



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ**

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

**ENERGETICKÝ ÚSTAV**

ENERGY INSTITUTE

**PŘESTAVBA OBJEKTU MALÉ VODNÍ ELEKTRÁRNY**

ADAPTATION OF A SMALL HYDROPOWER FACILITY

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

Jakub Doseděl

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

Ing. Martin Hudec

BRNO 2018



# Zadání bakalářské práce

Ústav: Energetický ústav  
Student: **Jakub Doseděl**  
Studijní program: Strojírenství  
Studijní obor: Základy strojního inženýrství  
Vedoucí práce: **Ing. Martin Hudec**  
Akademický rok: 2017/18

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

## Přestavba objektu malé vodní elektrárny

### Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Historie využití vodní síly sahá do doby starověku. Na území současné Evropy se jedná především o dobu středověku a novověku. Ještě zdánlivě nedávná historie posledních 150 let vykazuje hojné využívání sebemenšího decentralizovaného zdroje vodní síly. V kontrastu se stávající snahou vyššího využití obnovitelných zdrojů je účelné zmapovat dřívější lokality, které se osvědčily a navrhnout jejich nové využití s přihlédnutím k nových technologiím, aktuální legislativě a podpoře OZE.

### Cíle bakalářské práce:

Souhrn a vysvětlení terminologie úzce spjaté s problematikou malých vodních elektráren se zaměřením na využitelnost toku, strojní zařízení, legislativu a ekonomiku provozu.

### Seznam doporučené literatury:

GABRIEL, P., ČIHÁK, F., KALANDRA, P.: Malé vodní elektrárny, Praha, 1998.

MELICHAR, J., VOJTEK, J., BLÁHA, J.: Malé vodní turbíny (konstrukce a provoz), Praha, 1998.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2017/18

V Brně, dne

L. S.

---

doc. Ing. Jiří Pospíšil, Ph.D.  
ředitel ústavu

---

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.  
děkan fakulty



## **ABSTRAKT**

Tato bakalářská práce pojednává o malých vodních elektrárnách. První část je věnována základnímu popisu vodních elektráren a jednotlivým typům strojního zařízení využívaným v malých vodních elektrárnách. Druhá část se věnuje legislativě spojené s výstavbou a provozem malé vodní elektrárny a její podpoře jako obnovitelného zdroje elektrické energie.

### **Klíčová slova**

Malá vodní elektrárna, vodní turbíny, povolovací proces, podpora obnovitelných zdrojů.

## **ABSTRACT**

This bachelor's thesis is about small hydropower facility. First part describes elementary types of hydropower facilities and classification of waterpower engines. Second part deals with legislation connected with permission issued by public law enabling construction and operation of a small hydropower facility and with promoting renewable energy sources.

### **Key words**

Small hydropower facility, water turbine, authorisation procedure, promoting renewable energy.

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

DOSEDĚL, J. *Přestavba objektu malé vodní elektrárny*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2018. 37 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Martin Hudec.

## **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma **Přestavba objektu malé vodní elektrárny** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který tvoří přílohu této práce.

---

Datum

---

Jméno a příjmení

## **PODĚKOVÁNÍ**

Děkuji tímto Ing. Martinu Hudcovi za cenné připomínky a rady, které mi poskytl při vypracování závěrečné práce.

-----  
podpis

## **OBSAH**

|       |                                                                  |    |
|-------|------------------------------------------------------------------|----|
| 1     | Malé vodní elektrárny.....                                       | 13 |
| 1.1   | Vodní poměry toku .....                                          | 13 |
| 1.1.1 | Průtok .....                                                     | 14 |
| 1.1.2 | Spád.....                                                        | 14 |
| 1.2   | Dělení vodních elektráren .....                                  | 14 |
| 1.2.1 | Dle výkonu: .....                                                | 15 |
| 1.2.2 | Dle získaného spádu:.....                                        | 15 |
| 1.3   | Základní výpočty .....                                           | 15 |
| 1.3.1 | Energetické výpočty .....                                        | 15 |
| 1.3.2 | Eulerova turbínová rovnice: .....                                | 16 |
| 2     | Vodní turbíny.....                                               | 17 |
| 2.1   | Vírová turbína .....                                             | 17 |
| 2.2   | Bánkiho turbína.....                                             | 18 |
| 2.3   | Francisova turbína.....                                          | 18 |
| 2.4   | Kaplanova turbína .....                                          | 19 |
| 2.5   | Peltonova turbína .....                                          | 20 |
| 2.6   | Bezlopatková miniturbína.....                                    | 20 |
| 2.7   | Závěrečné shrnutí.....                                           | 21 |
| 3     | Legislativní úprava .....                                        | 23 |
| 3.1   | Posouzení vlivů stavby na životní prostředí .....                | 23 |
| 3.2   | Územní řízení.....                                               | 23 |
| 3.3   | Stavební řízení .....                                            | 24 |
| 3.4   | Povolení k nakládání s povrchovými vodami.....                   | 24 |
| 3.5   | Kolaudační řízení a manipulační řád .....                        | 25 |
| 3.6   | Další povolení .....                                             | 25 |
| 3.7   | Zhodnocení kapitoly .....                                        | 26 |
| 4     | Výroba a podpora výroby elektřiny využívající vodní energii..... | 27 |
| 4.1   | Výroba elektrické energie ve vodních elektrárnách v ČR .....     | 27 |
| 4.2   | Evropský rámec podpory .....                                     | 29 |
| 4.3   | Formy podpory MVE v České republice a jejich aktuální výše ..... | 29 |
| 4.4   | Zhodnocení kapitoly .....                                        | 31 |
| 5     | Závěr.....                                                       | 32 |

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....   | 33 |
| SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK ..... | 34 |
| SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ ..... | 35 |
| SEZNAM OBRÁZKŮ .....           | 36 |
| SEZNAM TABULEK .....           | 37 |

## **ÚVOD**

Vodní energie je jednou z nejdéle využívaných forem energie, ostatně první vodní díla jsou známá již z 2. století př. n. l. v západobalkánské Illyrii. Po výstavbě vodních zařízení, jakými byly například mlýny, hamry či pily, během středověku došlo k rozmachu využívání vodní energie během 19. a v první polovině 20. století a to ve spojitosti s výstavbou decentralizovaných zdrojů elektrické energie. V druhé polovině 20. století potom význam vodních elektráren na území ČR postupně klesal, což bylo způsobeno výstavbou velkých tepelných či jaderných zdrojů a to i přes výstavbu našich největších vodních děl. Renezací začaly malé vodní elektrárny zažívat postupně od 90. let 20. století a její rozmach přišel se vstupem do Evropské unie a podporou obnovitelných zdrojů elektrické energie s důrazem na celkovou ekologičnost naší společnosti a s ní spojenou podporou obnovitelných zdrojů energie.

Nejenom že jsou malé vodní elektrárny obnovitelným zdrojem elektrické energie, ale plní v přírodě další funkce, jako například stavba malých hrází pomáhá udržovat vodu v krajině stejně, jako pomáhá při regulaci a udržení průtočnosti během sušších období, dalším významným přispěním vodních elektráren je možnost rychle reagovat na požadavky odběratelů elektrické energie a vznikající nevyváženosti v elektrické přenosové soustavě. Svoji vlastní a nezastupitelnou roli hrají přečerpávací elektrárny, jako jsou Dlouhé Stráně v Hrubém Jeseníku, které pomáhají během nočních poklesů odběrů využívat levnou elektrickou energii a naopak, během špiček jsou schopny energii do sítě dodávat, což přispívá ke stabilizaci přenosové soustavy.

Samozřejmě stavba malé vodní elektrárny je spojena s množstvím veřejnoprávních povolení, která umožňují orgánům státní správy plánování efektivního a udržitelného využívání území a realizaci státní politiky na poli obnovitelných zdrojů elektrické energie. Jelikož jsou některá tato povolení odvislá od instalovaného výkonu, rozhodl jsem se věnovat pouze vodním zdrojům, jejichž instalovaný výkon není vyšší než 10 MW a to s přihlédnutím k velkému počtu těchto elektráren na našem území.



## **1 Malé vodní elektrárny**

Vodní energie je jedna z nejstarších člověkem využívaných forem energie a vodní toky jsou obnovitelným a téměř nevýčerpatelným zdrojem této energie. Velkou výhodou těchto elektráren je jejich neutrální až kladný dopad na životní prostředí a v poslední době zejména schopnost akumulace vody v krajině, což je v opakujících se obdobích sucha čím dál tím důležitější. Z technického hlediska se jedná o poměrně jednoduchá zařízení, která jsou ovšem náročná na svoji přesnost. Existuje mnoho druhů malých vodních elektráren (dále jako „MVE“) ale všechny lze popsat pomocí elementárních rovnic hydromechaniky. Právě tomuto se věnuje tato kapitola.

### **1.1 Vodní poměry toku**

Vzhledem k poloze České republiky ve středu Evropy, ostatně často označované za její střechu, nejsou podmínky pro využití vodní energie ideální, obzvláště pokud hovoříme o velkých vodních dílech, neboť jejich potenciál je na území České republiky téměř vyčerpán a plánované velké vodohospodářské stavby mají plnit spíše jiné účely (boj proti suchu, protipovodňové opatření, udržování vody v krajině). Stejně tak nám chybí velká pohoří, která by zvyšovala potenciál vodních toků, jako je tomu v severní Evropě, nehledě na to, že většina našich horních toků leží v oblastech se zvláště chráněnou přírodou, kde je výstavba značně omezena. Proto je potřeba využívat převážně střední toky našich řek.

