

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

PEDAGOGICKÁ FAKULTA

KATEDRA FYZIKY

Studium horního toku Vltavy za účelem energetického využití

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vedoucí práce: RNDr. Vítězslav Straňák

České Budějovice 2007

Jakub Sokolík

Anotace

Tato bakalářská práce je zaměřena na vyhledání nových možných lokalit pro umístění MVE na zvoleném horním toku Vltavy. Úvodní část bakalářské práce je vyhrazena pro zhodnocení přínosu MVE, dále je vybrán úsek vodního toku, pro který je popsán energetický potenciál. Další část je zaměřena na zpracování dostupných údajů, z nichž je vypočten teoretický hydro-energetický potenciál. Na tomto základě jsou pak blíže specifikovány výpočty teoretických výkonů, kterými by disponovaly potenciální MVE. V poslední části jsou vybrány vhodné turbíny pro MVE a je diskutováno jejich užití.

Annotation

This dissertation work is aimed on searching for new possible locations on the upper flow of the river Vltava where could be placed Small water power plants. The introduction part is there for assessment of the small water power plants benefits, then was chosen a part of the river flow, for which was written and in the work described energetical potencial. Next part is aimed on data processing, from these data was calculated theoretical hydroenergetical potencial. On this base are then more specified computations of the theoretical outputs, that will be using potencial small water power plants. In last part are chosen suitable turbines for small water power plants and was discuss their usage.

Čestné prohlášení autora

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně a veškeré podklady ze kterých jsem čerpal jsou uvedeny v seznamu použitých zdrojů.

V Českých Budějovicích 16.3.2007

.....

Jakub Sokolík

Poděkování:

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu bakalářské práce za poskytnuté rady, náměty a obětovaný čas při vedení této bakalářské práce. Dále bych poděkoval za poskytnuté materiály Ing. Tomáši Posekanému a pí Marii Matušovské ze závodu Horní Vltavy.

Obsah:

Úvod	7
1 Zhodnocení přínosu malých vodních elektráren	8
2 Základní parametry vodního díla	10
2.1 Průtok turbínou.....	11
2.2 Spád	12
2.3 Výpočet výkonu	13
2.4 Ztráty vodní turbíny a účinnost.....	14
2.5 Výpočet výroby elektrické energie	16
3 Strojní zařízení MVE.....	17
3.1 Rozdělení vodních turbín	18
3.2 Základní druhy vodních turbín	18
4 Teoretická část výběru vhodné lokality pro výstavbu MVE	19
5 Hydro-energetický potenciál vodního toku	21
6 Konkrétní vybraný tok pro umístění MVE	23
6.1 Zvolený úsek pro umístění MVE na vybraném vodním toku	24
6.2 Hydro-energetický potenciál úseku z Vyššího Brodu do Č. Krumlova.....	26
7 Specifikace vybraných lokalit pro umístění MVE	32
7.1 Lokalita Rožmberk	32
7.1.1 Technický popis lokality Rožmberk.....	33
7.1.2 Průtoky 2.b naměřené v monitorovací stanici LG Vyšší Brod.....	34
7.1.3 Vypočtení teoretického výkonu MVE Rožmberk v [kW]	34
7.1.4 Navržení druhu turbíny MVE a její parametry	36
7.1.5 Vypočtení roční výroby energie v [MWh]	42
7.1.6 Závěr	44
7.2 Přílohy pro lokalitu Rožmberk	46
7.2.1 Profil 118 - podrobná říční mapa, měřítko 1:2000	46
7.2.2 Situace řezů O 52/1 měřítko 1:500	47
7.2.3 Řezy O 52/1	48
7.2.4 Přehledná říční mapa O 52 1:7000 - fotoplán	49
7.2.5 Fotodokumentace lokality.....	50

7.3 Lokalita Spolí (Komora)	51
7.3.1 Technický popis lokality Spolí (Komora).....	52
7.3.2 Průtoky 2.b naměřené v monitorovací stanici LG Spolí.....	53
7.3.3 Vypočtení teoretického výkonu MVE Spolí v [kW]	53
7.3.4 Navržení druhu turbíny MVE a její parametry	55
7.3.5 Vypočtení roční výroby energie v [MWh]	57
7.3.6 Schéma řídicího systému pro měření hladiny, teploty, otáček a polohy.....	60
7.3.7 Závěr	61
7.3.8 Firmy vhodné pro dodávku turbína a realizaci MVE	61
7.4 Přílohy pro lokalitu Spolí (Komora)	62
7.4.1 Profil 92 - podrobná říční mapa, měřítko 1:2000	62
7.4.2 Situace řezů O 41 měřítko 1:500	63
7.4.3 Řezy O 41	64
7.4.4 Přehledná říční mapa O 41 1:7000 - fotoplán	65
7.4.5 Fotodokumentace lokality.....	66
 Závěr	 67
Seznam použitých zdrojů	68
Seznam tabulek	70
Seznam obrázků	70
Příloha	72

ÚVOD

Celosvětová spotřeba elektrické energie má do roku 2020 dosáhnout hranice asi 22 tisíc TWh (v roce 1995 to bylo přibližně 13 200 TWh). Přitom zhruba 20 % obyvatel využívá přibližně 80 % vyrobené energie. Do budoucna se však počítá s nárůstem potřeby energie zmiňovaných 80 % obyvatel [1]. Předpokládá se, že spotřeba uhlí se zdvojnásobí a spotřeba zemního plynu ztrojnásobí. Je tedy nutné hledat nové zdroje, protože celosvětové zásoby ropy budou vyčerpány asi za 40 let, zemního plynu skoro za 65 let a uhlí přibližně za 200 let. Používání fosilních paliv není výhodné jednak z důvodu omezeného množství, ale také z nepříznivých vlivů, které tento způsob výroby elektrické energie přináší. Proto je potřeba, co nejvíce využívat energii z atomu a z alternativních zdrojů. Jednou z možností využívání alternativních zdrojů v České republice je výroba energie v malých vodních elektrárnách.

Cílem této práce je studium nových možných lokalit pro stavbu malých vodních elektráren (MVE) a jejich částečné projekční navrhnutí na horním toku Vltavy. Jelikož kompletní zrealizování MVE je náročná inženýrská činnost, (viz schéma návrhu MVE příloha obr.1) bude tato studie pouze teoretická na základě získaných průtoku a spádu vodního toku. Spád a průtok jsou dvě nejdůležitější kritéria podle nichž se určuje výkon vodní elektrárny a její efektivnost. Zvolené lokality byly vybrány na řece Vltavě z Vyššího Brodu do Českého Krumlova. Místa, kde by se mohly potenciálně nacházet MVE jsou vyznačeny ve vypracovaném hydro-energetickém potenciálu úseku vodního toku a jsou blíže technicky charakterizovány. Všechny hodnoty jsou vypočteny a odvozeny ze vztahů uvedených v teoretické části návrhu MVE. Jednotlivé průtoky a technické parametry v daných lokalitách byly získány z materiálů, které byly poskytnuty závodem Horní Vltavy v Českých Budějovicích. Tyto materiály nejsou běžně dostupné široké veřejnosti.

1 Zhodnocení přínosu malých vodních elektráren

Energie získaná z vodních toků není v bilanci naší energetiky zdaleka rozhodující, zůstává však jejím velmi cenným, obnovitelným zdrojem. Česká republika je svou geografickou polohou předurčena k využití vodní energie v MVE. Tímto pojmem jsou označovány vodní elektrárny s instalovaným výkonem do 10 MW. Budují se většinou jako průběžné elektrárny bez akumulace, takže jejich provoz je závislý na okamžitých hydrologických podmínkách daného toku. Nemají tedy schopnost regulovat v dlouhodobých cyklech průtok a tím i výkon a výrobu elektrické energie. Nicméně na rozdíl od jiných ekologických zdrojů (větrných nebo solárních) jsou zárukou nepřerušované dodávky garantovaného množství elektrické energie. Obecně se MVE vyznačují několikanásobně delší ekonomickou životností, než je návratnost vložených investičních nákladů. Elektrická energie vyráběná MVE je nejlacinější energií dodávanou do elektrické soustavy.

Vodní elektrárny se na celkovém instalovaném výkonu v České republice podílejí zhruba 17 % a na výrobě elektřiny necelými 4 % [2]. Technicky využitelný hydro-energetický potenciál řek ČR činí asi 3385 GWh/rok, z toho hydro-energetický potenciál využitelný v MVE je přibližně 1571 GWh/rok [3]. V České republice je v současné době využíváno zhruba 42 % hydro-energetického potenciálu vodních toků. Již ve třicátých letech bylo na našem území přes 11 000 hydro-energetických děl, s celkovým instalovaným výkonem asi 200 MW. Sloužila k potřebám obcí, podniků a soukromníků. Většinou byly budovány jen menší vodní elektrárny místního významu. V následujících letech se v důsledku výstavby velkých energetických zařízení a rozvoje elektrizačních soustav hodnotil přínos MVE jako málo efektivní a postupně se utlumoval. Na konci sedmdesátých let zůstala MVE pouze stovka. V důsledku světové energetické krize v sedmdesátých letech a výrazného růstu cen energetických surovin došlo k zavádění co největšího podílu energie z vlastních zdrojů. V následujících letech byly proto opět na území ČR vybudovány, respektive rekonstruovány, desítky MVE. Zatímco v roce 1986 bylo v provozu 259 MVE o celkovém výkonu 22 MW a roční výrobě 88,5 GWh, v roce 2001 dosáhl jejich počet 1380, výkon 275 MW a průměrná roční výroba 710 GWh (podrobněji v tabulce 1). Česká republika disponuje dostatkem lokalit pro výstavbu nebo obnovu MVE. Z hlediska dispozice a rozložení zdrojů vodní energie na našem území, mají právě MVE důležitou roli také proto, že jsou rozptýleny

po celém území České republiky. To je výhodné právě pro jejich připojování do energetické sítě, kde nezatěžují přenosovou soustavu. Podrobněji v [1, 2].

Rok	Počet	Instalovaný výkon [MWh]	Roční výroba [MWh]
do 1930	11 000	200	200 000
1980	135	10	30 000
1986	259	22	88 500
1990	900	65	170 000
2000	1352	268	660 000
2001	1380	275	710 000

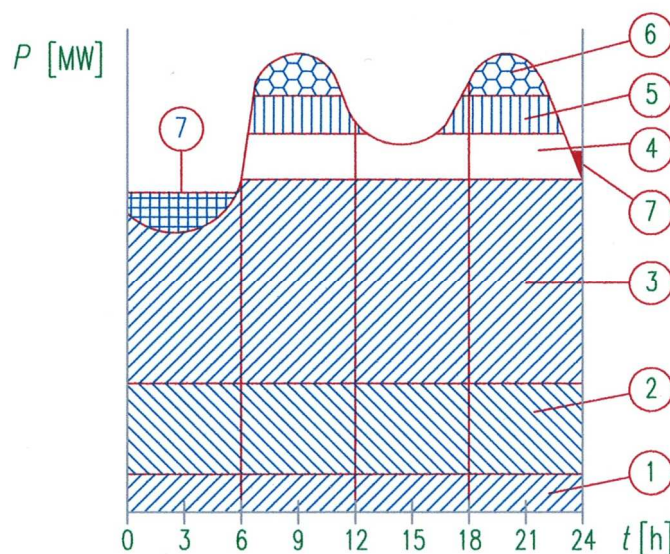
Tab.1.1 Výstavba MVE v České republice v letech 1930- 2001 [1, 2].

Teoretický potenciál celkem	13 100
Technický využitelný potenciál celkem	3385
z toho: využitelný potenciál v VE > 10 MW	1814
využitelný potenciál v MVE < 10 MW	1571
Využitý potenciál celkem (do roku 2001) ¹	1674
z toho: VE > 10 MW ¹	1014
MVE < 10 MW	660
Nevyužitý potenciál	1711
z toho: VE > 10 MW ¹	800
MVE < 10 MW	911

Tab.1.2 Teoretický a využitelný potenciál² vodních toků v ČR V [GWh/rok] [3].

¹ Bez přečerpávacích vodních elektráren.

² Přibližné hodnoty z roku 2001.



Obr.1.3 Teoretické krytí denního zatížení elektrizační soustavy [2].

Výše uvedený obrázek 1 znázorňuje teoretické krytí denního zatížení elektrizační soustavy - zde je zobrazená výhoda MVE, které mohou dodávat elektrickou energii do sítě prakticky v nepřerušovaném stavu.

Legenda:

1 – průtočné vodní elektrárny (včetně MVE), 2 – jaderné elektrárny, 3 – tepelné elektrárny, 4 – špičkové vodní elektrárny s dlouhodobou regulací, 5 - špičkové vodní elektrárny s krátkodobou regulací, 6 – přečerpávací vodní elektrárny, 7 – nadbytečná energie vhodná k využití v přečerpávacích vodních elektrárnách.

2 Základní parametry vodního díla

Základní parametry, které charakterizují každé hydro-energetické dílo, jsou [1]:

- průtok Q ,
- spád H ,
- účinnost η ,
- výkon P ,
- výroba elektrické energie E .

Základními veličinami pro výpočet a výrobu elektrické energie z vodního zdroje jsou průtok, spád a účinnost hydrogenerátoru, tj. vodního zdroje (turbíny, čerpadla, vodní kola) a elektrického hydro-alternátoru.

2.1 Průtok turbínou

Průtok turbínou je definován jako celkové množství vody protékající turbínou za jednotku času včetně prosáknuté vody v oblasti turbíny (tedy ztracené pro energetické využití). Základní jednotkou je $[m^3/s]$.

Z hlediska vodohospodářského řešení vodní elektrárny jsou důležité hodnoty průtoku, které jsou k dispozici k účinnému energetickému zpracování.

Můžeme rozlišovat tyto průtoky [4] :

- nejmenší ($Q_{P \min}$) a největší ($Q_{P \max}$) využitelný průtok - nejmenší a největší průtok, který byl v uvažovaném období k dispozici k využití ve vodní elektrárně,
- nejmenší ($Q'_{P \min}$) a největší ($Q'_{P \max}$) využitelný průtok – nejmenší a největší průtok vodní elektrárnou, který byl v daném období využitý,
- průměrný roční využitelný průtok ($Q_{p \text{ roč}}$) – úhrnné množství vody, které by mohlo být v jednom roce celkem využité, dělené počtem sekund v roce,
- průměrný roční využitý průtok ($Q'_{p \text{ roč}}$) – úhrnné množství vody v jednom roce skutečně využité ve vodní elektrárně, dělené počtem sekund v roce,
- jalový průtok vodní elektrárny (Q_j) – je průměrný průtok vodní elektrárny, který nebyl v daném energetickém období využitý,
- provozní průtok vodní elektrárny (Q_{pr}) – dosažitelný průtok, který je k dispozici vodní elektrárně při daném spádu v daném časovém okamžiku.

Poměr využitého průtoku vodní elektrárny k průměrnému průtoku ve vodním toku, v profilu odběru vodní elektrárny za posuzovanou časovou jednotku nebo období se nazývá *stupeň využití odtoku vodní elektrárny*.

Z hlediska průtoku vodním strojem rozeznáváme [4]:

- průtok turbínou (Q_T) – průtok vody využitý vodní turbínou včetně vody prosáknuté ucpávkou a obtokovými trubkami (celkové množství vody potřebné na provoz turbíny při daném zatížení včetně ztrát),
- *hltnost turbíny* (Q_H) – největší možný průtok vodní turbínou, který se často vztahuje k určitému spádu,
- jmenovitá hltnost (Q_{jm}) – maximální průtok turbínou při jmenovitém spádu (tj. při spádu, při němž je účinnost největší),
- *navrhovaný průtok turbínou* (Q_n) – průtok při navrhovaných hodnotách spádu, výkonu a otáček turbíny,

- využitelný průtok turbínu (Q_v) – průtok, který je turbína při příslušném okamžitém spádu schopna účinně energeticky zpracovat,
- jednotkový průtok turbínou (Q'_1) – průtok počítaný na spád $H = 1\text{m}$ a průměr oběžného kola $D = 1\text{m}$,
- průtok turbínou při chodu na prázdno (Q_0) – průtok turbínou při chodu s nabuzeným hydro-alternátorem bez zatížení při navrhovaných otáčkách turbíny a při navrhovaném spádu.

Největší průtok, který lze převádět všemi vodními stroji hydro-energetického díla, je označován jako *průtoková kapacita*. Určení průtokové kapacity je úkol technicky a ekonomicky obtížný, protože závisí na celé řadě činitelů, jako je vodnost toku a jeho kolísání, výkon a výroba energie, schéma a typ vodního díla, spolupráce s jinými energetickými díly a v neposlední řadě investiční náklady.

2.2 Spád

Spád vodní elektrárny je výškový rozdíl před vtokem a před vyústěním do odpadu vodní elektrárny. V hydro-energetické praxi rozlišujeme dva druhy spádů. Spád odpovídající nulovému průtoku hydraulickým systémem a spády během dynamického režimu práce vodní elektrárny. Udává se v metrech.

Celkový spád vodní elektrárny (H_c) je statický spád mezi dvěma posuzovanými úseky toku, které chceme energeticky využít. Je daný výškovým rozdílem horní a dolní hladiny při nulovém průtoku vodní elektrárnou, takže ho lze snadno určit na hotovém díle nivelací úrovně hladin. Představuje potenciální energii vody, která je při dané sestavě hydro-energetických objektů k dispozici pro energetickou přeměnu v turbíně mezi jejím vstupním a výstupním profilem. Přitom vstupním profilem reakční turbíny je vstupní profil spirály, výstupním profilem je výstupní profil savky. Vstupním profilem akční turbíny je vstupní profil regulačního uzávěru s dýzou a výstupním profilem je výstupní hrana pracující oběžné lopatky.

Čistý spád (provozní spád) vodní elektrárny je celkový spád zmenšený o hydraulické ztráty kromě ztráty v hydraulickém obvodu. Po odečtení hydraulických ztrát v hydraulickém obvodu dostaneme *užitečný spád vodní elektrárny*. Užitečný spád můžeme definovat jako výškový rozdíl mezi hladinami měrné energie těsně před

vstupem do vodního stroje a na jeho výstupu. Je to celkový spád, od něhož jsou odečteny všechny ztráty v přiváděči a odpadu, které se nezahrnují do účinnosti turbíny.

Pro turbíny se uvádějí tyto důležité spády [4]:

- navrhovaný spád (H_n) je spád s největší pravděpodobností výskytu při navrhovaných hodnotách průtoku a výkonu hydro-agregátu vodní elektrárny (na tento spád je turbína dodávána),
- maximální spád ($H_{\max}$), tj. největší užitečný spád, na který je turbína konstruována,
- jmenovitý spád (H_m), tj. užitečný spád, při němž má turbína nejlepší hydraulické vlastnosti (největší účinnost).

Spád je určen topografickými a hydraulickými poměry, typem hydro-energetického díla, stavebním a hydraulickým řešením objektů. Vztah mezi celkovým spádem (H_c) a užitečným spádem (H), rychlostními výškami a hydraulickými ztrátami v hydraulickém obvodu vodní elektrárny i ztrátami ve využívaném úseku toku je dán řešením Bernoulliho rovnice pro vstupní a výstupní profil turbíny za dynamického režimu (tj. za nenulového průtoku oběžným kolem turbíny) [1].

2.3 Výpočet výkonu

Pokud klesne objem vody V [m^3] o H metrů tak, že dosáhne dolní polohy (dolní hladiny) s nulovou rychlostí, vykoná při tom teoretickou práci [1]:

$$E_t = Q \cdot \rho \cdot g \cdot t \cdot H \quad [\text{Nm}]. \quad (1)$$

Jestliže protéká turbínou každou sekundu průtok Q [m^3/s] při výškovém rozdílu hladin H metrů, vykonává každou sekundu teoretickou práci podle uvedeného vztahu.

Pro výpočet teoretického výkonu potom platí vztah:

$$P_t = \frac{E_t}{t} = \frac{Q \cdot \rho \cdot g \cdot t \cdot H}{t} = Q \cdot \rho \cdot g \cdot H \quad [\text{W}], \quad (2)$$

kde Q je průtok turbínou [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$].

ρ – hustota vody [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$] - obvykle $1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ pro čistou vodu,

g – gravitační konstanta $9,81 \text{ [m} \cdot \text{s}^{-2}]$,

H – výškový rozdíl hladin [m],

t – čas [s].

Výkon P_t nazýváme teoretickým výkonem. Z vodního motoru (turbíny) nezískáme celý tento výkon, protože přeměna hydraulické energie v mechanickou je spojena se ztrátami.

Výkon, který dostaneme na spojce motoru, nazýváme efektivním výkonem stroje (turbíny) a označujeme jej P_{ef} . Ten bude menší než P_t takže potom platí:

$$P_{\text{ef}} = \eta_t \cdot P_t \quad [\text{W}], \quad (3)$$

kde η_t je koeficient menší než 1 a nazýváme jej účinností vodního motoru (turbíny).

Efektivní výkon tedy bude:

$$P_{\text{ef}} = \eta_t \cdot Q \cdot \rho \cdot g \cdot H \quad [\text{W}], \quad (4)$$

nebo po dosazení

$$P_{\text{ef}} = \eta_t \cdot Q \cdot 9,81 \cdot H \quad [\text{kW}]. \quad (5)$$

Účinnost turbíny (vodního motoru) je poměr skutečného výkonu turbíny na hřídeli a jejího skutečného výkonu. Vyjadřuje ztráty při přeměně hydraulické energie v mechanickou. Pro vodní turbíny má hodnotu 0,75 až 0,93 (podle druhu a velikosti turbíny). Účinnost se mění i v závislosti na zatížení motoru.

