20 Diagram pro výběr vhodného typu turbíny

Jedním z problémů při provozu turbín, a to zejména Kaplanových, je kavitace. Lze jí předcházet důslednou technickou a technologickou přípravou celé vodní elektrárny. Kavitace, (z latinského *cavitas* – dutina), je vznik dutin v kapalině při lokálním poklesu tlaku, následovaný jejich implozí.

Pokles tlaku může být důsledkem lokálního zvýšení rychlosti (hydrodynamická kavitace), případně průchodu intenzivní akustické vlny v periodách zředění (akustická kavitace). Kavitace je zpočátku vyplněna vakuem, později se vyplní párou okolní kapaliny nebo do ní mohou difundovat plyny z okolní kapaliny.

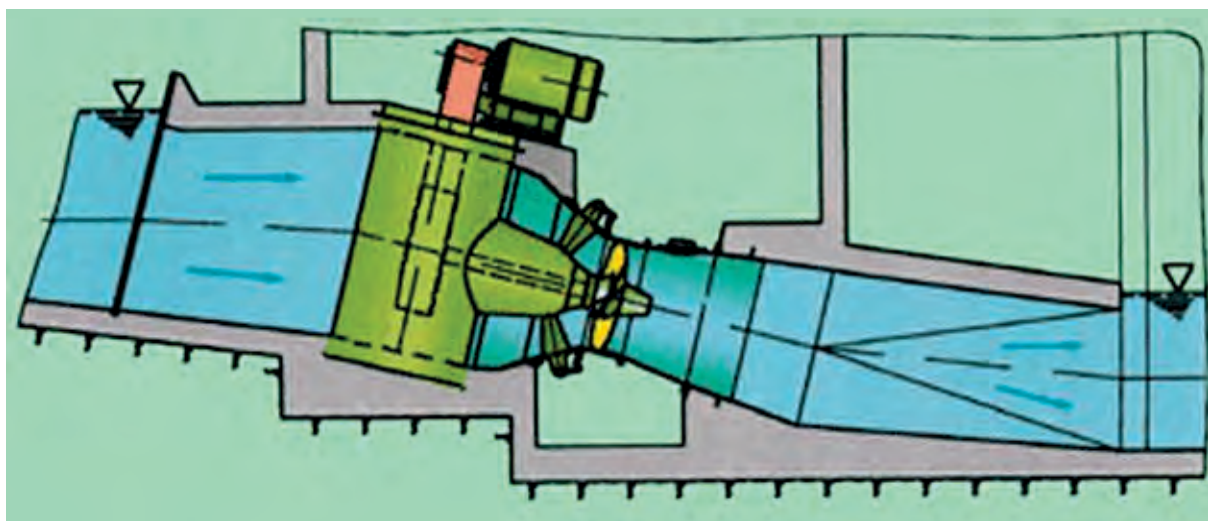
Při vymizení podtlaku, který kavitaci vytvořil, její bublina kolabuje za vzniku rázové vlny s destruktivním účinkem na okolní materiál. Po určité době narůstá poškození tohoto materiálu nad kritickou mez a může zapříčinit až havárii zařízení. Např. lopatky turbín potom mohou vypadat jako molitanová houba. Na vznik kavitace má vliv především velikost podtlaku, soudržnost (povrchové napětí) kapaliny a teplota: čím je nižší, tím menší je kavitace.

Kavitaci je naproti tomu možno využít v jiných oborech. Využívá se v medicíně, a to například ve stomatologii na odstraňování zubního kamene. Kavítace se objevuje jako vedlejší efekt i při rozrušování ledvinových kamenů pomocí rázových vln. (Rázové vlny šířící se v kapalině bývají doprovázeny vznikem kavitace).

Běžně se efektů kavitace využívá k čištění špatně dostupných míst na malých předmětech (např. u šperků). Předmět je umístěn do vodní lázně a zdroj ultrazvuku v lázni vyvolává akustickou kavitaci, která narušuje nečistoty na povrchu. Efekt kavitace se také využívá při ultrazvukové liposukci sloužící k odbourávání podkožního tuku.

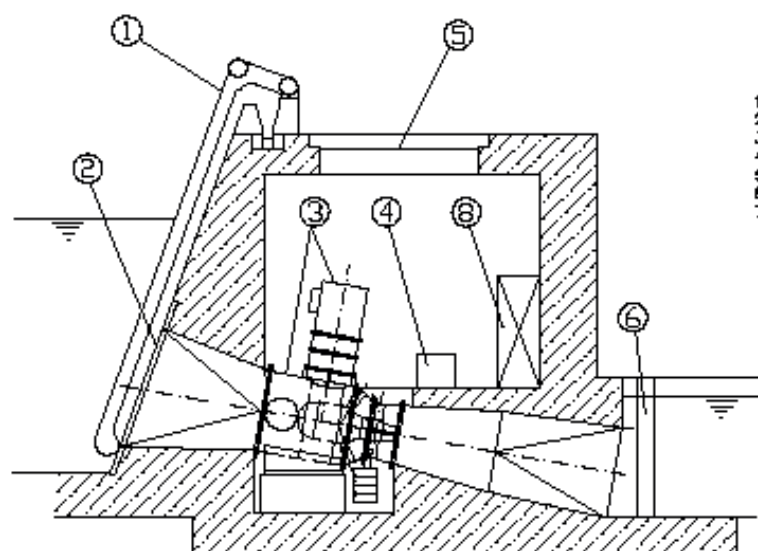
4.3.3.1 Často používané druhy turbín

– schémata a základní výkresy:



Obr. 21 Přímoproudá Kaplanova turbína

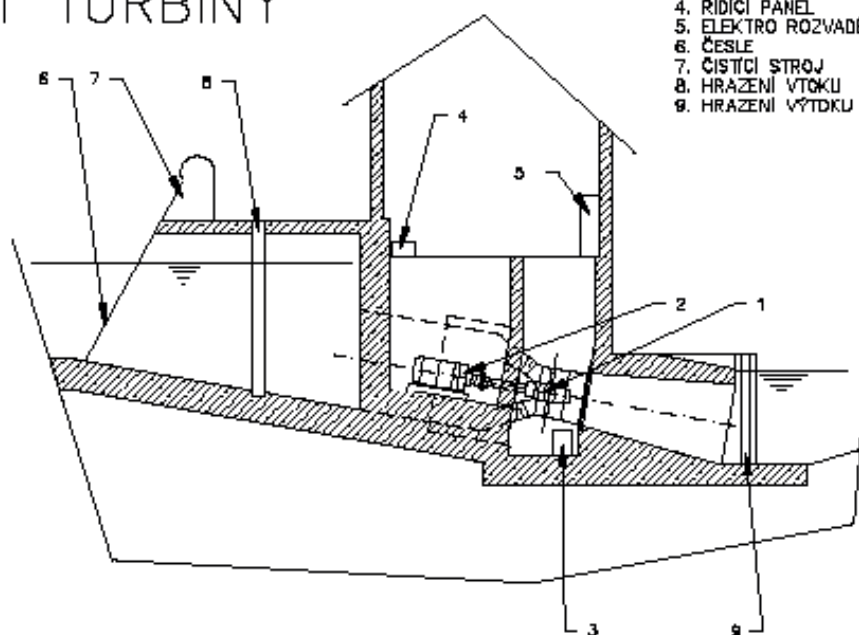
KAPLANOVY PŘÍMOPROUDÉ BLOKOVÉ TURBINY



HLAVNÍ ČÁSTI

1. ČISTÍCÍ STROJ
2. ČESLE
3. TURBINA S GENERÁTOREM
4. REGULAČNÍ AGREGÁT
5. MONTÁŽNÍ VÍKO
6. HRAZENÍ
7. ELEKTRO ROZVADĚČ

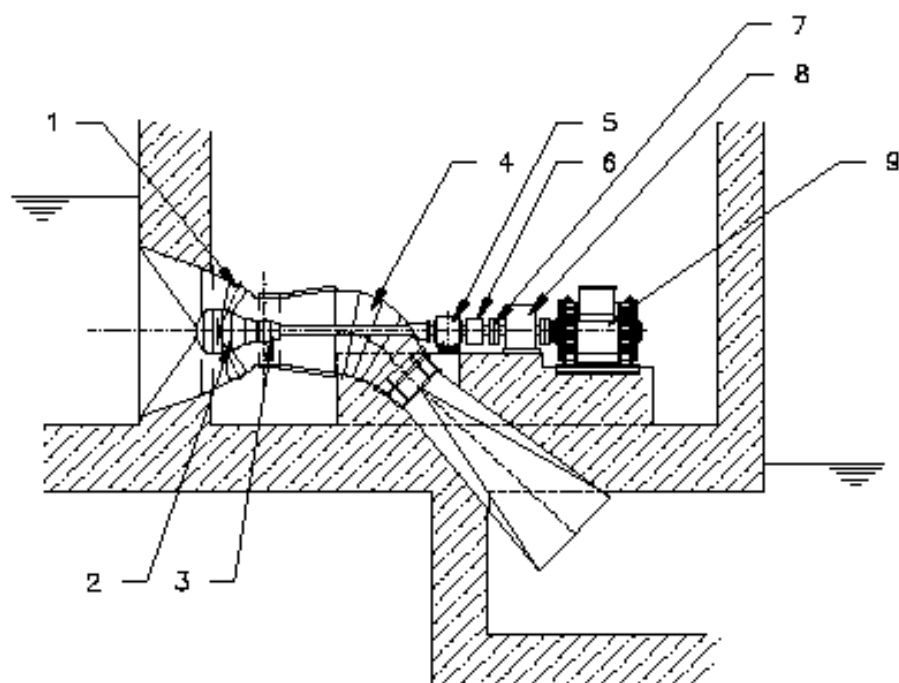
KAPLANOVY PIT TURBINY



HLAVNÍ ČÁSTI

1. TURBINA
2. GENERÁTOR S PŘEVODOVKOU
3. MAZACÍ OLEJOVÝ AGREGÁT
4. ŘÍDÍCÍ PANEL
5. ELEKTRO ROZVADĚČ
6. ČESLE
7. ČISTÍCÍ STROJ
8. HRAZENÍ VÝTKU
9. HRAZENÍ VÝTKU