Vodní elektrárny lze dělit dle mnoha aspektů. Prvotně je lze rozdělit na díla regulační a díla průtočná. Jak již sám název napovídá, regulační díla pomocí stavebních úprav toku mění vodní poměry toku pomocí umělé akumulace vody, zatímco vodní elektrárny průtočné využívají pouze okamžitý průtok. Jak je vidno, průtočné elektrárny jsou náchylnější ke krátkodobým změnám v průtocích, kdy nejsou schopny během náhlých zvýšení průtoků, například díky deštům, tyto průtoky využít, jelikož dosáhnou maximální hltlosti turbíny a další voda odchází jako jalový průtok energeticky nevyužita. Tomuto problému se regulační díla snaží vyhnout. Naproti tomu jsou tato díla často konstruována pro využití týdenních či denních akumulací během špiček. Nicméně jsou pořizovací náklady regulační elektrárny nepoměrně větší, stejně jako je jejich zásah do krajiny oproti průtočným elektrárnám větší a proto nejsou příliš vhodné k menším instalacím.

Jak již bylo nastíněno výše, problémem MVE je proměnlivost průtoku v závislosti na čase, a to nejenom během jediného dne, ale také během celého roku. Pro lepší přehlednost parametrů vodního toku se proto konstruují grafy průměnlivosti průtoku toku, čáry překročení průměrných denních průtoků, čáry překročení průměrné denní měrné energie, hydrologické charakteristiky díla či čáry překročení průměrných denních výkonů. Všechny tyto charakteristiky pak slouží k popsání hydrologických podmínek, na jejichž základě dochází k návrhu vhodného typu elektrárny a zejména pak turbíny, stejně jako se z nich vychází při stanovení podmínek provozu daných veřejnoprávními povoleními.

Dva základní parametry, které určují výkon vodní elektrárny, jsou průtok a spád, jako další parametr můžeme uvést celkovou účinnost, respektive ztráty způsobené netěsnostmi, třením atd.

### 1.1.1 Průtok

Průtok lze definovat jako množství vody protékající sledovanou oblastí za jednotku času. Přičemž jak již bylo nastíněno výše lze rozlišovat zejména tyto typy průtoků:

1. nejmenší ( $Q_{p \min}$ ) a největší ( $Q_{p \max}$ ) využitelný průtok: největší a nejmenší průtok, kterého bylo dosaženo na vodním toku za sledované období
2. průměrný roční využitelný průtok: celkové využitelné množství vody dělené počtem sekund v roce

Z hlediska využití průtoku turbínou rozlišujeme:

1. průtok turbínou ( $Q_T$ ): množství vody potřebné pro dosažení daného výkonu turbíny
2. hltlost turbíny ( $Q_H$ ): největší dosažitelný průtok turbínou
3. jmenovitá hltlost ( $Q_{jm}$ ): maximální hltlost při jmenovitém spádu
4. jednotkový průtok turbínou ( $Q_{11}$ ): průtok přepočtený na spád  $H = 1\text{ m}$  a průměr oběžného kola  $D = 1\text{ m}$
5. využitelný průtok turbínou ( $Q_v$ ): průtok turbínou, který je možný energeticky využít při daném spádu

### 1.1.2 Spád

Spád je obecně vzato výškový rozdíl mezi horní a dolní hladinou (takový spád se nazývá celkový). Pokud od celkového (hrubého) spádu  $H_c$  odečteme spád odpovídající ztrátám v potrubí, potom získáme spád provozní (užitný)  $H_p$ . Podle velikosti využívaného spádu se vodní elektrárny dělí na nízkotlaké, středotlaké a vysokotlaké. Příslušné hodnoty uvádí tabulka 1.1.

Tab. 1.1 Dělení elektráren dle spádu

| Druh vodní elektrárny | Spád [m] |             |
|-----------------------|----------|-------------|
|                       | od       | do (včetně) |
| Nízkotlaká            | —        | 20          |
| Středotlaká           | 20       | 100         |
| Vysokotlaká           | 100      | —           |

## 1.2 Dělení vodních elektráren

Existují rozdílné parametry pro dělení (M)VE. Krom výše popsaného dělení dle pracovního režimu na průtočné a regulované či dle spádu lze jako kritérium užít například instalovaný výkon nebo způsob vzniku spádu, jak je uvedeno dále.

### 1.2.1 Dle výkonu:

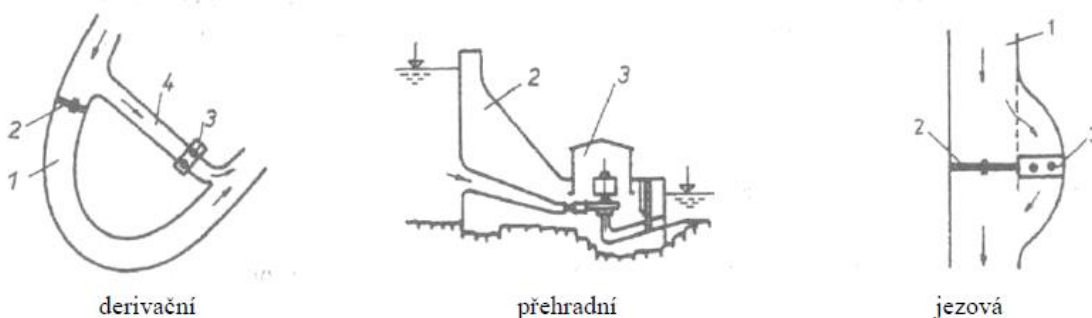
Jak bylo zmíněno v úvodu, vycházím při hodnocení, zda se jedná o malou vodní elektrárnu, z velikosti instalovaného výkonu, což je v souladu s ČSN 75 0128, která dělí vodní elektrárny na:

- velké instalovaný výkon nad 200 MW
- střední instalovaný výkon od 10 MW do 200 MW
- malé instalovaný výkon do 10 MW

### 1.2.2 Dle získaného spádu:

V našich geografických podmínkách se spád získává pomocí jeho umělého navýšení a z pohledu způsobu jeho navýšení tak lze vodní díla rozdělit dle obr. 1.1 na:

- derivační – zkrácením vzdálenosti mezi dvěma body přirozeného toku pomocí umělého kanálu se přirozený spád řeky koncentruje
- přehradní – spád se získává vybudováním tělesa hráze, čímž se zvyšuje hladina v horní zdrži; většinou se budují na středních úsecích toku
- jezová – spád se získává budováním jezů; většinou se budují na dolních částech toku



Obrázek 1.1 Základní varianty řešení hydroenergetických děl [1]

1 – koryto řeky; 2 – vzdouvací zařízení; 3 – elektrárna; 4 – derivační přivaděč

## 1.3 Základní výpočty

### 1.3.1 Energetické výpočty

Teoretickou energii  $E_t$  [J] lze získat rovnicí 1.1 ze spádu  $H$  [m], hustoty kapaliny  $\rho$  [ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ] a objemu kapaliny  $V$  [ $\text{m}^3$ ]:

$$E_t = H \cdot \rho \cdot g \cdot V \quad \text{Rov. 1.1}$$

Pokud tuto energii podělíme hmotností vody, která za daný časový úsek proteče pozorovaným místem, získáme měrnou energii  $E_m$  [ $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$ ], tato hodnota je vzhledem

k proměnlivosti průtoků více vypovídající o množství energie, kterou je vodní elektrárna schopna dodat.

Teoretický hydroenergetický potenciál (respektive teoretický výkon  $P_t[W]$ ) se vypočte rov. 1.2 z průtoku  $Q [m^3 \cdot s^{-1}]$ , spádu  $H [m]$  a hustoty kapaliny  $\rho [kg \cdot m^{-3}]$  jako:

$$P_t = H \cdot \rho \cdot g \cdot Q \quad \text{Rov. 1.2}$$

Od takto získaného výkonu musíme odečíst ztráty objemové, hydraulické a mechanické abychom získali alespoň teoretickou představu o reálném výkonu zařízení.

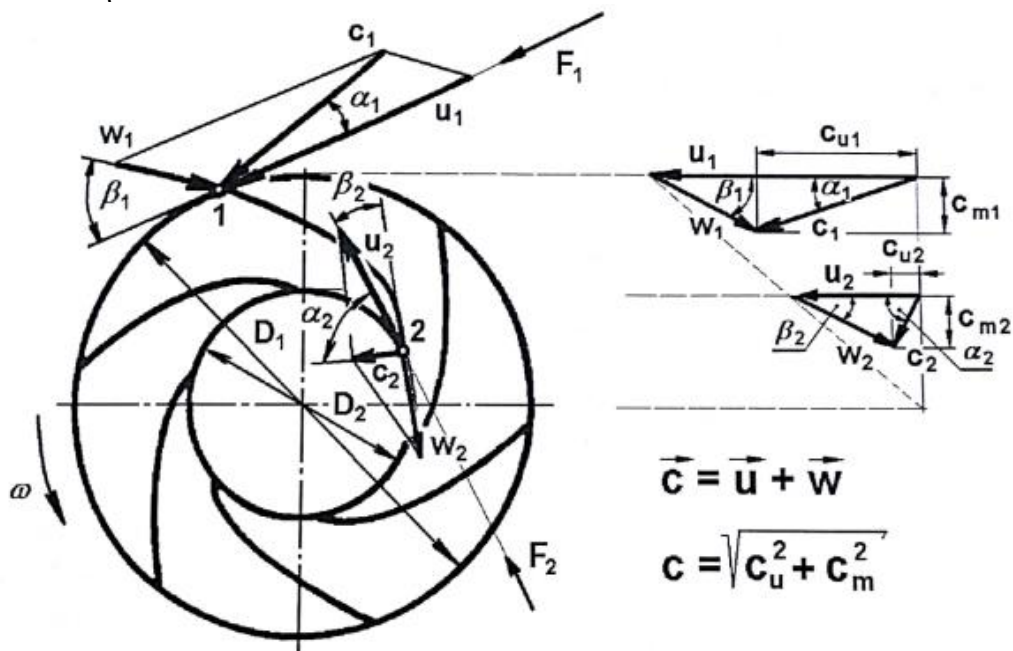
### 1.3.2 Eulerova turbínová rovnice:

Eulerova turbínová rovnice (rov. 1.3) vychází z rozdílů složek rychlostí kapaliny na vstupu a na výstupu, což vyplývá z kinematických poměrů oběžného kola (viz obr. 1.2)

$$Y_T \cdot \eta = u_1 \cdot c_{u1} - u_2 \cdot c_{u2} \quad \text{Rov. 1.3}$$

, kde:

- $u_1$  – obvodová rychlost na vstupu do oběžného kola
- $c_{u1}$  – obvodová složka absolutní rychlosti na vstupu
- $u_2$  – obvodová rychlost na výstupu z oběžného kola
- $c_{u2}$  – obvodová složka absolutní rychlosti na výstupu
- $Y_T$  – energie oběžného kola
- $\eta_h$  – účinnost



Obrázek 1.2 Kinematické poměry v oběžném kole[2]

## 2 Vodní turbíny

V případě turbín se jedná o rotační hydraulické stroje, které přeměňují tlakovou a kinetickou energii vody v mechanickou práci. Jejich mechanický výkon je měřen na výstupní hřídeli dle rov. 2.1. Tato kapitola je zaměřena na jednotlivé typy turbín, které lze uvažovat pro použití v MVE.

$$P_h = M \cdot \omega \quad \text{Rov. 2.1}$$

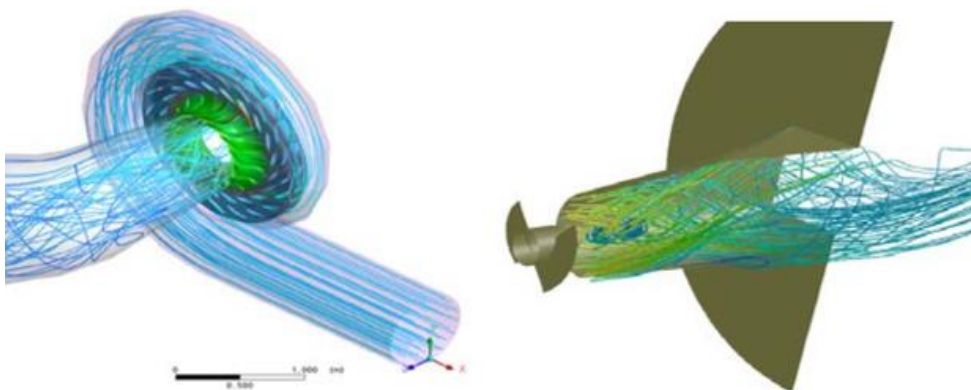
, kde:  $M$  – krouticí moment na hřídeli  
 $\omega$  – úhlová rychlost výstupní hřídele

### 2.1 Vírová turbína

Unikátním vynálezem na poli využití energetického potenciálu říčních toků v České republice je vírová turbína vyvíjená na Odboru fluidního inženýrství Viktora Kaplana Energetického ústavu VUT v Brně. Tato turbína užívá pro chod opačného principu než konvenční turbíny a matematicky ji popíšeme upravením Eulerovi turbínové rovnice (rov. 1.3) a to tak, jak popisuje rov. 2.1. Voda se tedy při vstupu do oběžného kola pohybuje ve směru osy rotace oběžného kola, zatímco oběžné kolo opouští ve směru opačném k rotaci a tím vytváří v zařízení vír, jak ukazuje obr. 2.1. Jelikož voda vstupuje do turbíny přímo, není potřeba sestavovat složitý regulační a rozváděcí aparát a tím pádem se snižují jak cenové, tak prostorové nároky na konstrukci. Oproti Kaplanově turbíně se jedná o konstrukčně jednodušší řešení (lopatky oběžného kola jsou pevně spojeny s hřídelí) proto je i její pořizovací cena nižší. Zároveň turbína může dosahovat vyšších otáček a není tak potřeba převodový mechanismus, což také snižuje pořizovací náklady.

$$Y_T \cdot \eta_h = -u_2 \cdot c_{u2} \quad \text{Rov. 2.1}$$

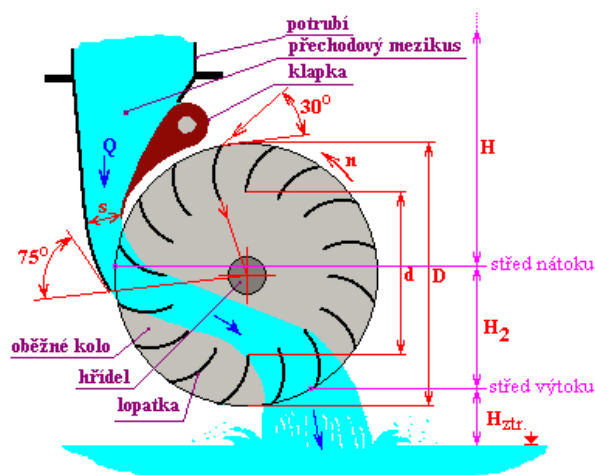
První dvě násoskové vírové turbíny provozované energetickou společností byly instalovány v roce 2016 na vodním díle Želina u Kadaně, která je ročně schopna dodat až 200 MWh za rok, což představuje spotřebu elektrické energie přibližně sta domácností [3]. Jelikož je tato turbína konstruována pro spády od 1 do 5 m a průtoky od  $0,2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  je vhodná pro využití na středních a menších tocích a to zejména v místech, kde již v minulosti byly instalovány stroje využívající sílu vody.



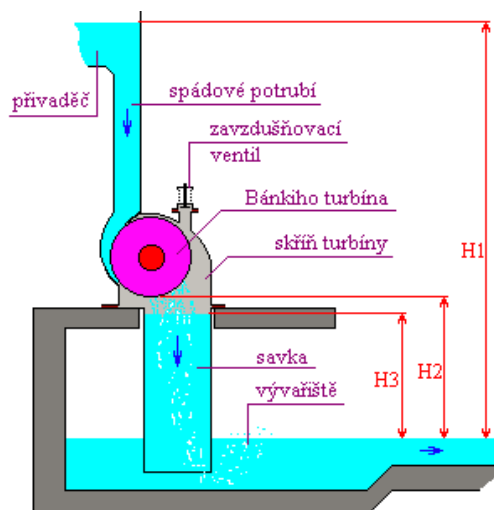
Obrázek 2.1 Porovnání výstupu vody z klasické (vlevo) a vírové turbíny [4]

## 2.2 Bánkiho turbína

Jedná se o jednu z nejjednodušších turbín, které lze využít. Je konstruována pro spády zhruba od 2 do 30 metrů a průtoky přibližně od 20 až do 2000 l·s<sup>-1</sup>. Jedná se o turbínu, která průtok vody přes oběžné kolo využívá hned dvakrát (viz obr. 2.2). Voda vstupuje přetlakově dostředivě, kde předává část své kinetické energie oběžnému kolu. Dále dopadá odstředivě na lopatky oběžného kola v dolní části turbíny, kde rovnotlance předává další část své energie. Tato část musí být konstrukčně dobře řešena, jelikož při nevhodném dopadu vody na oběžné kolo může docházet k jeho zpomalování a tím pádem snižování účinnosti celého soustrojí. Přičemž platí, že první fáze se podílí na celkové účinnosti stroje ze 79 % a druhý průchod potom ze zbylých 21 %. Pro zvýšení hodnot využitelného spádu se na konec soustrojí přidává savka zanořená do odpadního kanálu, ve které postupně provozem turbíny vzniká podtlak a hladina v savce postupně roste, čímž roste využitelný spád o hodnotu  $H_3$  dle obrázku 2.3. V případě připojení savky je potřeba na skříň turbíny umístit zavzdušňovací ventil aby nedošlo k nárůstu hladiny až po oběžné kolo.



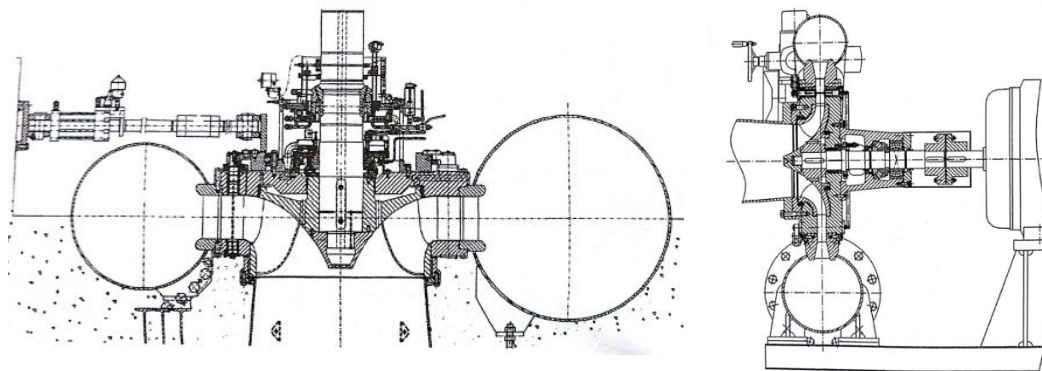
Obrázek 2.2 Bánkiho turbína - princip funkce



Obrázek 2.3 Bánkiho turbína se savkou

## 2.3 Francisova turbína

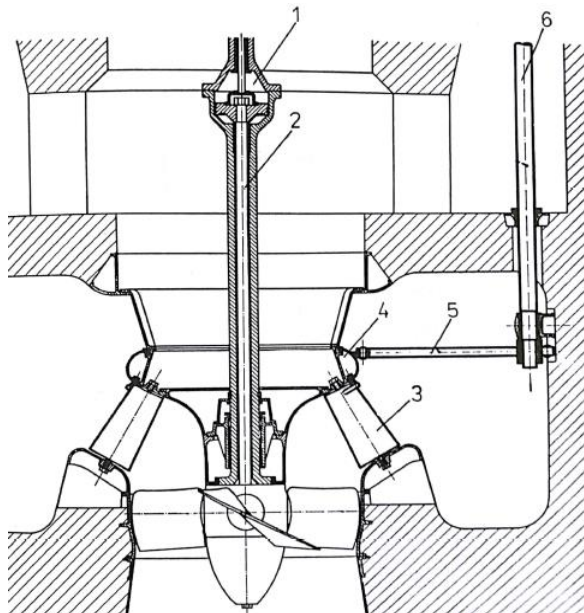
Jedná se o přetlakovou, radiálně axiální turbínu užívanou pro spády pod 30 do a průtoky od 0,6 m<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>. Voda protéká dostředivě oběžným kolem, jehož lopatky jsou pevně spojeny s hřídelí. Regulace průtoku je zajištěna pomocí natáčecích rozváděcích lopatek v pevně umístěném rozváděči. Rozváděcí lopatky jsou ovládány regulačním mechanismem. Francisova turbína je do vodních děl umísťována nejčastěji ve dvou provedeních, a to jako vertikální nebo horizontální se spirálou a sací troubou (viz obr. 2.4 a 2.5). Z hlediska technického a stavebního je lepší provedení horizontální, jelikož je méně prostorově náročné a hmotnost oběžného kola nepůsobí v axiálním směru a tím jsou daná ložiska méně namáhána. Francisova turbína může být konstruována také pro reversní provoz jako čerpadlová turbína, a proto se využívá v přečerpávacích elektrárnách (u nás např. Dlouhé stráně nebo Dalešice).