Ztráty ve vodní turbíně jsou trojího druhu:

- objemové,
- hydraulické,
- mechanické.

2.4 Ztráty vodní turbíny a účinnost

Objemové ztráty

Celkový průtok Q , který přivádíme k turbíně, neprojde ve skutečnosti oběžným kolem. Část vody obteče oběžné kolo mezerami, část vody unikne ucpávkou kolem hřídele turbíny a nevykoná žádnou práci. Oběžný průtok musíme násobit číslem menším než jedna. Nazýváme ho volumetrickou (objemovou) účinností turbíny η_v , přičemž platí [1]:

$$Q_{\text{ef}} = \eta_v \cdot Q. \quad (6)$$

Hydraulické ztráty

Ze spádu H , který je k dispozici pro turbínu (už zmenšený o ztráty na vtoku a přivaděči), se část energie spotřebuje na překonání průtokových odporů v turbíně. Jsou to odpory, které vznikají vlivem tření vody o stěny turbínových kanálů, vlivem ohybu vodního proudu a vlivem víření vody. Využitelný spád na přeměnu energie bude tedy menší. Koeficient, kterým je třeba násobit spád H abychom dostali o hydraulické ztráty zmenšený hydraulický spád H_{ef} , nazýváme hydraulickou účinností η_h , přičemž [1]:

$$H_{\text{ef}} = \eta_h \cdot H. \quad (7)$$

Mechanické ztráty

Další ztráty v turbíně způsobují tření v ložiscích turbíny, v ucpávkách hřídele turbíny a tření vnějších ploch oběžného kola a vody, která ho obklopuje při otáčení. Proto je zaveden další součinitel η_m , který nazýváme mechanickou účinností [1].

Potom pro efektivní výkon turbíny platí vztah,

$$P_{ef} = Q \cdot \rho \cdot g \cdot H \cdot \eta_v \cdot \eta_h \cdot \eta_m = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \cdot \eta_t. \quad (8)$$

Celková účinnost turbíny je součinitel uvedených tří dalších účinností:

$$\eta_t = \eta_v \cdot \eta_h \cdot \eta_m. \quad (9)$$

Její hodnota u dobře navržených turbín a při optimálním průtoku spádu je $\eta_t = 0,85$ až $0,93$.

Mechanický výkon předává turbína generátoru, v němž se mechanický výkon mění v elektrický. Výkon generátoru měříme na jeho svorkách. Generátor má vlivem vlastních ztrát účinnost $\eta_g = 0,85$ až $0,97$. Vyšší hodnoty (nad $0,90$) platí pro synchronní generátory. Asynchronní motory ve funkci generátorů mají $\eta_g \leq 0,90$, jen zřídka do $0,92$. Není-li generátor na společné hřídeli s turbínou, vznikají další ztráty převodem s účinností $\eta_p = 0,94$ až $0,98$. Obvykle je však hřídel společná a potom $\eta_p = 1$. Výkon, který vodní elektrárna dodává do elektrické sítě (nazýváme výkonem na prahu elektrárny), ovlivňuje ještě transformace na vyšší napětí. Účinnost transformátoru $\eta_{tr} = 0,92$ až $0,98$.

Výkon na prahu elektrárny bude

$$P = P_{ef} \cdot \eta_p \cdot \eta_g \cdot \eta_{tr} \quad [W], \quad (10)$$

resp. po dosazení

$$P = \rho \cdot g \cdot H \cdot Q \cdot \eta_t \cdot \eta_g \cdot \eta_p \cdot \eta_{tr} \quad [W]. \quad (11)$$

Jestliže celkovou účinností vyjádříme

$$\eta_c = \eta_t \cdot \eta_g \cdot \eta_p \cdot \eta_{tr}, \quad (12)$$

potom výsledný vztah pro výkon na prahu elektrárny je

$$P = \rho \cdot g \cdot H \cdot Q \cdot \eta_c \quad [W]. \quad (13)$$

Pro předběžné výpočty uvažujeme u špičkových elektráren, které pracují s turbínovým průtokem stejným nebo blízkým navrhované hltlosti turbín, $\eta_c = 0,80$ až $0,85$.

Pro orientační výpočty si vztah pro výpočet výkonu můžeme zjednodušit vztahem

$$P = K \cdot H \cdot Q \quad [\text{kW}], \quad (14)$$

kde $K = 9,81 \cdot \eta_c$.

Hodnoty K se používají takto [4]:

- $K = 8$ - u malých vodních elektráren s vyššími výkony (5 až 10 MW) s Kaplanovými nebo Peltonovými turbínami s příslušenstvím vynikající kvality a bez převodu,
- $K = 7$ - u malých vodních elektráren s Kaplanovými, Francisovými a Peltonovými turbínami a s použitím zařízení dobré kvality, též s turbínami typu Bánki v optimálním vyhotovení,
- $K = 5$ až 6 - u malých vodních elektráren s turbínami bez dvojité regulace, s Bánkiho turbínami.

2.7 Výpočet výroby elektrické energie MVE

Celkový výkon vodní elektrárny je součet výkonů jednotlivých hydro-agregátů. Výroba vodní elektrárny při celkovém výkonu (na prahu elektrárny) P wattů, který trvá t hodin, bude [5]:

$$E = P \cdot t \quad [\text{Wh}]. \quad (15)$$

Platí při tom:

$$1\text{J} = 1\text{N} \cdot 1\text{m} = 1\text{ W} \cdot \text{s},$$

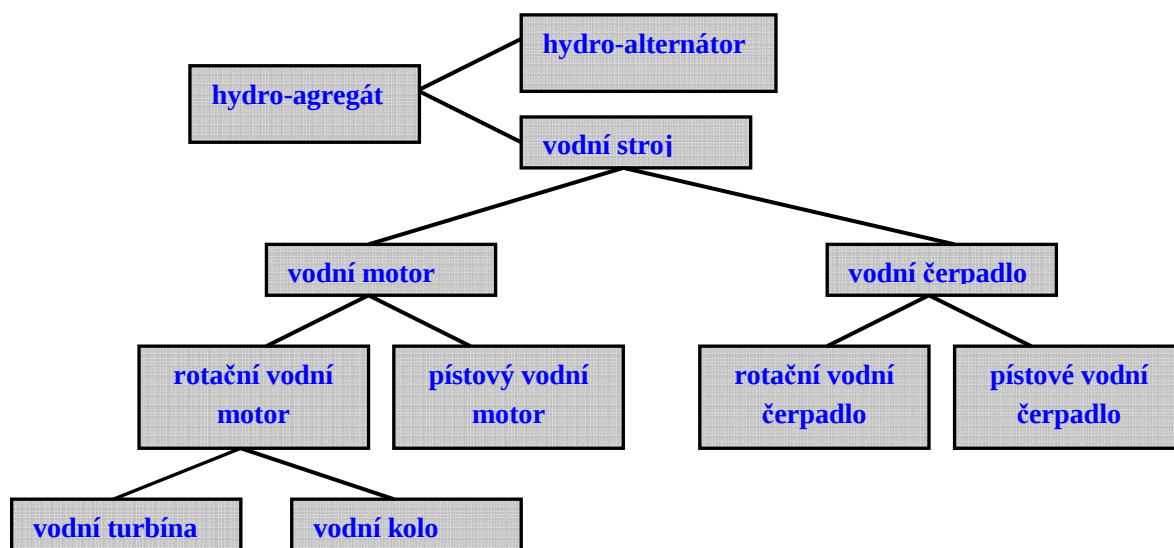
$$3600\text{J} = 1\text{Wh},$$

$$3,6\text{MJ} = 1\text{kWh}.$$

Všechny uvedené poznatky v předchozích kapitolách jsou důležité pro celkovou realizaci MVE. Nejdůležitějšími kritérii je průtok, spád a následně vypočtený možný teoretický výkon, který by odpovídal v daném místě při případné výstavbě MVE.

3 Strojní zařízení MVE

K orientaci v pojmech souvisejících s problematikou získání energie z vodních zdrojů je na obr.3 uvedeno schéma hydro-agregátu.



Obr. 3 Schéma členění části hydro-agregátu [2].

Hydro-agregát se skládá z vodního stroje (nejčastěji turbíny) a z hydro-alternátoru nebo motorgenerátoru. Vodní motor je zařízení sloužící k přeměně mechanické energie vody v mechanickou energii rotující hřídele (rotační motor) nebo pohybujícího se pístu (pístový motor).

Vodní čerpadlo přeměňuje mechanickou energii rotující hřídele nebo pohybujícího se pístu v mechanickou energii vody.

Vodní turbína je rotační vodní motor, jehož rotující částí je lopatkové oběžné kolo, kterému voda odevzdává svou mechanickou energii.

Hydro-alternátor (generátor) je více pólový synchronní (příp. asynchronní) rotační stoj, který přeměňuje mechanickou energii hřídele vodního motoru ve střídavý elektrický proud. *Motorgenerátor* je více pólový elektrický rotační stroj, nejčastěji s dvojitým vinutím, který přeměňuje mechanickou energii rotující hřídele v energii elektrickou nebo opačně. Často se používá v přečerpávacích vodních elektrárnách. Z vodních strojů, vzhledem k jejich provozním vlastnostem, se dnes v hydroenergetice využívají zejména turbíny.

3.1 Rozdělení vodních turbín

Dělení turbín podle způsobu přenosu energie vody na oběžné kolo [2]

- *rovnotlaké* (akční) turbíny, reprezentanty jsou zejména Peltonovy turbíny a Bánkiho turbíny,
- *přetlakové* (reakční) turbíny, patří sem například vrtulová turbína, Kaplanova turbína, Francisova turbína a další.

Dělení turbín podle polohy hřídele [1]

- *vertikální* (převážná většina všech typů turbín kromě přímoproudých),
- *horizontální* (zejména větší turbíny přímoproudé),

Šikmé (menší turbíny přímoproudé) .

Pro úplnost jsou uvedeny i turbíny reverzibilní. Ty mohou pracovat v turbínovém i čerpadlovém provozu. Nejčastěji se jako reverzibilní turbíny používají Francisovy turbíny a Deriazova turbína.

Další dělení turbín je podle směru proudění vody oběžným kolem vzhledem k hřídeli

- *axiální* – voda protéká oběžným kolem rovnoběžně s osou oběžného kola (Kaplanova turbína).
- *s dvojnásobným průtokem* – voda vstupuje centripetálně a vystupuje centrifugálně (Bánkiho turbína) [2].

Toto dělení není kompletně specifikováno vzhledem k tomu, že bližší specifikace by byla použita hydro-energetikem při návrhu vodní turbíny a dále proto, že tato práce se zabývá pouze umístěním vhodné turbíny, která by byla nejefektivnější v dané lokalitě pro výrobu elektrické energie.

3.2 Základní druhy vodních turbín

Kaplanova turbína

Kaplanova turbína je klasická přetlaková turbína v základním provedení, výborně regulovatelná, ale výrobně náročná. Dnes ji vyrábí řada firem s různými úpravami, dispozičním uspořádáním a regulacemi. Jsou použitelné pro spády od 1 do 70,5 m a průtoky 0,15 až několik m^3/s , individuálně až několik desítek m^3/s . Je vhodná zejména pro jezové a říční malé vodní elektrárny [6, 7].

Francisova turbína

Francisova turbína je přetlaková turbína. V minulosti nejpoužívanější přetlaková turbína pro téměř celou oblast průtoků a spádů MVE. Při rekonstrukcích je možné vidět Francisovu turbínu již od spádu 0,8 m. Instalace nových turbín v MVE omezuje na spády od 10 m a pro větší průtoky (vyšší výkony) [7].

Bánkiho turbína

Bánkiho turbína je rovnotlaká vodní turbína s dvojnásobným průtokem oběžného kola. Je výrobně nenáročná. Turbíny jsou podle velikosti použitelné pro spády 1 až 60 m a průtoky 0,01 až 0,9 m³/s (jednotlivý výrobci se liší maximální hlností, všeobecně se však vyrábějí do 6 m³/s např. ČKD Turbo Technics, s.r.o. do 3 m³/s). Tento typ turbíny je pro svou konstrukční jednoduchost oblíben u malých vodních elektráren, kde by konstrukce dokonalejších a tím i dražších typů turbín nebyla ekonomická. Její energetická účinnost dosahuje 70-85 % [7, 8].

Peltonova turbína

Peltonova turbína je tangenciální rovnotlakou turbínou, používá se pro vysoký spád vody a malý průtok. Její předností je relativní jednoduchost hydraulického a konstrukčního řešení. Pro průmyslové MVE se uvažuje využít oblast spádu $H = 30$ až 50 m a průtoků $Q = 0,2$ až 3 m³/s. Pro drobné MVE je charakteristické použití Peltonových turbín pro spády $H > 20$ m a průtoky $Q = 0,01$ až 0,20 m³/s [8, 9].

4 Teoretická část výběru vhodné lokality pro výstavbu MVE

Lokality pro využití energie vody jsou v České republice zmapované jednotlivými správci povodí příslušného toku. Tyto údaje však nejsou veřejně dostupné a jejich získání je obvykle předmětem obchodní dohody. V České republice je stále dostatek vhodných lokalit pro výstavbu nebo obnovu MVE. Nové lokality jsou zejména na nízkých spádech, což není tak ekonomicky výhodné. Proto se pro výstavbu MVE přednostně využívají lokality, které byly v minulosti využívány pro energetické účely, např. vodním mlýnem, hamrem či pilou. Rozhodujícími ukazovateli k ohodnocení konkrétní lokality pro využití hydro-energetického potenciálu jsou dva základní parametry - *využitelný spád a průtočné množství vody*. Dále jsou velmi důležité následující údaje:

- možnost umístění vhodné technologie,
- vhodné geologické podmínky a dostupnost lokality pro těžkou techniku, případně vhodnost pro vybudování potřebné zpevněné komunikace,
- vzdálenost od přípojky VN nebo VVN s dostatečnou kapacitou,
- minimalizace možného rušení obyvatel hlukem, jinak je nutné provést odhlučnění,
- míra zásahu do okolní přírody a vhodné začlenění do reliéfu lokality předepsáno stavebním úřadem,
- míra možné kontaminace vody ropnými produkty (u nových technologií se předpokládá maximální využití samomazných ložisek a využití ekologicky nezávadných maziv na bázi rostlinných olejů),
- dodržování odběru sjednaného množství vody (využitím spolehlivých automatik v souvislosti s hladinovou regulací se vyloučí nevhodný vliv obsluhy MVE),
- způsob odstraňování naplavenin vytažených z vody (podle směrnice MŽP ČR je nutno zajistit jejich odvoz a likvidaci),
- majetkoprávní vztahy ohledně pozemku, postoj místních úřadů, vlastnictví či dlouhodobý pronájem pozemků.

Při výběru lokality MVE a jejím technicko ekonomickým hodnocením je třeba mít co nejspolehlivější podklady o spádu a průtocích. Na součinu průtoku a spádu přímo úměrně závisí výkon a výroba elektrické energie. Pro návrh MVE na daném toku musí být známa vhodná lokalita, která se posuzuje pomocí hydro-energetického potenciálu [2].

5 Hydro-energetický potenciál vodního toku

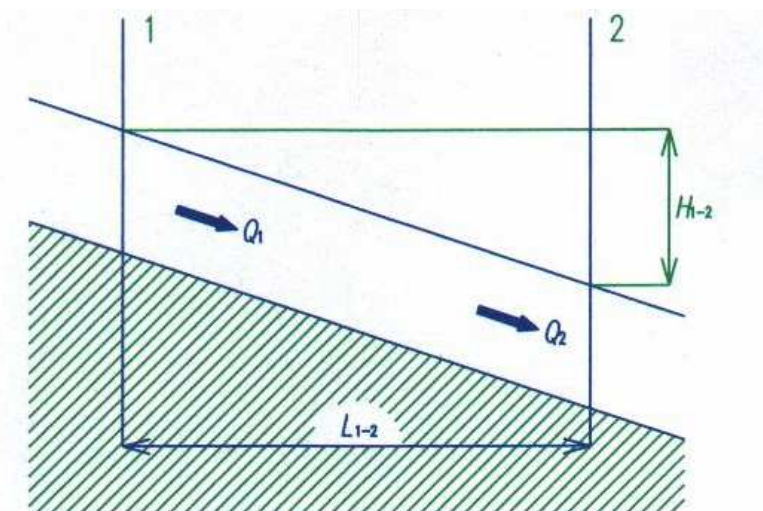
Hydro-energetický potenciál vodního toku je základní určující údaj, jakou teoretickou energii mají jeho průtoky. Údaje o hydro-energetickém potenciálu povrchových toků na určitém území slouží k celkovému přehledu možnosti jejich využití, resp. jejich potenciální energie. Rozlišují se hrubý, teoretický a reálně využitelný hydro-energetický potenciál. *Hrubý* hydro-energetický potenciál povrchových toků se určuje z nadmořských výšek hodnocené oblasti a příslušných průměrných průtoků. Určuje se k hladině moře, do něhož tok ústí, nebo ke kótě hladiny toku na státní hranici. Má evidenční charakter.

Teoretický hydro-energetický potenciál se vypočítává ze vztahu:

$$P_t = 9,81 \cdot Q \cdot H \quad [\text{kW}], \quad (16)$$

při účinnosti přeměny energie $\eta = 1$, tj. 100 %.

Nerozšířenějším způsobem výpočtu je metoda po jednotkách úsecích toku podle zásad přijatých Mezinárodním energetickým výborem. Celý uvažovaný tok se rozdělí pomocí profilů na úseky, v nichž lze umístit stupně (jezy, přehrady) k soustřednému spádu. Výšky se reálně volí tak, aby v podélném profilu vznikla nepřerušovaná podélná kaskáda s vodorovnými hladinami v jednotlivých úsecích.



Obr.5 Schéma k výpočtu teoretického výkonu toku [1].

Potenciální výkon úseku toku mezi dvěma zvolenými profily 1 a 2 (viz. obr. 5) s průtokem na začátku a na konci úseku Q_1 a Q_2 a spádem H_{1-2} se vypočítává podle

vztahu:

$$P_{1-2} = 9,81 \cdot \frac{(Q_1 + Q_2)}{2} \cdot H_{1-2} \quad [\text{kW}] . \quad (17)$$

Počítá se tedy s průměrným průtokem v daném úseku mezi místy 1 – 2.

Teoretický potenciální výkon toku se počítá pro dvě hodnoty průtoků, které se určují z hydrologických podkladů (tj. křivky překročení průměrných průtoků) :

Q_{50} – střední průtok s 50 % pravděpodobností překročení,

Q_{90} – minimální průtok s 90 % pravděpodobností překročení.

Specifický výkon toku v úseku 1 – 2 s délkou L_{1-2} se určí podle vztahu:

$$p_{1-2} = \frac{(P_{1-2})}{L_{1-2}}, \quad [\text{kW} \cdot \text{km}^{-1}]. \quad (18)$$

Hodnota $\sum_{i'=1}^n P_{i50\%}$ z jednotlivých n úseků je střední hodnota a $\sum_{i'=1}^n P_{i90\%}$ minimální teoretický potenciál toku. Po vynásobení 8 760 hodinami dostaneme přibližnou teoretickou hodnotu množství energie $\sum_{i'=1}^n E_{i50\%}$, resp. $\sum_{i'=1}^n E_{i95\%}$ unášené řekou za celý rok.

Celé zpracování se uskutečňuje tabelárně i graficky.

Grafické znázornění obsahuje:

- přehlednou situaci toku s průtoky,
- podélný profil, který zahrnuje spádové poměry vodní hladiny,
- základní křivku růstu středního průtoku Q_{50} a minimálního průtoku Q_{90} ,
- součtovou křivku výkonů P .

Reálně využitelný hydro-energetický potenciál vodního toku je menší než teoretický, protože 100 % využití celkového spádu a středního průtoku není prakticky možné. Tomu v cestě stojí vybudovaná města, komunikace, velké objekty, chráněná krajinná území apod. Reálná není ani 100 % přeměna vodní energie v elektrickou. Vznikající ztráty, rozdělujeme je do tří skupin:

- ztráty při převodech potenciální energie toku na mechanickou a elektrickou energii ve vodních strojích, ztráty v přenosových sítích a účinnost generátoru,
- ztráty průtočného množství (v důsledku nemožnosti plně využít průtok),
- ztráty na spádu (v důsledku nevhodných geologických a topologických podmínek).

Z uvedených poznatků je zřejmé, že energetický význam a reálné možnosti využití jednotlivých úseků toku určují základní podmínky:

- hydrologické,
- topologické,
- geologické,
- ekologické.