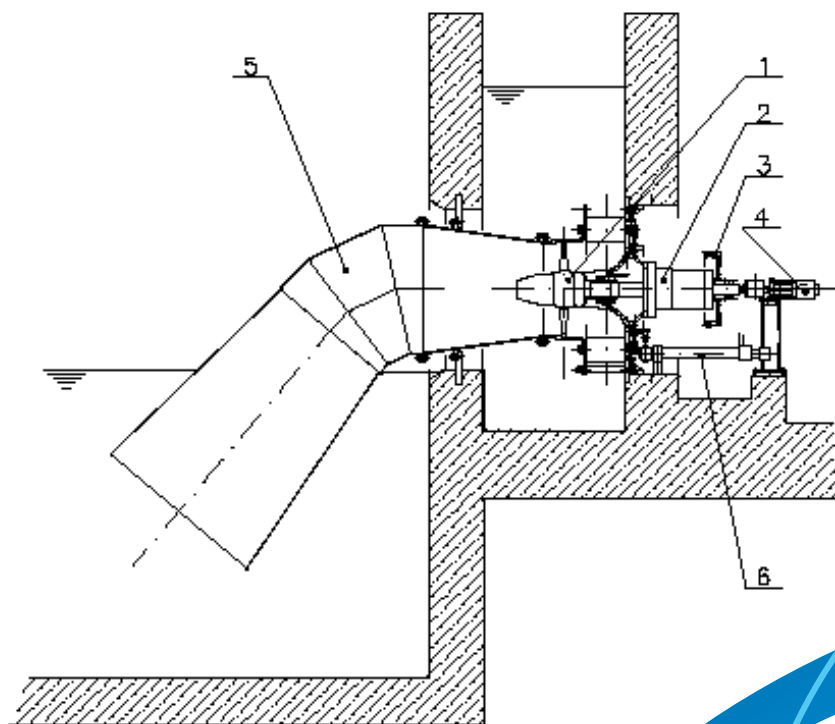
KAPLANOVY HORIZONTÁLNÍ KOLENOVÉ TURBINY



HLAVNÍ ČÁSTI:

- 1...ROZVADĚČ
- 2...TĚLESO S RAD. LOŽISKEM
- 3...OBEŽNÉ KOLO
- 4...SÁVKA
- 5...RAD. AXIÁLNÍ LOŽISKO
- 6...REGULAČNÍ OBJÍMKA
- 7...SPOJKA
- 8...VARIANTA:
 - PŘÍMÉ SPOJENÍ
 - ŘEMENOVÝ PŘEVOD
 - PŘEVODOVKA
- 9...GENERÁTOR

KAPLANOVY TURBINY S RADIÁLNÍM ROZVADĚČEM

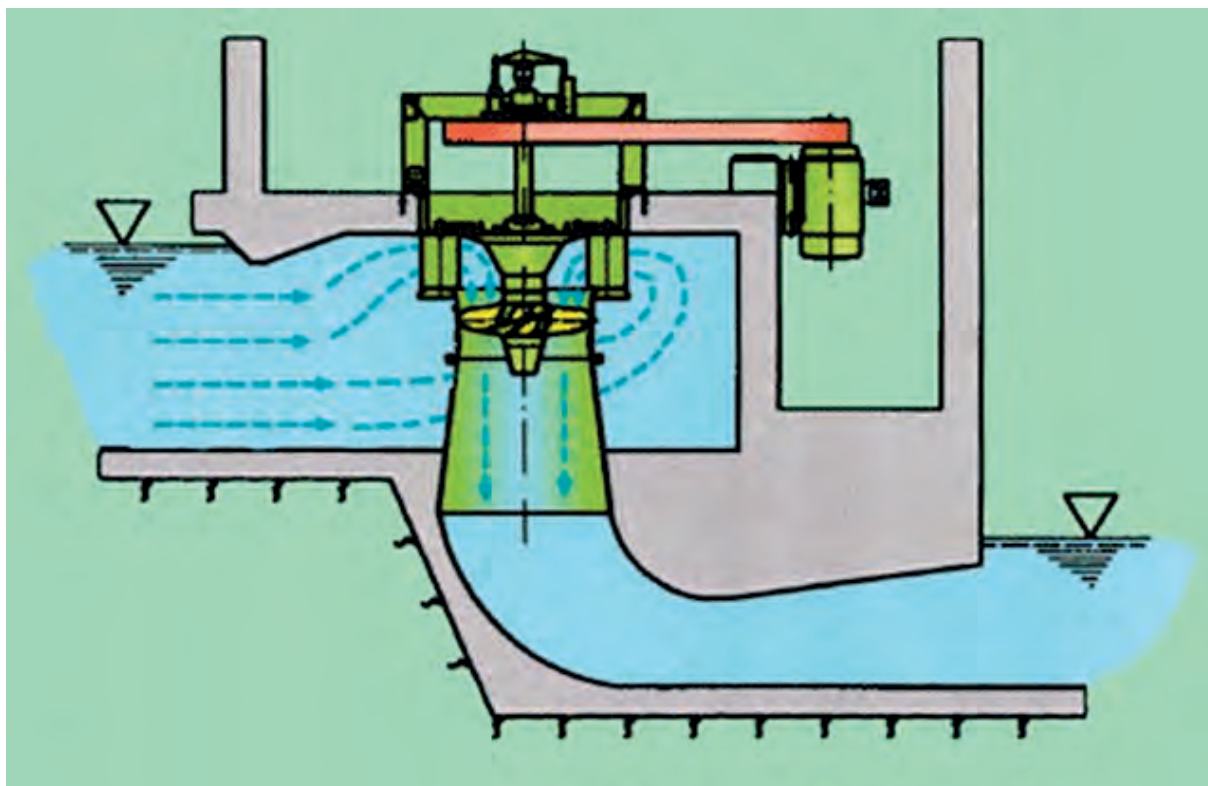


HLAVNÍ ČÁSTI:

- 1...OBĚŽNÉ KOLO
- 2...RAD. AXIÁLNÍ LOŽISKO
- 3...ŘEMENOVÝ PŘEVOD
- 4...REGULACE OB. KOLA
- 5...SAVKA
- 6...REGULACE ROZVADĚČHO KOLA

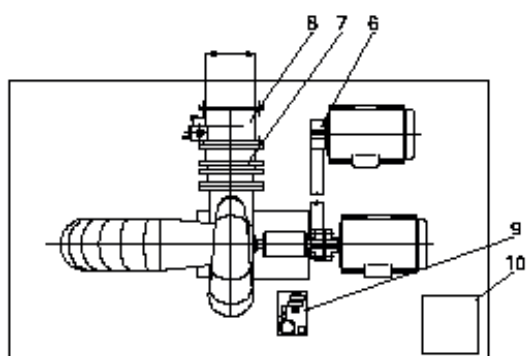
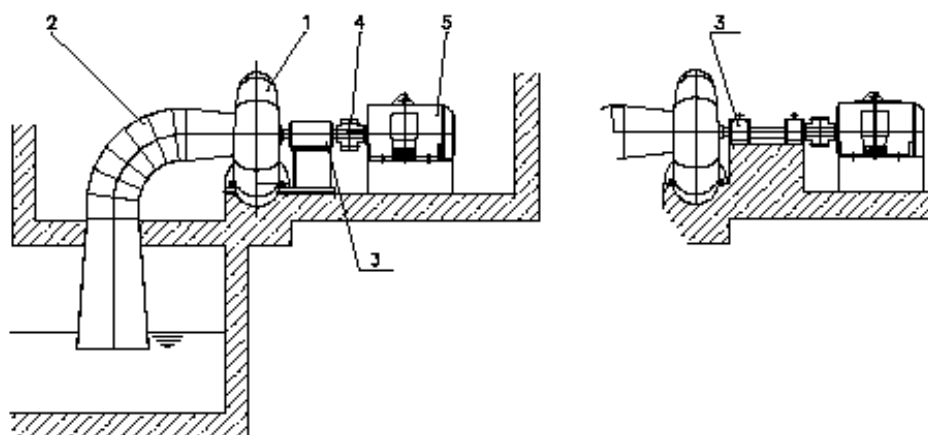