Obrázek 2.4 Vertikální a horizontální spirální Francisova turbína [1]

## 2.4 Kaplanova turbína

Jedná se o přetlakovou axiální turbínu užívanou pro spády od 1 m a průtoky až  $900 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , užívá se tedy pro nižší spády ale velké průtoky. Hlavní předností Kaplanovy turbíny je rozsah regulace, která je zajištěna jak pohyblivými lopatkami vnějšího regulátoru, tak schopností lopatek oběžného kola se natáčet (osa čepu lopatek svírá s osou náboje úhel  $90^\circ$ ) a tím zvyšovat účinnost stroje při různých hodnotách průtoku, přičemž natáčení lopatek probíhá za provozu současně a vázaně. Kaplanova turbína může být provedena axiálně případně horizontálně, se spirálou. Na originální Kaplanovu turbínu navazují různé variantní uspořádání (např. axiální neregulovatelná, propelerová nebo semikaplan) [2]. Přes výše zmíněné výhody má Kaplanova turbína dvě základní nevýhody. První je náchylnost ke kavitaci a druhou potom vysoká výrobní cena způsobená konstrukční náročností.

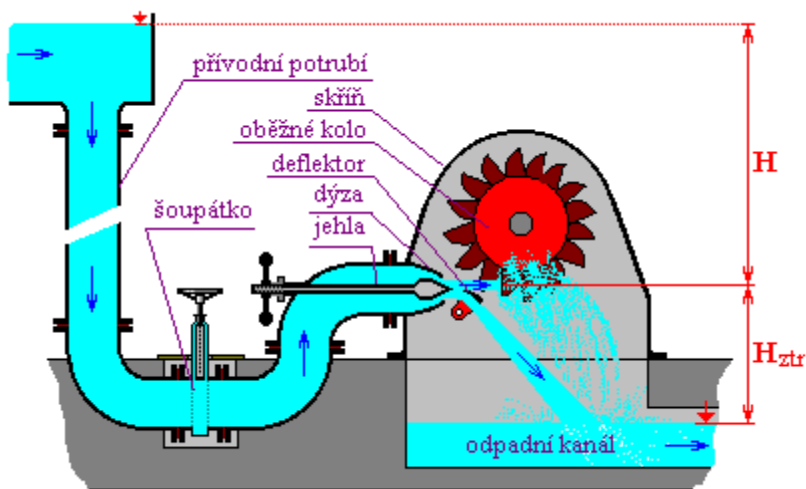


Obrázek 2.5 Kaplanova turbína s diagonálním rozváděčem [1]

1 – ovládací servomotor; 2 – pístní tyč; 3 – diagonální rozváděč; 4 – regulační kruh; 5 – táhlo;  
6 – regulační hřídel

## 2.5 Peltonova turbína

Tato rovnotlaká tangenciální turbína je určena pro nízké průtoky přibližně od 0,01 a vysoké spády a proto se užívá v horských oblastech. Voda je usměřňována pomocí minimálně jedné dýzy do kompaktního paprsku kruhového průřezu, který ostříkuje oběžné lopatky ve tvaru korečku. Regulace výkonu probíhá pomocí jehly umístěné v dýze. Okamžité odstavení turbíny je zajištěno tzv. deviátory nebo deflektory, které odstíní vodní paprsek tak, aby již nedopadal na lopatky turbíny a to za současného uzavírání dýzy pomocí jehly. Vzhledem k využívání vysokých spádů není Peltonova turbína vhodná pro užití v České republice.



Obrázek 2.6 Peltonova turbína[6]

## 2.6 Bezlopatková miniturbína

Výsledkem snah o co nejširší využívání vodní energie se stala konstrukce odvalovací bezlopatkové miniturbíny (dále též „SETUR“) na ČVUT v Praze. Cod turbíny je založen na odvalování excentricky uloženého rotoru po výtakovém konfuzoru. Největší výhodou tohoto zařízení je schopnost pracovat při relativně nízkých vstupních parametrech vody, ať již se jedná o výšku nebo průtok. Rotor může být napojen přímo na zařízení a předávat tak mechanickou energii nebo může být přes Kardanův kloub a převod napojen na generátor. Rotor turbíny se může nacházet ve dvou základních uspořádáních – buď jako podepřený nebo jako zavěšený.

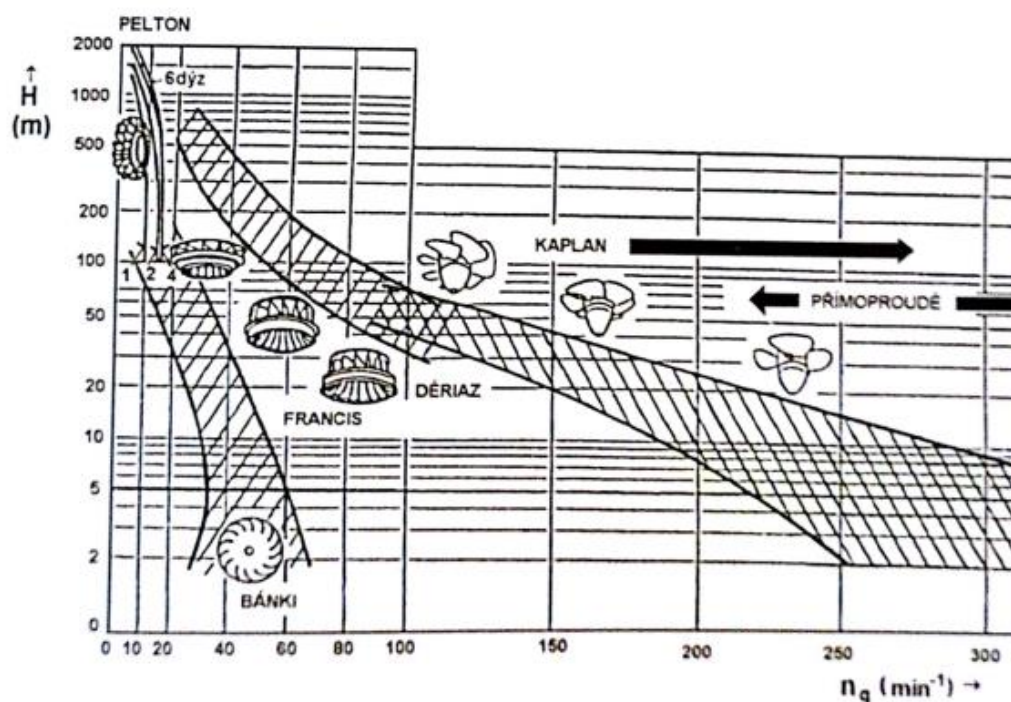
Dle experimentálních měření provedených na uzavřeném zkušebním hydraulickém okruhu v laboratoři Katedry mechaniky a strojnictví Technické fakulty České zemědělské univerzity vyplynulo několik zajímavých faktů. Zaprvé křivka účinnosti v závislosti na zatížení/otáčkách je v místech nejvyšší účinnosti a největšího výkonu generátoru plochá. Zadruhé, jak již bylo naznačeno výše, optimem pro provoz testované turbíny byl spád 6 metrů, průtok  $12 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$  a rozmezí optimálních otáček je od 200 do 215 za minutu.

Další experimentální měření provedená na modifikovaném zařízení v Mechanice Králův Dvůr, s.r.o. a v poloprovozu v německém Tannenbergu byla potvrzena vhodnost zařízení pro ostrovní provoz, zejména pro nabíjení akumulátorů nebo pro provoz čerpacích zařízení a to na místech, která jsou jinými stroji nevyužitelná. Dle měření provedených v Tannenbergu, může miniturbína DVE 120 dosahovat okamžitého výkonu okolo 15 W a to při užitném spádu 1,37 m

a průtoku  $5 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ . Na základě rovnice 1.2 lze říci, že při těchto nízkých provozních parametrech (na samotné hranici provozuschopnosti – zařízení SETUR je dimenzováno pro spád alespoň 3 m a průtoky nad  $6 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ ) lze dosáhnout účinnosti přibližně 22,4 % [7].

## 2.7 Závěrečné shrnutí

Jak vyplývá z výše uvedeného, je nutné pro dané parametry zvolit vhodnou turbínu přičemž z obr. 2.8 vyplývá, že některé provozní oblasti turbín se překrývají, což lze využít při volbě v případech, kdy nelze zajistit relativně konstantní průtok po celé období roku. Nicméně v mezních případech je třeba dbát zejména ekonomické návratnosti a to vzhledem k ceně stavebních prací, ceně zařízení a dalším nákladům.



Obrázek 2.7 Oblasti použití základních typů turbín



### **3 Legislativní úprava**

Tato kapitola je zaměřena na právní rámec výstavby a provozu malých vodních elektráren. Vzhledem k omezenosti rozsahu bakalářské práce a celkovému účelu této práce zde není řešena rovina soukromoprávní, která může být v některých případech mnohem problematičtější, než rovina veřejnoprávní, které se tato kapitola věnuje.