Uvedenými ztrátami se výrazně redukuje teoretické hodnoty $\sum_{i'=1}^n P$, $\sum_{i'=1}^n E$. Technicky

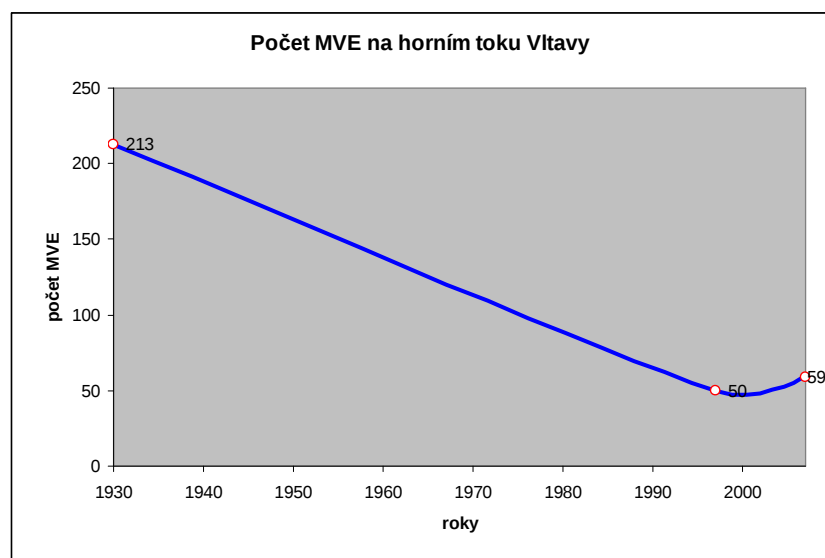
využitelný hydro-energetický potenciál představuje přibližně 30 % až 40 % potenciálu teoretického [2].

Podle údajů [3] je v ČR udáván technicky využitelný hydro-energetický potenciál 3385 GWh/rok.

6 Konkrétní vybraný tok pro umístění MVE

Vltava pramení na východním svahu Černé hory na Šumavě ve výšce 1 172 m.n.m jako Černý potok. Od ústí Vydřího potoka v obci Borová Lada 890 m.n.m nese říčka název Teplá Vltava. V nadmořské výšce 731 m u osady Chlum se stékají Teplá a Studená Vltava, která pramení v Bavorsku. Od soutoku obou hlavních pramenných toků Teplé a Studené Vltavy tak řeka po zbytek své cesty nese jméno Vltava. Vltava je 433 km dlouhá, protéká mimo jiné Českým Krumlovem, Českým Budějovicemi a Prahou a ústí zleva do Labe v Mělníku. Povodí Vltavy s přítoky Malší, Lužnicí, Otavou, Sázavou a Berounkou zaujímá jižní polovinu Čech a spolu s Labem, za jehož přítok je Vltava tradičně považována, vytváří systém odvodňující téměř celé Čechy [11]:

- plocha povodí 28 090 [km²],
- délka toku 433 [km],
- průměrný průtok u ústí 150 [m³/s],
- výškový rozdíl mezi pramenem a ústím 1 016 [m].



Obr. 6 Počet MVE na horním toku Vltavy [12].

6.1 Zvolený usek pro umístění MVE na vybraném vodním toku

Studovaný úsek se nachází na horním toku Vltavy mezi Vyšším Brodem a Českým Krumlovem. Spadá pod Povodí Vltavy a.s. – závod Horní Vltava, České Budějovice. Tato oblast je rozdělena na jednotlivé úseky a rozdělena do profilů. Jednotlivé profily jsou očíslovány a situovány na říční mapě. Každý profil je dále zvětšen v měřítku 1:2000 a specifikován typem jezu (či objektem), říčními kilometry a jeho nadmořskou výškou [13]. Jednotlivé profily se vyznačují průtokem, spádem a teoretickým výkonem, kterým by disponovala MVE při její potenciální realizaci v dané oblasti.

Název	Staničení toku ³ [ř.km]	Typ jezu	Energetické využití, výkon
Vyšší Brod	317,640	pevný	ano 26 [kW]
Herbertov	314,944	pevný	ano 120 [kW]
Rožmberk	308,519	pevný	ne
Větrní	288,242	pevný	ano 160 [kW]
Spolí (Komora)	286,377	pevný	ne
Rechle	284,859	pevný	ne
Lira (Č.K)	284,056	pevný	ne

Tab. 6.1 Seznam jezů na studovaném úseku toku [14].

³ Říční kilometry jsou brány od ústí řeky směrem proti proudu k prameni nebo do dalšího ústí jiné řeky.

Z uvedené tabulky 6.1 vyplývá, že vybraný vodní tok ve zvolené oblasti je hydroenergetiky využit⁴ z 306 kW. Tučně vyznačené jezy symbolizují možné místa (lokality) pro další výstavbu MVE. Je zde tedy možnost dalšího využití úseku. Zvolený úsek řeky je vybrán se zřetelem na velký spád (ten činí 68,90 m). Uvedený údaj je odvozen z nadmořských výšek, které jsou zaznamenány v technické zprávě jednotlivých profilů toku [15]. Dalším důvodem je, že na poměrně malém úseku řeky (34,116 ř.km) je značný počet možných lokalit, kde by mohla být umístěna MVE. Tento údaj je odvozen z teoretického hydro-energetického potenciálu, který je vypracován v rámci předložené bakalářské práce pro úsek toku Vltavy. V poslední řadě tyto lokality považují za energeticky výhodné vzhledem k tomu, že na těchto místech už v minulosti byly vystavěny MVE [16]. Jejich obnova však znovu nebyla uskutečněna vzhledem k značné náročnosti výstavby. Údaje uvedené v tabulce shrnují základní technické parametry nutné pro posouzení vhodnosti realizace MVE. Tyto údaje byly poskytnuty povodím Vltavy a nejsou veřejně přístupné.

Nadmořská výška Vyššího Brodu [m.n.m] profil. 130	547,60
Nadmořská výška Č. Krumlova profil 90	478,70
Profil č.130 [ř.km]	316,952
Profil č.90 [ř.km]	283,729
Délka úseku [ř.km]	34,116
Spád úseku [m]	68,90
Využitý potenciál toku [kW]	310
Možný využitelný potenciál – teoretická hodnota [kW]	321
Průtok Q_A [m ³ /s] ve Vyšší Brodě ⁵ [17]	13,70
Průtok Q_A [m ³ /s] (Lira) v Č.K. [17]	16,85
Počet MVE	3
Počet možných lokalit pro umístění MVE	4
Čísla profilů v říční mapě	130 až 90

Tab.6.1.1 Shrnutí parametrů úseku mezi Vyším Brodem a Českým Krumlovem [13, 18].

⁴ Součet instalovaných výkonů MVE na úseku z Vyššího Brodu do Č. Krumlova.

⁵ Q_a – Průměrný roční průtok.

6.2 Hydro-energetický potenciál úseku z Vyššího Brodu do Českého Krumlova

Veškeré prezentované údaje jsou převzaty z [13, 15, 17]. Teoretický hydro-energetický potenciál se počítá pro průtoky Q_{50d} a Q_{90d} . Vzhledem k tomu, že průtok Q_{50d} není v katalogu povodí Vltavy přístupný je potenciál vypočten pro průtoky Q_{30d} a Q_{90d} [1].

Vypočtení teoretického hydro-energetického potenciálu

Celý úsek je rozdělen na 41 jednotlivých profilů a pro každý profil je vypočtena hodnota teoretického výkonu. Jednotlivé výkony úseku jsou sečteny $\sum_{i'=1}^n P_{i30\%}, \sum_{i'=1}^n P_{i90\%}$, které představují teoretické potenciály úseku, pro Q_{30d} a Q_{90d} průtoky. Hodnoty průtoků v jednotlivých profilech jsou vyvozeny podle čhp⁶ [17]. Čísla hydrologických pořadí jsou odvozeny podle říčních kilometrů na vodohospodářské mapě [12]. Jednotlivé profily mají různé průtoky, protože spadají pod jiný čhp, v nichž jsou započteny přítoky jiných řek a potoků.

Rozdělení profilů podle čhp [17] :

profily 130 až 127 - čhp (1 – 06 – 01 - 121),
profily 126 až 125 - čhp (1 – 06 – 01 - 125),
profily 124 až 122 - čhp (1 – 06 – 01 - 137),
profily 121 až 111 - čhp (1 – 06 – 01 - 141),
profily 110 až 106 - čhp (1 – 06 – 01 - 148),
profily 105 až 99 - čhp (1 – 06 – 01 - 150),
profily 98 až 94 - čhp (1 – 06 – 01 - 156),
profily 93 až 90 - čhp (1 – 06 – 01 - 158).

⁶ Čhp - číslo hydrologického pořadí, vyznačení dílčích povodí v základní vodohospodářské mapě [17].

Číslo profilu	Staničení profilů	Nadm. výška hladiny	Průtok Q_{30d}	Délka profilu	Spád	Prům. hodnota průtoků	Výkon Vztah (16)	Specifický výkon vztah (18)	Součet výkonů pro profil
	[řkm]	[m.n.m]	[m ³ /s]	[km]	[m]	[m ³ /s]	[kW]	[kW]	[kW]
130	316,952	547,60	28,6	0,893	2,28	28,6	640	716	640
129	316,179	545,29	28,6	0,773	2,31		648	838	1288
128	315,364	543,14	28,6	0,815	2,15	28,6	603	740	1891
127	314,746	540,00	28,6	0,618	3,15		884	1430	2775
126	314,039	537,68	29,6	0,707	2,32	29,6	674	953	3449
125	313,274	535,83	29,6	0,765	1,85		537	702	3986
124	312,530	534,70	32,2	0,744	1,13	32,2	357	480	4343
123	311,855	532,76	32,2	0,675	1,94		613	908	4956
122	311,286	531,50	32,2	0,569	1,26	32,75	398	699	5354
121	310,637	530,24	33,3	0,649	1,24		405	624	5759
120	309,810	528,88	33,3	0,827	1,36	33,3	444	537	6203
119	309,230	526,86	33,3	0,580	2,02		660	1138	6863
118	307,464	523,00	33,3	1,766	3,86	33,3	1261	714	8124
117	306,788	521,62	33,3	0,676	1,38		451	667	8575
116	305,618	518,20	33,3	1,170	3,42	33,3	1117	955	9692
115	304,390	514,82	33,3	1,228	3,38		1104	899	10796
114	303,738	513,74	33,3	0,652	1,08	33,3	353	541	11149
113	302,952	511,90	33,3	0,786	1,84		601	765	11750
112	302,680	510,66	33,3	0,272	1,24	33,3	405	1489	12155
111	300,982	508,78	33,3	1,698	1,88		614	362	12769
110	300,303	507,72	33,8	0,679	1,06	33,8	351	518	13120
109	299,420	506,70	33,8	0,883	1,02		338	383	13458
108	298,721	505,19	33,8	0,699	1,51	33,8	501	716	13959
107	297,887	504,54	33,8	0,834	0,65		216	258	14175
106	297,050	503,39	33,8	0,837	1,15	34,15	381	456	14556
105	296,360	502,35	34,5	0,690	1,04		352	510	14908
104	295,486	500,59	34,5	0,874	1,76	34,5	596	682	15504
103	294,745	498,82	34,5	0,741	1,77		599	808	16103
102	294,073	497,60	34,5	0,672	1,22	34,5	413	614	16516
101	293,273	495,73	34,5	0,800	1,87		633	791	17149
100	292,496	495,13	34,5	0,777	0,6	34,5	203	261	17352
99	291,458	492,35	34,5	1,038	2,78		941	906	18293
98	290,741	492,25	35,3	0,717	0,1	35,3	35	48	18328
97	290,012	491,10	35,3	0,729	1,15		398	546	18726
96	289,224	490,28	35,3	0,788	0,82	35,3	284	360	19010
95	288,428	489,65	35,3	0,796	0,63		218	274	19228
94	287,625	487,70	35,3	0,803	1,95	35,6	675	841	19903
93	286,741	486,56	35,9	0,884	1,38		486	550	20389
92	285,540	484,04	35,9	1,201	2,52	35,9	887	739	21276
91	284,648	481,76	35,9	0,892	2,28		803	900	22079
90	283,729	478,70	35,9	0,919	3,06	35,9	1078	1173	23157

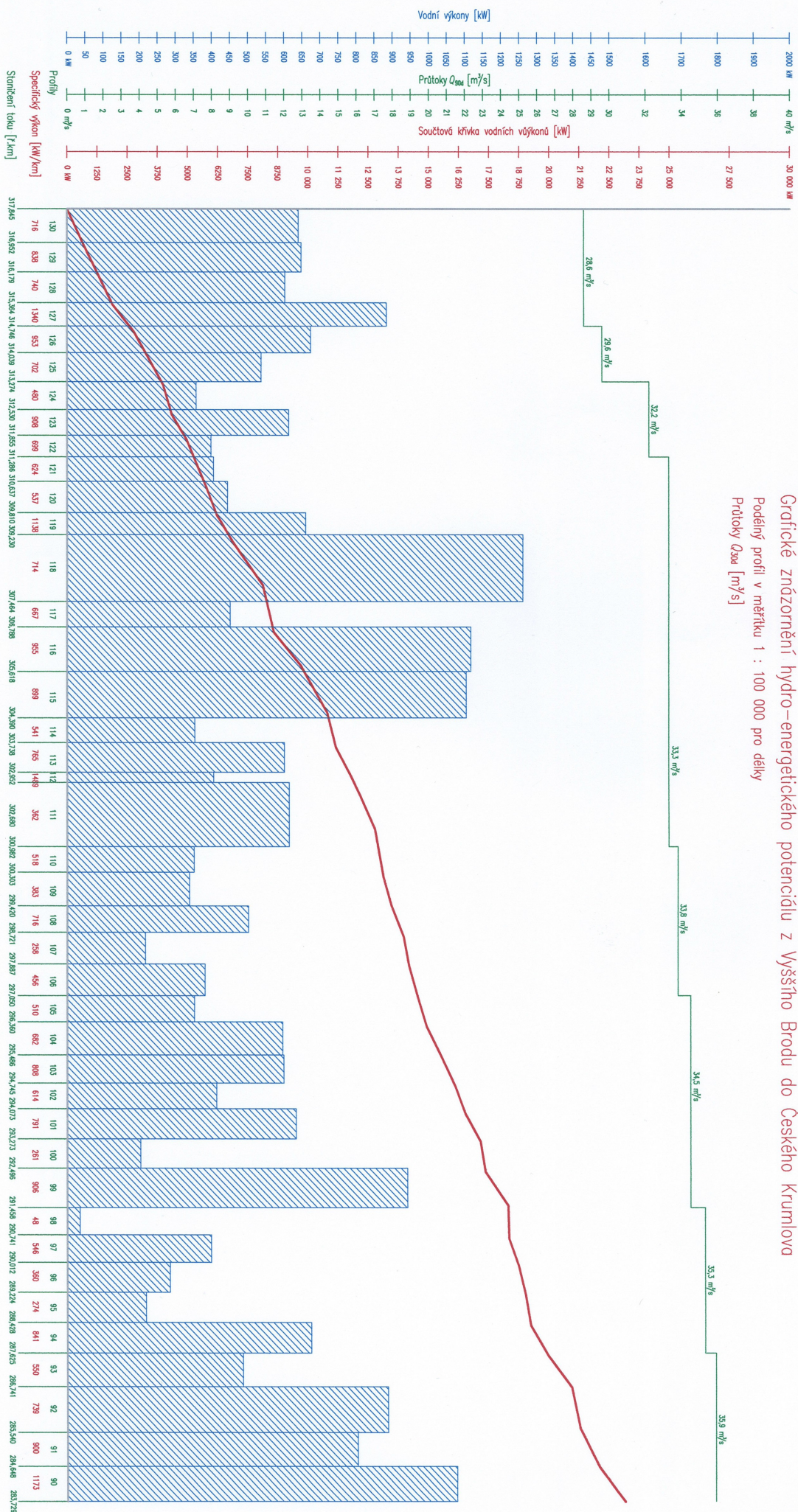
Tab. 6.2 Tabelární znázornění teoretického potenciálu pro průtoky Q_{30d} [15,17].

Číslo profilu	Staničení profilů	Nadm. výška hladiny	Průtok Q_{90d}	Délka profilu	Spád	Prům. hodnota průtoků	Výkon Vztah (16)	Specifický výkon vztah (18)	Součet výkonů pro profil
	[řkm]	[m.n.m]	[m³/s]	[km]	[m]	[m³/s]	[kW]	[kW]	[kW]
130	316,952	547,60	16,9	0,893	2,28	16,9	378	423	378
129	316,179	545,29	16,9	0,773	2,31		383	495	761
128	315,364	543,14	16,9	0,815	2,15	16,9	356	437	1117
127	314,746	540,00	16,9	0,618	3,15		522	845	1639
126	314,039	537,68	17,4	0,707	2,32	17,4	396	560	2035
125	313,274	535,83	17,4	0,765	1,85		316	413	2351
124	312,530	534,70	18,7	0,744	1,13	18,7	207	279	2558
123	311,855	532,76	18,7	0,675	1,94		356	527	2914
122	311,286	531,50	18,7	0,569	1,26	19	231	406	3145
121	310,637	530,24	19,3	0,649	1,24		235	462	3380
120	309,810	528,88	19,3	0,827	1,36	19,3	257	311	3637
119	309,230	526,86	19,3	0,580	2,02		382	659	4019
118	307,464	523,00	19,3	1,766	3,86	19,3	731	414	4750
117	306,788	521,62	19,3	0,676	1,38		261	387	5011
116	305,618	518,20	19,3	1,170	3,42	19,3	648	553	5659
115	304,390	514,82	19,3	1,228	3,38		640	521	6299
114	303,738	513,74	19,3	0,652	1,08	19,3	204	314	6503
113	302,952	511,90	19,3	0,786	1,84		348	443	6851
112	302,680	510,66	19,3	0,272	1,24	19,3	235	863	7086
111	300,982	508,78	19,3	1,698	1,88		356	210	7442
110	300,303	507,72	19,5	0,679	1,06	19,5	203	299	7645
109	299,420	506,70	19,5	0,883	1,02		195	221	7840
108	298,721	505,19	19,5	0,699	1,51	19,6	290	415	8130
107	297,887	504,54	19,5	0,834	0,65		125	150	8255
106	297,050	503,39	19,5	0,837	1,15	19,7	221	264	8476
105	296,360	502,35	19,8	0,690	1,04		202	293	8678
104	295,486	500,59	19,8	0,874	1,76	19,8	342	291	9020
103	294,745	498,82	19,8	0,741	1,77		344	464	9364
102	294,073	497,60	19,8	0,672	1,22	19,8	237	353	9601
101	293,273	495,73	19,8	0,800	1,87		363	454	9964
100	292,496	495,13	19,8	0,777	0,6	19,8	117	150	10081
99	291,458	492,35	19,8	1,038	2,78		540	520	10621
98	290,741	492,25	20,3	0,717	0,1	20,3	20	28	10641
97	290,012	491,10	20,3	0,729	1,15		229	314	10870
96	289,224	490,28	20,3	0,788	0,82	20,3	163	207	11033
95	288,428	489,65	20,3	0,796	0,63		125	158	11158
94	287,625	487,70	20,3	0,803	1,95	20,4	388	484	11546
93	286,741	486,56	20,5	0,884	1,38		278	314	11824
92	285,540	484,04	20,5	1,201	2,52	20,5	507	422	12331
91	284,648	481,76	20,5	0,892	2,28		459	514	12790
90	283,729	478,70	20,5	0,919	3,06	20,5	615	670	13405

Tab. 6.2.1 Tabelární znázornění teoretického potenciálu pro průtoky Q_{90d} [15,17].