Obr. 22. Kaplanova turbína před expedicí



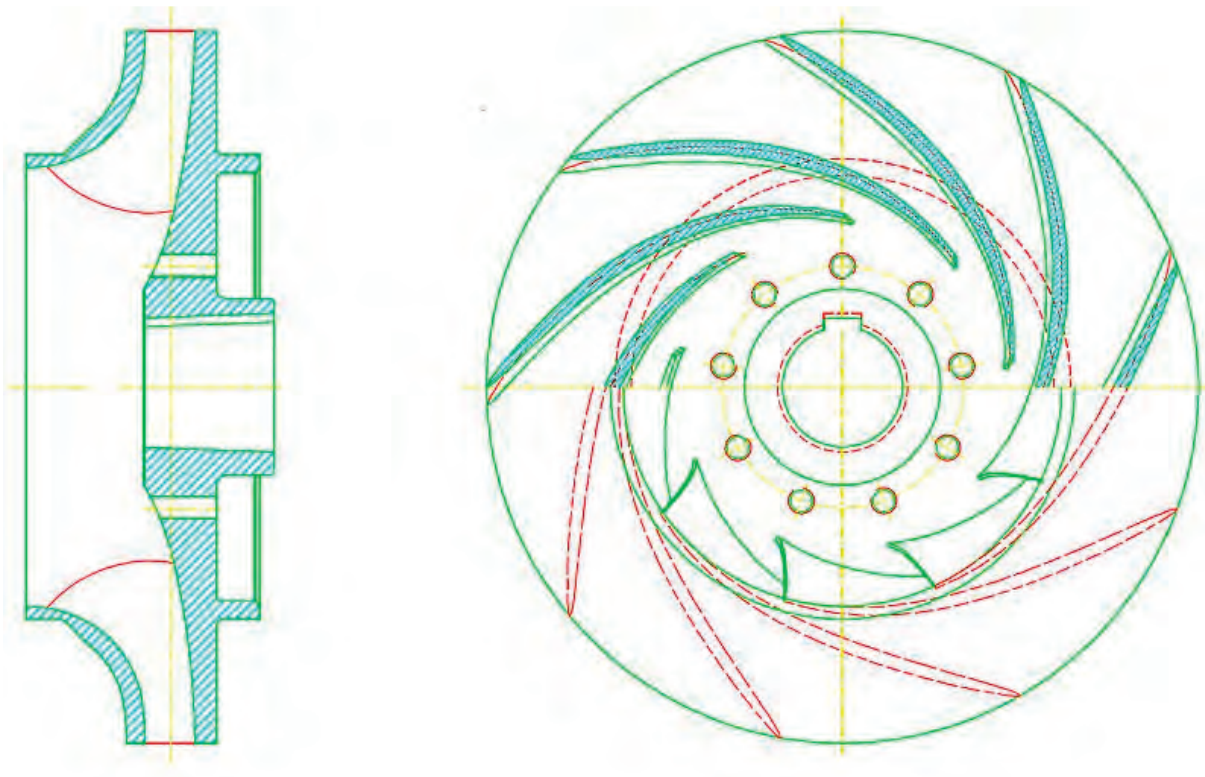
Obr. 23. Kašnová kaplanova turbína

FRANCISOVY HORIZONTÁLNÍ SPIRÁLNÍ TURBINY

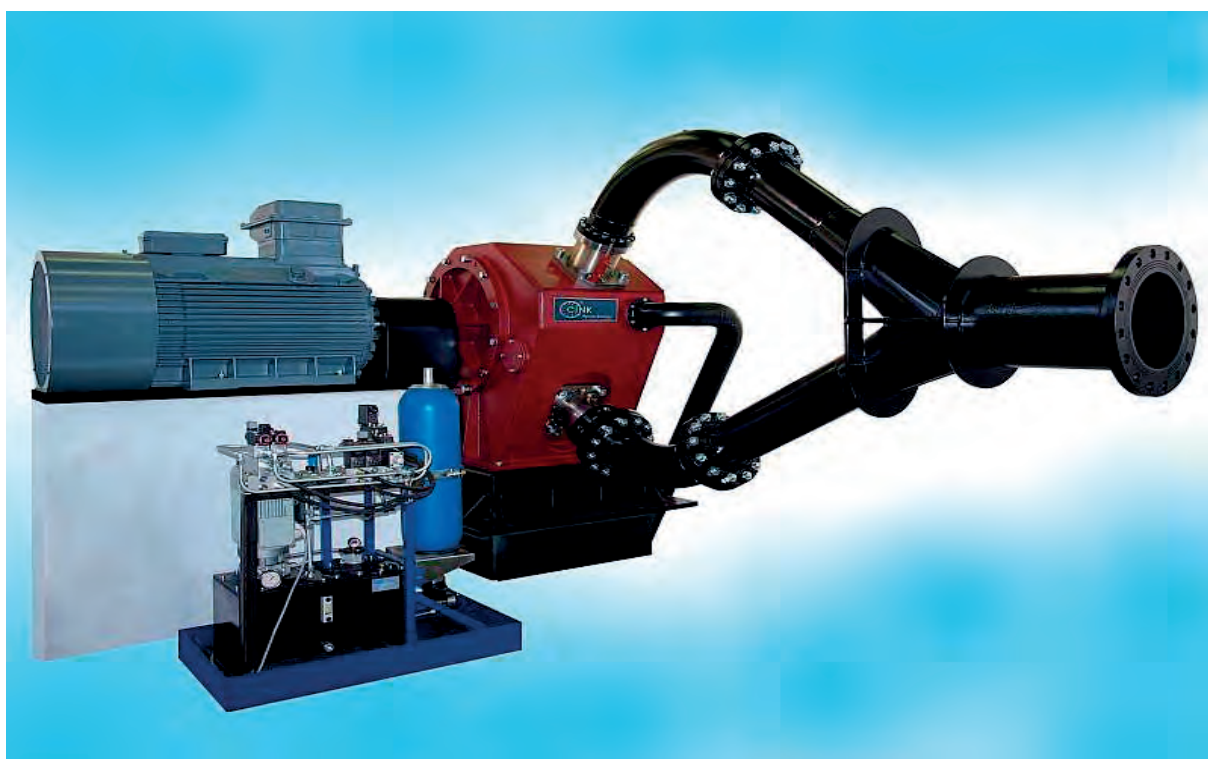


Hlavní části

- 1...Spirála a oběžný koleč
a rozváděcí lopatkami
- 2...Savka
- 3...Ložisko
- 4...Spojka
- 5...Generátor
- 6...Ramenice
- 7...Montážní vložka
- 8...Uzávěr
- 9...Čerpačí agregát
- 10...Ovládací turbíny

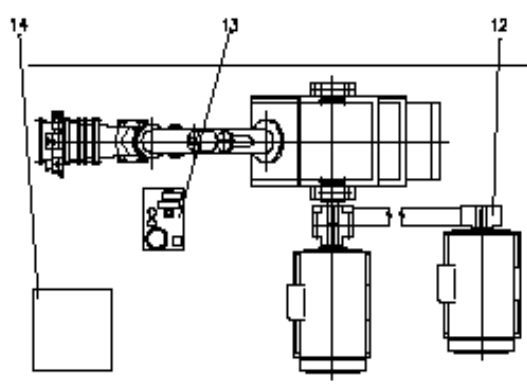
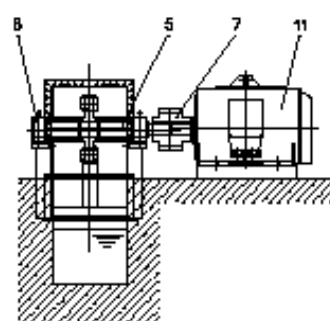
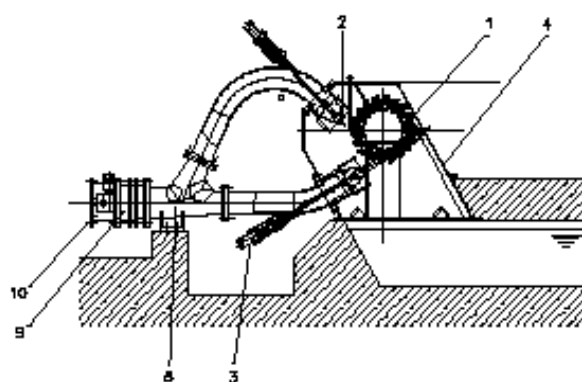


Obr.24 Oběžné kolo Francisovy turbíny



Obr. 25 Soustrojí horizontální Peltonovy turbíny

HORIZONTÁLNÍ PELTONOVY TURBINY

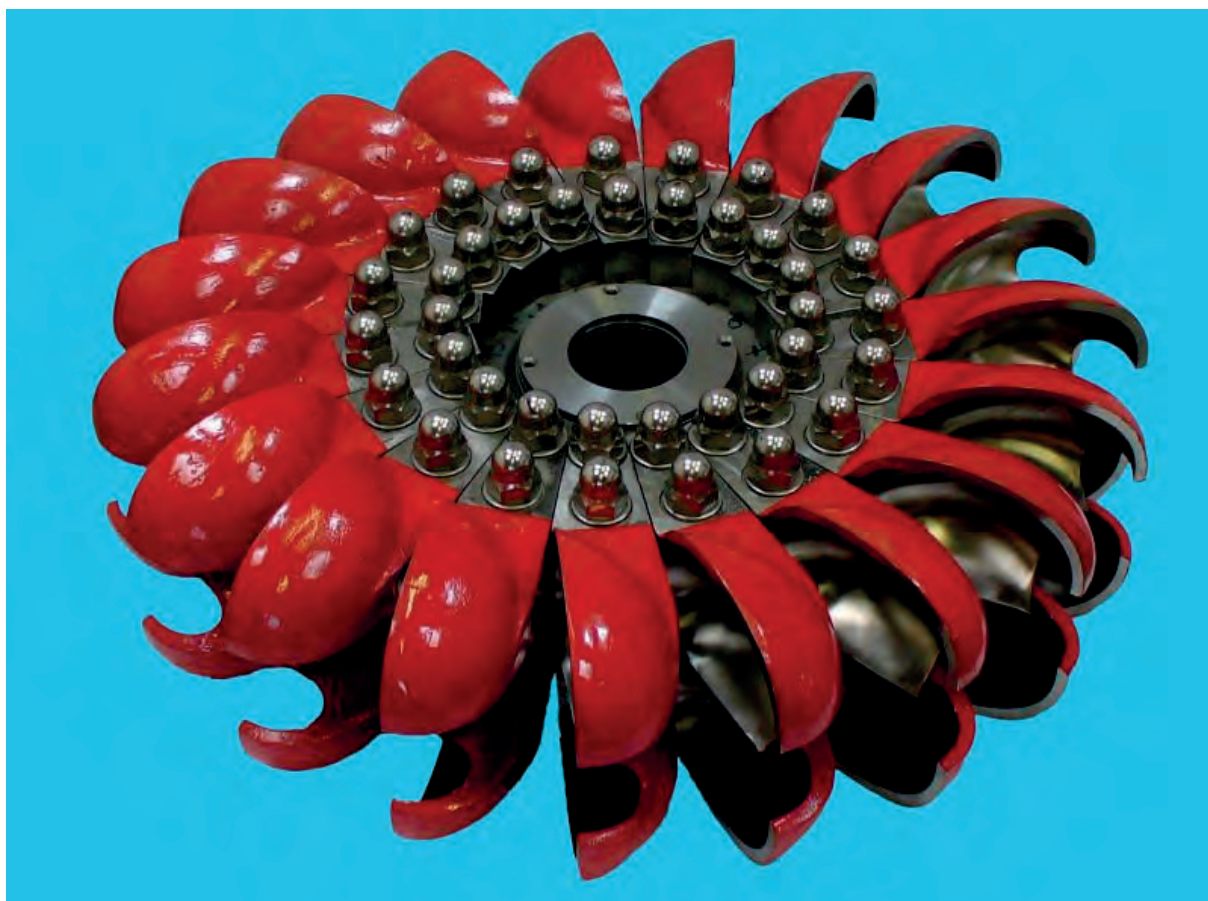


Hlavní části

- 1...Oběžné kolo
- 2...Dýza
- 3...Servomotor dýzy
- 4...Skříň turbíny
- 5...HPTdel
- 6...Ložisko
- 7...Spojka
- 8...Odbočnice
- 9...Montážní vložka
- 10...Uzávěr
- 11...Generátor
- 12...Řemnice
- 13...Čerpačí agregát
- 14...Dvřadění turbíny