#### **3.1 Posouzení vlivů stavby na životní prostředí**

Posuzování vlivů stavby na životní prostředí, známější pod zkratkou EIA (z. angl. Environmental Impact Assessment), je založeno na zásadě prevence ochrany životního prostředí a slouží ke komplexnímu posouzení nejen negativních vlivů stavby na životní prostředí a na zdraví člověka, ale také k co možná nejlepšímu využití území v rámci udržitelného rozvoje a k získání odborného podkladu pro orgány státní správy pro vydání rozhodnutí v navazujících řízeních.

Správní proces vydání závazného stanoviska k posouzení vlivů provedení záměru na životní prostředí je upraven v z. č. 100/2001 Sb., O posuzování vlivů na životní prostředí (dále jako „ZEIA“). Samozřejmě je potřeba mít na paměti, že se jedná o vydání závazného stanoviska ve smyslu § 149 z. č. 500/2004 Sb. Správní řád (dále jako „SŘ“), a proto je i postup příslušného správního orgánu (Ministerstva životního prostředí nebo Krajského úřadu) řízen SŘ s užitím výkladového pravidla *lex specialis derogat generali*, což je také v rámci udržitelné právní jistoty vyjádřeno v § 1 odst. 2 SŘ.

Potřebu vést zjišťovací řízení je nutné posuzovat dle ustanovení § 4 odst. 1 písmene c) ZEIA respektive dle bodu 6 Přílohy 1 tohoto zákon Zjišťovací řízení je třeba vést v případě, že celkový instalovaný elektrický výkon vodní elektrárny dosahuje alespoň 10 MW. Což je hranicí pro určení zda se jedná o malou vodní elektrárnu a proto se nebudu v této práci zabývat případy, kdy je výsledkem zjišťovacího řízení nutnost vydání stanoviska k posouzení vlivů provedení záměru na životní prostředí.

Okrajově je potřeba zmínit ustanovení § 4 odst. 1 písmene d) ZEIA podle kterého podléhají posuzování ve zjišťovacím řízení také zařízení, která dosahují alespoň 25% stanovené hranice, v našem případě tedy 2,5 MW, a zároveň se nachází v zvláště chráněném území nebo jeho ochranném pásmu a místně příslušný krajský úřad tak stanoví, přičemž tyto tři podmínky musí být naplněny současně.

#### **3.2 Územní řízení**

Prvním krokem k výstavbě MVE je získání územního rozhodnutí o umístění stavby dle § 79 z. č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (dále jako „StZ“). Územní rozhodnutí vymezuje stavební pozemek, umísťuje navrhovanou stavbu, stanovuje její druh a účel, stejně jako podmínky pro dokumentaci a stavební povolení. Územní rozhodnutí vydává místně a věcně příslušný stavební úřad dle § 92 a násl. StZ. Tímto stavebním úřadem je úřad obce s rozšířenou působností, pověřený obecní úřad nebo městský a obecní úřad, který byl stavebním úřadem k 31. prosinci 2012. K získání rozhodnutí je potřeba jak závazné stanovisko vodoprávního úřadu dle § 104 odst. 9 z. č.

254/2001 Sb., o vodách (dále jako „VZ“) tak souhlasné vyjádření příslušného povodí a to dle § 54 odst. 4 VZ. V těchto vyjádřeních příslušné orgány sdělují obecnému stavebnímu úřadu soulad návrhu dokumentace k územnímu řízení se zájmem na ochraně povrchové vody a s plánem oblasti povodí. Vydané územní rozhodnutí je rozhodnutím ve smyslu § 9 SŘ a proto stavební úřad užije při jeho vydání část II. a III. SŘ.

Rozsah a obsah dokumentace pro vydání územního rozhodnutí stanovuje § 1a vyhlášky Ministerstva pro místní rozvoj č. 499/2006 o dokumentaci staveb.

### **3.3 Stavební řízení**

Účelem stavebního řízení je vydání stavebního povolení, které specifikuje zejména způsob provádění stavby a konkrétní konstrukční řešení. Stavební povolení se dle § 108 StZ vyžaduje u staveb všeho druhu bez zřetele na jejich technické provedení, účel a dobu trvání. Stavební povolení je správním rozhodnutím ve smyslu § 9 SŘ. Speciálním stavebním úřadem, který toto povolení vydává je u vodních děl dle § 15 odst. 1 písmeno d) StZ orgán vykonávající státní správu na příslušném úseku respektive vodoprávní úřad dle § 15 odst. 5 VZ, přičemž vodním dílem se dle § 55 odst. 1 písmene g) VZ rozumí stavba sloužící k využití vodní energie a energetického potenciálu. Speciální stavební úřad nesmí vydat stavební povolení bez souhlasu obecního stavebního úřadu, který ověřuje dodržení podmínek uvedených v územním rozhodnutí. Tento souhlas není dle § 15 odst. 2 StZ správním rozhodnutím. Náležitosti žádosti o stavební povolení k vodnímu dílu určuje vyhláška Ministerstva zemědělství č. 432/2001 o rozhodnutí nebo vyjádření a o náležitostech povolení, souhlasů a vyjádření vodoprávního úřadu a vyhláška Ministerstva pro místní rozvoj č. 499/2006 o dokumentaci staveb.

### **3.4 Povolení k nakládání s povrchovými vodami**

Před zahájením provozu vodní elektrárny, respektive před využíváním energetického potenciálu povrchové vody, je potřeba od vodoprávního úřadu (obecní úřad nebo obecní úřad obce s rozšířenou působností) získat povolení k nakládání s povrchovými vodami dle § 8 odst. 1 písmene a) bod 3 VZ. K vydání povolení poskytuje správce povodí své stanovisko. V tomto povolení příslušný úřad stanovuje zejména množství vody, které lze využít pro energetické účely, respektive stanovuje minimální zůstatkový průtok. Tento průtok je definován § 36 VZ, který stanovuje minimální zůstatkový průtok jako průtok povrchových vod, který ještě umožňuje obecné nakládání s povrchovými vodami a ekologické funkce vodního toku. Vodoprávní úřad stanovuje hodnotu minimálního průtoku na základě metodického pokynu Ministerstva životního prostředí uveřejněném ve věstníku č. 5/98 [8]. Hodnoty minimálních průtoků potom vychází z průtoků  $Q_{330d}$ ,  $Q_{355d}$  a  $Q_{364d}$  jak uvádí tab. 3.1.

Tab. 3.1 Výpočet minimálních průtoků

| průtok $Q_{355d}$                            | minimální zůstatkový průtok       |
|----------------------------------------------|-----------------------------------|
| $< 0,05 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$     | $Q_{330d}$                        |
| $0,05 - 0,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ | $(Q_{330d} + Q_{355d}) \cdot 0,5$ |
| $0,51 - 5,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ | $Q_{355d}$                        |
| $> 5,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$      | $(Q_{355d} + Q_{364d}) \cdot 0,5$ |

V případě, kdy je součástí stavby vodní elektrárny také přívodní nebo odtokový kanál, je potřeba vydat pro tuto stavbu zvláštní povolení pro nakládání s povrchovými vodami, jelikož se jedná o stavbu ovlivňující vodní poměry v daném místě a to v širším okolí vodního díla využívajícího energetický potenciál vodního toku, jak uvádí Výkladové stanovisko č. j. 31121/2005-16300 výkladové komise Ministerstva zemědělství České republiky [9]. Nicméně na místě je potřeba poznamenat, že vždy se jedná o individuální posouzení vodoprávního úřadu, zda je či není pro konkrétní stavbu potřebné vydat příslušné povolení.

### 3.5 Kolaudační řízení a manipulační řád

Po ukončení výstavby je potřeba pro řádný a zákonný provoz vydat kolaudační souhlas, který vydává příslušný stavební úřad, tedy vodoprávní úřad. Dále může vodoprávní úřad ve stavebním povolení vyzvat stavebníka, aby předložil manipulační řád vodního díla (dle § 15 odst. 7 VZ), který se schválením stává závazným pro provoz daného vodního díla. Vypracování a obsah manipulačního řádu se řídí vyhláškou Ministerstva zemědělství č. 216/2011 o náležitostech manipulačních řádů a provozních řádů vodních děl.

### 3.6 Další povolení

Krom výše zmíněných a ve zkratce představených povoleních, je potřeba v závislosti na konkrétních poměrech stavby a jejího umístění v krajině žádat o další povolení, která jsou představena níže.

V případě výstavby vodní elektrárny na specifických místech může být požadováno také závazné stanovisko orgánu ochrany přírody a krajiny, zejména dle § 4 odst. 2 z. č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny (dále jako „ZOPK“) - umístování v okolí významného krajinného prvku.

V případě, kdy je stavba umístována na pozemku, který je součástí zemědělského půdního fondu (dále jako „ZPF“), musí být tento pozemek vyňat ze ZPF a to rozhodnutím orgánu ochrany ZPF dle z. č. 334/1992 Sb. o ochraně zemědělského půdního fondu.

V případě že se jedná o stavbu v blízkosti (pozemky do 50 m) okraje pozemku určeného k plnění funkcí lesa je potřeba k vydání rozhodnutí o umístění stavby a ke stavebnímu povolení závazné stanovisko orgánu státní správy lesů dle § 14 odst. 3 z. č. 289/1995 Sb., o lesích.

V případě výskytu zvláště chráněného druhu rostlin nebo živočicha v okolí stavby je potřeba povolení k výjimce ze zákazu dle § 56 ZOPK. Pokud je nutné pokácet

v rámci výstavby strom ležící mimo les, je k tomu nutné získat povolení dle § 8 ZOPK. O toto povolení lze požádat až po vydání územního rozhodnutí o umístění stavby.