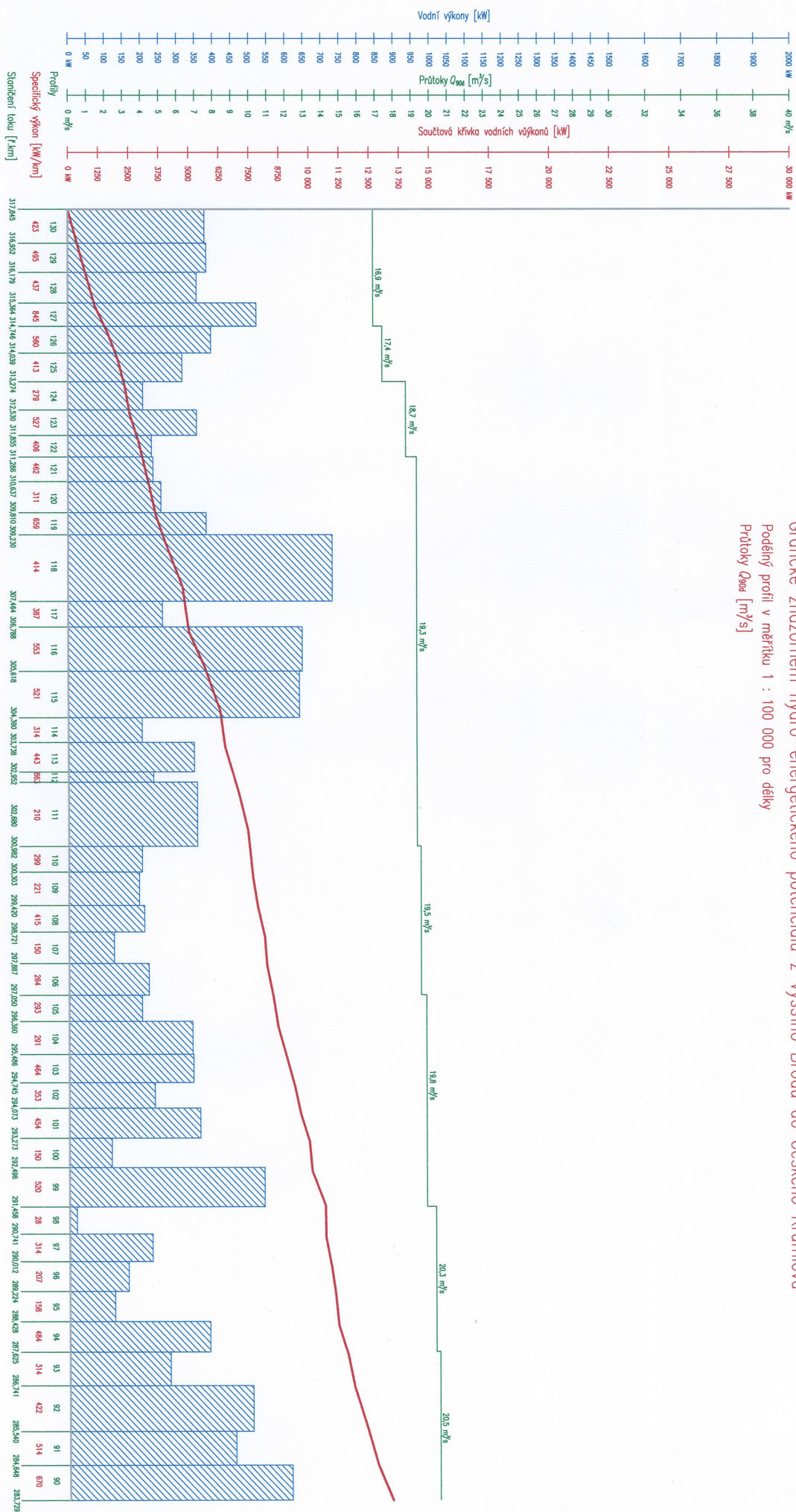
V každé výše uvedené tabulce jsou uvedeny pro jednotlivé profily úseku toku průtoky, spády, délky a vypočtené výkony (jak teoretický tak specifický výkon). Tabelární znázornění hydro-energetického potenciálu potvrzuje vhodnost některých lokalit (jezů) pro výstavbu MVE. Na tučně vyznačených profilech jsou již vystavěny jezy (lokality), pro které je zpracován návrh MVE. Modře označené profily znázorňují úseky toku na kterých jsou již vystavěné MVE. Jejich výkony jsou uvedeny v tab. 6.1. Červeně označené profily, znázorňují ty úseky toku, které disponují vyšším potenciálním výkonem, a však na těchto profilech nejsou vystavěny jezy. Přesto zde mohou být vystavěny MVE za předpokladu vyšších investičních na stavbu jezu.

Grafické znázornění hydro-energetického potenciálu z Vyššího Brodu do Českého Krumlova
 Podélný profil v měřítku 1 : 100 000 pro délky
 Průtoky Q_{90} [m^3/s]



Délka úseku 34,116 [km]

Grafické znázornění hydro-energetického potenciálu z Vyššího Brodu do Českého Krumlova
 Podélný profil v měřítku 1 : 100 000 pro délky
 Průtoky Q_{900} [m³/s]



Délka úseku 34,116 [km]

7 Specifikace vybraných lokalit pro umístění MVE

7.1 Lokalita Rožmberk

Lokalita Rožmberk je první možné místo v daném úseku pro výstavbu MVE. Po směru toku řeky se nachází na 308,519 ř.km. Jedná se o pevný kamenný jez. Tuto lokalitu považují za nejméně energeticky výhodnou z důvodu poměrně malého vzdutí jezu, které činí 0,98 m. U ostatních jezů hodnota vzdutí neklesá pod úroveň 1,5 m. Další důvod představuje fakt, že oblast spadá pod jiný čhp a vyznačuje se menšími hodnotami průtoku. O tom, zda tato oblast měla dříve energetické využití, není záznam.

Seznam dokumentů k lokalitě Rožmberk

7.1.1 Technický popis lokality.

7.1.2 Průtoky 2.b naměřené v monitorovací stanici LG Vyšší Brod.

7.1.3 Vypočtení teoretického výkonu MVE Rožberk v [kW].

7.1.4 Navržení druhu turbíny MVE a její parametry.

7.1.5 Vypočtení roční výroby energie v [MWh].

7.1.6 Závěr.

7.2 Přílohy pro lokalitu Rožmberk

7.2.1 Profil 118 - podrobná říční mapa, měřítko 1:2000 [20].

7.2.2 Situace řezů O 52/1 měřítko 1:500 [23].

7.2.3 Řezy O 52/1 [23].

7.2.4 Přehledná říční mapa O 52 1:7000 - fotoplán [22].

7.2.5 Fotodokumentace.

7.1.1 Technický popis lokality

druh jezu	pevný
tvar jezu	přímý
konstrukce jezu	betonový jez dlážděný kamenem se štěrkovými propustmi
celková délka jezu [m]	63
štěrková propust, umístěna u levého břehu	šíře 6,05 m hrazená dubovými hradidly 0,2 x 0,2 x 6,3 m v počtu 5 kusů
štěrková propust, umístěna u pravého břehu (sportovní)	šíře 2,54 m se sklonem 6 % a délce 28,2 m
kóta koruny jezu [m n.m.]	528,58
výška stálého vzdutí [m]	0,98
délka přelivné hrany [m]	38,49
délka jezové zdrže [m]	440
staničení [ř.km]	308,519
počet polí	3
průtok 2.a Q_a^7 [m³/s] čhp - (1 – 06 – 01 - 141)	15,75 [17]
průtok 2.b Q_A^8 [m³/s]	13,40 [20]
teoretický možný výkon MVE [kW]	93.8
profil	118
stávající účel	stabilizace toku a ochrana před povodněmi.

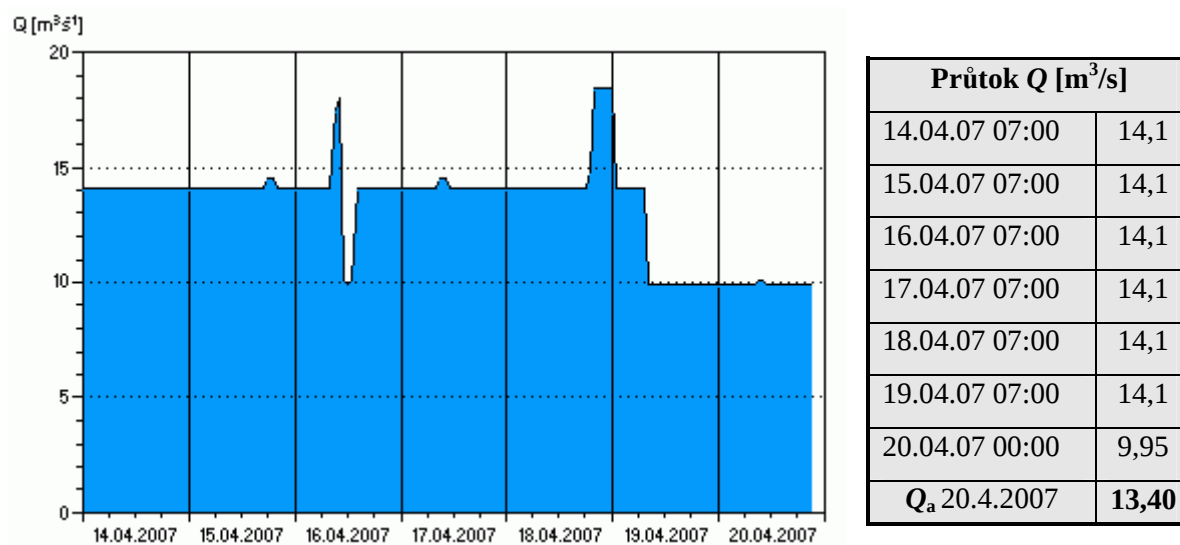
Tab.7.1.1 Technický popis lokality Rožmberk [18, 19].

Průtok 2.a lze porovnat s průtoky 2.b. Průtoky 2.b zde uvedené nejsou naměřené přímo v daném říčním kilometru, ale jsou naměřeny monitorovací stanicí LG Vyšší Brod. Tato stanice se nachází na profilu 130 tedy o dvanáct profilů výše proti proudu, což představuje rozdíl 10 ř.km od vybrané lokality [12]. Průtoky 2.b mají tedy spíše orientační smysl a částečně potvrzují průtoky 2.a. Vzhledem k tomu, že v současné době není vyhotoven nový soubor průtoků je nutné použít údaje prezentované v [17]. Informace o přesných aktuálních průtocích na daném říčním kilometru sděluje Český hydrometeorologický ústav za poplatek.

⁷ Q_a - Roční průměrný průtok.

⁸ Q_A - Dlouhodobý průměrný průtok ke dni 20.4.2007.

7.1.2 Průtoky 2.b naměřené v monitorovací stanici LG Vyšší Brod



Tab. a Obr. 7.1.2 Naměřené průtoky v monitorovací stanici LG Vyšší Brod [20].

Uvedené průtoky jsou zaznamenávány každou hodinu v průběhu celého dne [20]. Monitorovací stanice LG Vyšší Brod spadá do čhp (1 – 06 – 01 - 141).

7.1.3 Vypočtení teoretického výkonu MVE Rožmberk v [kW] :

Teoretický výkon kterým by MVE disponovala při $\eta = 100 \%$. Pro teoretický výkon se počítá s aktuálními průtoky Q_a [17].

$$P_t = \frac{E_t}{t} = \frac{Q \cdot \rho \cdot g \cdot t \cdot H}{t} = Q \cdot \rho \cdot g \cdot H \quad [\text{W}]$$

$$P_t = 15,75 \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot 0,98 \quad [\text{W}]$$

$$\underline{P_t = 151 \text{ kW}}$$

Efektivní výkon bude:

$$P_{ef} = \eta_t \cdot P_t, \quad [\text{W}]$$

η_t – účinnost turbíny, pro návrh je počítáno s hodnotou 0,75.

$$\eta_t = \eta_v \cdot \eta_h \cdot \eta_m$$

$$P_{ef} = \eta_t \cdot Q \cdot \rho \cdot g \cdot H \quad [\text{W}]$$

$$P_{ef} = 0,75 \cdot 151 \quad [\text{W}]$$

$$\underline{P_{ef} = 113 \text{ kW}}$$

Výkon elektrárny dodávaný do elektrizační sítě:

$$P = P_t \cdot \eta_c$$

$$\eta_c = \eta_t \cdot \eta_g \cdot \eta_p \cdot \eta_{tr}$$

$$P = \rho \cdot g \cdot H \cdot Q \cdot \eta_t \cdot \eta_g \cdot \eta_p \cdot \eta_{tr} \quad [W]$$

η_c – celková účinnost,

η_g – účinnost generátoru, Pro daný výpočet je uvažováno s použitím asynchronní generátoru jehož účinnost $\eta_g \leq 0,90$.

Odůvodnění:

Navrhuji, aby zde byl použit asynchronní generátor, vzhledem k tomu, že při jeho použití se zjednodušují ostatní elektrická zařízení. Zmenší se jejich hmotnost a tím i cena. Dále proto, že asynchronní stroje se zpravidla dimenzují výkonově, tedy co nejbližší k maximálnímu výkonu turbíny. To znamená, jestliže by byl ve funkci asynchronního generátoru použit asynchronní motor, je možné ho zatížit elektrickým výkonem rovnajícím se jeho příkonu, tedy jmenovitým proudem.

Ztráty převodem: je uvažováno, že generátor nebude na společné hřídeli s turbínou. V návrhu je počítáno s hodnotou $\eta_p = 0,94$.

η_{tr} - účinnost transformátoru, pro návrh je počítáno je s hodnotou 0,92.

$$\eta_c = 0,75 \cdot 0,90 \cdot 0,94 \cdot 0,92$$

$$\underline{\eta_c = 0,58}$$

V daném případě vyšla $\eta_c = 0,58$, což je méně než by měla. Je to zapříčiněno tím, že ve všech případech je počítáno s limitní nejmenší účinností. Je tak učiněno proto, aby výsledná hodnota výkonu odpovídala co nejvíce reálné hodnotě a nebyla příliš nadsazena.

tedy prahový výkon bude⁹:

$$P = P_t \cdot \eta_c \quad [kW]$$

$$P = 151 \cdot 0,58 \quad [kW]$$

$$\underline{P = 88 \text{ kW}}$$

⁹ Pro teoretický výpočet výkonu je uvažováno s využitím celkového průtoku.

Pro orientační výkon lze výpočty zjednodušit:

$$P = K \cdot H \cdot Q \quad [\text{kW}] \quad (20)$$

$$P = 6 \cdot 0,98 \cdot 15,75 \quad [\text{kW}]$$

$$\underline{P = 93 \text{ kW}}$$

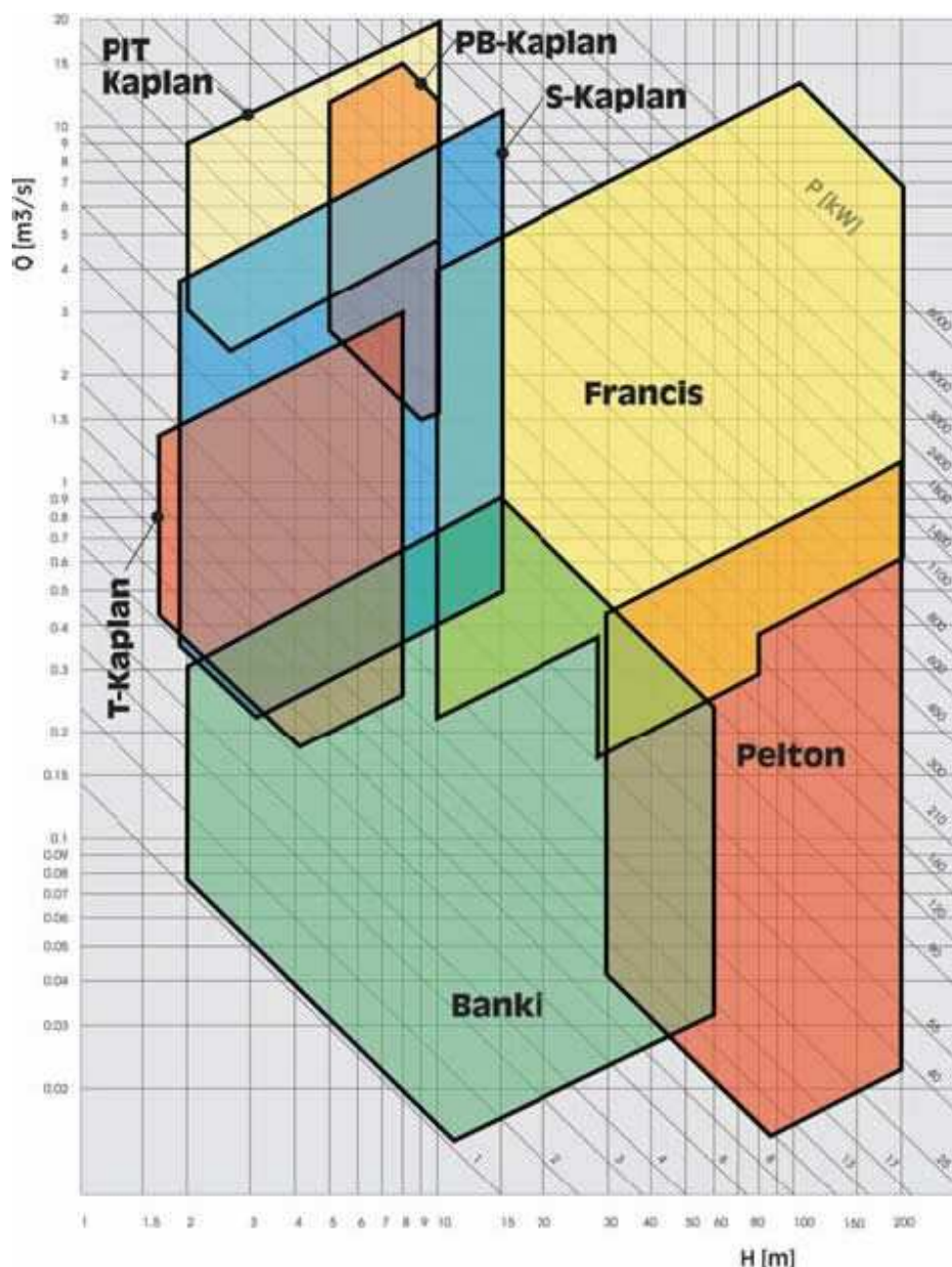
Pro tuto lokalitu je počítáno s $K = 6$.

7.1.4 Navržení druhu turbíny a její parametry

Navrhnutí turbíny vychází ze dvou základních parametrů charakterizujících tok. Podle těchto parametrů se orientuje v základní charakteristice typů turbín. Turbína MVE se dimenzuje na 90-ti denní až 180-ti denní průměrný průtok, což ovlivňuje technická úroveň technologie, zejména schopnost turbíny přizpůsobit se regulací změnám průtoku.

M [dní]	90	180	Q_a
$Q[\text{m}^3/\text{s}]$	19,3	10,3	15,75

Tab.7.1.4.a Vyznačení 90-ti a 180-ti denních průtoků lokality Rožmberk [17].



Obr.7.1.4.a Základní charakteristika typů turbín dle průtoku a spádu pro výběr vhodného turbosoustrojí - znázornění předběžného výkonu [kW] [21].

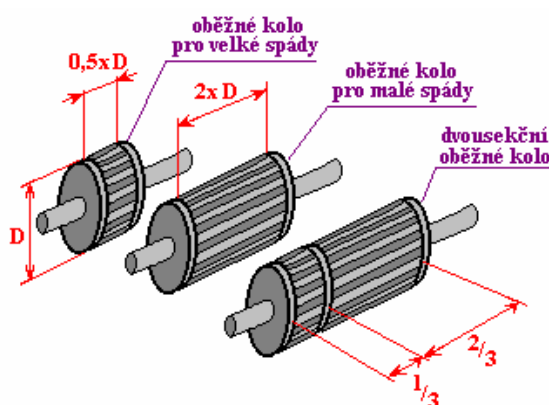
Ze základní charakteristiky obr.7.1.4.a je zřejmé, že nevhodnější turbínou na této lokalitě je turbína typu Kaplan. Přesněji podtyp PIT a S – Kaplan. Ovšem za předpokladu, že celkový průtok řekou by protékal přes turbínu MVE. Přes jez by stékaly jen průtoky odpovídající hodnotám sanitárních a sanačních průtoků¹⁰. Lokalita disponuje však

¹⁰ Sanitární a sanační průtoky jsou předepsány ve vodoprávním řízení a odpovídají obvykle 330, 355 nebo 364 dennímu průtoku vody, který je nutno ponechat v řečišti a nelze s ním kalkulovat pro využití [5, 26].

menším vzdutím, proto by zde bylo výhodnější umístění MVE, která by kalkulovala jen částí protékaného průtoku korytem řeky. Z tohoto hlediska je navrhovaná turbína typu Bánki. Každá firma zabývající se výrobou turbín má jiné typové dělení dle spádů. Je to zapříčiněno technologií výroby a použitých materiálů při výrobě.

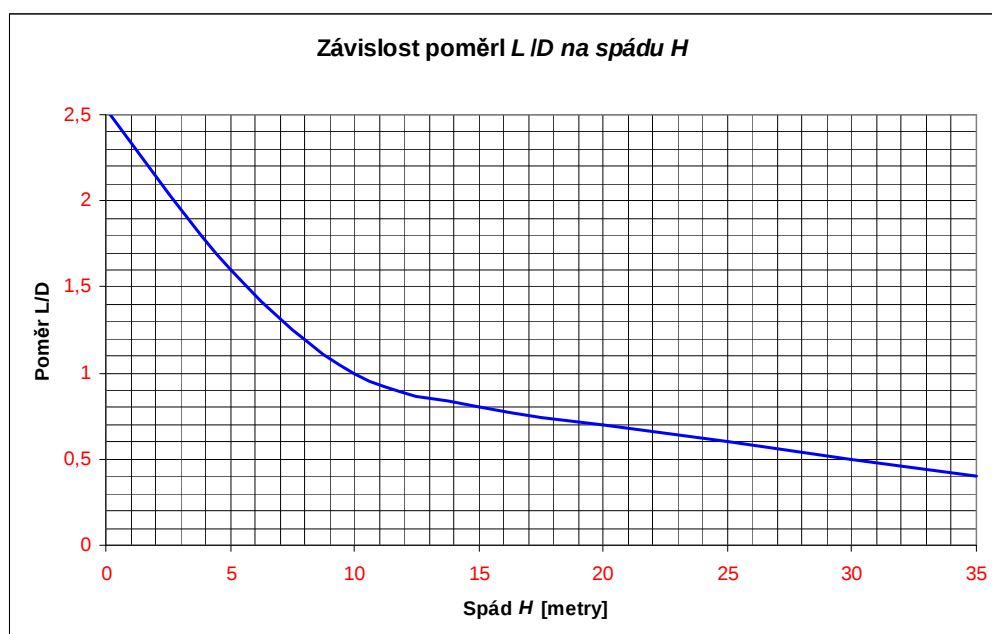
Teoretický návrh Bánkiho pro lokalitu Rožmberk

Pro stanovení rozměrů turbíny je nejdůležitější zvolit vhodný poměr mezi šířkou L oběžného kola a jeho průměrem D . Tento poměr L/D se nazývá součinitelem k_{ld} , je omezený pevností lopatky a proto je závislý na velikosti spádu.



Obr.7.1.4.b Oběžné kolo Bánkiho turbíny [22].