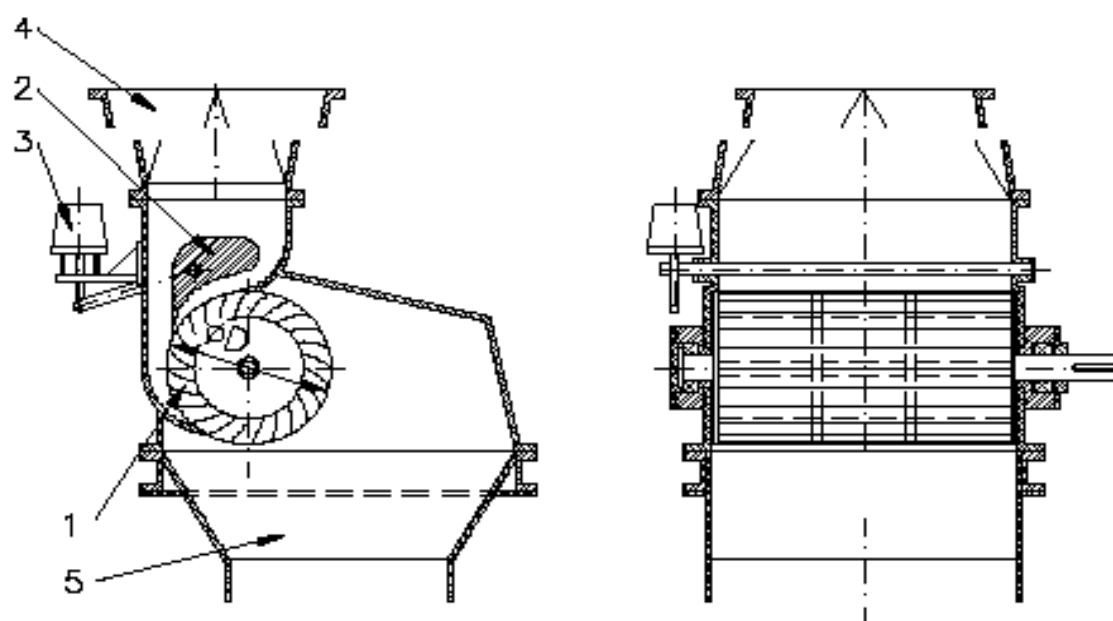


Obr. 26. Vertikální Peltonova turbína



Obr. 27. Oběžné kolo Peltonovy turbíny

TURBINY BÁNKI



Hlavní části

- 1...Oběžné kolo
- 2...Regulační klapka
- 3...Servomotor
- 4...Vtokový kus
- 5...Výtok

4.3.4 Převody turbíny

Vzhledem k tomu, že u turbín často nedosahujeme potřebných otáček pro provoz generátoru, odpadá možnost použití pevného spojení turbíny s generátorem (většinou možné na velkých spádech u Peltonových turbín) a je třeba jej nahradit převodem do rychla.

Používají se převodovky s ozubeným soukolím, řemenové a řetězové. Převodovky s ozubeným soukolím jsou používány od nejstarších MVE po současnost. Dosahují účinnosti okolo 97 %, avšak při opotřebení může účinnost klesnout až na 80%. Maximální hodnoty převodu jsou do 1:10 a v případě potřeby většího převodu jsme nuceni použít víceústupňovou převodovku.

Mezi nejúčinnější patří planetová převodovka s účinností okolo 98 %. Její nevýhodou je však vysoká cena, a proto se příliš nepoužívá.

Řemenové převody jsou dnes velmi rozšířeny pro svou jednoduchost, malou hlučnost, velkou provozní spolehlivost a nižší cenu. U nás se používají do výkonu asi 3MW ve třech provedeních: ploché, klínové a ozubené.

Ploché řemeny se používají pro převod do 1:15, při jejich provozu je třeba dodržet přepětí řemene odpovídající 1 až 1,5 násobku síly přenášeného výkonu, obvodová rychlost nemá přesáhnout 50m/s, jejich účinnost dosahuje hodnot okolo 96 - 97 % a vhodné jsou pro výkony do asi 500 kW.

Klínové řemeny se používají pro přenášení vyšších výkonů. Řemeny se při provozu roztahují a z tohoto důvodu je třeba technicky zajistit jejich napínání. Jelikož se tyto řemeny používají ve více kusech, dáváme dnes přednost klínovým řemenům násobným. Přepětí se zde volí od 0,7 až 1 násobku síly tahu přenášeného výkonu, použitelný převod je max. 1:10, účinnost se pohybuje od 90-97,5% a používají se pro výkony do asi 800 kW.

Ozubené řemeny patří mezi technicky nejdokonalejší. Jsou to stejné řemeny, jako se používají v automobilovém průmyslu. Jsou téměř bezhlučné, dosahují účinnosti až 99% a používají se pro výkony do asi 300 kW.

Řetězové převody používáme v případě, kdy je potřeba vyvést výkon z prostor obtékaných vodou. V praxi se příliš neosvědčily, jelikož mají krátkou životnost a velkou hlučnost.

4.4 Elektrické zařízení MVE a její připojení do sítě

Při návrhu stavebních částí MVE je potřebné mít přehled o všech prvcích elektrického systému, jež budou na MVE použity.

Do elektrického systému se řadí:

- Generátor.
- Vývody z generátoru.
- Rozvodna generátorových vývodů.
- Blokový transformátor.
- Vývody z transformátoru.
- Venkovní rozvodna (nemusí být).
- Transformátor vlastní spotřeby.
- Elektrické motory pomocných zařízení.
- Budiče generátorů a pomocná zařízení.

Mít přehled o všech těchto vyjmenovaných zařízení patří k základním předpokladům při návrhu MVE, stejně jako typ turbíny a způsob přivádění vody, protože to má obrovský vliv na dispoziční řešení MVE, rozsah stavebních prací a také ekonomiku stavby.

4.4.1 Elektrické generátory

Podle potřeby dodávky elektrické energie můžeme pro výrobu využít tři základní typy generátorů, a to malonapěťové (do 50 V), nízkonapěťové (50 - 1000 V) a vysokonapěťové generátory (nad 1000 V). Dále se pak ještě dělí na střídavé a na stejnosměrné generátory.

Malonapěťové generátory se používají spíše pro menší výkony a často pracují do samostatné sítě, většinou ve spojení s akumulátorem, popř. jako náhradní zdroje napětí.

Stejnoseměrné generátory (dynama) vyrábějí stejnosměrný proud. Jejich výhodou je možnost použití v širokém rozsahu otáček. Používají se jako zdroj napájení pro odporové zátěže (např. svícení a topení). Většinou bývají nízkonapěťové.

Střídavé generátory jsou vhodné pro většinu MVE. Volit můžeme mezi synchronními a asynchronními generátory. Volba generátoru je podřízena požadavkům provozovatele MVE a distribuční sítě, k níž je MVE připojena.

4.4.1.1 Synchronní generátor

Synchronní generátory se instalují v případě, že chceme, aby MVE pracovala paralelně se sítí nebo výjimečně pro samostatný chod, jako náhradní zdroj energie či zdroj v odlehlých oblastech. Synchronní generátor se skládá ze statoru se střídavým trojfázovým vinutím a rotoru se stejnosměrným budícím napětím. Generátor do sítě dodává jalový a činný výkon.

Činný výkon je dán velikostí mechanického výkonu vodního stroje a zatěžovacího úhlu. Jalový výkon je dán velikostí budícího proudu. Velikost budícího proudu je potřeba určit tak, aby generátor nevypadl ze synchronizmu, čímž by mohlo dojít k poškození stroje (nevolit příliš malý budící proud).

Pokud chceme, aby generátor pracoval paralelně se sítí popř. s jiným generátorem, je nutné, aby v okamžiku připojení generátoru nedošlo v síti k proudovému rázu a k elektromechanickému vyrovnávacímu pochodu. Procesu zajištění těchto podmínek říkáme fázování.

Při fázování musíme dodržet několik důležitých podmínek:

- a) Je nutno dodržet stejné napětí stroje a sítě. Kontrolu provádíme pomocí voltmetrů, připojených na napětí stroje a sítě. V případě, že nedosahujeme napětí sítě, máme možnost regulace napětí generátoru pomocí přibuzování či odbuzování stroje. Dodržení stejného napětí je důležité, protože kdyby došlo k připojení rozdílných napětí, došlo by k velkému nárazu jalového proudu.
- b) Musíme dodržet stejné kmitočty stroje a sítě. Shodnost kmitočtů je ještě důležitější, než shodnost napětí, protože odchýlení se od kmitočtu vzniká ráz činného proudu. Nárazy jsou vyvolány tím, že v okamžiku zapnutí se musí značná rotující hmota rotoru alternátoru zpomalit nebo zrychlit, podle toho má-li alternátor kmitočet nižší nebo vyšší než síť.
Nahromaděnou kinetickou energií rotoru a její rychlou přeměnou v energii elektrickou vzniká značný náraz činného proudu při fázování s rozdílem kmitočtu. Tento náraz činného proudu způsobuje velké mechanické namáhání turbíny a alternátoru.
- c) Je nutné zajistit minimální fázový posuv napětí sítě a generátoru. Velkým fázovým posuvem napětí vzniká proudový ráz způsobený vyrovnávacím proudem, jehož maximální hodnota stoupá s fázovým úhlem. V případě difference všech tří hodnot se vyrovnávací proudy vektorově sčítají.

4.4.1.2 Asynchronní generátor

Asynchronní generátory se používají pro výrobu elektrické energie téměř výhradně do pevné sítě. Asynchronní generátory mají stejnou konstrukci jako asynchronní motory, tj. stator s trojfázovým střídavým vinutím a rotor vinutý s kroužky popř. s klecovým vinutím.

4.4.2 Silnoproudá zařízení MVE

Mezi silnoproudá zařízení se řadí zařízení, která umožňují přenos, transformaci, spínání a jištění vyrobené elektrické energie a k zajištění vlastní spotřeby MVE.

Výkon MVE se přenáší přípojkou venkovního nebo kabelového vedení na úrovni nn (3x400V) a při vyšších výkonech vn (22 a 35 kV). Přípojka se dimenzuje tak, aby byla schopna odolat při co nejmenším průřezu účinku zkratových proudů a nedocházelo zde k velkým ztrátám na vedení a úbytku napětí. Velikost výkonu připojovaného do místa sítě je vždy nutné konzultovat s provozovatelem sítě.

Elektrická přípojka je zakončena v hlavní skříní nebo pro vn v rozvodně vn. Vstupní část přípojky musí být přístupná pracovníkům provozovatele sítě a vybavena spínacími a jistícími přístroji (použití přístrojů je dáno použitou hodnotou napětí a podmínkami provozovatele sítě).

Pro vn se však používají pouze přístroje nezbytně nutné, jelikož je jejich cena dosti vysoká. Při přenosu výkonu na delší vzdálenosti je nutné transformovat energii na vyšší napětí, abychom dosáhli menších proudů, a tím tedy i hospodárnějšího průřezu vodičů. Transformátory používáme na vyvedení výkonu z MVE a transformaci napětí pro vlastní spotřebu MVE.