Dále je nezbytné v případě, že se nejedná o ostrovní provoz, zajistit příslušná povolení k připojení do elektrické distribuční sítě

### **3.7 Zhodnocení kapitoly**

Byť se může zdát, že existuje enormní administrativní zátěž ležící na bedrech případného stavebníka, domnívám se, že jednotlivá povolení mají své opodstatnění stejně jako stanoviska a vyjádření orgánů státní správy. Pokud se jedná o obávané účastenství spolků na ochranu přírody, není potřeba mít obavy a to díky novele ZOPK účinné k 1. lednu 2018, která nyní nově umožňuje účastenství těchto spolků pouze v případě řízení vedených dle ZOPK. Na základě výše uvedeného je patrné, že krom hranice 10 MW celkového instalovaného výkonu pro určení, zda proběhne zjišťovací řízení dle ZEIA, nemá na administrativní řízení instalovaný výkon vliv. Ovlivňuje pouze požadavky na technickou dokumentaci, respektive na technické provedení díla.

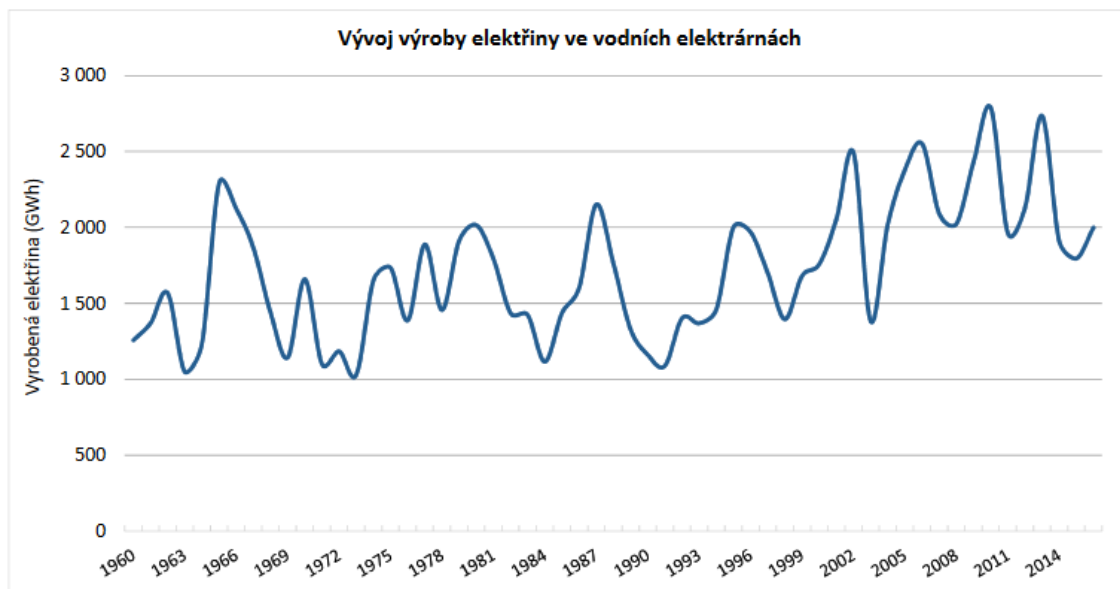
## 4 Výroba a podpora výroby elektřiny využívající vodní energii

Výroba elektřiny používající vodní energii má v České republice dlouholetou tradici. Ostatně ve 30. letech 20. století bylo na území Československé republiky přibližně 15 000 lokalit využívajících vodní energii. Během období plánovaného hospodářství mnoho z těchto děl zaniklo, jelikož byla jejich produkce nahrazována centrálními zdroji elektrické energie. Po roce 1989 potom dochází k jejich opětovnému spouštění a tento rozvoj přichází zejména po vstupu České republiky do Evropské unie.

Podpora obnovitelných zdrojů energie se stala v posledních letech jak předmětem poměrně štědré podpory ze strany státu, tak předmětem celospolečenských diskuzí a to zejména ve spojení s podporou využívání energie ze slunečního záření. Předmětem této kapitoly je potom poukázat na důvody podpory ze strany státu a jejího konkrétního provedení na poli malých vodních elektráren.

### 4.1 Výroba elektrické energie ve vodních elektrárnách v ČR

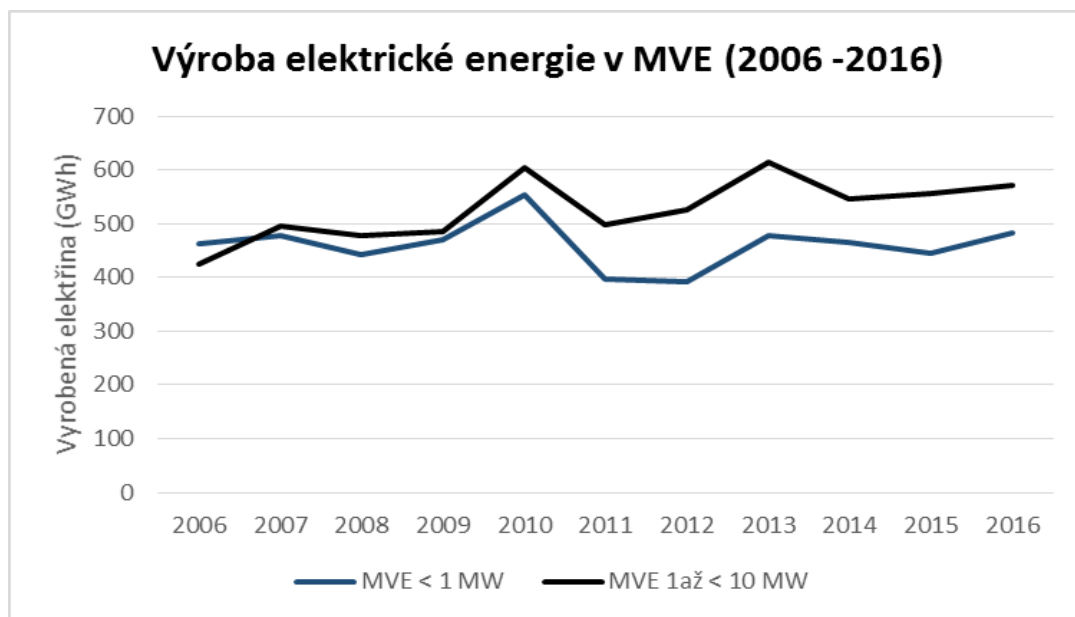
Jak již bylo uvedeno v předchozí kapitole, výroba elektrické energie ve vodních elektrárnách je značně ovlivněna vodními poměry daného toku a to nejenom v průběhu jednoho roku, ale také v průběhu delšího časového období, jak udává vývoj výroby elektřiny ve vodních elektrárnách v grafu na obr. 4.1, ze které plyne značná nevyrovnanost mezi jednotlivými lety.



Obrázek 4.1 Vývoj výroby elektřiny ve vodních elektrárnách (1960 – 2016)

Z uvedeného obr. 4.1 by se sice mohlo zdát, že investice do malé vodní elektrárny je značně rizikovou investicí, neboť dochází ke kolísání elektrické energie dodané do sítě a tím pádem i značné variabilitě délky návratnosti investice. Avšak pokud dané hodnoty očistíme o vliv velkých vodních děl (výkon větší než 10 MW) a zaměříme se na období mezi lety 2006 a 2016 potom dostaneme graf na obr. 4.2. Z tohoto grafu zjistíme, že množství elektřiny vyrobené v MVE postupně roste a vliv výkyvů na celkovou produkci není tak výrazný jak je tomu při započítání i velkých vodních

elektráren. Růst vyrobené energie je potom zapříčiněn růstem celkového instalovaného elektrického výkonu MVE, jak dokládá tab. 4.1. Za povšimnutí stojí jak postupný růst MVE tak neměnný výkon velkých zdrojů, přičemž u zdrojů do 1 MW došlo k nárůstu instalovaného elektrického výkonu o 33,5 MW (tedy o 27 % oproti roku 2006) a u zdrojů od 1 do 10 MW k nárůstu o 40,4 MW (tedy o 28,6 % oproti roku 2006). Data uvedená v grafu na obr. 4.2 a v tabulce 4.1 vychází z dat ERÚ a OTE, a.s., přičemž nezahrnují elektrickou energii vyrobenou v nelicencovaných respektive nepodporovaných vodních elektrárnách pro vlastní spotřebu [11].



Obrázek 4.2 Výroba elektrické energie v MVE od roku 2006 do roku 2016 [11]

Tab. 4.1 Výroba elektrické energie ve VE za období 2006-2016 v MW [11]

| Rok  | Vodní elektrárny | MVE < 1 MW | MVE<br>1 až < 10 MW | VVE ≥ 10<br>MW |
|------|------------------|------------|---------------------|----------------|
| 2006 | 1 016,30         | 122,4      | 141,1               | 752,8          |
| 2007 | 1 024,30         | 128,2      | 143,3               | 752,8          |
| 2008 | 1 028,50         | 131,6      | 144,1               | 752,8          |
| 2009 | 1 036,90         | 135,4      | 148,7               | 752,8          |
| 2010 | 1 048,10         | 140,9      | 154,4               | 752,8          |
| 2011 | 1 049,60         | 142,2      | 154,7               | 752,8          |
| 2012 | 1 063,80         | 148,5      | 162,5               | 752,8          |
| 2013 | 1 079,00         | 154,6      | 171,6               | 752,8          |
| 2014 | 1 080,30         | 150,3      | 177,2               | 752,8          |
| 2015 | 1 087,50         | 154,2      | 180,6               | 752,8          |
| 2016 | 1 090,20         | 155,9      | 181,5               | 752,8          |

## **4.2 Evropský rámec podpory**

Podpora obnovitelných zdrojů energie v České republice je úzce spjata s členstvím naší země v Evropské unii. Tato podpora tvoří jeden z hlavních pilířů politiky ochrany životního prostředí a politiky týkající se energetiky jako součásti sdílené politiky dle čl. 4 Smlouvy o fungování Evropské unie. Kroky k naplnění obecných principů jsou potom konkretizovány v plánu 20-20-20 představeném v roce 2008 Evropskou komisí [12]. Plán 20-20-20 zahrnuje celkem tři hlavní cíle pro energetickou politiku EU a to dosáhnout do roku 2020 snížení emisí skleníkových plynů o 20 % oproti úrovni z roku 1990, zvýšit energetickou účinnost v EU o 20 % a konečně zvýšit podíl energie z obnovitelných zdrojů na celkové spotřebě v EU na 20 %. Poslední bod je rozpracován ve Směrnici Evropského parlamentu a Rady 2009/28/ES z 23. dubna 2009 o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů. Tato směrnice bylo do českého práva implementována zejména z. č. 165/2012 Sb. O podporovaných zdrojích energie (dále jako „PZE“).