Na obrázku obr.7.1.4.b je znázorněno v jakém rozsahu se může měnit šířka oběžného kola. Pokud lopatky nejsou zvlášť vyztuženy, určuje se součinitel k_{ld} z následujícího grafu.



Obr.7.1.4.c Závislost poměru L/D na spádu H [m] [22].

Postup výpočtu

Na levé straně grafu se odečte hodnota součinitele k_{ld} pro konkrétní provozní spád, pro lokalitu Rožmberk je součinitel $k_{ld} = 2,18$ a spád $^{11}H = 1,65$ m.

1. Ze spádu H se vypočítá vstupní rychlost vody c_1 :

$$c_1 = 0,98 \cdot \sqrt{19,81 \cdot H} \quad [\text{m/s}], \quad (19)$$

$$c_1 = 0,98 \cdot \sqrt{19,81 \cdot 1,65} \quad [\text{m/s}],$$

$$\underline{c_1 = 5,6 \text{ m/s.}}$$

2. Rychlost vody c_1 spolu s požadovanou hltností turbíny Q se dosadí do dalšího vztahu a získá se plocha štěrbiny a^{12} . Hltnost turbíny je stanovena na $0,41 \text{ m}^3/\text{s}$.¹³

$$a = \frac{Q}{1000 \cdot c_1} \quad [\text{m}^2] \quad (20)$$

$$a = \frac{410}{1000 \cdot 5,6} \quad [\text{m}^2]$$

$$\underline{a = 0,0732 \text{ m}^2}$$

Navrhovaná turbína by měla štěrbinu o rozměrech 30 x 24 cm.

3. Ze štěrbiny plochy a , součinitele $k_{ld} = 2,18$ a součinitele ostříku¹⁴ $k_{ostř.}$ se dále vypočítá největší otevření štěrbiny s . Součinitel ostříku se volí v rozmezí (0,05 až 0,1) pro starší turbíny, pro moderní turbíny se volí ostřík 0,3. Pro návrh je uvažováno s hodnotou $k_{ostř.} = 0,3$.

$$s = 1000 \cdot \sqrt{\frac{a \cdot K_{ostř.}}{K_{ld}}} \quad [\text{mm}]$$

$$s = 1000 \cdot \sqrt{\frac{0,0732 \cdot 0,3}{2,18}} \quad [\text{mm}]$$

$$\underline{s = 100 \text{ mm}}$$

¹¹ Při studii lokality bylo zjištěno, že po stavební úpravě levé propusti bude dosaženo přibližné hodnoty spádu 1,6 m.

¹² Plocha štěrbiny udává velikost plochy, kterou protéká voda na oběžné kolo.

¹³ Hltnost turbíny je stanovena $0,41 \text{ m}^3/\text{s}$, protože firma ČKD Turbo Technics, s.r.o. vyrábí typizované turbíny Bánky s $\varnothing$ oběžného kola 300.

¹⁴ $k_{ostř.}$ - Poměr otevření štěrbiny s k průměru D .

4. Ze získaných hodnot se dále vypočte průměr oběžného kola D :

$$D = \frac{s}{K_{ostr}} \quad [\text{mm}],$$

$$D = \frac{100}{0,3} \quad [\text{mm}],$$

$$\underline{D = 333 \text{ mm} .}$$

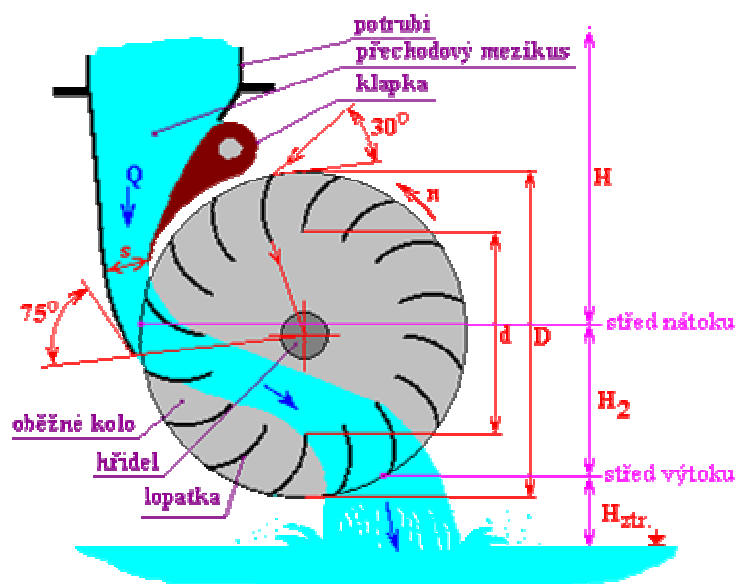
Výpočet průměru oběžného kola potvrdil vhodnost turbíny na studovanou lokalitu. Turbína je vhodná pouze tehdy, kdy průměr je nejméně 5x...10x menší, než spád H [22].

5. Jmenovité otáčky turbíny n [ot/min] vycházejí z průměru oběžného kola D [mm] a vstupní rychlosti vody c_1 .

$$n = 9898 \cdot \frac{c_1}{D} \quad [\text{ot/min}]$$

$$n = 9898 \cdot \frac{5,6}{333} \quad [\text{ot/min}]$$

$$\underline{n = 166 \text{ ot/min}}$$



Obr.7.1.4.d Řez turbínou Bánki [22].

Na obr.7.1.4.d jsou znázorněny parametry turbíny. Zeleně označené indexy v legendě jsou počítané parametry.

Legenda:

c_1 - vstupní rychlost vody do lopatek [m/s], a - plocha šterbiny [m²], Q - jmenovitý průtok [m³/s], s - jmenovité otevření šterbiny [mm], D - vnější průměr kola [mm], n - otáčky turbíny [ot./min.], d - kružnice na níž končí lopatky [mm], H - činný spád [metry], H_2 - spád v kole [metry], H_{ztr} - výška nad spod.vodou [metry].

ø oběžného kola	333 [mm]
n (otáčky turbíny)	166 [ot/min]
Q hltnost	0,41 [m ³ /s]
H (spád)	1,65 [m]

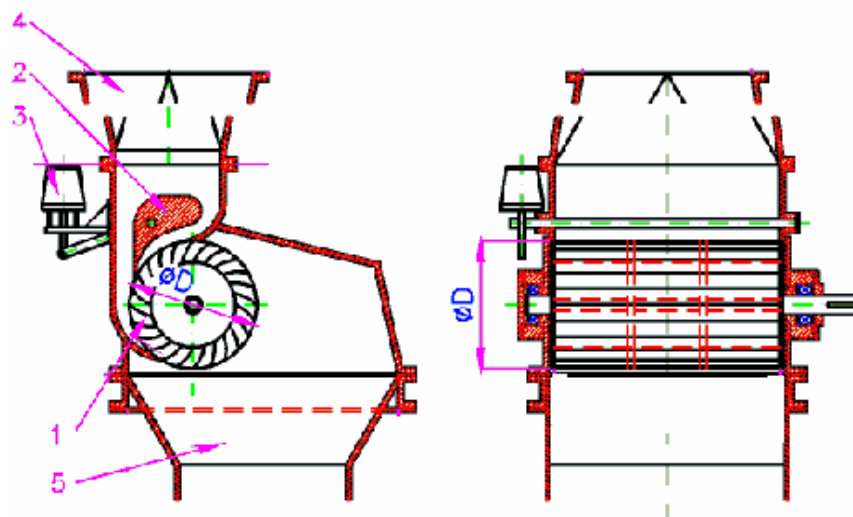
Tab.7.1.4.b Parametry vypočtené turbíny Bánki.

Dodavatel zmíněné turbíny

ČKD Turbo Technics, s.r.o., Oldřicha Blažka 131, 679 02 Rajec – Jestřebí, Česká republika, Fax: 42 0506 – 432016 Tel:+ 420 51643 4090, www.ckdturbo.cz .

Charakteristika

Typově se jedná o příčně dvojnásobně protékanou turbínu s parciálním ostřikem, která na prvním průtoku pracuje přetlakově, druhý odstředivý průtok je pouze rovnotlaký. Turbína je vhodná pro spády od 2 m, případně od 1,5 m, do spádu 15 m [23].



7.1.4.e Řez Bánkiho turbínou ČKD Turbo Technics, s.r.o. [23].

Legenda:

1 - oběžné kolo, 2 - regulační klapka, 3 - servomotor¹⁵, 4 - vtokový kus, 5 – výtok.

¹⁵ Navrhovaná turbína má ručním ovládáním klapky.

Popis turbíny:

Oběžné kolo je tvořeno dvěma kruhovými deskami, mezi nimiž jsou jednoduché lopatky. Kolo je uloženo ve skříni, z níž z jedné strany přitéká usměrněný proud vody. Voda přes lopatky vtéká dovnitř kola a odtud opět přes lopatky vytéká na druhé straně skříně ven. Průtok do turbíny se reguluje ruční pákou natáčením klapky [23, 24].

Typ	Bánki B 15/10
ø oběžného kola	300 [mm]
Q hltnost	0,4 [m ³ /s]
H (spád)	1,65 [m]
P _i instalovaný výkon	5 [kW]

Tab. 7.2.4.c Parametry turbíny Bánki ČKD Turbo Technics, s.r.o. [23].

.

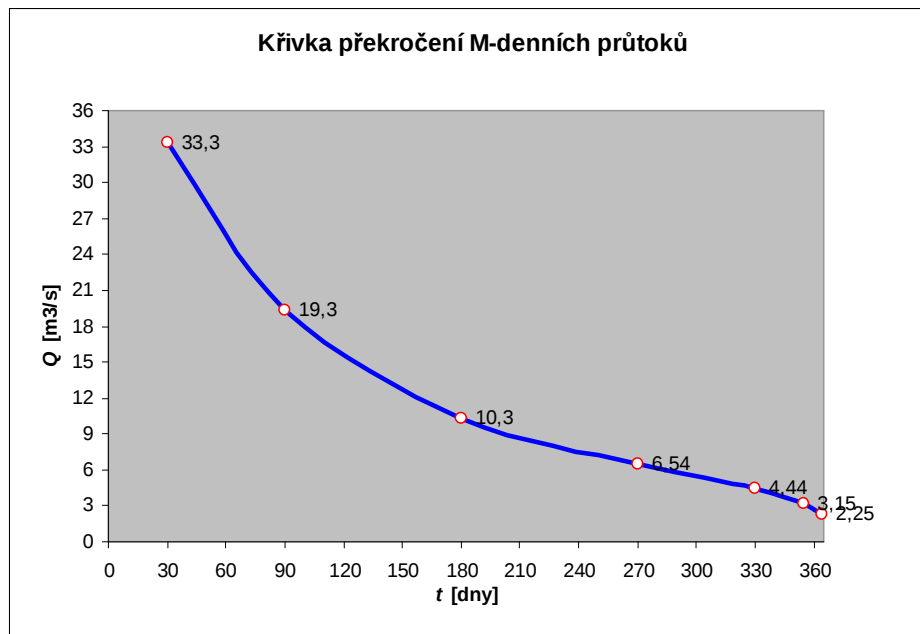
7.1.5 Vypočtení roční výroby energie v [MWh]

Pro orientační roční výrobou MVE je třeba znát průtoky mezi Q_{90d} a Q_{364d} ,¹⁶ protože MVE není v provozu 365 dní v roce. To je způsobeno kolísáním průtoku. V případě uvedené lokality s menším vzdutím jezu je možné omezení výroby v důsledku ztráty spádu vzdutím dolní hladiny pod jezem při velkých průtocích.

M [dní]	30	90	180	270	330	355	364	Q_a
Q[m ³ /s]	33,3	19,3	10,3	6,51	4,44	3,15	2,25	15,75

Tab. 7.1.5 M-denních průtoků lokality Rožmberk [17].

¹⁶ $Q_{30-364d}$ – Hodnoty průtoků kterých je dosaženo n – krát v roce.



Obr. 7.1.5 M-denních průtoků lokality Rožmberk [17].

Z výše uvedené tabulky a grafu je patrné, že turbína by měla dostatečný průtok v průběhu celého roku. Odstávka turbíny by nastala pouze v případě povodňových stavů, kdy hladina spodní vody pod jezem se zvedne. Doba ročního provozu je stanovena na 330 dní (8160 hodin).

Teoretická výroba MVE s dvěma turbínami Bámki¹⁷

$$E = P \cdot t \quad [\text{kWh}],$$

$$E = 5 \cdot 8160 \cdot 2 \quad [\text{kWh}],$$

$$E = 81,6 \text{ MWh}.$$

Dále musí být započten procentuální odečet z roční výroby z důvodů odstávek a revizí (obvykle 6 až 8 %, max. 20 %). Vzhledem k tomu, že by se jednalo o novou MVE, která by svůj provoz teprve zahajovala, je hodnota stanovena na 10 %. Strojní zařízení MVE by se musely pravidelněji kontrolovat při prvních měsících provozu.

$$E = 81,6 \Rightarrow 73,5$$

$$E = 73,5 \text{ MWh}$$

Předpokládaná roční výroba v 73,5 MWh .

¹⁷ Pro výpočet roční výroby je počítáno s instalovaným výkonem turbín.

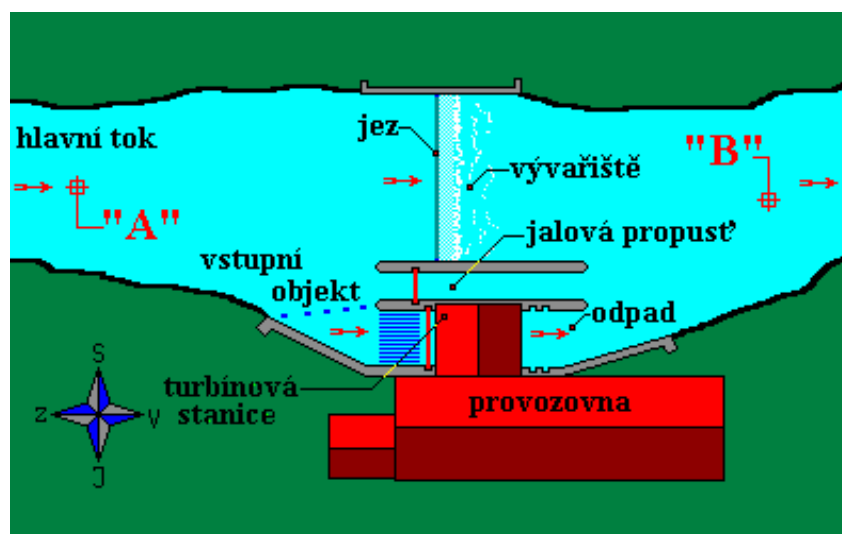
7.1.6 Závěr

Podle rozsahu použití základních druhů turbín je výhodné, aby zde byla umístěna Kaplanova PIT turbína, ale za předpokladu využití celkového průtoku korytem řeky. Výstavba MVE s instalací PIT turbíny by byla za ceny vyšších vynaložených investičních prostředků vlivem celkové přestavby jezu a ceny turbíny neefektivní. Proto návrhová turbína je typu Bánki, která je cenově nenáročná. Lokalita svými parametry a polohou poskytuje možnost výstavby jezové MVE, která by disponovala prahovým výkonem $P = 2 \times 5 \text{ kW}$ a teoretickou roční výrobou $E = 73,5 \text{ MWh}$. Disponovaným výkonem MVE by spadala do kategorie IV [25]. Podle velikosti spádu by se jednalo o nízkotlakou MVE, jejíž pracovní charakter by byl průtočný (tj. elektrárny, které pracují s přirozeným průtokem a zpravidla využívají spád vzdutý jezem nebo energií vodního proudu nehrazeného vodního toku) [2]. Bylo by vhodné použít umístění strojovny MVE jezového typu (obr 7.1.6.a), kdy strojovna je umístěna u jezu, nejčastěji v břehové části, těsné blízkosti či přímo ve spodní stavbě [1]. Podle účasti na pokrývání diagramu zatížení¹⁸ elektrizační soustavy by zde vybudovaná MVE pracovala v režimu základním (obr.7.1.6.b). To jsou MVE, které pracují převážně v základním zatížení denního diagramu elektrizační soustavy. MVE by mohla také mít samostatné využití (nespolupracuje s elektrizační soustavou) [26]. Řízení provozu, je možné realizovat s ručním ovládáním vzhledem k menšímu výkonu MVE.

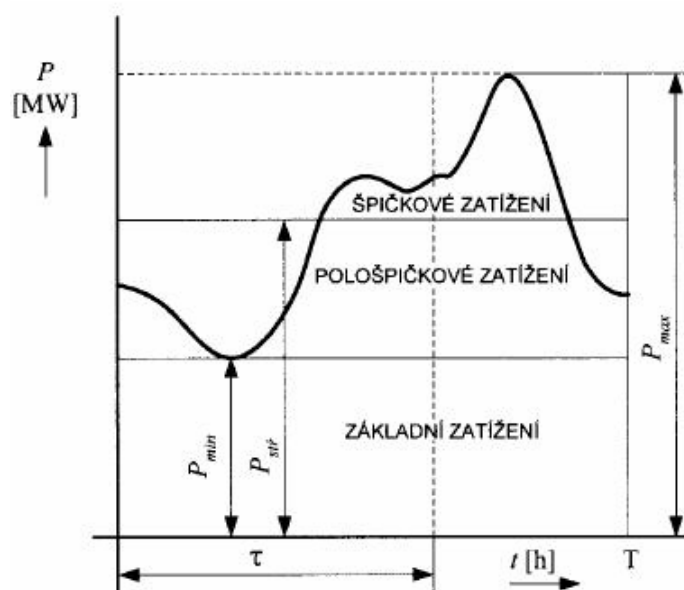
výkon MVE	2 x 5 [kW]
roční výroba	88,2 [MWh]
druh turbíny	2 x Bánki
kategorie MVE	IV
pracovní režim	průtočný
pokrytí denního diagramu	základní
umístění strojovny	jezové
ovládání	Ruční
předpokládané investiční náklady	1,5 mil. Kč

Tab.7.1.6 Parametry navržené MVE Rožmberk.

¹⁸ Denní diagram (diagram zatížení) udává informace o změnách zatížení jednotlivých spotřebitelů, výkonech elektráren a celé elektrizační soustavy.

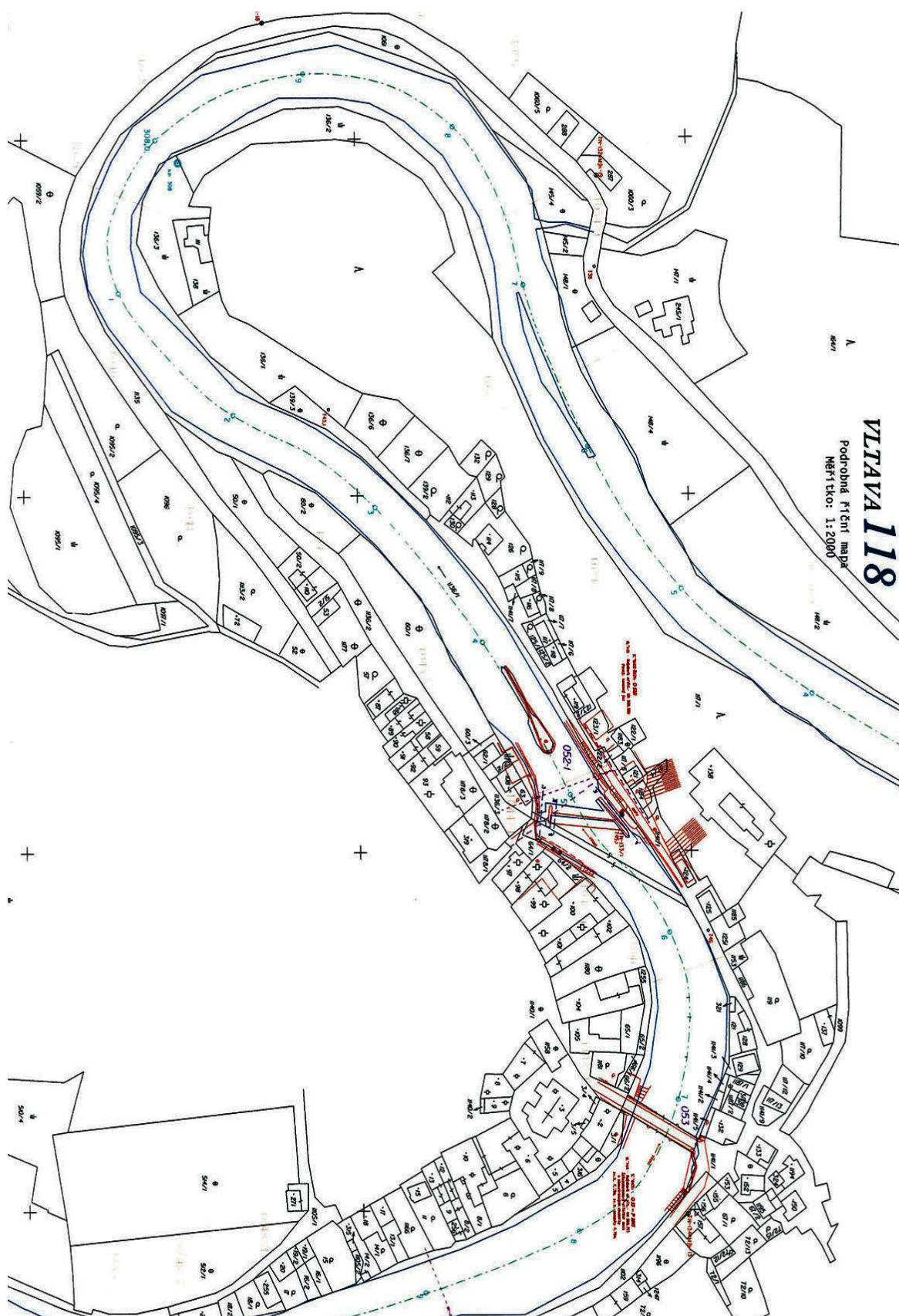


Obr.7.1.6.a Schéma jezové vodní elektrárny- typ břehová [22].