Pro MVE se používají jednofázové a mnohem častější trojfázové transformátory, které mají v každé fázi dvě a více vinutí zapojené do hvězdy, trojúhelníku či lomené hvězdy. Generátory jsou připojeny k transformátoru blokově a nebo je transformátor společný pro více generátorů.

Transformátory umísťujeme v jednom prostoru s rozvodným zařízením nn a vn nebo v transformátorových komorách a na venkovních stáních v místech, kde nehrozí znečištění.

Transformátorová stání musí být navržena tak, aby dokázala zabránit rozšíření požáru od hořícího oleje a také zabránit úniku oleje do okolní půdy (použití šterkového lóže k zachycení oleje).

Stání se také umísťují na severní nebo východní část budovy, aby nebyl transformátor vystaven přímému slunečnímu záření a aby okolní vzduch měl co nejnižší teplotu pro chlazení transformátoru. Při návrhu MVE musíme uvažovat nad dopravou transformátoru na místo stání a také o prostoru pro jeho revize.

Transformátor vlastní spotřeby se navrhuje na součet příkonů všech spotřebičů potřebných pro zajištění chodu MVE při maximálním výkonu.

4.4.3 Řídící, měřicí a regulační systémy

Elektrické obvody MVE je ve většině případů nutné ještě doplnit pomocnými elektrickými zařízeními, jako jsou měřicí, regulační a jistící obvody. Rozsah obvodů je dán hlavně velikostí MVE a požadavky odběratele, menším faktorem je velikost automatizace MVE.

Při navrhování měřících obvodů se většinou řídíme podmínkami odběratele elektrické energie, provozními podmínkami a instalovanou technologií. Základní je měření veličin vyrobené energie: proud, napětí, účinník a výkon a při použití synchronního stroje také velikost budícího proudu a veličin na fázování.

Pokud je realizováno připojení paralelně k síti, je třeba také měřit vyrobenou, ale i spotřebovanou činnou a jalovou elektrickou energii. Kromě elektrických veličin je nutno také měřit ostatní veličiny, jako jsou poloha horní a dolní hladiny, otáčky generátoru a jeho teplota. Tyto veličiny měříme pomocí běžně dostupných speciálních snímačů nebo převodníků na elektrický signál.

Celý hydroagregát je samozřejmě nutné chránit jistícími obvody proti přepětí a nebezpečnými nadproudy. Dnes se MVE staví jako bezobslužné s občasným dohledem a proto je potřeba zajistit automatické systémy, které v případě poruchy nebo výpadku paralelní elektrické sítě odstaví elektrárnu a ohlásí poruchu provozovateli. Elektrické ochrany jsou dány normou a provozovatelem sítě.

Jako řídicí systémy se dnes většinou používají průmyslové automaty Proces Logic Control (PLC), popř. PLC - soft (pro menší zdroje, software na osobním počítači + vstupně - výstupní karta se vstupem a výstupem všech potřebných dat, jež splňují základní požadavky na provoz. Komunikace je zajištěna pomocí standardních komunikačních protokolů (Modbus, Profibus, Interbus, TCP/IP apod.).

Automatizace se na MVE dělí na tři základní úrovně:

Základní zabezpečovací systém je soubor elektrických strojově-mechanických ochranných technologických zařízení, který je funkčně nezávislý na ostatních úrovních.

1. úroveň - provozní, zpracování vstupů a výstupů a stavů technologie MVE a následující řízení a regulace.

2. úroveň - styk s obsluhou a vizualizace. Kromě vizualizace se zde může také provádět vyšší řízení, např. skupinová regulace.

Základní zabezpečovací systém kontroluje nejdůležitější stavové veličiny provozu, tlak ovládacího oleje, maximální otáčky stroje, teplotu ložisek, olejových náplní a vinutí generátoru, průtoky mazacích a chladících médií, hladiny ve sběrných nádržích atd. Pokud jsou některé hodnoty překročeny, zajistí odstavení turbíny z provozu (pomocí závaží, či servopohonu), popř. spustí světelnou signalizaci poruchy před odstavením.

První úroveň automatizace fází stroj na síť, reguluje parametry generátoru ($\cos \varphi$, výkon, napětí) nebo přepnutí ovládání na manuální režim, dále reguluje servomotory regulace turbíny a výšky horní hladiny. Zajišťuje také archivaci všech naměřených údajů, stavů provozu a poruch. Celou úroveň je možné realizovat jako jeden stroj.

Druhá úroveň automatizace zprostředkovává komunikaci s obsluhou provozu (tlačítka, vizualizace atd.). Velmi často obsahují komunikační protokoly (modemy, ISDN modemy, GSM atd.), takže je možné dostávat pravidelné zprávy o stavu MVE prostřednictvím SMS.

5. Odborná dokumentace a povolení

Stavební návrh a povolení:

Protože bude nutné provádět stavební úpravy na již existujícím objektu, nebo bude třeba postavit objekt nový, bude třeba zpracovat stavební projekt se vší dokumentací a dále stavbu postoupit k řízení o stavebním povolení. Podrobnější informace lze najít ve stavebním zákoně č. 183/2006 Sb., § 93-96 a dále § 109-118.

Elektrický návrh:

Pro povolení ke stavbě bude důležité připojit dokumentaci o bezpečnosti návrhu technologie, rozvodů a ochran. Bude zapotřebí oslovit odbornou firmu na zpracování dokumentace. Velkou část dokumentace vytvoří dodavatel zařízení.

Zhodnocení vlivu na životní prostředí:

V této oblasti je nutné hlavně zajistit povolení o nakládání s vodami od správce toku a povolení stavby MVE, tato povolení upravuje zákon o vodách č. 254/2001 Sb. Dále je nutné provést vyhodnocení dopadů na životní prostředí, tzv. EIA. Tuto povinnost upravuje zákon č. 100/2001 Sb.

Dále je ještě nutno získat licenci pro podnikání v energetice, kterou uděluje energetický regulační úřad dle zákona č. 458/2000 Sb. na základě písemné žádosti.

Další dokumenty vztahující se k MVE:

Zákon č. 406/2000 Sb. o hospodaření s energií, zákon č. 401/2000 Sb. o zadávání veřejných zakázek, vyhlášky č. 154/2001 Sb. a 438/2001 Sb. Energetického regulačního úřadu, č. 213/2001 Sb., 214/2001 Sb. a 252/2001 Sb. – vyhlášky Ministerstva průmyslu a obchodu.

6. Závěrečné shrnutí postupu při realizaci MVE

Investiční náklady při výstavbě či obnově MVE zaznamenaly v posledních letech značný nárůst. Na tomto vývoji má největší podíl nárůst cen technologických částí. Navrhovaná soustrojí a jejich výkon je třeba optimalizovat s ohledem na pořizovací náklady. Výše ročních odpisů technologického zařízení musí odpovídat jeho skutečné životnosti. Technická úroveň a stupeň regulovatelnosti soustrojí může i v lokalitách s nízkými spády umožnit vyšší provozní využití MVE v průběhu roku a tím vykompenzovat vyšší náklady na 1 MW provozem s vysokou účinností.

Efektivnost provozu v rozhodující míře ovlivňuje:

- Výše nákladů na pořízení technologie.
- Hydrologické podmínky – spád a průtok.
- Výše poplatků z provozu vodních děl, údržby vodních toků a vzdouvacích zařízení.
- Efektivní údržba a provádění oprav.
- Spolehlivost a kvalita zařízení a jeho životnost a stupeň jeho bezobslužnosti.
- Výkupní cena elektrické energie dodávané do veřejné sítě.

Pro každou investiční výstavbu platí příslušné předpisy a vyhlášky přípravy a realizace investic a reprodukce základních prostředků. Skladba investičních nákladů je zřejmá z jednotlivých položek projektové dokumentace. Pořizovací náklady se dělí na přípravné akce, projektovou dokumentaci a na náklady vlastní realizace. Náklady na pořízení díla se člení na část:

1. Stavební (vzdouvací zařízení, přivaděče – otevřený nebo krytý náhon, potrubí atd., vlastní objekt elektrárny, odpadní část a stavební část pro provedení elektrické přípojky).
2. Technologickou (strojní část – uzávěry, turbína, převodovka a technologické příslušenství, dále elektrickou část – generátor, rozvaděč, elektrické vývody a připojení a příslušnou automatiku – hladinová regulace, řídicí a zabezpečovací systémy).

Obnova MVE na místě, kde již v minulosti nějaké vodní dílo bylo, je vždy ekonomicky výhodnější, než komplexní výstavba nové MVE z důvodu již v minulosti vybudovaných jezů, náhonů a odpadů, i když třeba poškozených a dlouho neudržovaných. Vybudování nového vzdouvacího zařízení je ekonomicky nesmírně náročné.

Provedení elektrické části MVE, která může zajistit paralelní provoz s veřejným rozvodem (asynchronní provedení), nebo v provedení se soustrojím schopným samostatného chodu do vydělené sítě (synchronní provedení), významně ovlivňuje výši investice. Synchronní systém může být až o 30% dražší.

Ekonomická rozvaha při realizaci MVE by měla být provedena na počátku každého podnikatelského záměru a měla by být součástí projektové přípravy před zahájením stavby.

Dále je nutno při realizaci MVE překonat překážky netechnického charakteru:

Jde především o překážky legislativní, i když v současné době již nejsou tak výrazné jako v minulosti, neboť byl již přijat vodní zákon a nový energetický zákon.

Další překážky souvisí se zvláštním charakterem lokality – např. předpisy platící v chráněných územích, předpisy o ochraně zemědělského půdního fondu a ochrany lesů. V některých oblastech se uplatňují omezení vyplývající ze zákona o rybářství. Také se požaduje posouzení projektu z hlediska dopadu na životní prostředí.

Dalšími překážkami jsou problémy majetkoprávní, které vznikly hlavně v době po privatizaci a po restitucích.

Poslední překážky jsou ekonomické, ale nejvíce ovlivňují výstavbu MVE. V současné době je velmi obtížné realizovat MVE s návratností do deseti let, spíše je obvyklá návratnost dvanáct až patnáct let i více.

Příčiny jsou ve vysoké úrokové míře úvěrů, v neochotě peněžních ústavů poskytovat úvěry nad deset let, v nízkých výkupních cenách elektrické energie a ve zvyšujících se cenách technologií, stavebních částí apod.