## **4.3 Formy podpory MVE v České republice a jejich aktuální výše**

Jak již bylo nastíněno výše, základem národní politiky je PZE, dalším neodmyslitelným právním předpisem spjatým s energetikou je z. č. 458/2000 Sb. Energetický zákon (dále jako „EZ“). PZE definuje ve svém § 2 písmeno a) obnovitelnými zdroji obnovitelné nefosilní přírodní zdroje energie, jimiž jsou energie větru, energie slunečního záření, geotermální energie, energie vody, energie půdy, energie vzduchu, energie biomasy, energie skládkového plynu, energie kalového plynu z čistíren odpadních vod a energie bioplynu. Podpora se přitom uskutečňuje dvojí formou, zaprvé pomocí tzv. zelených bonusů za elektřinu a zadruhé formou garantovaných výkupních cen, přičemž formu podpory si může producent elektřiny z vodního zdroje zvolit, jestliže celkový instalovaný výkon nepřesahuje 10 MW. Na místě je dobré zmínit, že formy podpory nemůže producent kombinovat, tedy musí si zvolit, kterou variantu bude a chce preferovat. Výši příspěvků, ať se již jedná o kteroukoli ze dvou forem podpory, stanovuje ve svých cenových rozhodnutích Energetický regulační úřad. Aktuálně je k polovině měsíce května 2018 účinné Cenové rozhodnutí č. 3/2017 z 26. září 2017. Další nepřímou formou podpory, kterou český zákonodárce zvolil, je osvobození pozemků a staveb sloužících k provozu malých vodních elektráren do výkonu 1 MW od daně z nemovitosti, stejně jako možnost odpisů dle zákona o dani z příjmu. Navíc Národní akční plán České republiky pro energii z obnovitelných zdrojů počítá v bodu 4.3 sekci Finanční podpora v písmeni A) s investiční podporou z dotačních programů a to buďto formou státních programů anebo financováním z operačních programů (například Operační program Podnikání a inovace pro konkurenceschopnost) [13]. Na místě je potřeba poznamenat, že pokud dojde ke spolufinancování výstavby z veřejných zdrojů formou nevratné investiční podpory, potom se krátí podpora provozu a to v závislosti na spolupodílení veřejného sektoru, jak uvádí tabulka 4.2 dle aktuálně (květen 2018) platného Cenového rozhodnutí ERÚ. Toto snížení se týká zdrojů uvedených do provozu po 1. lednu 2013.

Tab. 4.2 Snížení podpory v případě nevratné investiční podpory [14]

| Kategorie výroby                           | Výše nevratné investiční podpory[%] |          |     |          |     |          |     |          |     |          |
|--------------------------------------------|-------------------------------------|----------|-----|----------|-----|----------|-----|----------|-----|----------|
|                                            | od                                  | do       | od  | do       | od  | do       | od  | do       | od  | do       |
|                                            |                                     | (včetně) |     | (včetně) |     | (včetně) |     | (včetně) |     | (včetně) |
|                                            | -                                   | 20       | 20  | 30       | 30  | 40       | 40  | 50       | 50  | -        |
| Výroba elektřiny využívající vodní energii | 0%                                  |          | 14% |          | 21% |          | 28% |          | 35% |          |

Rozdíl mezi zeleným bonusem a výkupní cenou tkví v tom, že minimální garantovanou výkupní cenu vyplácí producentovi energie vykupující subjekt (obchodník s elektřinou s licencí) nebo povinně vykupující subjekt (provozovatel přenosové soustavy v ČR, jsou jimi E.ON Energie, a.s., ČEZ Prodej, s.r.o., a Pražská energetika, a.s.), který musí odebrat všechnu elektřinu vyrobenou MVE. Zatímco v případě výkupní ceny vyplácí danou částku (povinně) vykupující subjekt, v případě zeleného bonusu si producent najde svého odběratele elektrické energie, kterému dodává za smluvní ceny, a podporu ve formě zeleného bonusu mu vyplácí OTE, a.s. Za splnění podmínek stanovených v Cenovém rozhodnutí může být zelený bonus vyplácen i ve dvoutarifním pásmu provozu.

Jednotlivé hodnoty podpor jsou, jak vyplývá z tabulky 4.3, odvislé zejména od doby uvedení MVE do provozu a zda se jedná o elektrárnu novou či zda se jedná o rekonstrukci již provozované MVE. Pro zařazení do skupiny se počítá s elektřinou, která je dodána v předávacím místě výroby elektřiny, přičemž se podpora neuplatňuje za technologickou vlastní spotřebou elektřiny. Další technická omezení jsou stanovena v konkrétním a aktuálním Cenovém rozhodnutí ERÚ.

Tab. 4.3 Podpora MVE pro rok 2018 [14]

| ř./sl. | Podporovaný druh energie                        | Datum uvedení výroby do provozu |             | Jednotarifní pásmo provozování |                        | Dvoutarifní pásmo provozování |       |
|--------|-------------------------------------------------|---------------------------------|-------------|--------------------------------|------------------------|-------------------------------|-------|
|        |                                                 | od (včetně)                     | do (včetně) | Výkupní ceny [Kč/MWh]          | Zelené bonusy [Kč/MWh] | Zelené bonusy [Kč/MWh]        |       |
|        |                                                 |                                 |             |                                |                        | VT                            | NT    |
|        | a                                               | b                               | c           | j                              | k                      | n                             | o     |
| 100    | Malá vodní elektrárna ve stávajících lokalitách | -                               | 31.12.2004  | 2 152                          | 1 392                  | 1 646                         | 1 268 |
| 101    |                                                 | 1.1.2005                        | 31.12.2013  | 2 759                          | 1 999                  | 2 416                         | 1 794 |
| 102    |                                                 | 1.1.2014                        | 31.12.2014  | 2 705                          | 1 945                  | -                             | -     |
| 103    |                                                 | 1.1.2015                        | 31.12.2015  | 2 652                          | 1 892                  | -                             | -     |
| 104    |                                                 | 1.1.2016                        | 31.12.2016  | 2 600                          | 1 840                  | -                             | -     |
| 105    |                                                 | 1.1.2017                        | 31.12.2017  | 2 258                          | 1 498                  | -                             | -     |
| 106    |                                                 | 1.1.2018                        | 31.12.2018  | 2 214                          | 1 454                  | -                             | -     |
| 110    | Rekonstruovaná malá vodní elektrárna            | -                               | 31.12.2013  | 2 759                          | 1 999                  | 2 416                         | 1 794 |
| 111    |                                                 | 1.1.2014                        | 31.12.2014  | 2 705                          | 1 945                  | -                             | -     |
| 112    |                                                 | 1.1.2015                        | 31.12.2015  | 2 652                          | 1 892                  | -                             | -     |
| 113    |                                                 | 1.1.2016                        | 31.12.2016  | 2 600                          | 1 840                  | -                             | -     |
| 114    |                                                 | 1.1.2017                        | 31.12.2017  | 2 258                          | 1 498                  | -                             | -     |
| 115    |                                                 | 1.1.2018                        | 31.12.2018  | 2 214                          | 1 454                  | -                             | -     |
| 120    | Malá vodní elektrárna v nových lokalitách       | 1.1.2006                        | 31.12.2007  | 3 065                          | 2 305                  | 2 746                         | 2 088 |
| 121    |                                                 | 1.1.2008                        | 31.12.2009  | 3 244                          | 2 484                  | -                             | -     |
| 122    |                                                 | 1.1.2010                        | 31.12.2010  | 3 525                          | 2 765                  | -                             | -     |
| 123    |                                                 | 1.1.2011                        | 31.12.2011  | 3 447                          | 2 687                  | 2 746                         | 2 660 |
| 124    |                                                 | 1.1.2012                        | 31.12.2012  | 3 592                          | 2 832                  | -                             | -     |
| 125    |                                                 | 1.1.2013                        | 31.12.2013  | 3 567                          | 2 807                  | -                             | -     |
| 126    |                                                 | 1.1.2014                        | 31.12.2014  | 3 497                          | 2 737                  | -                             | -     |
| 127    |                                                 | 1.1.2015                        | 31.12.2015  | 3 428                          | 2 668                  | -                             | -     |
| 128    |                                                 | 1.1.2016                        | 31.12.2016  | 3 193                          | 2 433                  | -                             | -     |
| 129    |                                                 | 1.1.2017                        | 31.12.2017  | 2 796                          | 2 036                  | -                             | -     |
| 130    |                                                 | 1.1.2018                        | 31.12.2018  | 2 741                          | 1 981                  | -                             | -     |

#### 4.4 Zhodnocení kapitoly

Podpora obnovitelných zdrojů je jedním z hybatelů probuzeného zájmu o investice do MVE. Díky garantovaným výkupním cenám se značně snižuje podnikatelské riziko. Toto snížení je umocněno ještě ustanovením § 12 odst. 1. písmene a) PZE, které zajišťuje návratnost investovaných prostředků do 15 let.

## **5 Závěr**

Jak bylo v celé práci několikrát zmíněno, vodní energetika zažívá opětovný rozkvět a to díky podpoře výroby energie z obnovitelných zdrojů. Z hlediska investičních nákladů se jeví jako lepší využít bývalých či stávajících vodních děl a to zejména díky ceně stavebních prací, které renovací starého díla mohou být sníženy na rozumnou mez. Ostatně i předpokládaná a státem plánovaná návratnost vložených finančních prostředků do 15 let společně s nevratnými finančními podporami výstavby činí MVE ještě zajímavější oblastí pro investory. Z těchto důvodů se nedomnívám, že by v České republice nastal rozvoj MVE v ostrovním režimu a to ani za přispění nových technologií, které se objevily v posledních 15 letech.