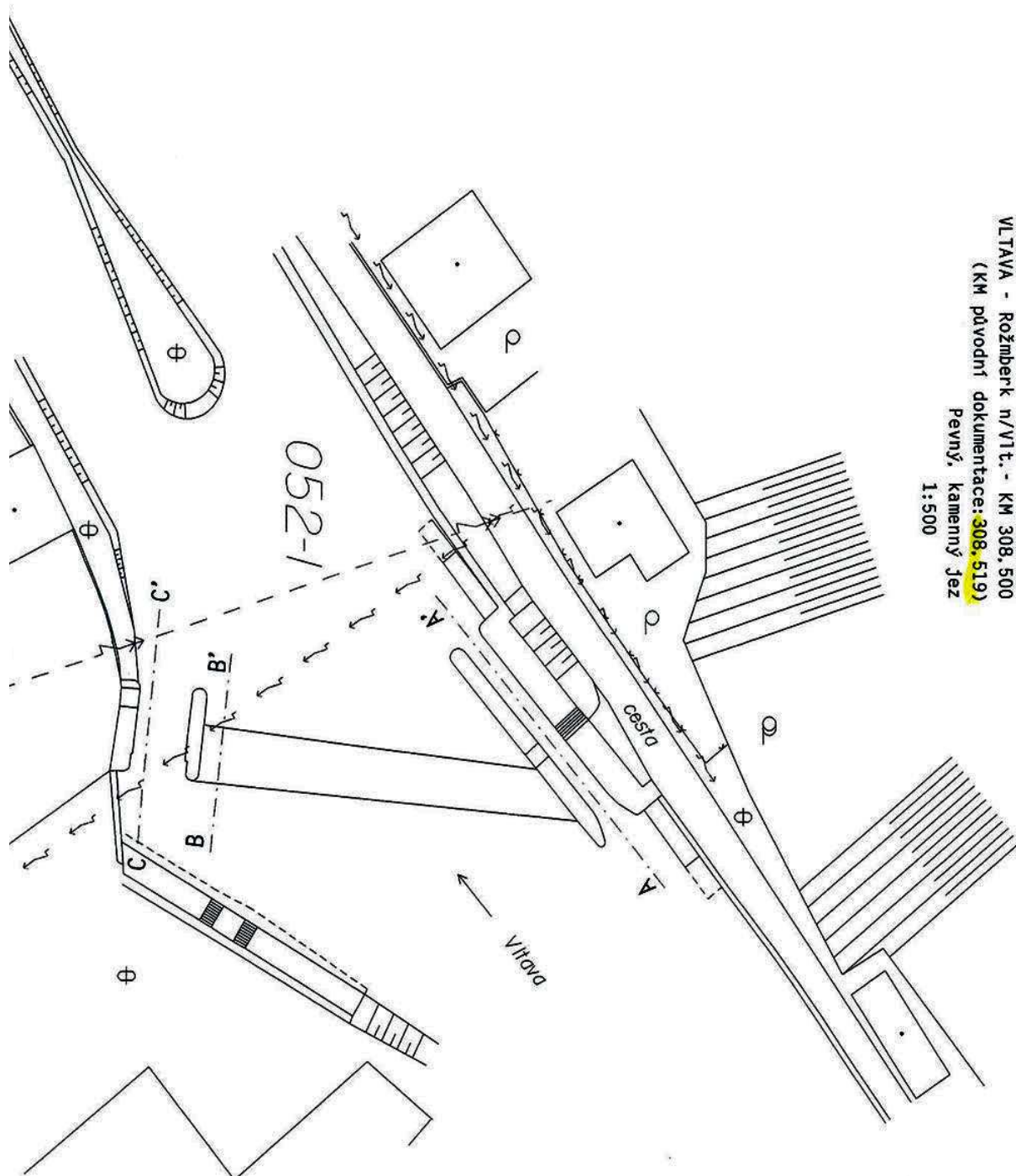
Obr. 7.1.6.b Denní diagram zatížení elektrizační soustavy [27].

7.2 Přílohy pro lokalitu Rožmberk



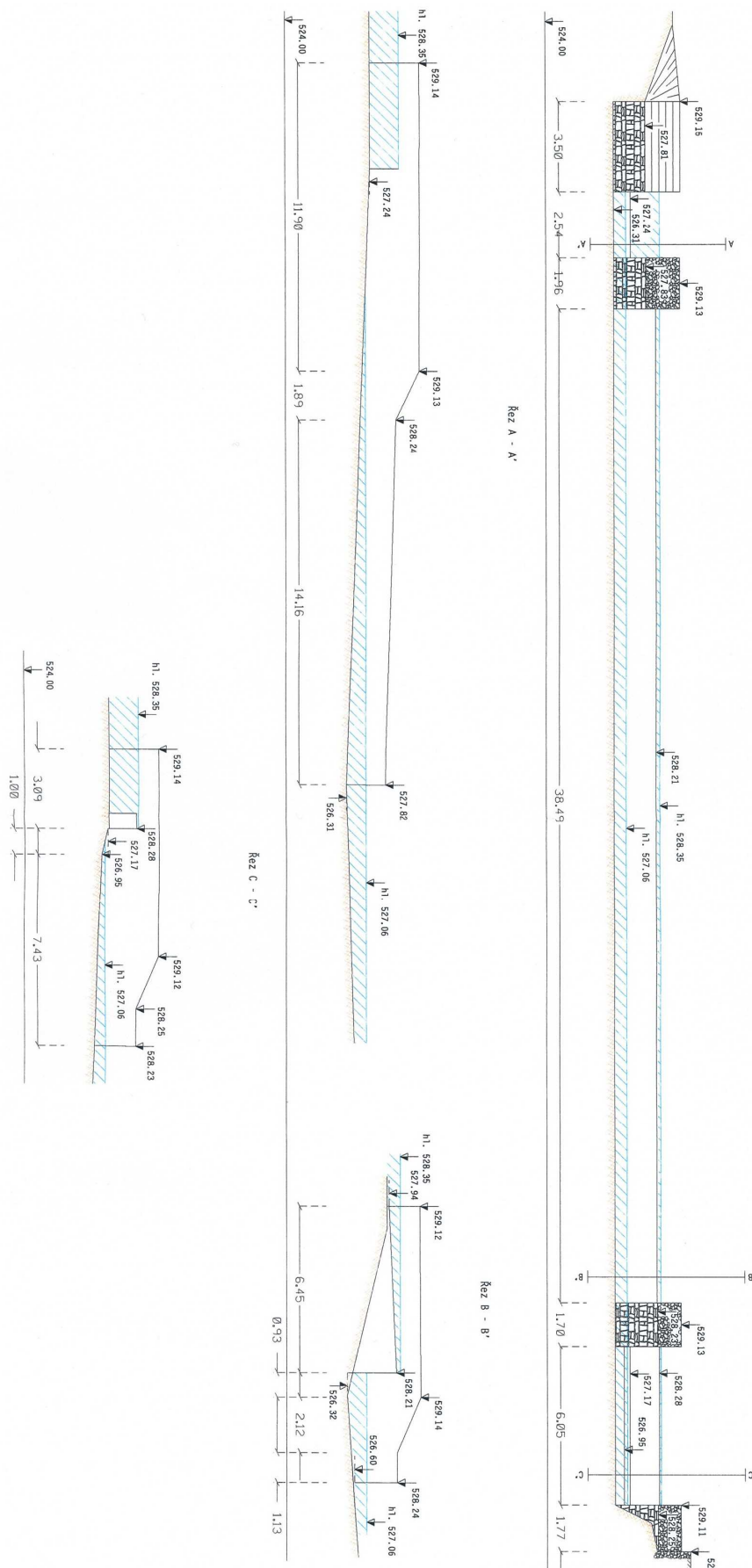
Obr. 7.2.1 Profil 118 - podrobná říční mapa, měřítko 1:2000 [28].

VLTAVA - Rožmberk n/Vlt. - KM 308, 500
 (KM původní dokumentace: 308, 519)
 Pevný, kamenný jez
 1:500



Obr. 7.2.2 Situace řezů O 52 měřítko 1:500 [18].

OBJEKT-ŘEZY: **O 52/II**
 VLTAVA - Rožmberk n/Vlt. - KM 308,500
 (KM původní dokumentace: 308,519)
 Pevný, kamenný jez



Obr. 7.2.3 Řezy jezu O 152 /I [18].



Obr. 7.2.4 Přehledná říční mapa 1:7000 – fotoplán [30].



Obr. 7.2.5 Fotodokumentace lokality .

7.3 Lokalita Spolí (Komora)

Lokalita Spolí je druhým studovaným místem ve zvoleném úseku toku pro výstavbu MVE. Po směru toku řeky, se nachází na 286,377 ř.km. Jedná se o pevný kamenný jez. Tuto lokalitu považují ze všech studovaných lokalit za nejvýznamnější vzhledem k tomu, že se vyznačuje největším vzdutím. Zde vybudovaná MVE by disponovala největším teoretickým výkonem. Další důvod je, že lokalita byla energeticky využívána v minulosti. Dříve vybudovaná MVE byla opatřena Francisovou turbínou s výkonem 70 kW. Energie zde vyráběná sloužila pro účel výroby motouzů [16]. MVE měla následující parametry.

výkon [kW]	70
hltnost turbíny [m ³ /s]	8
spád [m]	1,2
turbína	Francisova 1
původní staničení [ř.km]	289,94
délka náhonu [km]	0,36
délka odpadu [km]	0,04

Tab. 7.3 Parametry dříve vystavěné MVE v lokalitě Spolí [16].

Seznam dokumentů k lokalitě Spolí (Komora)

7.3.1 Technický popis lokality.

7.3.2 Průtoky 2b naměřené v monitorovací stanici LG Spolí.

7.3.3 Vypočtení teoretického výkonu MVE Spolí v [kW].

7.3.4 Navržení druhu turbíny MVE a její parametry.

7.3.5 Vypočtení roční výroby energie v [MWh].

7.3.6 Schéma řídicího systému pro měření hladiny, teploty a otáček.

7.3.7 Závěr.

7.3.8 Firmy vhodné pro dodávku turbín a realizaci MVE.

7.4 Přílohy pro lokality Spolí (Komora)

7.4.1 Profil 92 - podrobná říční mapa, měřítko 1:2000.

7.4.2 Situace řezů O 41 měřítko 1:500,

7.4.3 Řezy jezu O 41/1.

7.4.4 Přehledná říční mapa O 41 1:7000 – fotoplán.

7.4.5 Fotodokumentace.

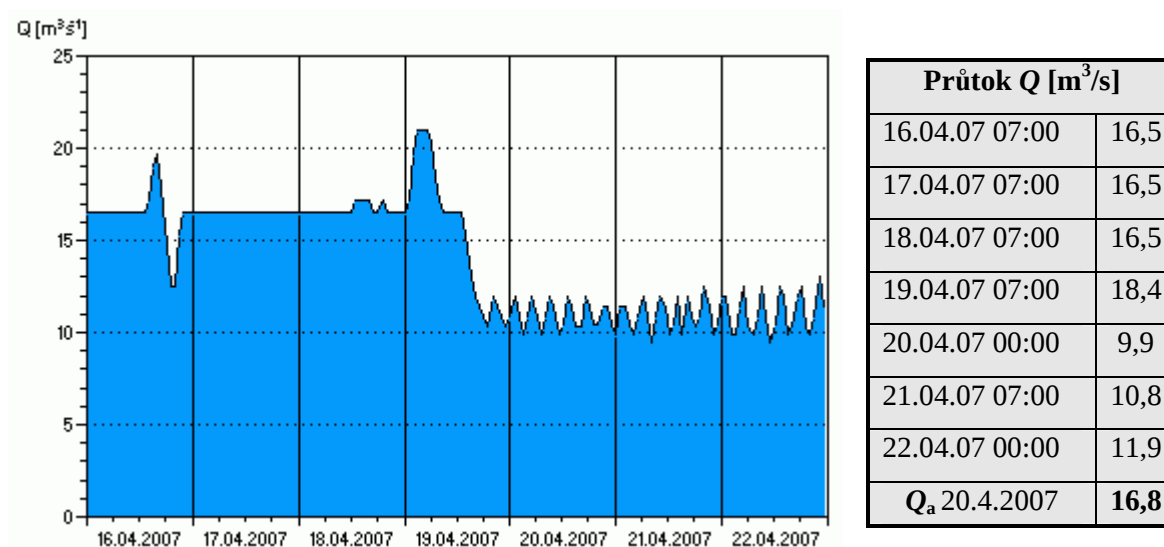
7.3.1 Technický popis lokality

druh jezu	pevný
tvar jezu	lomený šikmý
konstrukce jezu	betonový jez dlážděný kamenem se štěrkovou propustí.
celková délka jezu [m]	51
štěrková propust [m]	umístěna u levého břehu šířka 5,7
kóta koruny jezu [m n.m.]	487,86
výška stálého vzdutí [m]	2,23
délka přelivné hrany [m]	31,20
délka jezové zdrže [m]	600
staničení [ř.km]	286,377
počet polí	2
2a. Průtok Q_a [m³/s] čhp – (1 – 06 – 01 - 158)	16,85 [6]
2b. Průtok Q_A [m³/s]	16,8 [7]
číslo profilu v podélné říční mapě	92
stávající účel	stabilizace toku a ochrana před povodněmi.

Tab. 7.3.1 Technický popis lokality Spolí [18,19].

Průtok 2.b lze porovnat s průtoky 2.a. Uvedené průtoky 2.b jsou naměřeny na profilu 92 v monitorovací stanici LG Spolí [33]. V tomto případě by nebylo nutné vyžádání aktuálních průtoků od Českého hydrostatického ústavu, pouze pro případ vyžádání aktuálních M-denních průtoků.

7.3.2 Průtoky 2b naměřené v monitorovací stanici LG Spolí



Tab. a Obr. 7.3.2 naměřené průtoky v monitorovací stanici LG Spolí [20].

Uvedené průtoky jsou zaznamenávány každou hodinu v průběhu celého dne [20].

Monitorovací stanice LG Spolí spadá do stejného čhp jako průtoky Q_a [17].

7.3.3 Vypočtení teoretického výkonu lokality Rožmberk v [kW]

Teoretický výkon kterým by disponovala MVE při $\eta = 100 \%$ (tedy bez všech ztrát).

$$P_t = \frac{E_t}{t} = \frac{Q \cdot \rho \cdot g \cdot t \cdot H}{t} = Q \cdot \rho \cdot g \cdot H \quad [\text{W}]$$

$$P_t = 16,85 \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot 2,23 \quad [\text{W}]$$

$$P_t = 369 \text{ kW}$$

Efektivní výkon tedy bude:

$$P_{ef} = \eta_t \cdot P_t, \quad [\text{W}]$$

η_t – účinnost turbíny, pro návrh je počítáno je s hodnotou 0,75.

$$\eta_t = \eta_v \cdot \eta_h \cdot \eta_m$$

$$P_{ef} = \eta_t \cdot Q \cdot \rho \cdot g \cdot H \quad [\text{W}]$$

$$P_{ef} = 0,75 \cdot 369 \quad [\text{W}]$$

$$P_{ef} = 277 \text{ kW}$$

Výkon na prahu elektrárny:

$$P = P_t \cdot \eta_c,$$

$$\eta_c = \eta_t \cdot \eta_g \cdot \eta_p \cdot \eta_{tr},$$

$$P = \rho \cdot g \cdot H \cdot Q \cdot \eta_t \cdot \eta_g \cdot \eta_p \cdot \eta_{tr}, \quad [W]$$

η_c – celková účinnost.

η_g – účinnost generátoru, pro výpočet je uvažováno použití asynchronní generátoru jehož účinnost je $\leq 0,90$.

Odůvodnění:

Navrhuji, aby zde byl použit asynchronní generátor ze stejných důvodů jako v předešlém případě.

Ztráty převodem: je uvažováno, že generátor nebude na společné hřídeli s turbínou.

V návrhu je počítáno s hodnotou $\eta_p = 0,94$.

η_{tr} - účinnost transformátoru je v rozmezí (0,92 až 0,98) pro návrh je počítáno s hodnotou 0,92.

$$\eta_c = 0,75 \cdot 0,90 \cdot 0,94 \cdot 0,92$$

$$\underline{\eta_c = 0,58}$$

V daném případě vyšla $\eta_c = 0,58$ jako u lokality Rožmberk.

tedy prahový výkon bude:

$$P = P_t \cdot \eta_c \quad [kW]$$

$$P = 369 \cdot 0,58 \quad [kW]$$

$$\underline{P = 214 \text{ kW}}$$

Pro orientační výkon lze výpočty zjednodušit:

$$P = K \cdot H \cdot Q \quad [kW]$$

$$P = 6 \cdot 2,23 \cdot 16,85 \quad [kW]$$

$$\underline{P = 225 \text{ kW}}$$

Pro tuto lokalitu je $K = 6$.

7.3.4 Navržení druhu turbíny MVE a její parametry

Ze základní charakteristiky na obr.7.1.4.a je zřejmé, že nejvhodnější turbínou na této lokalitě je turbína S - Kaplan. Vzhledem k tomu, že MVE Větrní¹⁹ vystavěná na 288,242 ř.km vzdálená o 2 ř.km proti proudu disponuje identickými parametry²⁰. Tato MVE využívá praktický celý průtok protékající korytem řeky s ohledem na sanační a sanitární průtoky. Navržená turbína může být stejného typu a stejných parametrů jako v MVE Větrní.

M [dní]	90	180	Q_a
$Q[m^3/s]$	20,5	11,1	16,85

Tab.7.3.4.a Vyznačení 90-ti a 180-ti denních průtoků lokality Rožmberk [17].

Dodavatel turbíny

Hydrohrom, s. r. o. Strženec 1257 51 Bystřice, Česká Republika,
Tel./Fax:+420 317 793 612, www.hydrohrom.cz

Charakteristika

Jedná se o přímoproudou horizontální turbínu Semi - Kaplan. Převod turbína - generátor je proveden řemenovým převodem s použitím moderních vysoko účinnostních plochých hnacích řemenů. Turbína je vhodná pro spády od 1,5 m do 15 m [31].



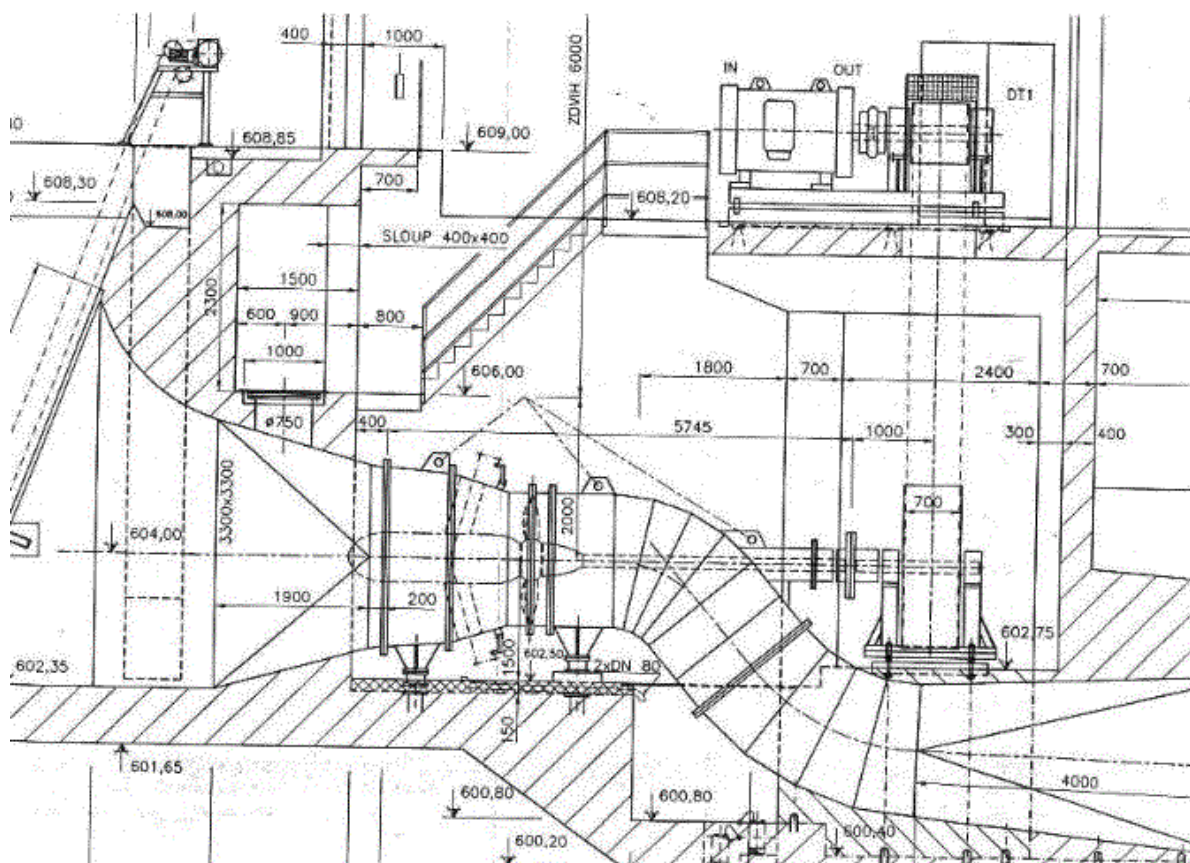
Obr. 7.3.4.a Turbína Semi – Kaplan [31].

¹⁹ Viz. tab. 6.1 seznam jezů na studovaném úseku toku.

⁷ Vzduť jezů 2,4 metru, $Q_a = 16,60 m^3/s$, instalovaný výkon = 160 kW [12].

Popis turbíny:

Turbína má oběžné kolo se čtyřmi lopatkami. U tohoto typu turbíny jsou automaticky regulované pouze lopatky oběžného kola, které jsou automaticky přestavovány v průběhu provozu podle zatížení nebo průtoku (40 – 100 %). Rozváděcí lopatky jsou pevné. Oběžné regulovatelné lopatky jsou odlity z nerezového materiálu a odolné proti kavitaci. Jako provozní uzávěr turbíny je použit deskový stavidlový uzávěr s gravitačním uzavíráním. Negativní vlastností tohoto stroje je nižší účinnost v oblasti nízkých průtoků, jež se projevuje v pásmu pod 50 % hltností turbíny ($Q_{\max}$). Výhodou turbíny je, že ji lze snadněji čistit (oplach turbíny se provádí krátkým uzavřením provozního uzávěru, kdy turbulentní proudění vody odplaví nečistoty zachycené na hranách lopatek). Turbína je nenáročná na obestavěný prostor s jednoduchou montáží do vlastního rámu. Vhodnější by byla instalace s regulovatelnými rozváděcími lopatkami (S - Kaplan), ale za předpokladu vyšších investičních nákladů, turbína Semi Kaplan by v této lokalitě byla přijatelná vzhledem k poměrně stálému průtoku (viz M – denní průtoky).



Obr. 7.3.4.b Řez strojovnou MVE s turbínou Semi-Kaplan Hydrohrom typu SSK 1450 [31].

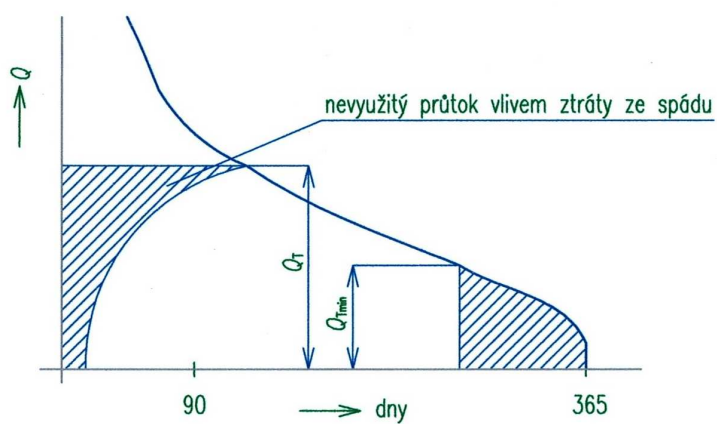
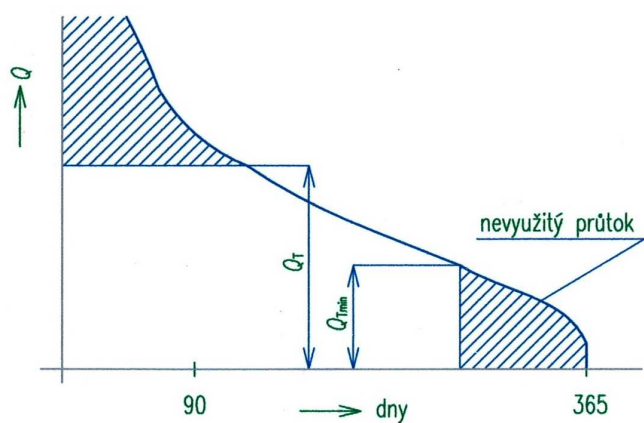
typ	Semi – Kaplan
počet lopatek	4
ø oběžného kola	1450 [mm]
Q hlnost max	8,4 [m ³ /s]
Q hlnost min	3,8 [m ³ /s]
H (spád)	2,23 [m]
P_t (výkon) ²¹	160 [kW]

Tab. 7.3.4.a Parametry navržené turbíny Hydrohrom typu SSK 1450 pro lokalitu Spolí.

7.3.5 Vypočtení teoretické roční výroby energie v [MWh] MVE Spolí

Pro orientační roční výrobou MVE platí stejná teorie jako v předešlém případě. U této lokality je větší vzdutí jezu o 1,25 m. Na této lokalitě se může vyloučit odstávka z důsledku ztráty spádu vzdutím spodní hladiny jezu. Obrázky 7.1.5.a, b znázorňují průtoky během roku, které mohou být využity. Zbylé průtoky nejsou využity vzhledem k nutnosti zachování sanitárních a sanačních průtoků. Dalším důvodem je, že turbína potřebuje pro svojí činnost min. průtok (Q_{Tmin}). Přitom se ovšem musí počítat, že v průměrně vodném roce se minimální turbínový průtok bude pohybovat kolem hodnoty Q_{Tmin} , Q_{250d} , Q_{270d} . Při použití jedné turbíny bude více jak 100 dní v roce MVE odstavena pro malý průtok. Volbou většího počtu turbín s menším navrhovaným průtokem, lze využít hodnoty menších průtoků, což má ovšem dopad na celkovou ekonomiku díla [1]. Volbou většího počtu turbín s menším navrhovaným průtokem, je možné využít hodnoty menších průtoků, což má ovšem dopad na celkovou ekonomiku díla [2].

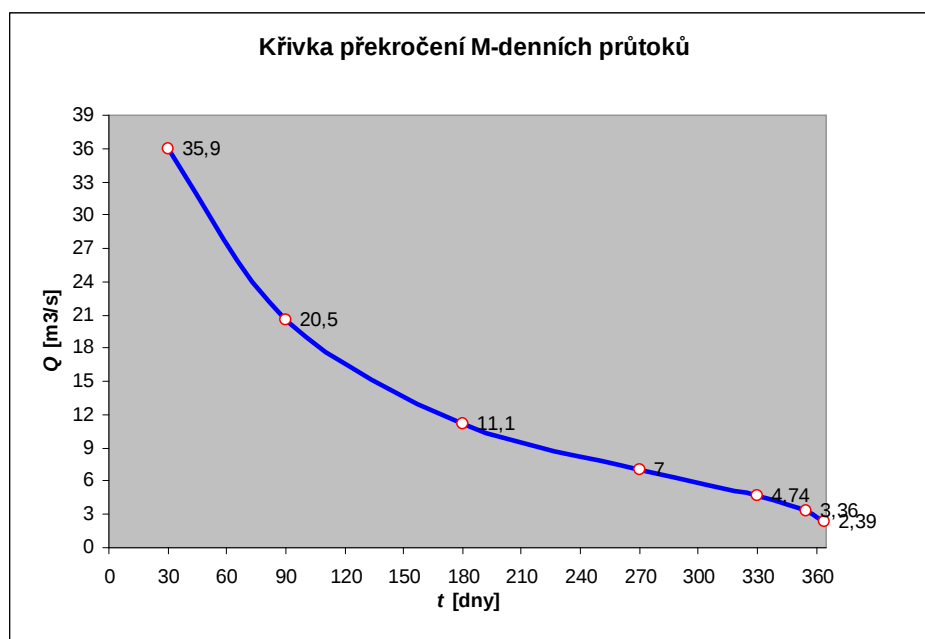
²¹ Uvedený výkon by byl instalovaný výkon turbíny.



b)

Obr. 7.1.5. a, b Vliv nuceného nevyužití průtoků na roční výrobu energie [2],

a) ztráta při nízkých průtocích, b) ztráta při povodňových průtocích.



Obr.7.3.5 M-denních průtoků lokality Spolí (Komora) [17].

M [dní]	30	90	180	270	330	355	364	Q_a
Q[m ³ /s]	35,9	20,5	11,1	7,00	4,74	3,36	2,39	16,85

Tab.7.3.5 M-denních průtoků lokality Spolí (Komora) [17].

Průtok $Q_{T \min}$, při kterém je navržená turbína schopna provozu, by nastával v rozmezí průtoků Q_{270d} do Q_{320d} . Odpovídající $Q_{T \min}$, tedy roční provoz by odpovídal 300 dní v roce. Z výše uvedené tabulky a grafu je patrný $Q_{T \min}$, který je přibližně 3,8 m³/s. Doba ročního provozu je stanovena na 280 dní (6720 hodin).

Výroba MVE při celkovém výkonu (na prahu elektrárny) bude²²:

$$E = P \cdot t \quad [\text{kWh}]$$

$$E = 160[\text{kW}] \cdot 6720[\text{h}]$$

$$E = 1075200 \text{ kWh}$$

$$\underline{E = 1075 \text{ MWh}}$$

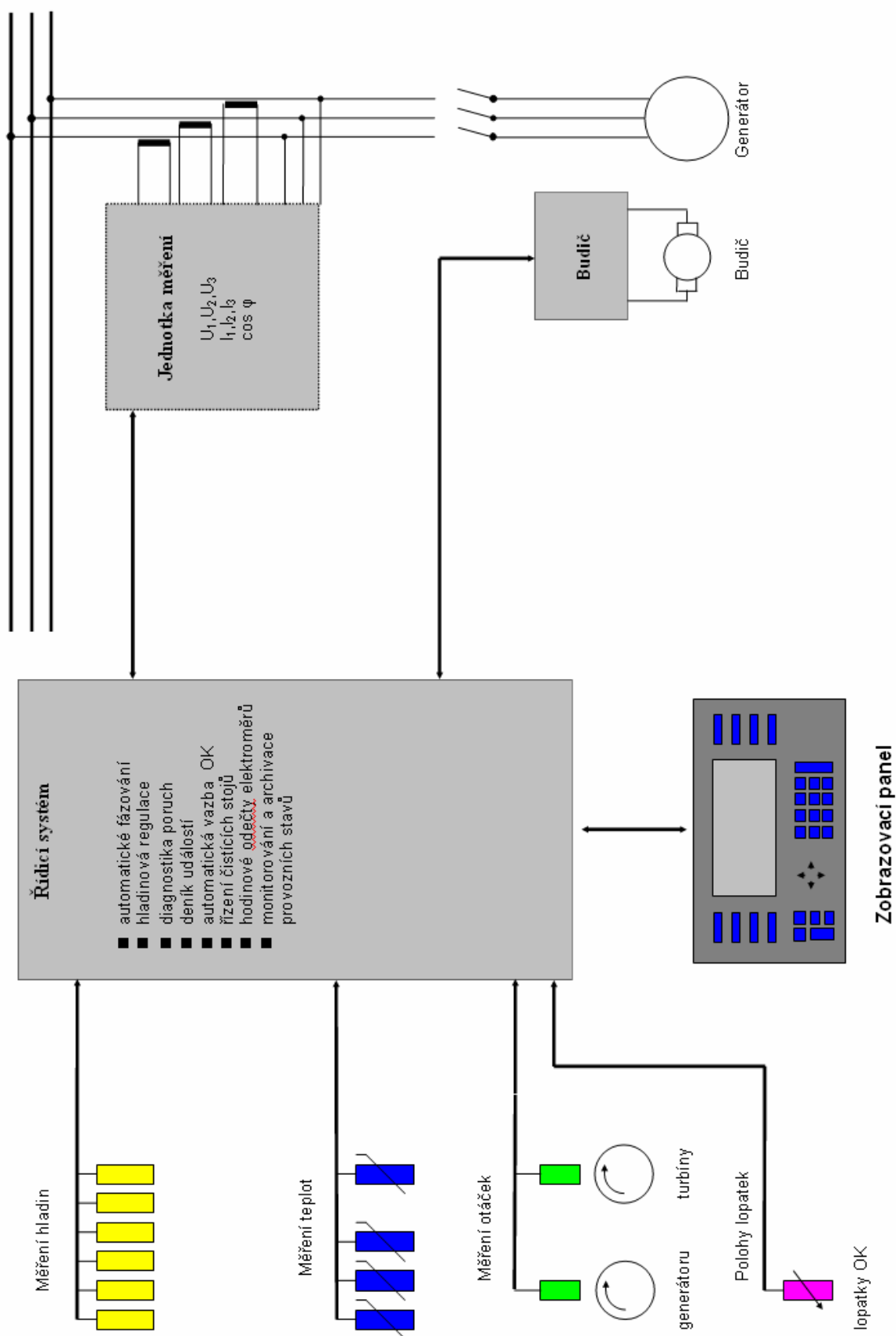
Pro ekonomické rozborů je třeba takto stanovenou výrobu ještě snížit. Vlivem odstávek a revizí, které budou nutné při prvních měsících provozu MVE, hodnota je stanovena na 20%.

$$E = 1075 \Rightarrow \text{snížení } 20 \%$$

$$\underline{E = 860 \text{ MWh}}$$

Předpokládaná roční výroba je 860 MWh.

²² Pro výpočet roční výroby energie je počítáno s výkonem turbíny Hydrohrom, typ SSK 1450.



Obr.7.3.6 Schéma řídicího systému pro měření hladiny, teploty, otáček a polohy lopatek MVE [31].

7.3.7 Závěr

Lokalita Spolí je svými parametry značně výhodnější než předešlá. Zde vystavěná jezová MVE by disponovala teoretickým výkonem $P = 214$ kW a teoretickou roční výrobou $E = 860$ MWh. Výkon MVE, kterým by disponovala spadá do II kategorie [25]. Další technické vlastnosti MVE Spolí zůstávají identické s elektrárnou Rožmberk. Řízení elektrárny je v tomto případě doporučeno skrze automatické ovládání, viz. obr. 7.3.6 z důvodů dosahovaného výkonu.

instalovaný výkon turbíny MVE [kW]	160 kW
výkon na prahu elektrárny (teoretická hodnot)	214 kW
roční výroba [MWh]	860 MWh
druh turbíny	Semi Kaplan, Hydrohrom typu SSK 1450
kategorie MVE	II
pracovní režim	průtočný
pokrytí denního diagramu	základní
umístění strojovny	jezové
ovládání	částečně automatizované
předpokládané investiční náklady	10 mil. Kč [12]

Tab. 7.3.7 Parametry navržené MVE Spolí.

7.3.8 Firmy vhodné pro dodávku a realizaci MVE:

V České republice jsou dnes téměř dvě desítky firem, které nabízejí dodávky turbín, kompletních turbosoustrojí, často i s montáží na místě včetně veškerého příslušenství od vtokového objektu až po odpadní kanál. Při výběru firmy je vhodné vybírat z několika vypracovaných nabídek konzultovaných s nezávislým hydroenergetikem (doporučení autora práce).

Zde je několik firem

ALGOMAN s.r.o., s.r.o Hlavní 316, Otice u Opavy 747 84.

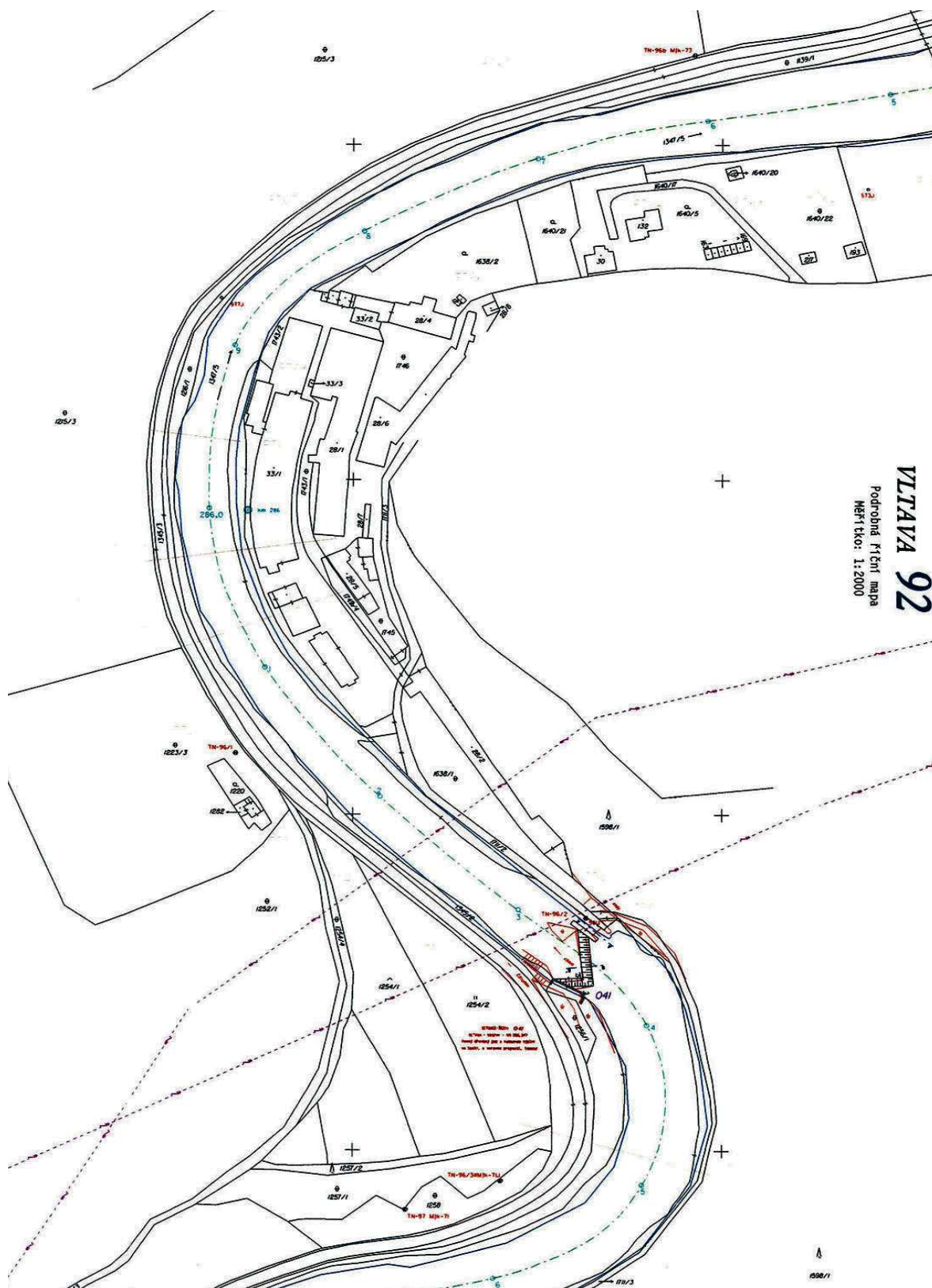
Rotor, spol., spol.s. r.o Košice. Protifašistických bojovníků 5, 040 01 Košice.

ČKD Turbo Technics, s.r.o., Oldřicha Blažka 131, 679 02 Rajec – Jestřebí.

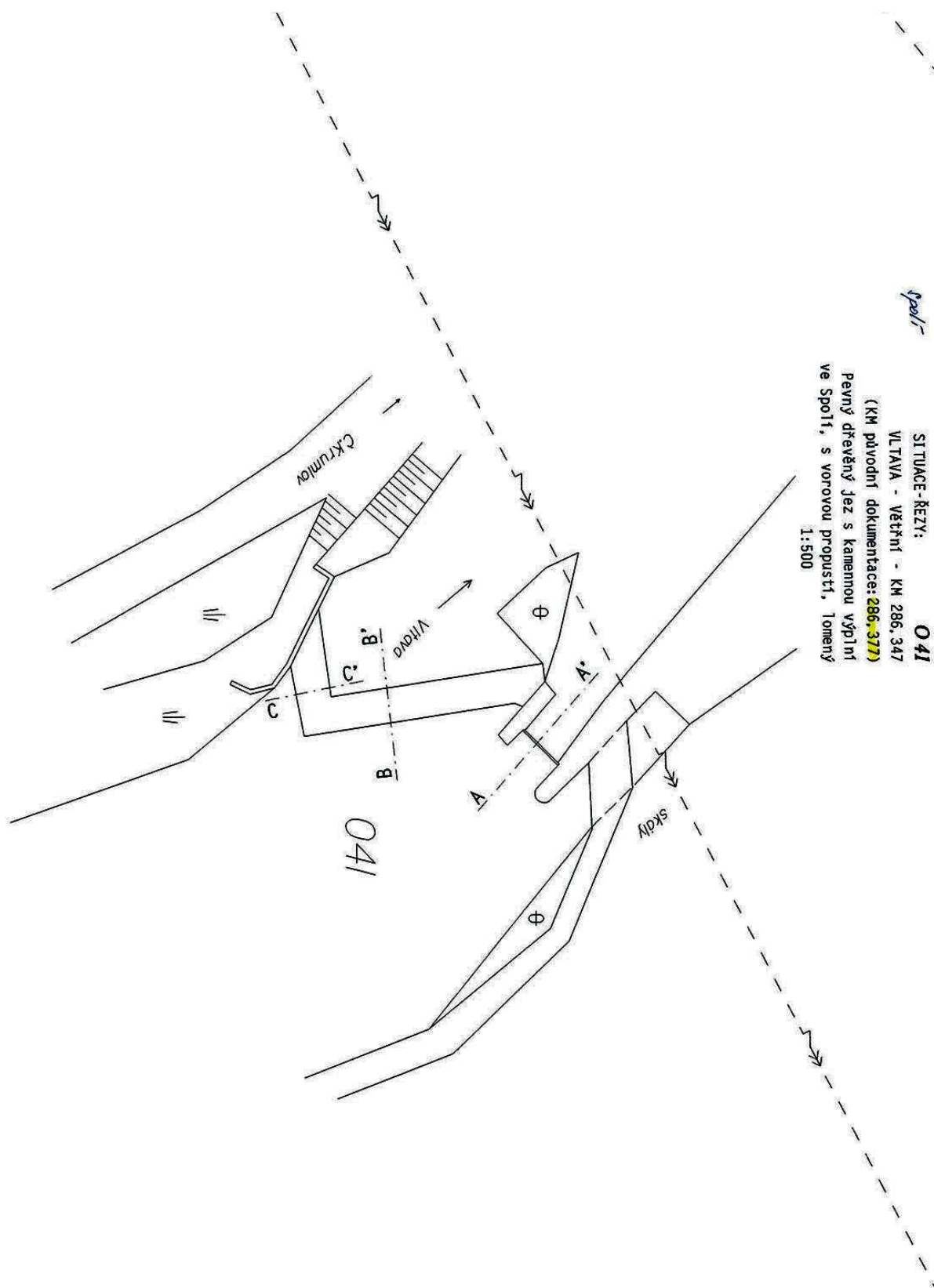
MAVEL, a.s. Jana 1237, 256 01 Benešov.