Obecný postup při zřizování MVE:

Předprojektová příprava – vytipování vhodné lokality (koupě či pronájem), zaevidování se jako zájemce o stavbu MVE na odboru životního prostředí příslušného úřadu, ověření hydrologických podmínek, ověření požadavků dle zvláštních předpisů v dané lokalitě, zajištění technicko-ekonomické studie daného díla, získání povolení k nakládání s vodami a zjistit podmínky pro vydání stavební povolení.

Zpracování projektu a získání stavebního povolení – vybrání vhodné technologie a výrobce zařízení, zajištění projektové dokumentace, dohodnutí připojení MVE do sítě a dohodnutí podmínek výkupu elektrické energie.

Pak teprve následuje technická realizace díla zakončená kolaudací.



7. Ukázka realizované stavby vodní elektrárny firmou MAVEL a.s. v Ugandě

Základní technická data turbín

Typ turbíny.....2x Francis FHS 1350 F10
Jmenovitý netto spád..... $H_n = 158,18 \text{ m}$
Celkový průtok MVE..... $Q = 10 \text{ m}^3/\text{s}$
Max.průtok jednou turbínou..... $Q_{\text{max}} = 5,0 \text{ m}^3/\text{s}$
Gar.výkon TG při jmen.netto spádu... $P_{\text{Max}} = 7228 \text{ kW}$
Jmenovité otáčky..... $n_N = 600 \text{ ot/min}$
Průběžné otáčky..... $n_P = 955 \text{ ot/min}$
Průměr oběžného kola..... $D = 1300 \text{ mm}$



Základní technická data generátoru

Jmenovitý výkon.....8400kVA / 7140kW
Napětí6600 V
Frekvence..... 50Hz
Jmen.účinník..... $\cos \phi = 0,85$
Jmen.otáčky.....600 ot/min
Regulátor buzeníBasler DESC 200

Základní výčet dodávek a prací

Technická dokumentace (projekční a konstrukční dokumentace)

Výroba kalhotového kusu, přívodního potrubí pro MVE Bugoye.

Výroba hlavních technologických částí MVE Bugoye (2x horizontální Francis turbína, atd.)

Zajištění hlavních subdodávek

2ks Synchronní generátor SG240/87 – dodavatel Elprom-Zem, Bulharsko

2ks Klapkový uzávěr DN 1200 – dodavatel Ševčík Vodohospodářská zařízení s.r.o., Kotvrdovice

2ks Hydraulický agregát turbíny (ČAR) – dodavatel Bohemia hydro s.r.o., Blansko

2ks Mazací agregát – dodavatel Hytek s.r.o, Lipůvka

Transport z České republiky do Ugandy – dodavatel DHL Logistic s.r.o.

Expedice zařízení MAVEL a subdodávek na lokalitu dle harmonogramu včetně celního řízení

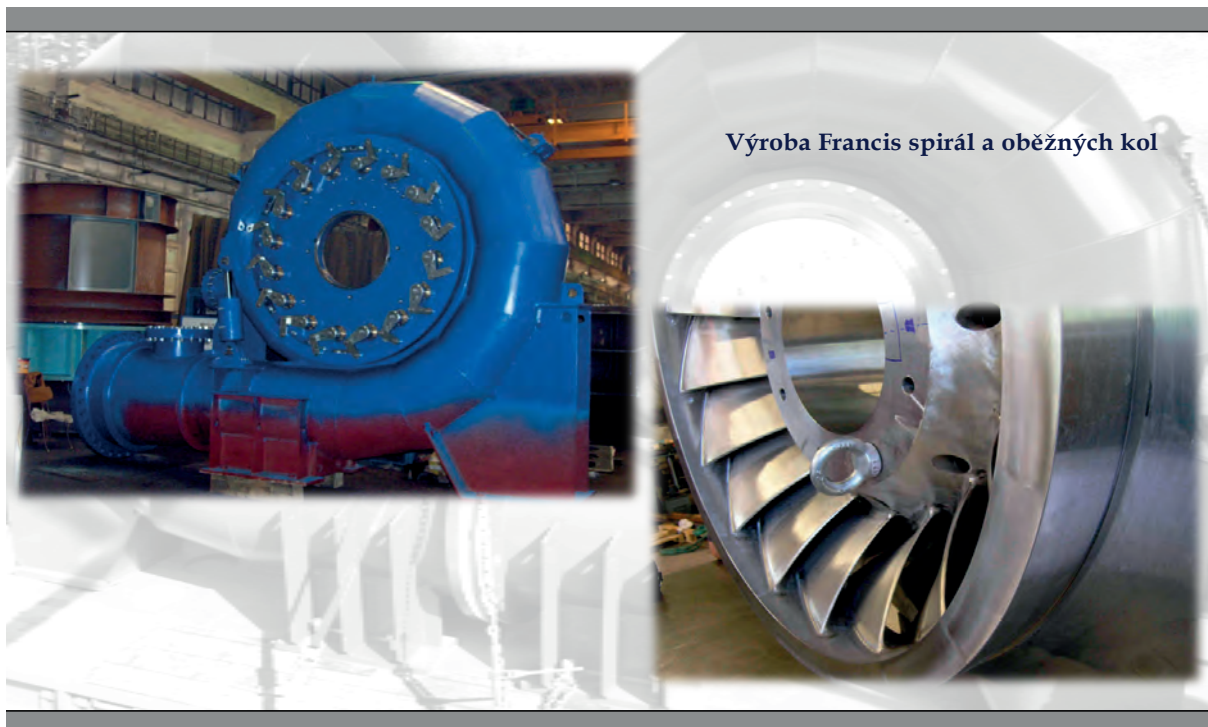
Zajištění transportu generátorů a příslušenství z Bulharska na lokalitu včetně celního řízení

Výroba náhradních dílů a jejich dodávka



Výroba kalhotového kusu
přívodního potrubí pro MVE Bugoye





Výroba Francis spirál a oběžných kol



Hlavní subdodávky

Synchronní generátor, ložisko, setrvačnick, budič

Klapkový uzávěr, dilatační vložka

03/09/2009

Realizace suchých a mokrých zkoušek



Oficiální ceremoniál při uvedení do provozu



Expedice zařízení MAVEL a subdodávek



Montáž kalhotového kusu přívodního potrubí



Hlavní montáž technologie MAVEL



Montáž 2ks generátorů a příslušenství



LITERATURA

1. MOTLÍK, J.: *Obnovitelné zdroje energie v České republice*, Praha 2003, 143 stran.
2. ZÁRYBNICKÝ, M.: *Černé poklady*, Praha 2003, 48 stran.
3. NECHLEBA, M.: *Vodní turbíny, jejich konstrukce a příslušenství*, SNTL, Praha 1962, 676 stran.
4. HOLATA, M.: *Malé vodní elektrárny- projektování a provoz*, Academia Praha, 2002, 271 str., ISBN 80 – 200 – 0828 - 4
5. BEDNÁŘ, J.: *Malé vodní elektrárny 2 Turbíny*, SNTL, Praha 1989, ISBN 80 – 901985 – 0 - 3
6. MATOUŠEK, A.: *Elektrárny I*, VUT Brno, Brno 1987, 208 stran, ISBN 0 – 412 – 08541 - 0.
7. MATOUŠEK, A.: *Elektrárny IV*, VUT Brno, Brno 1979, 215 stran, ISBN 0 – 412 – 08541 - 0.
8. GABRIEL, P., ČIHÁK, F., KALANDRA, P.: *Malé vodní elektrárny. ČVUT, Praha, 1998* ISBN 0 – 412 - 08541- 0.
9. ŘÍHA, J. A KOL.: *Hydrotechnické stavby II*, VUT Brno, 2006, 103 stran, ISBN 80 – 901985 – 0 - 3
10. PETROV, G.N. *Elektrické stroje 2 :Asynchronní stroje-synchronní stroje*, Praha Academia, 1982, ISBN 80 – 901985 – 0 - 3
11. DUŠIČKA, P., GABRIEL, P., HODÁK, T., ČIHÁK, F., ŠULEK, P.: *Malé vodní elektrárny*, vydavatelství JAGA, Bratislava 2003, 161 stran, ISBN 80 – 901985 – 0 - 3
12. KORNIAK, D.: *Potenciál vodní energetiky v České republice*, Brno 2010, 58 stran.
13. LOVATO, P.D. 2009 *Kompenzace jalové energie*, [online],[citace 5.4.2011], dostupné z <http://podpora.lovato.cz/katalog.php?rmid=3&mid=30&tid=1>
14. KALÁB, K.: *Návrh a výpočet řemenového převodu*, [online], TECHNICKÁ UNIVERSITA OSTRAVA, [citace 8.4.2011], dostupné z <http://www.347.vsb.cz/CZ/kestazeni/prirucky.asp>

15. SIROVÝ M.: *Moderní způsoby projektování a řízení MVE*, [online], [citace 15.5.2011] , dostupné z www.cez.cz/edee/content/file/vzdelavani/soutez/sirovy.pdf
16. Stránky dodavatele zařízení pro automatiku MVE, [online], [citace 15.5.2010], dostupné z http://www.shcontrol.cz/cz/article.asp?article_id=18&lang_id=1
17. <http://cs.wikipedia.org> [online] [citace 17.5.2011]
18. <http://www.cink-hydro-energy.com/> [online] [citace 19.5.2011]



V rámci projektu Zelený most mezi školou a praxí - environmentální vzdělávací moduly pro trvale udržitelný rozvoj, reg. č. CZ.1.07/1.1.00/14.0153 vznikl soubor sedmi učebnic, které poskytují ucelený pohled na současné možnosti využívání obnovitelných zdrojů energie a způsobů, jak šetřit energiemi.

Učebnice jsou určeny studentům středních a vyšších odborných škol a dále všem zájemcům o studium energetiky, stavebnictví a udržitelnosti rozvoje lidstva.