Z hlediska administrativního zatížení není podstatné, zda se jedná o nové zařízení postavené tzv. „na zelené louce“ nebo o obnovu již nefungujícího zařízení. Podstatným je plánovaný instalovaný výkon, o kterém se ale nedomnívám, a to na základě informací získaných během vypracování této závěrečné práce, že by překoval 10 MW, aby se stal předmětem zjišťovacího řízení dle ZEIA.

Závěrem je potřeba dodat, že bakalářská práce svým rozsahem neumožňuje se věnovat problematice MVE v celé šíři a autor si je vědom, že se nevěnoval celému okruhu otázek spjatých s provozem. Namátkou lze uvést dopad provozu MVE na životní prostředí (rybářství, maziva apod.), vyčíslení stavebních prací, pořizovací náklady zařízení, nakládání s odpady, využití MVE v dalších provozech (vypouštění odpadních či důlních vod apod.).

## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] BEDNÁŘ, Josef. Turbíny: (malé vodní elektrárny). Českovice: Marcela Bednářová, c2013. ISBN 978-80-905437-0-6.
- [2] MELICHAR, Jan. Hydraulické a pneumatické stroje, část vodní turbíny. V Praze: České vysoké učení technické, 2013. ISBN 978-80-01-05283-9.
- [3] Energie 21: odborný recenzovaný dvouměsíčník o obnovitelných zdrojích energie. Praha: Profi Press, 2008, **2018**(2). ISSN 1803-0394.
- [4] The swirl turbine, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science [online]. [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/15/4/042034/pdf>
- [5] Abeceda malých vodních pohonů. V Brně [online]. [cit. 2018-5-20]. Dostupné z: <http://mve.energetika.cz/primotlaketurbiny/banki.htm>
- [6] Abeceda malých vodních pohonů. V Brně [online]. [cit. 2018-5-20]. Dostupné z: <http://mve.energetika.cz/primotlaketurbiny/pelton.htm>
- [7] POLÁK, Martin. Bezlopatková miniturbína: cesta k energetickému využití nejmenších vodních zdrojů. V Praze: České vysoké učení technické, 2013. ISBN 978-80-01-05233-4.
- [8] Metodický pokyn odboru ochrany vod Ministerstva životního prostředí ke stanovení hodnot minimálních zůstatkových průtoků ve vodních tocích. V Brně [online]. [cit. 2018-5-20]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/web/edice.nsf/B978B5BAEDF46C0C1256FC8003F1EB8/\\$file/metod.html](https://www.mzp.cz/web/edice.nsf/B978B5BAEDF46C0C1256FC8003F1EB8/$file/metod.html)
- [9] Výkladové stanovisko č. j. 31121/2005-16300 výkladové komise Ministerstva zemědělství České republiky. V Brně [online]. [cit. 2018-5-20]. Dostupné z: [http://eagri.cz/public/web/file/9661/vyklad\\_VZ\\_c\\_71.pdf](http://eagri.cz/public/web/file/9661/vyklad_VZ_c_71.pdf)
- [10] Seznam a mapa vodních děl Republiky československé: stav koncem roku 1930.
- [11] Obnovitelné zdroje v roce 2016, výsledky statistického zjišťování. MPO. V Brně [online]. [cit. 2018-5-20]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/assets/cz/energetika/statistika/obnovitelne-zdroje-energie/2018/2/Obnovitelne-zdroje-energie-v-roce-2016.pdf>
- [12] 20 20 20 do roku 2020: šance pro zelenou Evropu, Tisková zpráva Evropského parlamentu, 2008. V Brně [online]. [cit. 2018-5-20]. Dostupné z: <http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//TEXT+IM-PRESS+20080122IPR19355+0+DOC+XML+V0//CS>
- [13] Národní akční plán České republiky pro energii z obnovitelných zdrojů, MPO, 2015. V Brně [online]. [cit. 2018-5-20]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/assets/dokumenty/54909/62718/649151/priloha001.pdf>
- [14] Cenové rozhodnutí ERÚ č. 3/2017. V Brně [online]. [cit. 2018-5-20]. Dostupné z: [https://www.eru.cz/documents/10540/2887244/ERV5\\_2017\\_titul\\_u.pdf/1fd6e2b7-5238-4696-ada9-2c9ca52e739b](https://www.eru.cz/documents/10540/2887244/ERV5_2017_titul_u.pdf/1fd6e2b7-5238-4696-ada9-2c9ca52e739b)
- [15] *Malé vodní elektrárny*. Bratislava: Jaga, 2003. ISBN 978-808-8905-455.

## **SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK**

|      |                                               |
|------|-----------------------------------------------|
| MVE  | Malá vodní elektrárna                         |
| VE   | Vodní elektrárna                              |
| ČSN  | Česká státní norma                            |
| VUT  | Vysoké učení technické                        |
| ČVUT | České vysoké učení technické                  |
| EIA  | Environmental Impact Assessment               |
| ZEIA | Zákon o posuzování vlivu na životní prostředí |
| SŘ   | Správní řád                                   |
| VZ   | Zákon o vodách                                |
| StZ. | Stavební zákon                                |
| ZOPK | Zákon o ochraně přírody a krajiny             |
| ZPF  | Zákon o ochraně zemědělského půdního fondu    |
| OTE  | Operátor trhu s energiemi                     |
| ERÚ  | Energetický regulační úřad                    |
| PZE  | Zákon o podporovaných zdrojích energie        |
| EU   | Evropská unie                                 |

## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ

|              |                      |                                                |
|--------------|----------------------|------------------------------------------------|
| $Q_{p \min}$ | $[m^3 \cdot s^{-1}]$ | nejmenší využitelný průtok                     |
| $Q_{p \max}$ | $[m^3 \cdot s^{-1}]$ | největší využitelný průtok                     |
| $Q_T$        | $[m^3 \cdot s^{-1}]$ | průtok turbínou                                |
| $Q_H$        | $[m^3 \cdot s^{-1}]$ | hltnost turbíny                                |
| $Q_{jm}$     | $[m^3 \cdot s^{-1}]$ | maximální hltnost při jmenovitém spádu         |
| $Q'_+$       | $[m^3 \cdot s^{-1}]$ | jednotkový průtok turbínou                     |
| $Q_v$        | $[m^3 \cdot s^{-1}]$ | využitelný průtok turbínou                     |
| $H$          | $[m]$                | spád                                           |
| $H_C$        | $[m]$                | celkový spád                                   |
| $H_p$        | $[m]$                | užitný spád                                    |
| $E_t$        | $[J]$                | teoretická energie                             |
| $\rho$       | $[kg \cdot m^{-3}]$  | hustota                                        |
| $V$          | $[m^3]$              | objem                                          |
| $g$          | $[m \cdot s^{-2}]$   | gravitační konstanta                           |
| $E_m$        | $[J \cdot kg^{-1}]$  | měrná energie                                  |
| $P_t$        | $[W]$                | teoretický výkon                               |
| $Q$          | $[m^3 \cdot s^{-1}]$ | průtok                                         |
| $u_1$        | $[m \cdot s^{-1}]$   | obvodová rychlost na vstupu do oběžného kola   |
| $c_{u1}$     | $[m \cdot s^{-1}]$   | obvodová složka absolutní rychlosti na vstupu  |
| $u_1$        | $[m \cdot s^{-1}]$   | obvodová rychlost na výstupu z oběžného kola   |
| $c_{u2}$     | $[m \cdot s^{-1}]$   | obvodová složka absolutní rychlosti na výstupu |
| $Y_T$        | $[J \cdot kg^{-1}]$  | měrná energie oběžného kola                    |
| $\eta$       | $[\%]$               | účinnost                                       |
| $P_h$        | $[W]$                | výkon na hřídeli turbíny                       |
| $M$          | $[N \cdot m]$        | krouticí moment na hřídeli                     |
| $\omega$     | $[rad \cdot s^{-1}]$ | úhlová rychlost výstupní hřídele               |

## SEZNAM OBRÁZKŮ

|                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------|----|
| Obrázek 1.1 Základní varianty řešení hydroenergetických děl [1] .....           | 15 |
| Obrázek 1.2 Kinematické poměry v oběžném kole[2] .....                          | 16 |
| Obrázek 2.1 Porovnání výstupu vody z klasické (vlevo) a vírové turbíny [4]..... | 17 |
| Obrázek 2.2 Bánkiho turbína - princip funkce .....                              | 18 |
| Obrázek 2.3 Bánkiho turbína se savkou .....                                     | 18 |
| Obrázek 2.4 Vertikální a horizontální spirální Francisova turbína [1].....      | 19 |
| Obrázek 2.5 Kaplanova turbína s diagonálním rozváděčem [1] .....                | 19 |
| Obrázek 2.6 Peltonova turbína[6].....                                           | 20 |
| Obrázek 2.7 Oblasti použití základních typů turbín .....                        | 21 |
| Obrázek 4.1 Vývoj výroby elektřiny ve vodních elektrárnách (1960 – 2016).....   | 27 |
| Obrázek 4.2 Výroba elektrické energie v MVE od roku 2006 do roku 2016 [11]..... | 28 |

## **SEZNAM TABULEK**

|                                                                              |    |
|------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tab. 1.1 Dělení elektráren dle spádu .....                                   | 14 |
| Tab. 3.1 Výpočet minimálních průtoků.....                                    | 25 |
| Tab. 4.1 Výroba elektrické energie ve VE za období 2006-2016 v MW [11] ..... | 28 |
| Tab. 4.2 Snížení podpory v případě nevratné investiční podpory [14] .....    | 30 |
| Tab. 4.3 Podpora MVE pro rok 2018 [14] .....                                 | 31 |