ČKD Blansko Holding, a. s. Gellhornova 1, 678 18 Blansko.

7.4 Přílohy pro lokalitu Spolí (Komora)

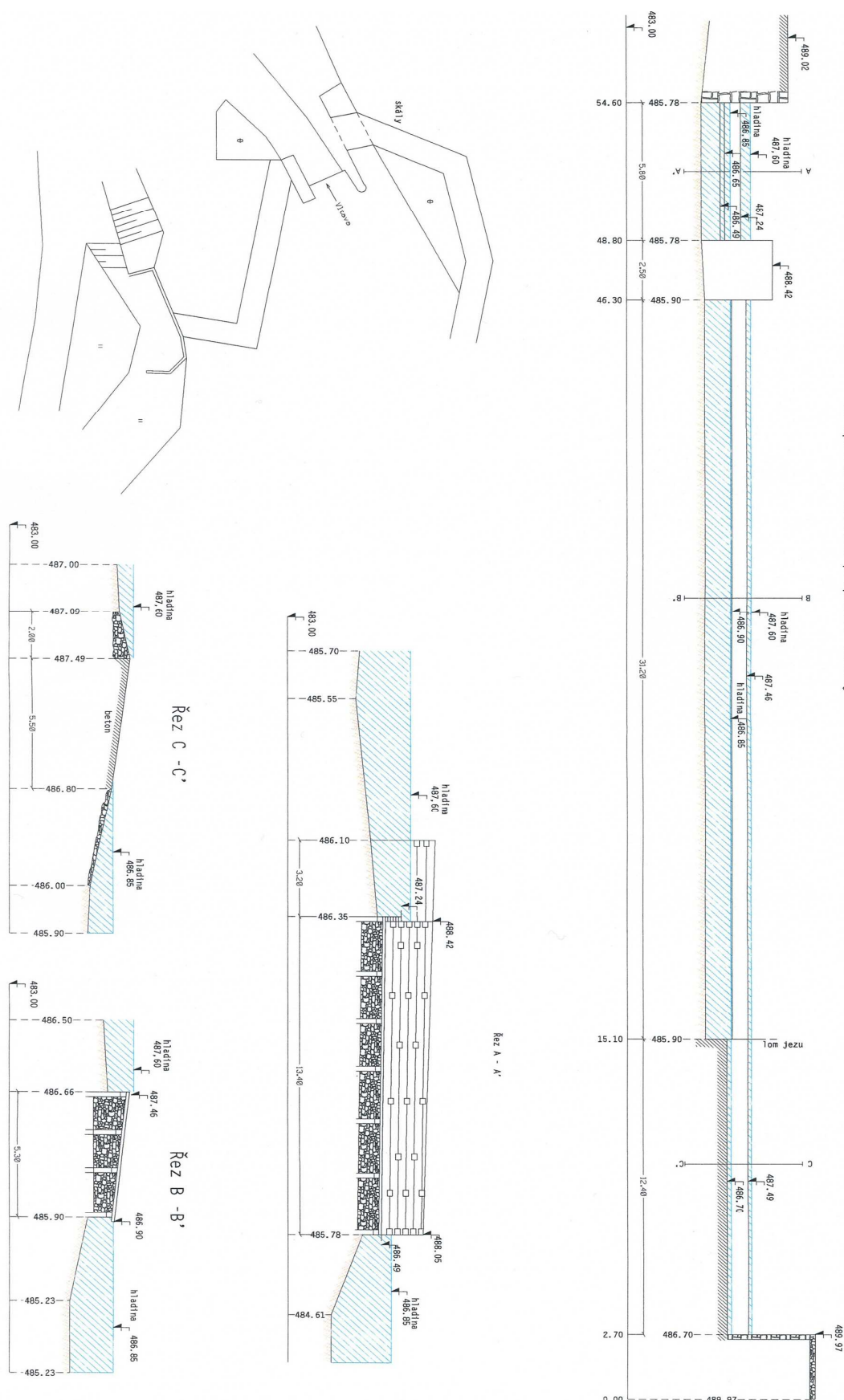


Obr. 7.4.1 Profil 92 - podrobná říční mapa, měřítko 1:2000 [28].



Obr. 7.4.2 Situace řezů O 41 měřítko 1:500 [18].

OBJEKT-ŘEZY: **O 41**
 VLTAVA - Větrný - KM 286,347
 (KM původní dokumentace: 286,377)
 Pevný dřevěný jez s kamennou výplní
 ve Spo11, s vorovou propustí, lomený



Obr. 7.4.3 Řezy jezu O 41 [18].



Obr. 7.4.5 Fotodokumentace lokality.

Závěr

Bakalářská práce se zabývá studiem horního toku Vltavy za účelem jejího energetického využití. Bakalářská práce je rozdělena na dvě části. První část se zabývá teoretickým úvodem a přehledem základních pojmů a matematických vztahů. Druhá část se zabývá výběrem lokality, která musí splňovat základní požadavky pro vhodné umístění MVE. Tato druhá část představuje vlastní přínos bakalářské práce.

Pro zvolený úsek toku je zpracován hydro-energetický potenciál toku, což představuje jeden z nejobtížnějších úkolů. Z potenciálu vyplynuly možné lokality pro výstavbu MVE. Pro vybrané lokality bylo nutné získat dostupné materiály. Tento úkol je komplikovaný, protože mnohé aktuální informace podléhají vodohospodářskému utajení. Po vypořádání s tímto problémem byl vypracován teoretický návrh realizace MVE. Pro každou lokalitu byla vypočtena hodnota výkonu, kterým by disponovala MVE při případné výstavbě. Další částí úkolu bylo navržení vhodné turbíny. Při konkrétním posuzování vhodnosti turbíny do lokality je nutné znát dostupné parametry a provést srovnávací studii. U této části jsem se setkal s neochotou výrobců turbín poskytovat tyto informace. Nakonec však v práci uvedená dodavatelská firma byla ochotna poskytnout potřebné informace. V poslední části práce je výpočet roční výroby. Zvláštní důraz je kladen především na údaj o minimální hltlosti turbíny. U každé lokality je uveden závěr, ve kterém jsou shrnuty veškeré poznatky k návrhu MVE. V příloze každé lokality jsou uvedeny dokumenty, které blíže charakterizují lokalitu – typ jezu, řez jezu a nezbytnou fotodokumentaci.

V současné době je stále větší poptávka po elektrické energii nejen u nás, ale i zahraničí. Globální problém představují rozvojové země, kde hlavním zdrojem pro získávání energie jsou fosilní paliva. To není příznivé k životnímu prostředí. Přikláním se tedy k názoru efektivního využívání atomové energie a energie z alternativních zdrojů. Česká republika jako člen EU se mimo jiné zavázala zvýšit podíl vyráběné energie z alternativních zdrojů o 20 % do roku 2020. Tento cíl si vyžádá důsledné využívání energie z celkového objemu z vodních toků, který je v současné době využit jen z 42 % [3].

Seznam použitých zdrojů:

- [1] Jiří Beranovský, Jan Truxa a kolektiv, Alternativní energie pro váš dům
- [2] P.Dušíčka, P.Gabriel, T. Hondák, F. Čihák, P. Šulek, Malé vodní elektrárny Jaga group, v. o. s., Bratislava 2003
- [3] www.ceacr.cz/?download=2000/008092.pdf, Duben 2006
- [4] ČSN (STN) 75 0128 Názvosloví využití vodní energie
- [5] <http://www.energetika.cz/index.php?id=97> ,Březen 2007
- [6] Základní druhy turbín - <http://www.i-ekis.cz/?page=voda>
- [7] Základní druhy turbín - <http://www.eis.cz/problematika.php?klic=3/3/>
- [8] http://encyklopedie.seznam.cz/heslo/181183_vodni-turbina k teorii vodních turbín, Leden 2007
- [9] Peltonova turbína - http://stag.zcu.cz/fel/kev/PSE/Prednaska_4/MVE/Peltonova%20turb%EDna.doc, Únor 2007
- [10] Výzkumná zpráva č. 12 02 1 120 – Komplexní rozvoj hydroenergetiky ČSSR, vypracovaným Výzkumným úřadem energetickým v roce 1982.
- [11] Vltava - http://cs.wikipedia.org/wiki/Vltava#Z.C3.A1kladn.C3.AD_.C3.BAdaje, leden 2007
- [12] Uvede údaje jsou získány z dokumentů povodí Vltavy.
- [13] Technicko provozní evidence toku Vltava 2000, Vodní stavby Bohemia Říční mapa Kořensko – VD LIPNO I [řkm. 199,420 do 329,54]
- [14] Seznam jezů spadající pod správu závodu Horního toku Vltavy, vypracovaný povodím Vltavy v roce 2003.
- [15] Technicko provozní evidence toku Vltava 2000, Vodní stavby Bohemia Výškové body Kořensko – VD LIPNO I [řkm. 199,420 do 329,542]
- [16] Státní vodohospodářský plán, Hlavní povodí Labe, Dílčí SVP Střední Vltava Energetická vodní díla a) vybudovaná, b) navrhovaná, c) uvažovaná Vypracovala skupina pro SVP ve vodohospodářském a investičním středisku v Praze roku roku 1956, spis 37 a.
- [17] Hydrologické poměry v ČSSR Díl III, Hydrologický ústav Praha 1970
- [18] Technicko provozní evidence toku Vltava 2000, Vodní stavby Bohemia Situace řezů a řezy Kořensko – VD LIPNO I [řkm. 199,420 do 329,542]

- [19] Technický pasport lokalit vydal Okresní úřadem Č. Krumlov – referát životního prostředí, Hlaváček, 1996
- [20] Hodnoty průtoků naměřených v monitorovacích stanicích
<http://stavy.pvl.cz/dispecink/verze4/cz/index.htm>, únor 2007
- [21] <http://www.energetika.cz/index.php?id=10> navržení druhu turbín do lokalit, Únor 2007.
- [22] <http://mve.energetika.cz> vhodné firmy pro realizaci MVE, Březen 2007
- [23] Firemní dokumentace ČKD Turbo Technics, s.r.o., Oldřicha Blažka 131, 679 02.
- [24] www.sweb.cz/ekostatek/2.htm - 13k, Duben 2007.
- [25] ČSN (STN) 73 68 81 Norma uvádí rozdělení MVE podle dosaženého výkonu.
- [26] ČSN (STN) 75 0128 Norma také uvádí vodní elektrárny s denním, týdenním, ročním a víceletým řízením
- [27] stary.biom.cz/clen/ep/a_vitr.html - 17k, Duben 2006
- [28] Technicko provozní evidence toku Vltava 2000, Vodní stavby Bohemia
Podrobná říční mapa Kořensko – VD LIPNO I (řkm. 199,420 do 329,542)
- [39] Technicko provozní evidence toku Vltava 2000, Vodní stavby Bohemia
Říční polygon Kořensko – VD LIPNO I (řkm. 199,420 do 329,542)
- [30] www.hydrohrom.cz/CZverze.htm, Duben 2006
- [31] Schéma řídicího systému pro měření hladiny, teploty, otáček a polohy lopatek.
<http://www.alva.cz/syst.doc> , březen 2007

Seznam tabulek

- Tab.1.1 Výstavba MVE v České republice v letech 1930- 2007.
- Tab.1.2 Znázorňuje výši teoretického potenciálu v ČR V [GWh/rok].
- Tab. 6.1 Seznam jezů na studovaném úseku toku.
- Tab.6.1.1 Shrnutí parametrů úseku mezi Vyším Brodem a Českým Krumlovem.
- Tab. 6.2 Tabelární znázornění teoretického potenciálu pro průtoky Q_{30d} .
- Tab. 6.2.1 Tabelární znázornění teoretického potenciálu pro průtoky Q_{90d} .
- Tab.7.1.1 Technický popis lokality Rožmberk.
- Tab.7.1.2 Naměřené průtoky v monitorovací stanici LG Vyší Brod.
- Tab.7.1.4.a Vyznačení 90-ti a 180-ti denních průtoků lokality Rožmberk.
- Tab.7.14.b Parametry vypočtené turbíny Bánki.
- Tab. 7.2.4 Parametry turbíny Bánki ČKD Turbo Technics, s.r.o.
- Tab. 9.2.9 M-denních průtoků lokality Rožmberk.
- Tab.7.1.4.b Parametry vypočtené turbíny Bánki.
- Tab. 7.2.4.c Parametry turbíny Bánki ČKD Turbo Technics, s.r.o.
- Tab. 7.1.5 M-denních průtoků lokality Rožmberk.
- Tab.7.1.6 parametry navržené MVE Rožmberk.
- Tab. 7.3 Parametry dříve vystavěné MVE v lokalitě Spolí.
- Tab. 7.3.1 Technický popis lokality Spolí.
- Tab.7.3.4.a Vyznačení 90-ti a 180-ti denních průtoků lokality Rožmberk.
- Tab. 7.3.4.a Parametry navržené turbíny Hydrohrom typu SSK 1450 pro lokalitu Spolí.
- Tab.7.3.5 M-denních průtoků lokality Spolí (Komora).
- Tab. 7.3.7 Parametry navržené MVE Spolí.

Seznam obrázků

- Obr.1 Teoretické krytí denního zatížení elektrizační soustavy
- Obr. 3 Schéma členění části hydro-agregátu.
- Obr.5 Schéma k výpočtu teoretického výkonu toku.
- Obr. 6 Počet MVE na horním toku Vltavy.
- Obr. 7.1.2 Naměřené průtoky v monitorovací stanici LG Vyší Brod.
- Obr.7.1.4.a Základní charakteristika typů turbín dle průtoku a spádu pro výběr vhodného turbosoustrojí - znázornění předběžného výkonu [kW].
- Obr.7.1.4.b Oběžné kolo Bánkiho turbíny.

Obr.7.1.4.c Závislost poměru L/D na spádu H [m].

Obr.7.1.4.d Řez turbínou Bánki.

Obr.7.1.4.e Řez Bánkiho turbínou ČKD Turbo Technics, s.r.o.

Obr. 7.1.5 M-denních průtoků lokality Rožmberk.

Obr.7.1.6.a schéma jezové vodní elektrárny- typ břehová.

Obr. 7.1.6.b Denní diagram zatížení elektrizační soustavy.

Obr. 7.2.1 Profil 118 - podrobná říční mapa, měřítko 1:2000.

Obr. 7.2.2 Situace řezů O 52 měřítko 1:500 [18].

Obr. 7.2.3 Řezy jezu O 152 /l.

Obr. 7.2.4 Přehledná říční mapa 1:7000 – fotoplán.

Obr. 7.2.5 Fotodokumentace lokality.

Obr. 7.3.4.a Turbína Semi – Kaplan.

Obr. 7.3.4.b Řez strojovnou MVE s turbínou Semi-Kaplan Hydrohrom typu SSK 1450.

Obr. 7.1.5. a, b Vliv nuceného nevyužití průtoků na roční výrobu energie,
a) při nízkých průtocích, b) ztráta při povodňových průtocích.

Obr.7.3.5 M-denních průtoků lokality Spolí (Komora).

Obr.7.3.6 Schéma řídicího systému pro měření hladiny, teploty, otáček a polohy lopatek MVE.

Obr. 7.4.1 Profil 92 - podrobná říční mapa, měřítko 1:2000.

Obr. 7.4.2 Situace řezů O 41 měřítko 1:500.

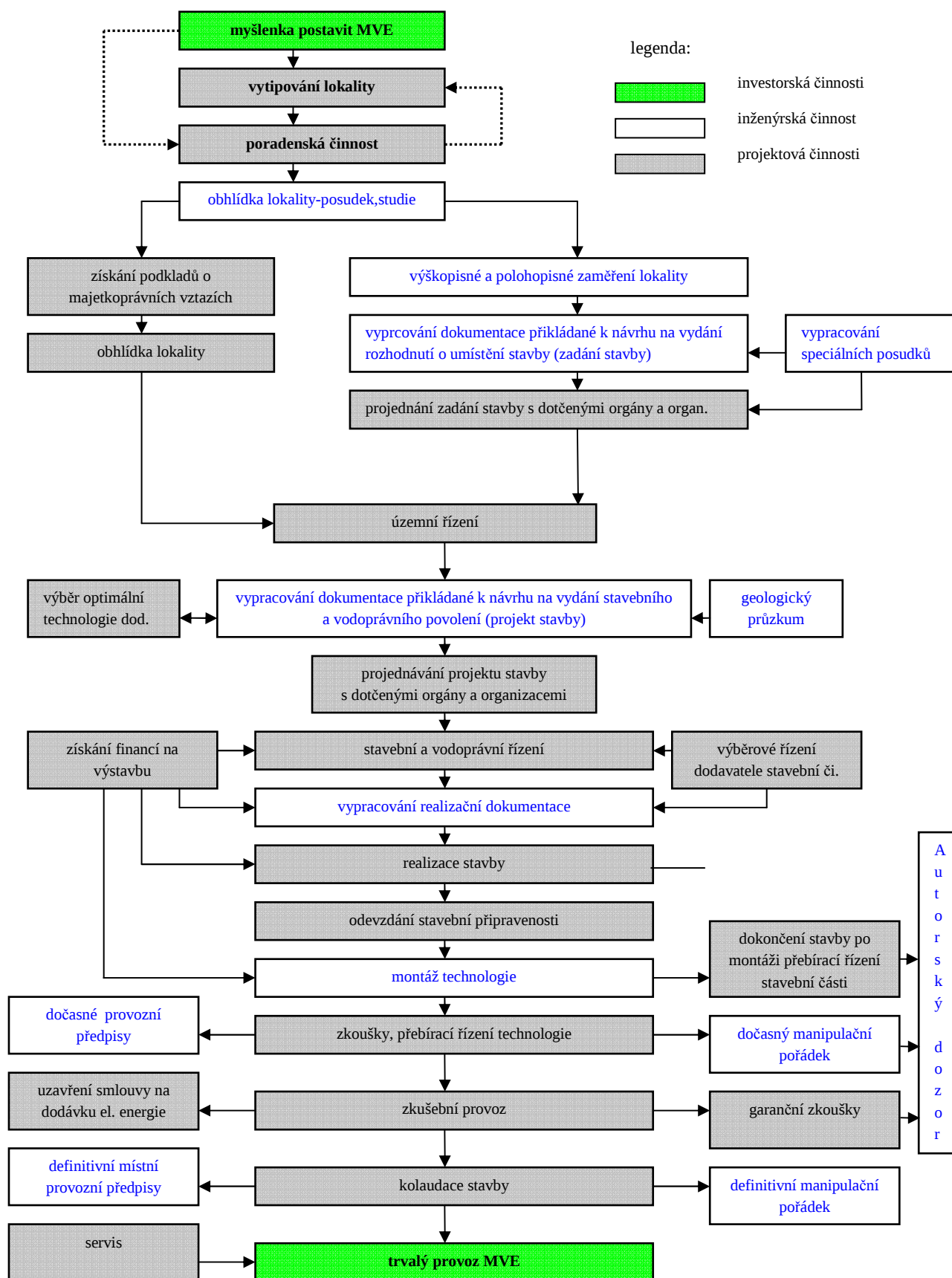
Obr. 7.4.3 Řezy jezu O 41.

Obr. 7.4.4 Přehledná říční mapa O 41 1:7000 – fotoplán.

Obr. 7.4.5 Fotodokumentace lokality.

Obr. 1 Schéma realizace stavby MVE, které obsahuje investorskou, projektovou a inženýrskou činnost od přípravy přes projekci a realizaci až po provoz MVE.

Příloha



Obr. 1 Schéma realizace stavby MVE, které obsahuje investorskou, projektovou a inženýrskou činnost od přípravy přes projekci a realizaci až po provoz MVE [1].