1. Význam, přehled a celkové využití energetických zdrojů

- Kategorizace energetických zdrojů
- Charakteristika obnovitelných zdrojů
- Výhody a nevýhody užití obnovitelných zdrojů
- Energetické úspory
- Udržitelný rozvoj



2. Biomasa pro energii

- Biomasa a její produkce
- Energetické rostliny a další druhy biomasy
- Zpracování biomasy pro energetické využití
- Energetické využití biomasy
- Biotechnologické využití biomasy
- Využití bioodpadů



3. Solární energie

- Význam a využití solární energie
- Solární kolektory a solární systémy
- Fotovoltaické systémy



4. Tepelná čerpadla

- Význam a využití energie akumulované v prostředí
- Tepelná čerpadla – druhy, princip činnosti, užití



5. Úspora energie ve stavebnictví

- Materiály
- Snižování energetické náročnosti
- Úspora energie ve stavebnictví
- Ekologicky šetrné stavby



6. Větrná energie

- Význam a využití větrné energie
- Větrné elektrárny
- Podmínky pro stavbu větrných elektráren



7. Vodní energie

- Význam a využití vodních zdrojů energie
- Vodní turbíny a motory
- Montáž turbín
- Vodní elektrárny

BIOMASA PRO ENERGII

Výsledky vzdělávání	Učivo
Žák: - kategorizuje energetické zdroje, objasní význam a perspektivy využívání obnovitelných zdrojů energie - vyjmenuje a stručně charakterizuje všechny druhy obnovitelných a nevyčerpatelných zdrojů energie: slunce, voda, vítr, zdroje živé přírody - biomasa, energie akumulovaná v prostředí, hlubinné geotermální zdroje apod. - vysvětlí obecné výhody a nevýhody využívání obnovitelných zdrojů energie pro udržitelný rozvoj - zdůvodní význam energetických úspor ve vztahu k udržitelnému rozvoji, tj. k ochraně prostředí i k hospodářskému a sociálnímu rozvoji a objasní význam hledání nových energetických zdrojů	1. Význam a přehled využití obnovitelných a nevyčerpatelných energetických zdrojů - rozdíl mezi neobnovitelnými, nevyčerpatelnými a obnovitelnými přírodními zdroji - přehled obnovitelných a nevyčerpatelných energetických zdrojů - vztah energetiky k řešení současných globálních a regionálních problémů
- vysvětlí proces vytváření biomasy za různých podmínek a tok energie v trofických vztazích - vysvětlí význam, možnosti a obecné podmínky pro nepotravinářské využití fytomasy (např. v energetice, stavebnictví) a organických zbytků (vedlejších produktů, odpadů) jako alternativního zdroje energie - uvede podíl biomasy ve využití ze všech energetických zdrojů zejména u nás, ale i ve světě	2. Biomasa a její produkce - fytomasa jako primární produkce různých ekosystémů (různý podíl dodatkové energie) - nepotravinářská fytomasa, její produkce a využívání (agro, lesní a jiné ekosystémy) - energie v biologických zbytcích a odpadech (zemědělství, potravinářství, lesnictví, komunální sféra, další odvětví)
- uvede hlavní druhy pěstovaných energetických rostlin (dřeviny, byliny a řasy) a jejich biologickou a energetickou charakteristiku - objasní technologii pěstování hlavních druhů energetických rostlin	3. Energetické rostliny - druhy rostlin - způsoby pěstování - možnosti využití
- uvede příklady využití polních plodin pro energetické účely - zhodnotí význam rozptýlené zeleně v krajině, vyjmenuje a pozná hlavní druhy rostlin - uvede možnosti využití zbytkové biomasy	4. Další biomasa využitelná jako zdroj energie - polní plodiny - rozptýlená zelen v krajině - zbytková biomasa v krajině

(lesy, sady, stromořadí, porost kolem vodotečí apod.) - vyhledá a hodnotí potenciál biomasy z vedlejších zemědělských produktů - popíše způsoby využití dřevní hmoty po lesní těžbě - odhadne potenciál biomasy z lesa - objasní způsoby zpracování dřevní hmoty pro využití ke spalování (dřevní štěpka, dřevěné brikety, dřevěné pelety) - zhodnotí využitelnost těžebního odpadu pro energetické účely	- využívání vedlejších produktů ze zemědělství a potravinářství - lesní biomasa - dřevní hmota po lesní těžbě a její zpracování
- popíše přípravu pro energetické využití rostlin - uvede a popíše stroje a zařízení používané pro pěstování, sklizeň a zpracování pro využití energetických rostlin (např. sklízecí mechanizmy, sušárny apod.) - objasní možnosti logistiky pro energetiku	5. Zpracování biomasy pro energetické využití a její distribuce - stroje a zařízení pro pěstování, sklizeň, úpravy a dopravu biomasy - ekonomické, ekologické a bezpečnostní aspekty využívání biomasy
- popíše výrobu tepla z biomasy ve velkých i malých provozech - popíše výrobu elektřiny z biomasy - vysvětlí principy kogenerace (společné výroby tepla a elektřiny) - porovná výrobu tepla a společnou výrobu elektrické energie a tepla z ekonomického i technického hlediska - zhodnotí význam malých decentralizovaných komunálních energetických zdrojů - vysvětlí klasickou technologii výroby dřevoplynu	6. Energetické využití biomasy - výroba tepla - výroba elektřiny - nové vývojové trendy - znovuoobjevený dřevní plyn
- vysvětlí princip tvorby bioplynu - vyjmenuje zdroje biomasy vhodné pro výrobu bioplynu (zemědělství, potravinářství, komunální odpad) - popíše technická zařízení používaná k výrobě bioplynu - vysvětlí možnosti využití digestátů (kapalný podíl) z bioplynových stanic - vyjmenuje způsoby a možnosti využití bioplynu - uvede vliv zušlechťování bioplynu na kvalitu zemního plynu z bioplynových stanic	7. Biotechnologické využití biomasy - bioplyn - pyrolýzní plyn

- nízkoteplotní depolymerizace (základ pro výrobu kapalných motorových paliv II. generace) - vysvětlí princip výroby a využití pyrolýzního plynu	
- popíše technologii kompostování, uvede způsoby využití kompostu - charakterizuje zpracování a využití biologicky rozložitelného komunálního odpadu - charakterizuje zpracování a využití čistírenských kalů	8. Využití bioodpadů - kompostování - biologicky rozložitelný komunální odpad - čistírenské kalý
- vysvětlí principy chemických procesů (fermentační procesy, esterifikace, depolymerizace, pyrolýza, krakování) - uvede suroviny, popíše způsob výroby bionafty - uvede suroviny, popíše způsob výroby bioetanolu - uvede další kapalná biopaliva (např. butanol)	9. Využití dalších chemických procesů pro zpracování biomasy - bionafta - bioetanol
- analyzuje potřeby pěstování a využívání biomasy na regionální i celostátní úrovni ve vztahu k ekonomickým a sociálním aspektům - prakticky hodnotí možnosti získávání a využívání biomasy v okolní krajině - komunikuje se zemědělci, vlastníky pozemků, občany a s místní samosprávou, zajišťuje osvětu - vyjmenuje předpisy a možnosti podpory ze strany státu vztahující se k pěstování a využívání biomasy - využívá a řídí se právními předpisy - zná a dodržuje předpisy a zásady BOZP	10. Podpora a osvěta pro využívání biomasy - propagace - právní předpisy - předpisy BOZP

SOLÁRNÍ ENERGIE

Výsledky vzdělávání	Učivo
Žák: - kategorizuje energetické zdroje, objasní význam a perspektivy využívání obnovitelných zdrojů energie - vyjmenuje a stručně charakterizuje všechny druhy obnovitelných a nevyčerpatelných zdrojů energie: slunce, voda, vítr, zdroje živé přírody - biomasa, energie akumulovaná v prostředí, hlubinné geotermální zdroje apod. - vysvětlí obecné výhody a nevýhody využívání obnovitelných zdrojů energie pro udržitelný rozvoj - zdůvodní význam energetických úspor ve vztahu k udržitelnému rozvoji, tj. k ochraně prostředí i k hospodářskému a sociálnímu rozvoji a objasní význam hledání nových energetických zdrojů	1. Význam a přehled využití obnovitelných a nevyčerpatelných energetických zdrojů - rozdíl mezi neobnovitelnými, nevyčerpatelnými a obnovitelnými přírodními zdroji - přehled obnovitelných a nevyčerpatelných energetických zdrojů - vztah energetiky k řešení současných globálních a regionálních problémů
- vysvětlí význam, možnosti a obecné podmínky pro využití slunce jako zdroje energie a její podíl ze všech energetických zdrojů zejména u nás, ale i ve světě - stručně popíše i historický vývoj využití solární energie - uvede možnosti pasivního využívání solární energie včetně praktických příkladů	2. Význam a využití sluneční energie - solární architektura
- čte a používá technickou a schvalovací dokumentaci obsaženou hlavně v normách - používá základní pojmy a vztahy v elektrotechnice - měří elektrické a neelektrické veličiny a vyhotovuje záznamy - volí správné pracovní postupy a technické prostředky při instalaci - montuje a zapojuje systémy - diagnostikuje poruchy - udržuje a opravuje systémy - popíše princip akumulace energie v solárních kolektorech a systémech	3. Solární kolektory a solární systémy - technická dokumentace - druhy kolektorů - montáž systémů - opravy, údržba a diagnostikování - způsoby akumulace energie
- čte a používá technickou a schvalovací	4. Fotovoltaické systémy

dokumentaci obsaženou hlavně v normách - používá základní pojmy a vztahy v elektrotechnice - měří elektrické a neelektrické veličiny a vyhotovuje záznamy - volí správné pracovní postupy a technické prostředky při instalaci - montuje a zapojuje systémy - diagnostikuje poruchy - udržuje a opravuje systémy - popíše princip akumulace energie ve fotovoltaických systémech	- technická dokumentace - druhy panelů - montáž systémů - opravy, údržba a diagnostikování - způsoby akumulace energie
- využívá informace o solární energii k její propagaci v jednání s veřejnou správou a veřejností - řídí se právními předpisy - zná a dodržuje předpisy a zásady BOZP	5. Podpora a osvěta pro různé způsoby využívání solární energie - propagace - právní předpisy - předpisy BOZP

TEPELNÁ ČERPADLA

Výsledky vzdělávání	Učivo
- kategorizuje energetické zdroje, objasní význam a perspektivy využívání obnovitelných zdrojů energie - vyjmenuje a stručně charakterizuje všechny druhy obnovitelných a nevyčerpatelných zdrojů energie: slunce, voda, vítr, zdroje živé přírody - biomasa, energie akumulovaná v prostředí, hlubinné geotermální zdroje apod. - vysvětlí obecné výhody a nevýhody využívání obnovitelných zdrojů energie pro udržitelný rozvoj - zdůvodní význam energetických úspor ve vztahu k udržitelnému rozvoji, tj. k ochraně prostředí i k hospodářskému a sociálnímu rozvoji a objasní význam hledání nových energetických zdrojů	1. Význam a přehled využití obnovitelných a nevyčerpatelných energetických zdrojů - rozdíl mezi neobnovitelnými, nevyčerpatelnými a obnovitelnými přírodními zdroji - přehled obnovitelných a nevyčerpatelných energetických zdrojů - vztah energetiky k řešení současných globálních a regionálních problémů
- vysvětlí akumulaci energie v prostředí z dostupných zdrojů - uvede příklady a možnosti využívání energie akumulované v prostředí (v domácnostech, průmyslu, zemědělství, dopravě)	2. Význam a využití energie akumulované v prostředí - princip akumulace energie
- čte a používá technickou a schvalovací dokumentaci a normy - používá základní pojmy a vztahy v elektrotechnice - měří elektrické a neelektrické veličiny a vyhotovuje záznamy - volí správné pracovní postupy a technické prostředky při instalaci - montuje a zapojuje systémy - obsluhuje a udržuje v chodu tepelná čerpadla - diagnostikuje poruchy - opravuje systémy	3. Tepelná čerpadla - technická dokumentace - systémy tepelných čerpadel - montáž systémů - diagnostikování, opravy a údržba
- využívá informace o tepelných čerpadlech k jejich propagaci v jednání s veřejnou správou a veřejností - řídí se právními předpisy - zná a dodržuje předpisy a zásady BOZP	4. Podpora a osvěta pro využívání tepelných čerpadel - propagace - právní předpisy - předpisy BOZP

ÚSPORA ENERGIE VE STAVEBNICTVÍ

Výsledky vzdělávání	Učivo
Žák: - kategorizuje energetické zdroje, objasní význam a perspektivy využívání obnovitelných zdrojů energie - vyjmenuje a stručně charakterizuje všechny druhy obnovitelných a nevyčerpatelných zdrojů energie: slunce, voda, vítr, zdroje živé přírody - biomasa, energie akumulovaná v prostředí, hlubinné geotermální zdroje apod. - vysvětlí obecné výhody a nevýhody využívání obnovitelných zdrojů energie pro udržitelný rozvoj - zdůvodní význam energetických úspor ve vztahu k udržitelnému rozvoji, tj. k ochraně prostředí i k hospodářskému a sociálnímu rozvoji a objasní význam hledání nových energetických zdrojů	1. Význam a přehled využití obnovitelných a nevyčerpatelných energetických zdrojů - rozdíl mezi neobnovitelnými, nevyčerpatelnými a obnovitelnými přírodními zdroji - přehled obnovitelných a nevyčerpatelných energetických zdrojů - vztah energetiky k řešení současných globálních a regionálních problémů
- orientuje se v tepelně izolačních stavebních materiálech a porovná jejich vlastnosti - zvolí vhodný typ materiálu pro jednotlivé konstrukce - sleduje a hodnotí z různých hledisek nové možnosti využívání energeticky vhodných stavebních materiálů	2. Materiály - přehled a vlastnosti tepelně izolačních materiálů - volba materiálu
- vysvětlí význam snižování energie z ekonomických a ekologických hledisek - uvede příklady snižování energetické náročnosti domácností, finančně je zhodnotí - uvede základní principy pasivního využívání solární energie pro energetické úspory včetně konkrétních příkladů - uvede příklady snižování energetické náročnosti v průmyslových a zemědělských provozech ze stavebního hlediska	3. Snižování energetické náročnosti průmyslových provozů a domácností - význam - ekonomické a ekologické aspekty
- vysvětlí význam zateplování budov, zdůvodní ho z hledisek ekologických a ekonomických - charakterizuje zásady pro rekonstrukci budov z hledisek energetických úspor	4. Úspora energie ve stavebnictví - zateplování budov - rekonstrukce budov - nízkoenergetické domy

a objasní význam dodatečné izolace ve všech souvislostech (úspora, ochrana konstrukcí, apod.) - zvolí způsob zateplení podle účelu jednotlivých konstrukcí - vysvětlí a dodržuje technologické postupy při jednotlivých způsobech zateplení - vysvětlí principy a odlišnosti mezi způsobem výstavby nízkoenergetických a pasivních domů a úsporami při provozu objektů - provádí práce spojené s výstavbou nízkoenergetických a pasivních domů	- pasivní domy
- zhodnotí význam dřevěných staveb z hlediska energetického, ekonomického a sociálního i vzhledem k umístění v krajině k podmínkám prostředí	5. Ekologicky šetrné stavby - dřevostavby
- orientuje se v předpisech týkajících se energetických úspor souvisejících se stavebnictvím - vysvětlí roli stavebních úřadů - uvede účastníky investiční výstavby - zpracuje žádost na stavební úřad pro ohlášení stavby nebo stavební povolení	6. Legislativa - právní předpisy (Stavební zákon č.183/2006Sb., ve znění pozdějších předpisů) - přímí a nepřímí účastníci investiční výstavby
- využívá informace o energetických úsporách spojených se stavebnictvím k propagaci a k jednání s veřejnou správou a s veřejností - zná a dodržuje předpisy a zásady BOZP	7. Podpora a osvěta pro energetické úspory spojené se stavebnictvím - propagace - předpisy BOZP

VĚTRNÁ ENERGIE

Výsledky vzdělávání	Učivo
Žák: - kategorizuje energetické zdroje, objasní význam a perspektivy využívání obnovitelných zdrojů energie - vyjmenuje a stručně charakterizuje všechny druhy obnovitelných a nevyčerpatelných zdrojů energie: slunce, voda, vítr, zdroje živé přírody - biomasa, energie akumulovaná v prostředí, hlubinné geotermální zdroje apod. - vysvětlí obecné výhody a nevýhody využívání obnovitelných zdrojů energie pro udržitelný rozvoj - zdůvodní význam energetických úspor ve vztahu k udržitelnému rozvoji, tj. k ochraně prostředí i k hospodářskému a sociálnímu rozvoji a objasní význam hledání nových energetických zdrojů	1. Význam a přehled využití obnovitelných a nevyčerpatelných energetických zdrojů - rozdíl mezi neobnovitelnými, nevyčerpatelnými a obnovitelnými přírodními zdroji - přehled obnovitelných a nevyčerpatelných energetických zdrojů - vztah energetiky k řešení současných globálních a regionálních problémů
- vysvětlí význam, možnosti a obecné podmínky pro využití větrného zdroje energie a její podíl ze všech energetických zdrojů zejména u nás, ale i ve světě - stručně popíše i historický vývoj využití větrné energie	2. Význam a využití větrné energie - přehled a podmínky pro využití větrné energie
- vysvětlí princip různých typů VTE, jejich funkce a vlastnosti - charakterizuje podmínky vhodné pro stavbu VTE (přírodní, technické, ekonomické a environmentální) - charakterizuje provoz a podmínky provozu větrné elektrárny včetně jejího výkonu a výroby ve vztahu k provozním podmínkám a efektivitě - provádí montážní práce	3. Větrné elektrárny (VTE) - typy větrných elektráren - podmínky pro stavbu a provoz VTE
- využívá informace o větrné energii k její propagaci v jednání s veřejnou správou a veřejností - řídí se právními předpisy - zná a dodržuje předpisy a zásady BOZP	4. Podpora a osvěta pro využívání větrné energie - propagace - právní předpisy - předpisy BOZP

VODNÍ ENERGIE

Výsledky vzdělávání	Učivo
Žák: - kategorizuje energetické zdroje, objasní význam a perspektivy využívání obnovitelných zdrojů energie - vyjmenuje a stručně charakterizuje všechny druhy obnovitelných a nevyčerpatelných zdrojů energie: slunce, voda, vítr, zdroje živé přírody - biomasa, energie akumulovaná v prostředí, hlubinné geotermální zdroje apod. - vysvětlí obecné výhody a nevýhody využívání obnovitelných zdrojů energie pro udržitelný rozvoj - zdůvodní význam energetických úspor ve vztahu k udržitelnému rozvoji, tj. k ochraně prostředí i k hospodářskému a sociálnímu rozvoji a objasní význam hledání nových energetických zdrojů	1. Význam a přehled využití obnovitelných a nevyčerpatelných energetických zdrojů - rozdíl mezi neobnovitelnými, nevyčerpatelnými a obnovitelnými přírodními zdroji - přehled obnovitelných a nevyčerpatelných energetických zdrojů - vztah energetiky k řešení současných globálních a regionálních problémů
- vysvětlí význam, možnosti a obecné podmínky pro využití energie z vodních zdrojů a jejich podíl ze všech energetických zdrojů zejména u nás, ale i ve světě - stručně popíše i historický vývoj využití vodních zdrojů energie - hodnotí perspektivy využívání vodní energie i nové možnosti využívání (moře)	2. Význam a využití vodních zdrojů energie - přehled a podmínky pro využití energie z vodních zdrojů
- vysvětlí princip funkce a možnosti využití různých typů vodních turbín a vodních motorů	3. Vodní turbíny a motory - funkce a využití
- popíše přípravu stanoviště pro montáž - vysvětlí postup sestavování jednotlivých dílů - vysvětlí průběh a zásady montáže turbíny - orientuje se v technických podkladech - charakterizuje způsoby vyhledávání různých druhů závad - vysvětlí sestavení technologie oprav - objasní důvod provádění údržbářských, inspekčních a opravárenských prací na strojních součástech	4. Montáž turbín - příprava stanoviště - montáž turbín - závady a jejich vyhledávání - opravy a opravárenské práce - údržba - evidence dat

- charakterizuje způsob ošetřování a údržbu příslušného vybavení a strojů - eviduje technická data o průběhu a výsledcích práce	
- vysvětlí princip funkce vodních elektráren - charakterizuje přírodní podmínky vhodné pro stavbu vodní elektrárny - uvede optimální parametry/ukazatele (včetně ekonomických, ekologických, hygienických, bezpečnostních atd.) vhodné pro stavbu vodní elektrárny - charakterizuje provoz a podmínky provozu vodní elektrárny včetně jejího výkonu a výroby ve vztahu k provozním podmínkám a efektivitě vodní elektrárny - vypočítá dle zadání výkon a výrobu vodní elektrárny - provádí montážní práce - charakterizuje vztah vodních elektráren k ochraně organismů - popíše význam MVE z ekologického hlediska zejména ve vztahu k ochraně organismů	5. Vodní elektrárny - vodní elektrárny s výkonem nad 10 MWh - vodní elektrárny s výkonem do 10 MWh (MVE)
- využívá informace o vodní energii k její propagaci v jednání s veřejnou správou a veřejností - řídí se právními předpisy - zná a dodržuje předpisy a zásady BOZP	6. Podpora a osvěta pro využívání vodní energie - propagace - právní předpisy - předpisy BOZP

POZNÁMKY:

POZNÁMKY:

POZNÁMKY:

POZNÁMKY:



Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky