



Česká zemědělská univerzita v Praze

**Technická
fakulta**

Katedra mechaniky a strojnictví

Návrh realizace malé vodní elektrárny

Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. Martin Polák, Ph.D.

Autor:

Bc. Michal Hrádek

PRAHA 2014

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra mechaniky a strojnictví

Technická fakulta

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Hrádek Michal

Technologická zařízení staveb

Název práce

Návrh realizace malé vodní elektrárny

Anglický název

Proposal of small hydro power plant realisation

Cíle práce

Ve vybrané lokalitě navrhnout malou vodní elektrárnu.

Metodika

Pro vybranou lokalitu provést měření geodetického spádu a průtoků navrhovaným vodním dílem. Na základě těchto údajů navrhnout typ a základní rozměry vodní turbíny. Dále provést variantní návrh soustrojí podle možností dodavatelů soustrojí nebo typu turbíny. Technicko-ekonomicky zhodnotit navrhovanou variantu.

Osnova práce

- 1) Analýza hydrotechnických podmínek vybrané lokality
- 2) Návrh typu a základních rozměrů vodní turbíny
- 3) Specifikace soustrojí podle možností dodavatele
- 4) Technicko-ekonomické zhodnocení návrhu

Rozsah textové části

60 stran textu včetně obrázků, grafů a tabulek

Klíčová slova

malá vodní elektrárna, vodní turbína, hydroenergetika

Doporučené zdroje informací

Ulrych, E.: Aplikovaná hydromechanika I, ČZU v Praze, 2007.
Melichar, J., Vojtek, J., Bláha, J.: Malé vodní turbíny – konstrukce a provoz, ČVUT Praha 1998.
Melichar, J., Bláha, J., Brada, K.: Hydraulické stroje – konstrukce a provoz, ČVUT Praha 2002.
Nechleba, M., Hušek, J.: Hydraulické stroje, SNTL Praha 1966.
Štoll, Č., Kratochvíl, S., Holata, M.: Využití vodní energie, SNTL Praha 1977.

Vedoucí práce

Polák Martin, Ing., Ph.D.

Termín zadání

listopad 2012

Termín odevzdání

duben 2014

prof. Ing. Radomír Adamovský, DrSc.

Vedoucí katedry



V Praze dne 18.3.2013

prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

Děkan fakulty

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Návrh realizace malé vodní elektrárny“ vypracoval samostatně a použil jen pramenů uvedených v seznamu použité literatury.

V Praze dne 24. března 2014

.....

Poděkování

Děkuji doc. Ing. Martinu Polákovi, Ph.D. za odborné vedení, užitečné rady a cenné připomínky. Moje poděkování patří rovněž zástupcům oslovených společností za poskytnutí informací, bez kterých by tato diplomová práce jen těžko vznikala. V neposlední řadě také děkuji své rodině za podporu a zajištění klidného prostředí.

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá postupem návrhu malé vodní elektrárny v místě někdejšího mlýnu na řece Mrlině na pomezí Středočeského a Královéhradeckého kraje. Úvodní část mapuje historii využití vodní energie v ČR a stručně charakterizuje malé vodní elektrárny. Další část se věnuje stanovení hydroenergetického potenciálu vybrané lokality a přehledu vodních motorů, jež se mohou efektivně uplatnit v daných podmínkách. V poslední části je navrženo několik variantních řešení elektrárny podle nabídky dodavatelů příslušné technologie. Navržená řešení jsou podrobena technicko-ekonomickému rozboru, kde se zjišťuje návratnost investice.

Klíčová slova: malá vodní elektrárna; vodní turbína; vodní kolo; hydroenergetický potenciál; hydroenergetika; obnovitelné zdroje energie

Summary

This thesis deals with proposal of a small hydro power plant at the site of former water mill on Mrlina River, which is located on the border between Central Bohemian and Hradec Králové region. Opening section describes a history of hydro power in Czech Republic and briefly characterizes the small hydro power plants. Following section is dedicated to a determination of hydropower potential of the chosen site and a review of water engines, which can be effectively used there. In the last section is proposed several variant solutions of power plant according to offer of technological components suppliers. Proposed solutions are subjected to techno-economic analysis, which determines payback period.

Keywords: small hydro power plant; water turbine; water wheel; hydropower potential; hydropower; renewable energy

Obsah

1. Úvod	1
2. Cíl práce a metodika	2
3. Využití vodní energie v ČR	3
4. Základní informace o vodních elektrárnách	6
4.1 Rozdělení vodních elektráren.....	6
4.1.1 <i>Instalovaný výkon</i>	6
4.1.2 <i>Velikost a způsob soustředění spádu</i>	7
4.2 Hydroenergetický potenciál.....	7
5. Výběr lokality	9
5.1 Historie lokality.....	9
5.2 Popis lokality.....	10
5.2.1 <i>Spádové a průtokové poměry</i>	12
5.2.2 <i>Předběžné stanovení výkonu</i>	15
6. Vodní motory vhodné pro vybranou lokalitu	16
6.1 Bánkiho turbína.....	17
6.2 Kaplanova turbína a její modifikace.....	18
6.2.1 <i>Násosková turbína</i>	19
6.2.2 <i>Semi-Kaplan</i>	20
6.3 Šneková turbína.....	21
6.4 Bezlopatková turbína.....	23
6.5 Čerpadla v turbínovém chodu.....	25
6.6 Vodní kola.....	25
7. Navržená řešení	28
7.1 Varianta 1 – Bánkiho turbína (P&S, a. s.).....	28
7.1.1 <i>Popis</i>	28
7.1.2 <i>Stavební úpravy</i>	30
7.1.3 <i>Roční výroba elektřiny</i>	32
7.2 Varianta 2 – 2× Bánkiho turbína (KOVOVITÁK).....	34
7.2.1 <i>Popis</i>	34
7.2.2 <i>Roční výroba elektřiny</i>	35
7.3 Varianta 3 – Průtoková turbína (CINK Hydro-Energy k. s.).....	37
7.3.1 <i>Popis</i>	37
7.3.2 <i>Roční výroba elektřiny</i>	38
7.4 Varianta 4 – Šneková turbína (GESS-CZ, s. r. o.).....	39
7.4.1 <i>Popis</i>	39
7.4.2 <i>Stavební úpravy</i>	40
7.4.3 <i>Roční výroba elektřiny</i>	41
7.5 Varianta 5 – Násosková turbína (Mavel, a. s.).....	42
7.6 Varianta 6 – MVE s vodním kolem.....	45
7.6.1 <i>Návrh vodního kola</i>	45
7.6.2 <i>Volba generátoru, převodovky a spojky</i>	47
7.6.3 <i>Řídicí systém</i>	49
7.6.4 <i>Stavební úpravy</i>	50
7.6.5 <i>Roční výroba elektrické energie</i>	50
7.6.6 <i>Cenová kalkulace</i>	52
8. Ekonomické zhodnocení	53
8.1 Tržby za prodej elektřiny.....	53
8.2 Doba návratnosti investice.....	55
8.2.1 <i>Odpisy MVE</i>	56
8.2.2 <i>Podmínky úvěru a splátkový kalendář</i>	56
8.2.3 <i>Daň z příjmů</i>	57
8.2.4 <i>Čistý investiční příjem a doba návratnosti</i>	57
9. Závěr	60
Použitá literatura:	62
Použité zkratky:	64
Seznam příloh:	64

1. Úvod

Snaha využít nejrůznějších forem energie k usnadnění své činnosti provází člověka prakticky celou jeho historií. S rozvojem civilizace postupně rostly i energetické nároky jejích obyvatel. To dospělo až k tomu, že současná společnost je na energii zcela závislá. V informačním věku jde hlavně o dodávku elektřiny. Bohužel nejpoužívanější zdroj pro její výrobu představují fosilní paliva. Řadu let se diskutuje o vlivu těchto zdrojů na životní prostředí a také o době, po kterou světové zásoby dokážou naplňovat naše potřeby. V souvislosti s tím se daleko častěji mluví i o významu obnovitelných zdrojů energie (OZE). Jejich využití může částečně přispět k řešení výše zmíněných skutečností. Ovšem ne vždy a ne všude jsou obnovitelné zdroje správnou volbou. V některých případech je jejich využívání přinejmenším diskutabilní. V České republice budiž negativním příkladem rozlehlé fotovoltaické elektrárny hyzdící krajinu, které jsou navíc často postaveny na úrodných zemědělských půdách. Ze světa to pak může být kupříkladu výstavba kolosálních vodních elektráren v Číně narušující tamější rozsáhlé ekosystémy. Naopak správně navržený způsob využití obnovitelných zdrojů energie dokáže být šetrný k okolnímu prostředí a provozovatelům pomůže dosáhnout příjemných ekonomických výsledků.

Tradičním a dobře dostupným obnovitelným zdrojem v ČR je vodní energie. Potenciál pro budování vodních elektráren velkých výkonů je u nás již vyčerpán a předmětem zájmu jsou již řadu let hlavně malé vodní elektrárny (MVE). Volných lokalit s příznivými hydroenergetickými vlastnostmi však ubývá i v této kategorii. Pozornost se proto obrací k malým vodním elektrárnám o výkonu v řádu jednotek až desítek kW. Tyto zdroje se totiž mohou uplatnit na místech, které tvoří významnou část dosud nevyužitého hydroenergetického potenciálu České republiky. Podmínky trhu s elektřinou, míra podpory OZE a možnosti dodavatelů technologie MVE však zatím příliš nepodněcují vznik zdrojů takových výkonů.

2. Cíl práce a metodika

V rešeršní části je vytyčeno podat stručný přehled o využití vodní energie v ČR, vodních elektrárnách obecně a o vhodných typech vodních motorů pro zvolenou lokalitu, ať už jde o konvenční typy turbín či řešení méně obvyklá. Hlavním cílem této diplomové práce je navrhnout několik variantních řešení realizace malé vodní elektrárny v místě někdejšího mlýnu na řece Mrčině na pomezí Středočeského a Královéhradeckého kraje a podle technicko-ekonomického zhodnocení pak vybrat nejvhodnější návrh.

Analýza hydrotechnických podmínek vybrané lokality je provedena na základě terénního měření geodetického spádu a hydrologických dat, které pro daný profil poskytl Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ). Podle získaných údajů bylo vybráno několik typů vodních motorů, od kterých se potom odvíjí celá koncepce elektrárny. Největším úskalím bylo sehnat technické i cenové nabídky strojního vybavení od různých dodavatelů. Prostřednictvím telefonických, e-mailových a osobních konzultací se však podařilo získat všechny informace, podle kterých bylo možné navrhnout a porovnat několik alternativ. Smyslem není hodnocení jednotlivých dodavatelů, nýbrž nalezení optimální koncepce elektrárny pro vybranou lokalitu. Ke vzniku této práce také velmi pomohly mnohé praktické rady přímo od lidí, kteří mají s provozem MVE dlouholeté zkušenosti.

3. Využití vodní energie v ČR

Využívání vodní energie má u nás dlouholetou tradici. S rozvojem elektrizace na počátku 20. století došlo v tehdy ještě Československé republice k výstavbě velkého počtu malých vodních elektráren. Ve 30. letech již bylo na našem území v provozu více než 15 tisíc vodních děl, která sloužila potřebám obcí, podniků i soukromých osob. Toto období lze označit za zlatý věk užívání vodní energie u nás. [1]

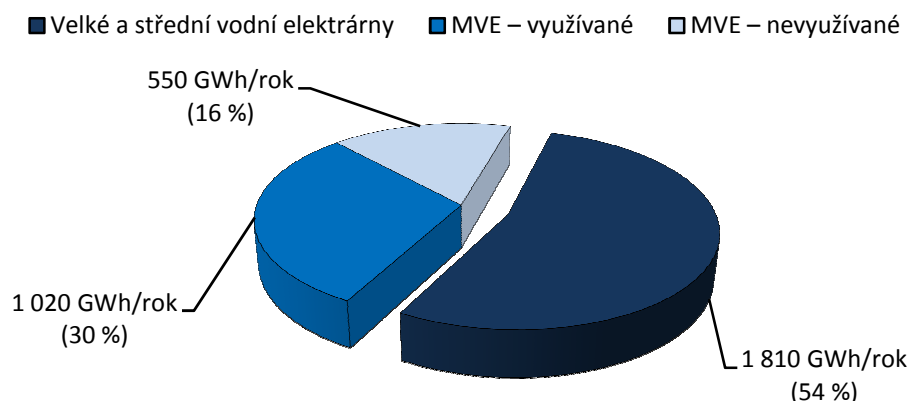
Výstavba velkých elektráren v 50. letech způsobila, že se na MVE začalo pohlížet jako na málo efektivní a jejich provoz byl ukončován. Samotné strojní vybavení pak bylo mnohdy z nepochopitelných důvodů devastováno. Počet MVE tak klesl na třetinu toho co ve 30. letech. Nástupem levné energie z uhelných elektráren během 60. let se počet MVE nadále snižoval a na konci 70. let jich zůstala v provozu už pouhá stovka. [1]

V důsledku světové energetické krize v roce 1973 začaly vyspělé státy přehodnocovat svou energetickou politiku směrem k maximálnímu využívání vlastních zdrojů. Začátkem 80. let se začal tento přístup uplatňovat i v Československu. Ukázalo se, že dřívější rušení malých vodních elektráren bylo mylné, a tak u nás započala renesance těchto zdrojů. Kromě vodních elektráren větších výkonů bylo v ČR v roce 2009 evidováno už 1 354 MVE s instalovaným výkonem do 1 MW. Do konce roku 2013 se tento údaj vyšplhal až na číslo 1 500. [1] [2] [3]

Celkový technicky využitelný potenciál vodních toků v našem státě se odhaduje na 3 380 GWh/rok. Z toho na malé vodní elektrárny připadá 1 570 GWh/rok. Souhrnná roční výroba elektřiny z MVE je v současnosti přibližně 1 020 GWh/rok. Jednoduše pak lze dojít k tomu, že 550 GWh/rok představujících zhruba šestinu celkově dostupného potenciálu zatím ještě zůstává nevyužito, jak ukazuje graf 3.1. [4] [5]

Vznik úplně nových vodních děl omezuje fakt, že značný počet lokalit leží v chráněných krajinných oblastech. I když správně navržená malá vodní elektrárna nemá negativní dopad na své okolí, setkává se častokrát s odmítavým postojem dotčených orgánů. Proto je zájem soustředěn spíše na obnovu či rekonstrukci objektů, které v minulosti již měly co dočinění s využitím vodní energie. Tím se mnohdy znatelně sníží investiční náklady, a také se může podstatně zjednodušit administrativa.

**Celkový technicky využitelný potenciál:
3 380 GWh/rok**



Graf 3.1 – Využití hydroenergetického potenciálu ČR

Uveďme ještě, jakou měrou se v současné ČR vodní elektrárny podílejí na celkové výrobě elektřiny. Podle údajů Energetického regulačního úřadu (ERÚ) uvedených v [5] bylo v roce 2012 ve vodních elektrárnách vyrobeno 2 963 GWh elektrické energie (tab. 3.1), což reprezentuje přibližně 3,4 % z celkového množství.

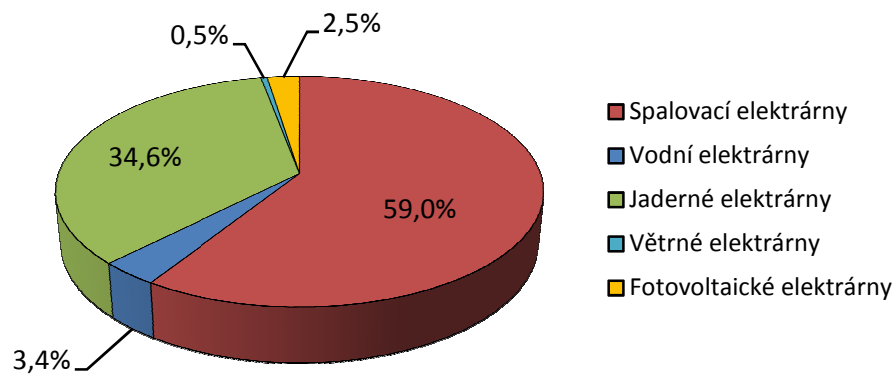
Tab. 3.1 – Celková výroba elektřiny v ČR za rok 2012

Druh elektrárny	Vyrobená energie (GWh)
Spalovací elektrárny	51 696,1
Vodní elektrárny	2 963,0
Jaderné elektrárny	30 324,2
Větrné elektrárny	417,3
Fotovoltaické elektrárny	2 173,1
Celkem	87 573,7

Zdroj: [5] – upraveno autorem

Údaje z tabulky jsou vyneseny do grafu 3.2, který lépe ilustruje podíl jednotlivých zdrojů na výrobě elektřiny. Jak je vidět, v našich podmínkách představují vodní elektrárny pouze doplňkový zdroj energie. Plně docenit jej však dokážeme teprve, uvědomíme-li si,

že jde o zdroj stále se obnovující, který neprodukuje odpad a s výjimkou hraničních toků je nezávislý na okolních státech.



Graf 3.2 – Podíl jednotlivých zdrojů na výrobě elektřiny v ČR za rok 2012

4. Základní informace o vodních elektrárnách

Ústředními členy vodní elektrárny jsou vodní motor a generátor elektrické energie. Ty bývají doplněny vhodným převodem, případně transformátorem. Bezproblémový chod obvykle ještě zabezpečuje řídicí systém. Zatímco většina elektráren pracuje v součinnosti s rozvodnou sítí, některé z těch menších fungují nezávisle tj. v ostrovním provozu.

Výstavba a provoz malých vodních elektráren jsou poměrně specifická odvětví energetiky. Při jejich návrhu se daleko více uplatní konkrétní podmínky dané lokality než při návrhu velkých vodních děl.

4.1 Rozdělení vodních elektráren

Existuje mnoho hledisek, podle kterých lze vodní elektrárny charakterizovat. Velmi často se používá instalovaný výkon a velikost a způsob soustředění spádu. Spousta dalších hledisek je uvedena například v [6].

4.1.1 Instalovaný výkon

Instalovaný výkon vodní elektrárny je výkon, kterého lze dosáhnout při nejpříznivějších provozních podmínkách. V souladu s normou ČSN 75 0120:2009 se tak vodní elektrárny dělí do těchto kategorií:

- **velké vodní elektrárny** – instalovaný výkon > 200 MW
- **střední vodní elektrárny** – instalovaný výkon $10 - 200$ MW
- **malé vodní elektrárny** – instalovaný výkon < 10 MW

Instalovaný výkon do 10 MW pořád reprezentuje dost široké spektrum. Dle normy ČSN 75 2601:2010 se malé vodní elektrárny rozdělují ještě na:

- **průmyslové vodní elektrárny** – instalovaný výkon $1 - 10$ MW
- **vodní minielektrárny** – instalovaný výkon 100 kW – 1 MW
- **vodní mikroelektrárny** – instalovaný výkon $35 - 100$ kW
- **domácí vodní elektrárny** – instalovaný výkon < 35 kW

Pro domácí vodní elektrárny jsou vhodná jednoduchá strojní i stavební řešení se snadnou údržbou a plně automatizovaným provozem. Jednodušší řešení s sebou však

přináší i méně dokonalé provozní vlastnosti. Menší energetické využití vodního toku je však většinou vykompenzováno nižšími pořizovacími náklady.

4.1.2 Velikost a způsob soustředění spádu

Norma ČSN 75 0120:2009 rozlišuje vodní díla podle velikosti spádu takto:

- **nízkotlaká** – spád < 20 m
- **středotlaká** – spád 20 – 100 m
- **vysokotlaká** – spád > 100 m

Spád může být soustředěn buď přirozeně, nebo uměle. Lokalit s přirozeně koncentrovaným spádem při dostatečném průtoku je v přírodě málo, takže je nutno spád koncentrovat uměle. Podle použitých vzdouvacích zařízení se rozlišují vodní díla přehradní, jezová a derivační. Jejich koncepce je podrobně popsána v [7].

4.2 Hydroenergetický potenciál

Voda v přírodě si sebou nese energii tepelnou, chemickou a hlavně mechanickou. Tepelná energie vod se dá technicky velmi dobře využít pomocí tepelných čerpadel. Chemická forma energie vod se projevuje vznikem solných roztoků. Její praktické využití je problematické, ne však nemožné. V listopadu roku 2009 byla v Tofte (Norsko) otevřena první osmotická elektrárna. Jak už název napovídá, elektrárna je založena na principu osmózy. Ke své činnosti potřebuje dva druhy vody s vysokým rozdílem koncentrace solí, ideálně tedy vodu říční a mořskou. Celý princip je lépe popsán v [8]. Instalovaný výkon elektrárny je 4 kW.

Pro samotnou existenci vodních elektráren je ale zcela zásadní mechanická energie vod. Pojem v sobě zahrnuje energii vodních srážek, ledovců, moří a vodních toků. Energie vodních srážek a ledovců mohou být tématem různých výzkumů, ale jejich praktické aplikace jsou zatím v nedohlednu. Energie moří, jejímiž vnějšími projevy jsou vlny, mořské proudy, příliv a odliv, má značný potenciál, který je však bohužel dostupný jen přímořským státům. Zajímavé informace o elektrárnách vlnových, přílivových i o těch využívající mořské proudy lze nalézt v [8]. Zatímco instalovaný výkon elektráren na mořské proudy a vlnových elektráren se pohybuje v řádu desítek až stovek kW, u přílivových elektráren jsou to jednotky až stovky MW [8].

V České republice přichází v úvahu pouze využití mechanické energie vodních toků. Pro lepší srozumitelnost je označována jen jako hydraulická nebo také vodní energie. Teoretický výkon vodního díla v konkrétní lokalitě se stanoví podle vztahu (4.1), kde se předpokládá bezeztrátová přeměna hydraulické energie na elektrickou.

teoretický výkon (W):	$P_{\text{teor}} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H$	(4.1)
měrná hmotnost vody:	$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$	
tíhové zrychlení:	$g = 9,81 \text{ m/s}^2$	
průtok (m³/s):	Q	
spád (m):	H	

Nikoho asi nepřekvapí, že skutečný výkon bude menší – a to znatelně. Přenos energie jednotlivými prvky (turbína, převod, generátor, transformátor) samozřejmě neprobíhá beze ztrát. Ty jsou vyjádřené účinnostmi, kterážto závisí na provozních podmínkách. Dalším problémem je snížení spádu vlivem ztrát v přivaděči. Ani průtok nelze využít zcela. Část je totiž nutno ponechat téct původním korytem. Kromě toho se množství vody během roku značně mění. Problematika všech těchto faktorů je konkrétně řešena v dalších kapitolách.

5. Výběr lokality

V celém procesu návrhu malé vodní elektrárny je nalezení vhodné lokality zcela zásadní krok. Od toho se totiž odvíjí nejdůležitější aspekty – především spádové a průtokové poměry. Důležitým kritériem je také samotná dostupnost lokality, zvláště pak z hlediska vyvedení výkonu do rozvodné sítě a přístupnosti stavební techniky. Pozornost by měla být věnována i dalším úskalím, ať už v podobě požadavků ochrany přírody, majetkoprávních vztahů či pouhého postoje okolních obyvatel k zamýšlené stavbě. V případě zanedbání nějakého ze zmíněných kritérií může pak během výstavby dojít k výraznému navýšení nákladů nebo i ke zrušení celého projektu. I proto se jako dobrý nápad jeví spíše obnova staršího vodního díla, kde řada těchto komplikací odpadá. Po uvážení všech faktorů byl pro návrh realizace malé vodní elektrárny vybrán objekt Bučického mlýnu na řece Mrlině. Stavení se nachází poblíž města Rožďalovice, které se rozprostírá na severovýchodě Středočeského kraje.

5.1 Historie lokality

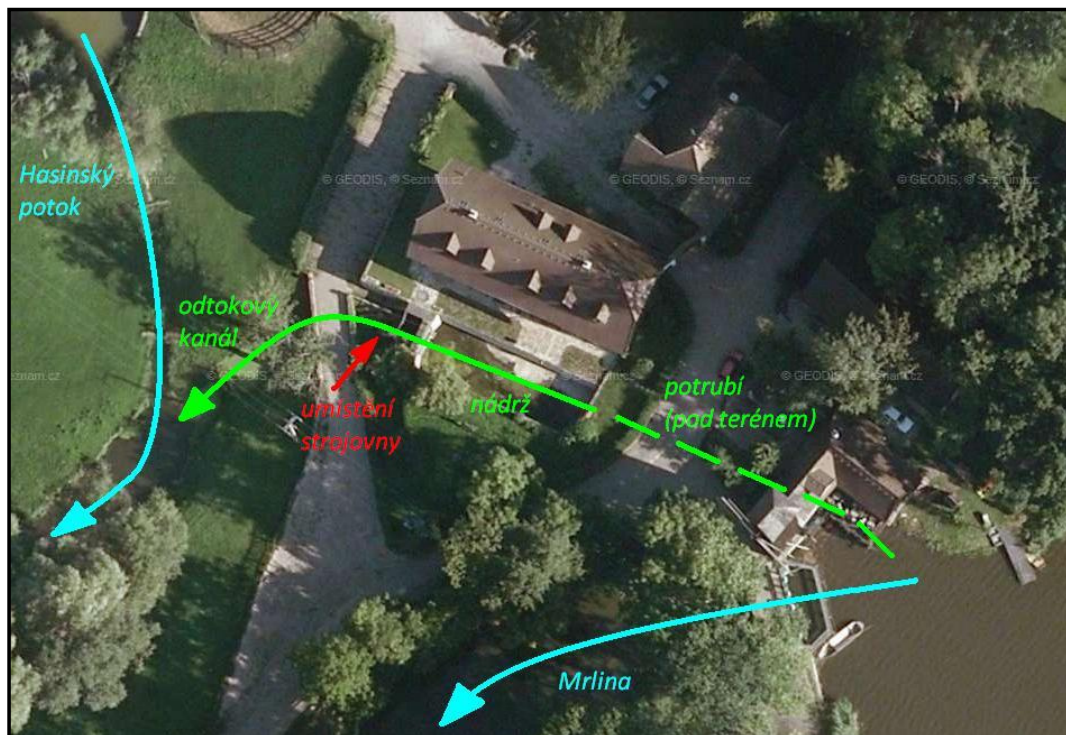
Nejstarší písemné záznamy pochází ze 17. století. Zmiňují se o mlýnu s pilou, který stával nedaleko města Rožďalovice při západní hrázi nedalekého Bučického rybníka. Celý objekt byl poháněn vodou ze dvou toků – říčky Mrliny a Libáňského potoka. Okolo roku 1910 nechali tehdejší majitelé (rodina Lobkowiczů) mlýn přestavět a zmodernizovat. V rámci toho byla vodní kola nahrazena turbínami. Roku 1932 celý mlýn koupil místní družstevní podnik a provozoval jej až do roku 1963. Tehdy se mlelo naposledy. Mlýn byl uzavřen a chátral až do roku 2000, kdy ho koupil současný majitel Jiří Petersik. Celý objekt pak prošel nákladnou rekonstrukcí (obr. 5.1). Místo funkčního mlýnu zde však vzniklo rekreační zařízení. Náhon přivádějící vodu z Libáňského potoka již zanikl a jeho praktické obnovení by bylo velmi obtížné. Naproti tomu náhon přivádějící vodu z Mrliny (resp. z Bučického rybníka) je zachovaný a v podstatě nevyužitý.



Obr. 5.1 – Ústřední budova mlýna po rekonstrukci

5.2 Popis lokality

Umístění a situaci uvažovaného vodního díla charakterizuje obr. 5.2. Veškerá voda z rybníka nyní odtéká skrze přepad a vytváří pokračování řeky Mrliny. Ze severu teče Hasinský potok, který se pár set metrů za mlýnem do Mrliny vlévá (na obrázku již není zachyceno). Oba toky jsou vyznačeny světle modrými šipkami.



Obr. 5.2 – Umístění MVE

Zdroj: [9] – upraveno autorem

Zachovaný náhon je vyznačen zelenou šipkou. Její přerušovaný úsek poukazuje na fakt, že část náhonu je vedena pod terénem, k čemuž bylo použito kameninové potrubí. Úprava tohoto úseku by měla za následek značné navýšení investičních nákladů, protože potrubí vede pod asfaltovou cestou a restaurací, jež by musely být rozbourány a posléze znovu postaveny. Avšak potrubí bylo, stejně jako zbytek náhonu, součástí rekonstrukce z roku 2000 a je v dobrém stavu. Vstup vody do náhonu je ovládán jednoduchým dřevěným stavidlem. Navazující částí náhonu je nádrž, která je na konci opatřena dalším stavidlem. Právě tam je soustředěn spád a tam by také měla být umístěna strojovna elektrárny. V obrázku 5.2 je toto místo vyznačeno červenou šipkou. Na nádrž bezprostředně navazuje otevřený odtokový kanál, v němž je osamoceně uloženo nepůvodní vodní kolo na vrchní vodu. Jeho funkce je čistě vizuální, jak je vidět z obrázků 5.3a, 5.3b.



Obr. 5.3a – Vodní kolo (čelní pohled)



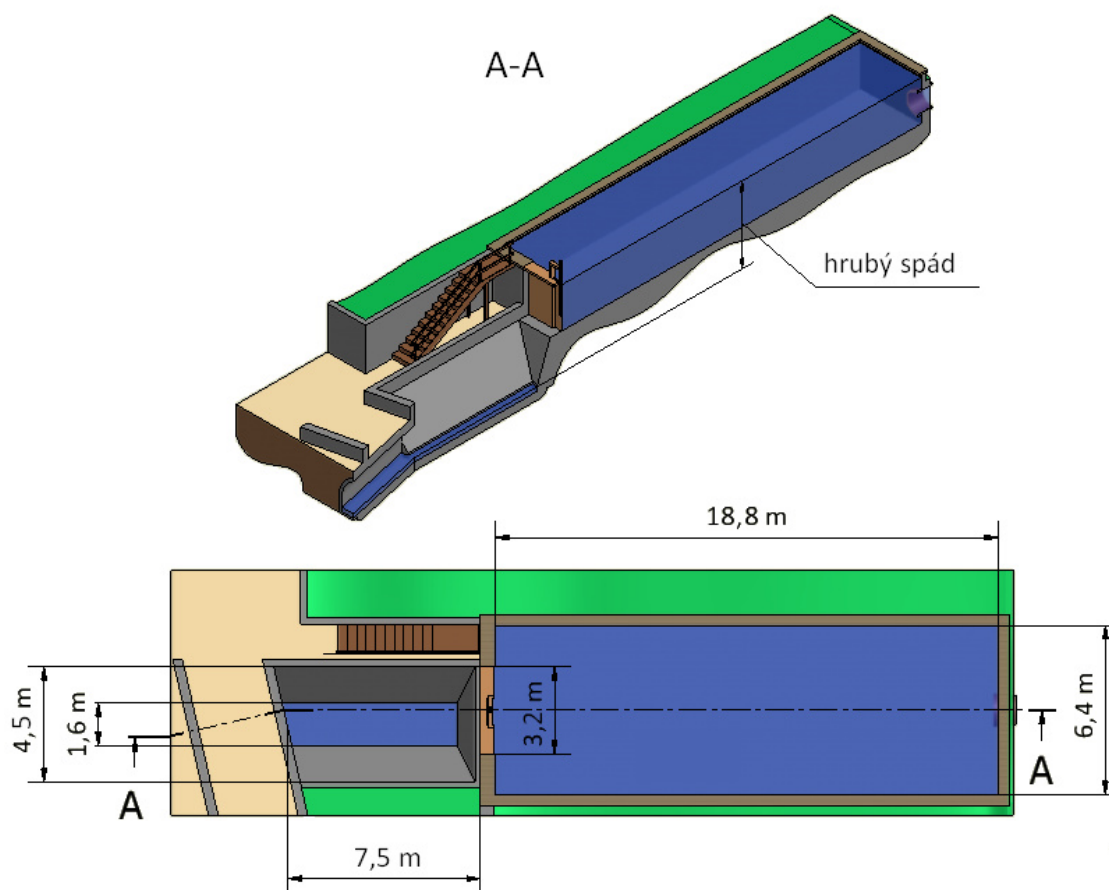
Obr. 5.3b – Vodní kolo (boční pohled)

Zdroj: [10]

Odtokový kanál ústí do Hasinského potoka. Celý náhon je v současnosti funkční, ale využívá se jen zřídka – převážně pro odklonění části toku z původního řečiště při zvýšených jarních průtocích.

Při provozu MVE Bučický mlýn bude většina vody z Mrliny protékat výše popsaným mlýnským náhonem a původním profilem potoče jen minimální zůstatkový průtok. Po pár stech metrech se pak voda z elektrárny navrátí, skrze část Hasinského potoka, do původního řečiště Mrliny.

Pro lepší pochopení situace byl vytvořen počítačový model ústřední části náhonu opatřený základními rozměrovými kótami, viz obr. 5.4. Kóta hrubý spád bude vysvětlena v další podkapitole.



Obr. 5.4 – Ústřední část náhonu

5.2.1 Spádové a průtokové poměry

Informace o spádových a průtokových poměrech jsou naprosto nepostradatelné pro posouzení technicko-ekonomické výhodnosti zamýšleného vodního díla. Na jejich základě lze zhruba určit výkon MVE a množství vyrobené elektrické energie, která pak úzce souvisí s ekonomickou návratností celého záměru.

Hrubý spád představuje výškový rozdíl mezi hladinou vody v nádrži (tj. horní) a hladinou vody v odtokovém kanálu (tj. dolní) při nulovém průtoku. Měření bylo provedeno jednoduchým způsobem pomocí vodováhy, latě a metru. Úroveň hladin může během roku kolísat, proto bylo měření hrubého spádu opakováno několikrát v různých termínech, aby se minimalizovala chyba. Snahou bylo vystihnout přetrvávající období

jak suchého, tak i deštivého počasí. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v tabulce 5.1. Je vidět, že spád se v průběhu roku příliš nemění¹. Pro další úvahy proto zcela stačí jeho průměrná hodnota.

Tab. 5.1 – Naměřený hrubý spád

datum měření	7. 7. 2013	23. 8. 2013	7. 9. 2013	15. 11. 2013	25. 1. 2014	8. 3. 2014
hrubý spád (m)	4,10	4,07	4,07	4,09	4,11	4,18
průměr (m)	4,10					

Pro stanovení výkonu MVE je třeba znát hlavně užitný spád, který na rozdíl od hrubého spádu respektuje ztrátu výšky při proudění tekutiny (tj. při provozu). Vzhledem k tomu, že náhon je již vybudovaný a několik let zaplavený, bylo by exaktní stanovení ztrátové výšky nesmírně pracné a výsledky by byly i přes veškerou snahu nejisté. Alternativním řešením je ztrátovou výšku kvalifikovaně odhadnout. Odborníci, kteří se zabývají projektováním MVE, doporučují v tomto případě uvažovat ztrátovou výšku 0,2 m. Užitný spád se pak určí snadno:

ztrátová výška:	$H_z = 0,2 \text{ m}$
hrubý spád:	$H_b = 4,1 \text{ m}$
užitný spád:	$H = H_b - H_z = 4,1 - 0,2 = 3,9 \text{ m}$

K určení průtokových poměrů jsou použity údaje o M-denních průtocích (Q_{Md}), které za poplatek poskytuje Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ). Zvolená lokalita spadá v organizační struktuře ČHMÚ pod pobočku v Hradci Králové, která poskytla data uvedené v tabulkách 5.2 a 5.3.

Tab. 5.2 – Základní hydrologické údaje lokality

Vodní tok	Mrlina	
Číslo hydrologického pořadí	1-04-05-0070-0-00	
Profil	Hráz Bučického rybníka	
Plocha povodí A	83,89 km ²	
Dlouhodobá průměrná roční výška srážek na povodí P_a	648 mm	
Dlouhodobý průměrný průtok Q_a	350 l/s	třída II.

Zdroj: [11]

¹ Ve výjimečných situacích jako jsou povodně, se spádové poměry mohou výrazně změnit. Podle navržené koncepce se potom MVE buď odstaví z provozu, nebo bude moci fungovat i při sníženém spádu.

Tab. 5.3 – M-denní průtoky Q_{Md}

dny (d)	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	355	364	tř.
průtok Q_{Md} (l/s)	911	554	389	290	223	173	134	103	77	54	34	16	7	ll.

Zdroj: [11]

Význam tabulky 5.3 spočívá v tom, že sumarizuje průměrné denní průtoky v daném profilu a podává přehled o tom, kolik dnů v roce je uvedená hodnota překročena. V grafu 5.1 je na základě těchto dat sestrojena křivka překročení průměrných denních průtoků².

Provozovatel vodního díla musí respektovat i minimální zůstatkový průtok³ (Q_{mz}). Je to průtok, který je nutno ponechat v původním korytě pro zachování základních ekologických a vodohospodářských funkcí. Jeho hodnotu stanovuje vodoprávní úřad s přihlédnutím k podmínkám vodního toku a charakteru nakládání s vodami. Směrné hodnoty Q_{mz} jsou uvedeny v metodickém pokynu odboru ochrany vod MŽP [12]. Parametrům toku uvedených v tabulce 5.3 odpovídá:

minimální zůstatkový průtok: $Q_{mz} = Q_{Md330} = 34 \text{ l/s}$

Q_{Md330} vyjadřuje množství vody protékající daným profilem alespoň 330 dnů v roce. Odečtením Q_{mz} od hodnot M-denních průtoků Q_{Md} z tabulky 5.3 se zjistí údaje o průtoku, který může MVE maximálně využít – tzv. využitelný průtok (Q_v). Jeho hodnoty jsou uvedeny v tabulce 5.4 a vyneseny do grafu 5.1. Pokud by se voda z uvažovaného úseku odebírala ještě pro jiné (zejména technologické) účely, bylo by třeba odečíst i tyto průtoky, v tomto případě se tak ovšem neděje.

Tab. 5.4 – Využitelné průtoky Q_v

dny (d)	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	355	364
průtok Q_v (l/s)	877	520	355	256	189	139	100	69	43	20	0	0	0

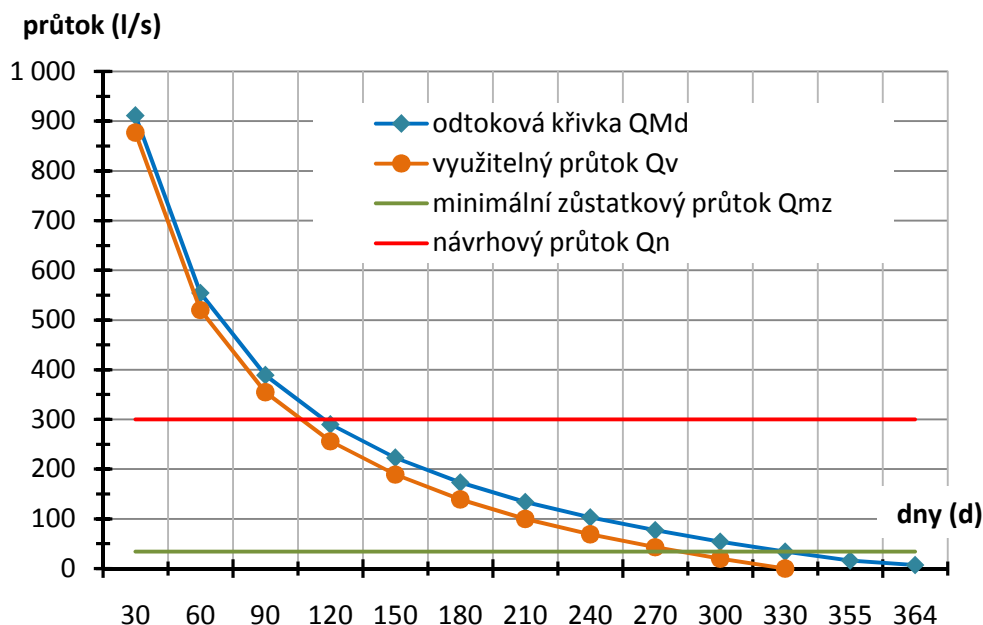
Z výsledné křivky Q_v se poté určí návrhový průtok (Q_n), což je parametr pro předběžný výpočet výkonu MVE. Pravidla pro jeho stanovení se mohou lišit podle charakteristiky

² V praxi se též používá termín odtoková křivka.

³ Někdy je označován jako sanační nebo také biologický průtok.

toku. V hydrologických podmínkách ČR se dle [13] doporučuje volit návrhový průtok v intervalu Q_{v90} až Q_{v120} .

návrhový průtok: $Q_n = 300 \text{ l/s}$



Graf 5.1 – Denní průtoky uvažovaným profilem

5.2.2 Předběžné stanovení výkonu

Výkon MVE lze předběžně stanovit dle vztahu (5.1) uvedeném v [1], který paušalizuje hodnoty příslušných ztrát pro nejčastěji používané koncepce, a tak není třeba složitě studovat rozdílné vlastnosti navrhovaných soustrojí.

předběžný výkon MVE (kW): $P_{pel} = K \cdot Q_n \cdot H = 6 \cdot 0,3 \cdot 3,9 = 7 \text{ kW}$ (5.1)

konstanta zohledňující zamýšlenou koncepci MVE (-): $K = 6$ zvoleno dle [1]

návrhový průtok (m^3/s): Q_n

užitný spád (m): H

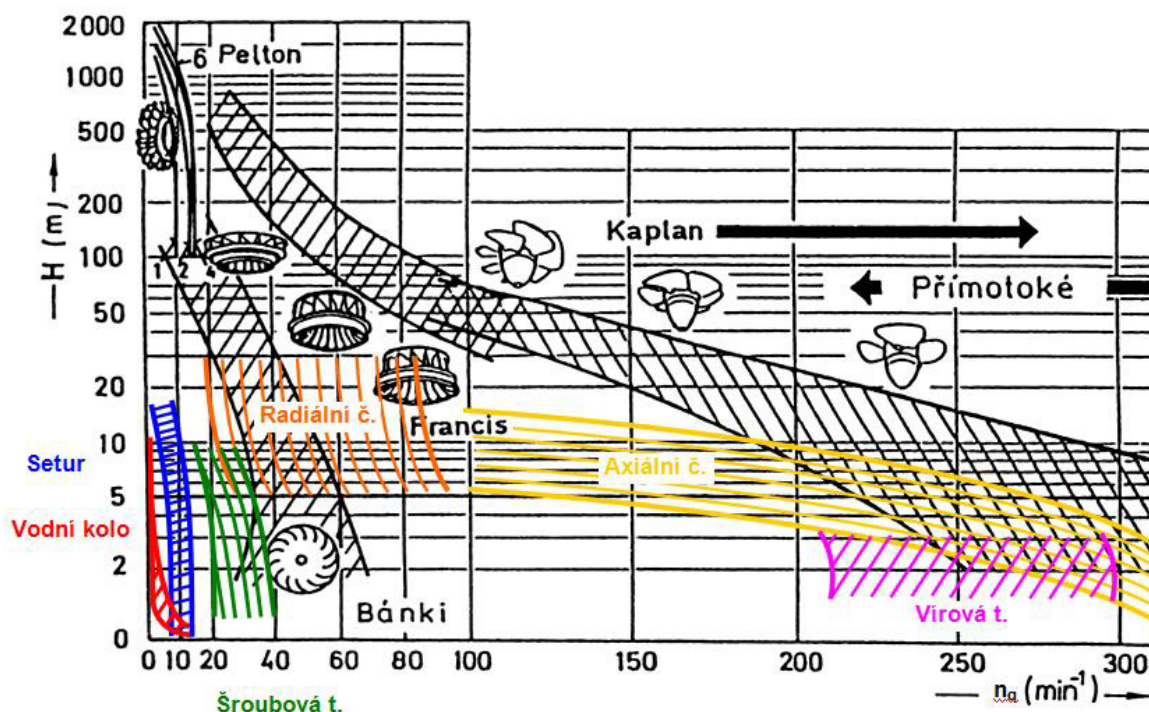
Jak je vidět, 7 kW není výkon nikterak závratný, a pokud by bylo nutné stavět celé vodní dílo od základů, patrně by šlo o investici ekonomicky nevýhodnou. V případě Bučického mlýna by se však mohla výhodně využít stávající struktura, čímž významně klesnou náklady na stavební úpravy. Otázkou, zda by se v této lokalitě dala výhodně vybudovat a provozovat malá vodní elektrárna, se zabývají další kapitoly.

6. Vodní motory vhodné pro vybranou lokalitu

Vodní motor můžeme označit za srdce vodní elektrárny. Je to ve své podstatě stroj schopný přeměny hydraulické energie na energii mechanickou. Volba vhodného typu vodního motoru nejenže je zcela zásadní pro správnou funkci celého díla, ale také částečně ovlivňuje i výběr ostatních zařízení. V současné době drtivě převládají vodní turbíny. Za jistých okolností však může být prospěšnější použít vodní kolo či čerpadlo v turbínovém chodu. Volba vhodného typu vodního motoru a určení jeho hlavních rozměrů se provádí na základě měrných otáček, které lze vypočítat dle vztahu (6.1).

měrné otáčky (ot./min):	$N_q = N \cdot \frac{Q^{0,5}}{H^{0,75}}$	(6.1)
skutečné otáčky stroje (ot./min):	N	
hltnost ⁴ turbíny (m ³ /s):	Q	
spád (m):	H	

Měrné otáčky N_q jsou otáčky vodního motoru, geometricky podobného, který při spádu 1 m zpracovává průtok 1 m³/s. Oblasti použití různých typů vodních motorů v závislosti na měrných otáčkách jsou patrné z diagramu na obr. 6.1. [14]



Obr. 6.1 – Oblastní diagram

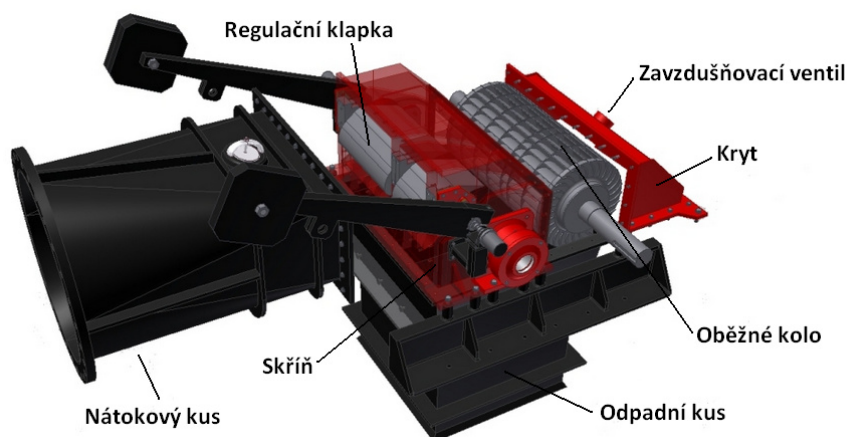
Zdroj: [15]

⁴ Pojem hltnost označuje průtok turbínou.

6.1 Bánkiho turbína

Rovnotlaká až mírně přetlaková turbína s parciálním ostřikem lopatek a dvojitým průtokem kapaliny oběžným kolem byla světu představena kolem roku 1918 a podle jednoho ze svých tvůrců se nazývá Bánkiho turbína.

Na obr. 6.2 je dvoukomorová průtoková turbína od firmy CINK Hydro-Energy. Principiálně jde ovšem o turbínu typu Bánki. Bezproblémový vstup vody zajišťuje nátokový mezikus, který slouží jako přechod mezi kruhovým průřezem přívodního potrubí a obdélníkovým průřezem turbíny. Regulace průtoku se provádí buď klapkou, nebo segmentovým uzávěrem, které jsou umístěné těsně před vstupem vody do oběžného kola (rotoru). Lopatky oběžného kola jsou vytvořené z cylindricky prohnutých desek osazených mezi paralelně řazenými kotouči.



Obr. 6.2 – Dvoukomorová průtoková turbína společnosti CINK Hydro-Energy

Zdroj: [16] – upraveno autorem

Voda nejprve dostředivě vstupuje do oběžného kola. Změna směru na lopatkách způsobí předání energie. Vlivem souběhu rychlosti vody a otáček kola míří vytékající paprsek do lopatkového prostoru na protější straně, kde opět mění směr, předává další část své energie a potom z oběžného kola odstředivě vystupuje. Poměr energie předané oběžnému kolu na vstupu a na výstupu je přibližně 4:1 ve prospěch vstupu. Bánkiho turbína se, stejně jako například turbína Peltonova, musí umístit dostatečně vysoko nad úroveň dolní hladiny. Pokud by se rotor brodil ve vodě, výrazně by se snížila účinnost. To je velká nevýhoda, jelikož turbína tak nemůže přímo využít celý spád.

U lokalit s relativně nízkým spádem se pak tato ztráta z nevyužitého spádu stává citelnou. [17]

Podobně jako u Francisových či Kaplanových turbín se i u Bánkiho turbíny dá uplatnit savka. Jejím použitím se nejenže zvýší účinnost asi o 2 %, ale nepřímo také dojde k energetickému využití části výškového rozdílu mezi osou oběžného kola a dolní hladinou. Vodní sloupec v savce však musí být ovladatelný. To zajišťuje nastavitelný zavzdušňovací ventil, který ovlivňuje podtlak ve skříni turbíny. [18]

Bánkiho turbíny se často konstruují jako vícekomorové, což umožňuje přizpůsobit se i značně kolísavému průtoku. Oběžné kolo je rozděleno do více sekcí a v případě nedostatku vody je lze pak jednotlivě uzavírat. Turbína tak může pracovat s dobrou účinností i za sníženého průtoku. Účinnost bývá okolo 80 %. Rozsah použití Bánkiho turbín je pro spády 2 až 100 m a průtoky 0,02 až 4,5 m³/s. [13] [17]

Velkou předností těchto turbín je konstrukční jednoduchost. Jejich výrobu zvládnou nejen velké podniky, ale i zruční řemeslníci. Seznam výrobců Bánkiho vodních turbín je proto velmi pestrý. Mezi významné subjekty působící na tuzemském trhu patří například společnosti P&S, CINK Hydro-Energy či DUMAT. Ze zahraničních výrobců je velmi známá německá firma OSSBERGER, která je zároveň úzce spjata s moderním vývojem této turbíny.

6.2 Kaplanova turbína a její modifikace

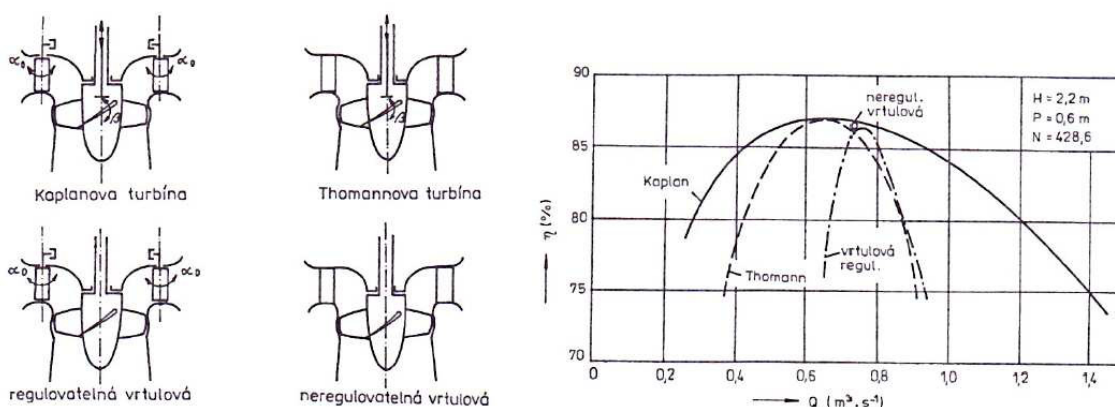
V letech 1910 až 1912 navrhl rakouský profesor Viktor Kaplan revoluční typ turbíny. Od tehdy nejpoužívanější Francisovy turbíny se lišila především tvarem oběžného kola (bylo protékáno axiálně). Její největší výhodou byla možnost plynulé regulace pomocí natáčení oběžných lopatek. Z počátku byla Kaplanova turbína provázena problémy s kavitací, když se je však jeho následovatelům podařilo vyřešit, stala se nejvýznamnějším typem vodního motoru na světě. [13]

Obecně se Kaplanovy turbíny využívají pro spády 1,5 až 75 m a pro průtoky 0,2 až desítky m³/s. Ve své podstatě jde o axiální přetlakové turbíny s velmi dobrou možností regulace průtoku, jež se provádí natáčením lopatek oběžného kola a natáčením rozváděcích lopatek.

Právě dle možnosti regulace se rozlišuje několik základních modifikací:

- **klasická Kaplanova turbína, S-turbína** – oběžné i rozváděcí lopatky jsou natáčivé
- **neregulovatelná vrtulová** – oběžné i rozváděcí lopatky jsou pevné
- **regulovatelná vrtulová (propelerová)** – pevné oběžné lopatky; natáčivé rozváděcí lopatky
- **Thomannova, Semi-Kaplan** – natáčivé oběžné lopatky; pevné rozváděcí lopatky

Na obr. 6.3 jsou schematicky znázorněny jednotlivé modifikace. Z grafu vpravo si pak lze udělat hrubou představu o jejich možnostech regulace. Účinnost Kaplanových turbín se pohybuje okolo 88 %, velké jednotky pak dosahují i více než 90 %.



Obr. 6.3 – Způsoby regulace Kaplanovy turbíny

Zdroj: [19]

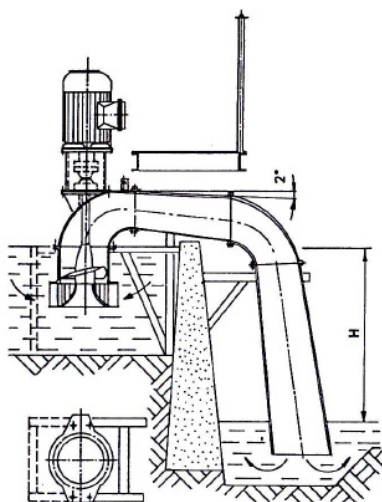
Existuje celá řada technických řešení Kaplanovy turbíny. Jednotliví výrobci se pak většinou specializují jen na určitý segment. Pro elektrárnu Bučický mlýn jsou zajímavá následující technická provedení.

6.2.1 Násosková turbína

Násoskové turbíny se u nás začaly vyrábět roku 1983 pod označením METAZ ve stejnojmenné firmě v Týnci nad Sázavou. V zásadě jde o neregulovatelnou vrtulovou turbínu (obr. 6.4), jež je motivována snahou o dosažení minimálních investičních nákladů. Jednoduchost konstrukce je zárukou vysoké provozní spolehlivosti a dlouhé životnosti. Násoskové turbíny nacházejí uplatnění v podmínkách, kde hydrologické

poměry a charakter provozu nevyžadují regulaci – zejména pak v oblasti domácích vodních elektráren.

Turbíny pracují s asynchronními motory v generátorovém chodu, a tedy vždy v součinnosti s rozvodnou sítí. Soustrojí je uváděno do provozu pomocí vlastního elektromotoru. Po zapnutí nejprve turbína funguje jako čerpadlo, po zaplnění násosky začne voda proudit samospádem a turbína plynule přejde do turbínového provozu, v němž elektromotor pracuje jako generátor. Zastavení zajišťuje zavzdušňovací ventil na vrcholu násosky. Ten vpustí dovnitř vzduch a vodní sloupec se přeruší.



Obr. 6.4 – Násosková turbína

Zdroj: [6]

Účinnost násoskových turbín je v rozmezí 72 až 80 %. Současný výrobce tohoto typu turbín je firma MAVEL. Používají se pro spád 2 až 6 m a průtok v řádu stovek l/s. Oběžná kola se vyrábějí s různými profily otevření tak, aby pro dané průtočné poměry bylo možné zvolit optimální variantu. Podobným směrem se ubírá i společnost ZIROMONT, která nabízí vlastní turbíny v násoskovém provedení. [20]

6.2.2 Semi-Kaplan

Provedení Semi-Kaplan se řadí mezi přímoproudé turbíny, které mají z pohledu celkové rentability MVE určité technicko-ekonomické přednosti. Patrně nejdůležitější je, že jejich hydraulický profil dovoluje znatelně snížit stavební náklady oproti klasickým Kaplanovým turbínám s rozváděcí spirálou.

Semi-Kaplanovy turbíny (obr. 6.5) mají pevné rozváděcí lopatky, nedisponují proto takovým regulačním rozsahem jako třeba S-turbíny. Avšak právě díky jednodušší konstrukci je jejich pořizovací cena mnohem přijatelnější. Uplatňují se především v jezových vodních dílech, ale lze je použít také na vodní díla derivační. Turbíny tohoto typu se vyrábějí hlavně pro spády 1,5 až 5,5 m a průtoky 0,25 až 6 m³/s. Takže použití v MVE Bučický mlýn je teoreticky možné. Jejich výrobou se v ČR zabývá relativně dost podniků – například společnosti HYDROHRM, DUMAT či ZIROMONT.



Obr. 6.5 – Turbína typu Semi-Kaplan od společnosti HYDROHRM

Zdroj: [21]

6.3 Šneková turbína

Základní myšlenka tohoto stroje je známa již od starověku. Asi ve 3. stol. před n. l. ji zformuloval slavný řecký matematik, fyzik, vynálezce a filozof Archimédes, odtud také pochází název Archimédův šroub. Původně byl Archimédův šroub navržen a také se dlouhá léta používal výhradně k čerpání vody. Je to vlastně jedno z nejstarších známých čerpadel. Kvůli charakteristickému tvaru rotoru se rovněž vžilo pojmenování šnekové čerpadlo. V průběhu dějin se teorií Archimédova šroubu zabývalo mnoho významných vědců a vynálezců, ale teprve až v 90. letech 20. století se přišlo na to, že šnekové čerpadlo lze provozovat i obráceným způsobem tj. pro přeměnu hydraulické energie vody na energii mechanickou. Objevuje se tak nový druh vodního motoru označovaný jako šneková turbína. Ukázky MVE se šnekovou turbínou jsou na obr. 6.6 a 6.7.



*Obr. 6.6 – Šneková turbína na řece Dart
(Ashburton, UK) od společnosti MannPower
Zdroj: [22]*



*Obr. 6.7 – Šneková turbína
na Červeném potoce (Králíky)
od společnosti GESS-CZ
Zdroj: [23]*

Princip činnosti šnekových turbín je prostý. Voda volně přitéká do rotoru a svou tíhou působí na boky prvních závitů. Rotor se roztáčí, voda se přelévá a působí i na další závit po celé délce šneku, čímž postupně odevzdá svou potenciální energii a na konci volně vytéká do odpadního kanálu.

Šneková turbína vyniká konstrukční i technologickou jednoduchostí, z čehož plyne provozní nenáročnost, vysoká spolehlivost a dlouhá životnost. Nevyžaduje jemné česle, funguje i v případě, že voda je mírně znečištěná a obsahuje pevné částice větších rozměrů. Šnekové turbíny jsou šetrné k vodním živočichům⁵ a okysličují vodu, čímž přispívají ke zlepšení její kvality. V neposlední řadě patří mezi přednosti šnekových turbín jejich poměrně snadná a rychlá instalace do vybrané lokality. [24]

Mezi nevýhody šnekových turbín patří zejména nízké provozní otáčky. Tento parametr je třeba kompenzovat použitím vyššího převodového stupně, což zvyšuje investiční náklady MVE. Při tuhých mrazech může stroj namrzat a je na místě zvážit zakrytí rotoru. Spodní ložisko je trvale v přímém styku s vodou, a proto se musí mazat ekologicky nezávadnými mazivy, což může navýšit provozní náklady.

⁵ Ryba vpluje do buňky tvořené dvěma chody šnekovice, centrální trubkou a žlabem. Postupně je přepravena do dolní části toku bez poškození.

Šnekové turbíny se používají pro průtoky 0,1 až 5 m³/s a dobře se vyrovnají i s jeho proměnlivostí. Až do 20 % maximální hlnosti má turbína téměř konstantní účinnost okolo 80 %. Co se spádu týče, tak rozsah použitelnosti je 1 až 8 m. Větší spád znamená větší délku centrální trubky a to znamená i větší náchylnost k prohýbání. [25]

Největší výrobce šnekových turbín působící na tuzemském trhu je společnost GESS-CZ. Významnými zahraničními výrobci jsou kupříkladu společnosti REHART, MannPower, ANDRITZ, Spaans Babcock.

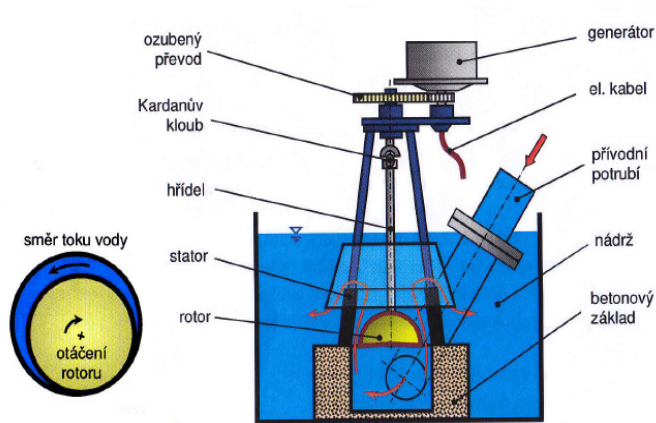
6.4 Bezlopatková turbína

Turbína pracuje na zvláštním hydrodynamickém principu, který lze za některých okolností v přírodě spatřit. Předměty plovoucí ve vodním víru, který se může tvořit v nějaké přirozené tůni, se začínají odvalovat podél její vnitřní strany. Na základě tohoto zjištění byl v roce 1995 zkonstruován první funkční prototyp bezlopatkové turbíny. Důvod proč se turbína označuje jako bezlopatková je, že její rotor skutečně nemá žádné lopatky. Často lze tento stroj také nalézt pod názvem SETUR, který vznikl složením počátečních písmen příjmení jejího vynálezce⁶ a začátku slova turbína. [26]

Princip činnosti turbíny, je zřejmý z obr. 6.8. Polokulový rotor je excentricky umístěn ve výtokovém konfuzoru (statoru). Voda protéká štěrbinou srpkovitého tvaru, kde nastávají podmínky pro vznik odvalovacího jevu, a rotor se pohybuje po vnitřní stěně statoru. Jednoznačnost směru odvalování je dána tangenciálním nátokem vody do konfuzoru. Rotor je pevně spojen s hřídelí, kterážto opatřena kloubem přenáší otáčky rotoru dále. Z takového uspořádání je zřejmé, že při odvalování je účelné zamezit prokluzu v místě dotyku rotoru se státorem (například použitím ozubení). [26]

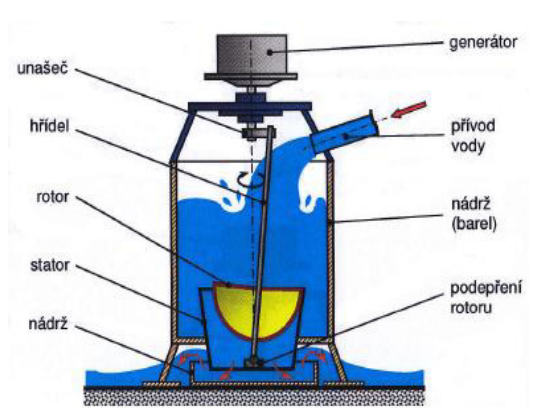
Konstrukční novinkou je precesní turbína (obr. 6.9), jejíž odlišnost tkví, jak už název napovídá, ve využití precesního pohybu hřídele. Nepracuje tedy s otáčkami hřídele kolem své osy jako v předchozím případě, nýbrž s frekvencí oběhů hřídele kolem osy kužele, který opisuje. To vyžaduje, aby rotor byl v oblasti konfuzoru podepřen kulovým ložiskem a pro vyvedení výkonu byl namísto kloubu použit unašeč. Odebíráním výkonu není rotace hřídele bržděna, tudíž nemůže nastat prokluz jako u klasického provedení. [26]

⁶ Ing. Miroslav Sedláček, CSc. působící na stavební fakultě ČVUT



Obr. 6.8 – SETUR (klasické provedení)

Zdroj: [26] – upraveno autorem



Obr. 6.9 – Precesní turbína

Zdroj: [26]

Výrobou a vývojem bezlopatkových turbín se u nás zabývá firma MECHANIKA Králův Dvůr. Jejich cílem je vytvořit unifikovanou řadu turbín, která by pokryla široké spektrum spádů (0,6 až 20 m) a průtoků (4 až 500 l/s). V současnosti je však zatím komerčně dostupné jen zařízení DVE 120 skládající se z turbíny, ozubeného převodu a generátoru na společném rámu (obr. 6.10a, 6.10b), které je vhodné pro spád 3 až 20 m a průtok 4 až 20 l/s. Účinnost bezlopatkových turbín se uvádí v rozmezí 40 až 70 % (dle provedení). Více informací o možnostech bezlopatkové turbíny i jejích variant se lze dočíst v [26].



Obr. 6.10a – DVE 120 (před instalací)

Zdroj: [27]



Obr. 6.10b – DVE 120 (po instalaci)

Zdroj: [27]

6.5 Čerpadla v turbínovém chodu

Typickou vlastností většiny hydraulických strojů, zvláště těch hydrodynamických, je schopnost reverzibility a to prakticky bez újmy na účinnosti. Nabízí se tak možnost vyrábět elektrickou energii pomocí hydrodynamického čerpadla v turbínovém chodu. Problematikou čerpadlového a turbínového provozu se zabývá literatura [18] [28].

Tradiční výrobce těchto strojů v ČR je společnost SIGMA PUMPY HRANICE. Na obr. 6.11 je jejich čerpadlová turbína řady DET. Dalším výrobcem, který nabízí širokou paletu čerpadel včetně těch určených pro turbínový provoz, je společnost KSB-PUMPY + ARMATURY.



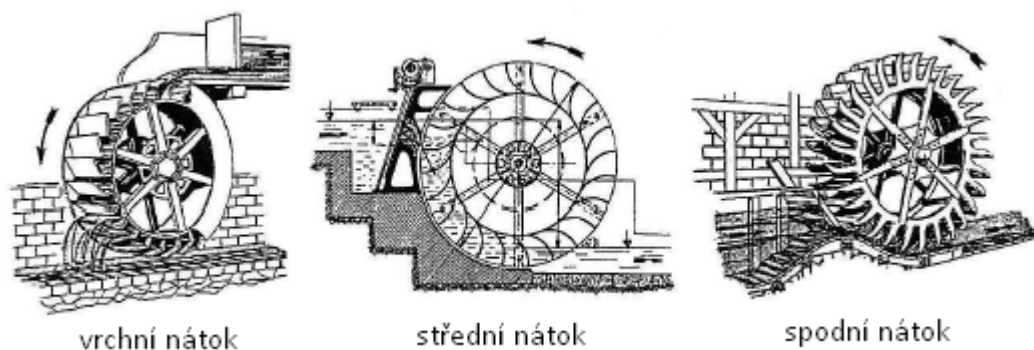
Obr. 6.11 – Čerpadlová turbína řady DET

Zdroj: [29]

6.6 Vodní kola

V informačním věku lidé už příliš nevěří jednoduchým věcem. Na vodní kola většinou pohlížejí jen jako na pouhou památku z dob dávno minulých. I když jsou tyto stroje po historické stránce už překonané, z hlediska problematiky domácích vodních elektráren se stávají opět atraktivní. Málokdo si uvědomuje, že jejich účinnost je srovnatelná s moderními turbínami. Použití vodního kola pro pohon elektrárny je ale spjato s překážkami v podobě velkých rozměrů a nízkých provozních otáček. To je také důvod, proč byly tyto dějinami prověřené stroje vytlačeny turbínami. Pro místa jako jsou bývalé mlýny, kde vodní kolo už někdy v minulosti bylo, obvykle jeho velké rozměry nepředstavují problém a pokud se vhodnou volbou převodu podaří vyřešit i záležitost s nízkými otáčkami, je opodstatněné zvážit i alternativu malé vodní elektrárny s vodním kolem, které jí navíc dodá stylový a osobitý nádech.

Podle místa ve kterém voda vtéká do kola, se rozeznávají kola se spodním, středním a vrchním nátokem (obr. 6.12).



Obr. 6.12 – Rozdělení vodních kol dle nátoku

Zdroj: [6]

Platí, že kola se spodním nátokem využívají hlavně kinetickou energii vody, zatímco kola s vrchním nátokem převážně energii potenciální. Tomu jsou také uzpůsobené jednotlivé konstrukce, kterých existuje celá řada. Ty hlavní jsou uvedeny v tabulce 6.1. Různé informační prameny se však výrazně rozcházejí v hodnotách parametrů. Čísla v tabulce tak představují spíše jen jakousi střední hodnotu.

Tab. 6.1 – Přehled vodních kol

Nátok	Typ kola	Spád (m)	Hltnost (m ³ /s)	Účinnost (-)
spodní	Poncetovo	⁷ 0 – 1	až 5	0,3 – 0,65
	Zuppingerovo (nízkospádové)	0,6 – 1,5	až 5	0,6 – 0,75
střední	Zuppingerovo (s přepadem)	1 – 3	0,04 – 3,5	0,6 – 0,75
	Bachovo, Zuppingerovo (s kulisou)	1,5 – 4,5	0,3 – 1,5	0,6 – 0,8
vrchní	korečkové	2,5 – 10	0,05 – 1	0,6 – 0,85

Zdroj: [30] [31] [32]

Požadavkům MVE Bučický mlýn nejlépe vyhovuje korečkové kolo, a proto mu bude věnována zvláštní pozornost. Mnoho informací o ostatních typech vodních kol lze nalézt také v [33]. Výrobě vodních kol se u nás věnuje hlavně pan František Mikyška

⁷ Nulovým spádem se míní jen rychle proudící voda.

z Petrovic u Sedlčan. V zahraničí jsou to výrobci jako HydroWatt (DE) či WaterWheel Factory (US).

Princip korečkového vodního kola je dobře znám (obr. 6.13). Voda je shora přiváděna vantrokovým žlabem a plní korečky. Gravitace pak už koná své a kolo se otáčí. Po odevzdání své potenciální energie se voda vylévá ven. Vzestupem dolní hladiny může nastat brodění kola, čímž klesá účinnost. Bude-li tento jev nastávat často, je lépe použít kolo s obráceným chodem, který spočívá v tom, že směr odtékání dolní vody je shodný s pohybem dolní části kola, takže částečným broděním může účinnost dokonce vzrůst.



Obr. 6.13 – Vodní kolo od společnosti HydroWatt

Zdroj: [34]

Obecně jsou vodní kola spolehlivá (listí, písek, bahno, ledová tříšť jim nevadí), mají nízké zřizovací i provozní náklady a jsou šetrná k vodním živočichům. Ovšem v tuhých zimách mohou namrznat a může dojít i k jejich zastavení.

7. Navržená řešení

Na základě cenových a technických nabídek výrobců (resp. dodavatelů) technologie, je navrženo několik alternativních řešení malé vodní elektrárny Bučický mlýn. V rámci toho jsou zvaženy a naznačeny i náležité stavební úpravy. Nezbytným úkolem této kapitoly je provést kalkulaci investičních nákladů a spočítat množství vyrobené elektrické energie za rok pro každou variantu. Přitom bylo třeba brát ohled na mnohdy velmi odlišnou úroveň poskytnutých detailů.

7.1 Varianta 1 – Bánkiho turbína (P&S, a. s.)

Společnost P&S je výrobcem a dodavatelem kompletní technologie pro MVE, tj. strojní, elektrické i hydraulické. Specializuje se na výrobu Kaplanových a Bánkiho vodních turbín.

7.1.1 Popis

Nabídka zahrnuje položky uvedené v tabulce 7.1. Jako ústřední člen byla vybrána turbína typu Bánki, jejíž hlavní parametry jsou v tabulce 7.2.

Tab. 7.1 – Cenová kalkulace (P&S)

Položka	Doplňující popis	Cena
Turbína Bánki B340/680	plynulá regulace segmentovým uzávěrem	425 000 Kč
Nátokový kus	DN500 / 180x680	35 000 Kč
Koleno s protipřírubou	DN500	30 000 Kč
Základ generátoru a řemenový převod	rám generátoru a turbíny s hydraulickým napínáním řemenů; velká a malá řemenice; klínové řemeny; kryt	175 000 Kč
Generátor	asynchronní motor v generátorovém chodu; výkon 11 kW; třída účinnosti IE3; synchronní otáčky 750 ot./min	28 000 Kč
Hydraulický systém regulace turbíny	hydraulický agregát; rozvody	110 000 Kč
Elektrotechnologie	rozvaděč s programovatelným automatem; kabeláž; snímače	490 000 Kč
Doprava		40 000 Kč
Montáž	15 % z celkové částky	199 950 Kč
Celkem		1 532 950 Kč

Tab. 7.2 – Parametry turbíny (P&S)

Typové označení	Bánki B340/680
Průměr rotoru	340 mm
Délka rotoru	680 mm
Maximální hltnost Q_{Tmax}	370 l/s
Optimální hltnost	166 – 315 l/s
Minimální hltnost Q_{Tmin}	74 l/s
Maximální výkon na hřídeli turbíny	10,5 kW
Maximální výkon na svorkách generátoru	9 kW
Otáčky turbíny	322 ot./min

Turbína je vybavena hydraulicky ovládaným segmentovým uzávěrem umožňujícím plynulou regulaci průtoku v rozsahu 20 až 100 % maximální hltnosti, který funguje rovněž jako rychlouzávěr a při výpadku elektrické sítě dokáže turbínu plně uzavřít. Výrobce deklaruje, že není třeba, aby turbíně předcházel zvláštní uzavírací orgán.

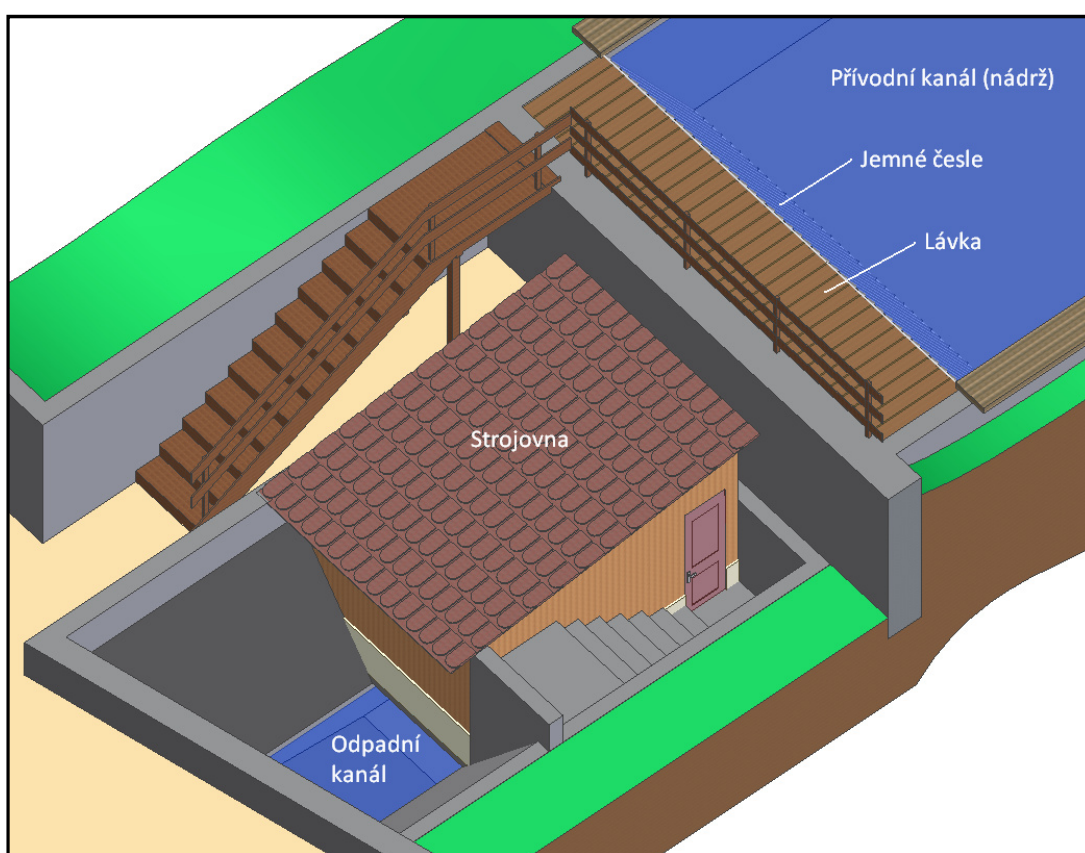
Rotor turbíny musí být umístěn nad úrovní dolní hladiny. U Bánkiho turbín řady B340 je minimální svislá vzdálenost mezi osou rotoru a dolní hladinou 0,5 m. Nabídka nezahrnuje savku, a proto zůstane tato část spádu zcela nevyužitá.

Voda je do turbíny vedena skrze nátokový kus, který mění kruhový profil proudění na obdélníkový. Tomu předchází ještě koleno s protipřírubou usnadňující připojení turbíny k přivaděči. Turbína, generátor, řemenový převod a napínací systém jsou uloženy na jednom společném rámu, který je připevněn k betonové podlaze strojovny. Hydraulický agregát by měl být umístěn co nejbližší k turbíně tak, aby byl reakční čas při změně průtoku co nejmenší – zároveň se tím zmenší potřebná délka hydraulických rozvodů.

Položka elektrotechnologie zahrnuje, kromě prvků vypsanych v tabulce 7.1, také řídicí software s grafickým dotykovým rozhraním, automatickou kompenzaci jalového výkonu, dokonce i možnost vzdálené správy prostřednictvím internetu nebo SMS zpráv. Elektrický výkon bude vyveden ze strojovny zemním kabelem do přípojkové skříně přilehlého penzionu.

7.1.2 Stavební úpravy

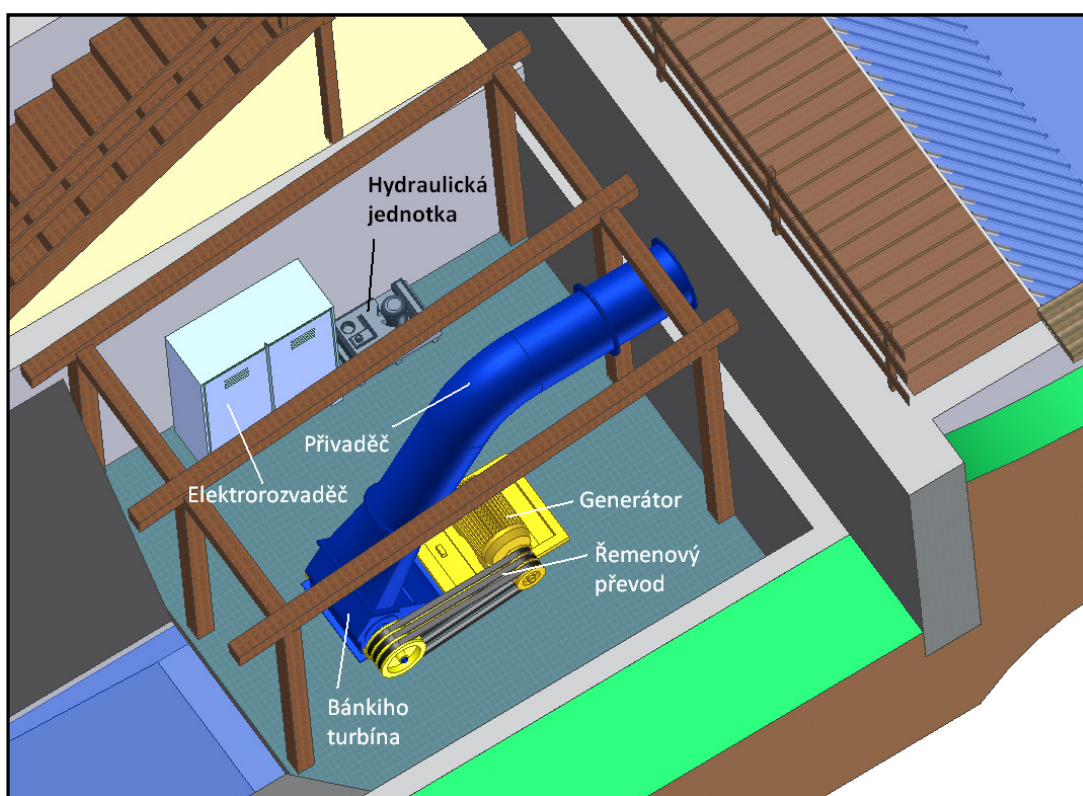
Vzhledem k existenci funkčního náhonu bude rozsah nutných stavebních úprav minimální. Dřevěný úsek hráze v místě odtoku vody z nádrže se nahradí zděným. Na jedné straně bude působit tlak vody kolem 20 kPa a na druhé straně bude umístěna technologie za zhruba jeden a půl milionu. Konkrétní provedení se proto raději ponechá odborníkům, aby v budoucnu nedošlo k průsaku anebo dokonce k protržení hráze. Stavba tohoto úseku také zahrnuje otvor, na který už bude navazovat samotný přivaděč. Na okraj nádrže se umístí lávka sloužící pro uložení a zároveň manuální čištění jemných česlí. Navrhovaná opatření ilustruje obr. 7.1a.



Obr. 7.1a – Navrhovaná podoba MVE s Bánkiho turbínou

Bezprostředně za nádrží má být umístěna strojovna. Zde bude třeba terénních zásahů. V části koryta se změní příčný profil tak, aby se do břehů nad úrovní dolní hladiny mohly uložit betonové panely, které budou tvořit podlahu strojovny. Otvor pro odtok vody se buď vyřízne na místě, anebo se použijí díly vyrobené na zakázku dle požadované geometrie. Na dně koryta zůstane kanál pro odtok vody, eventuálně

se může prohloubit tak, aby vzniklo vývažiště kvůli možnosti použití savky. Jeden z břehů se ještě rozšíří o schodiště do strojovny. Na vzniklém základu se po obvodu provede podezdívka a postaví se jednoduchý uzavíratelný dřevěný přístřešek chránící vybavení MVE nejen před povětrnostními vlivy ale i před krádeží (obr. 7.1a). Přístřešek bude také částečně zabraňovat pronikání hluku vně strojovny. Výsledná podoba celého díla by v prostředí zrekonstruovaného mlýna neměla působit nikterak rušivě. Tam kde to bude vhodné, se doporučuje použití přírodních materiálů, jako jsou dřevo, kámen aj. Vnitřní uspořádání strojovny je patrné z obr. 7.1b.



Obr. 7.1b – Uspořádání strojovny MVE s Bánkiho turbínou

Do kalkulace stavebních nákladů se mnohem více promítne cena spotřebovaného materiálu než cena práce, protože majitel je schopný si většinu stavebních úprav zajistit svépomocí. Celkové stavební náklady jsou s přihlédnutím k cenám materiálu a cenám subdodávek odborných prací odhadovány na 110 000 Kč.

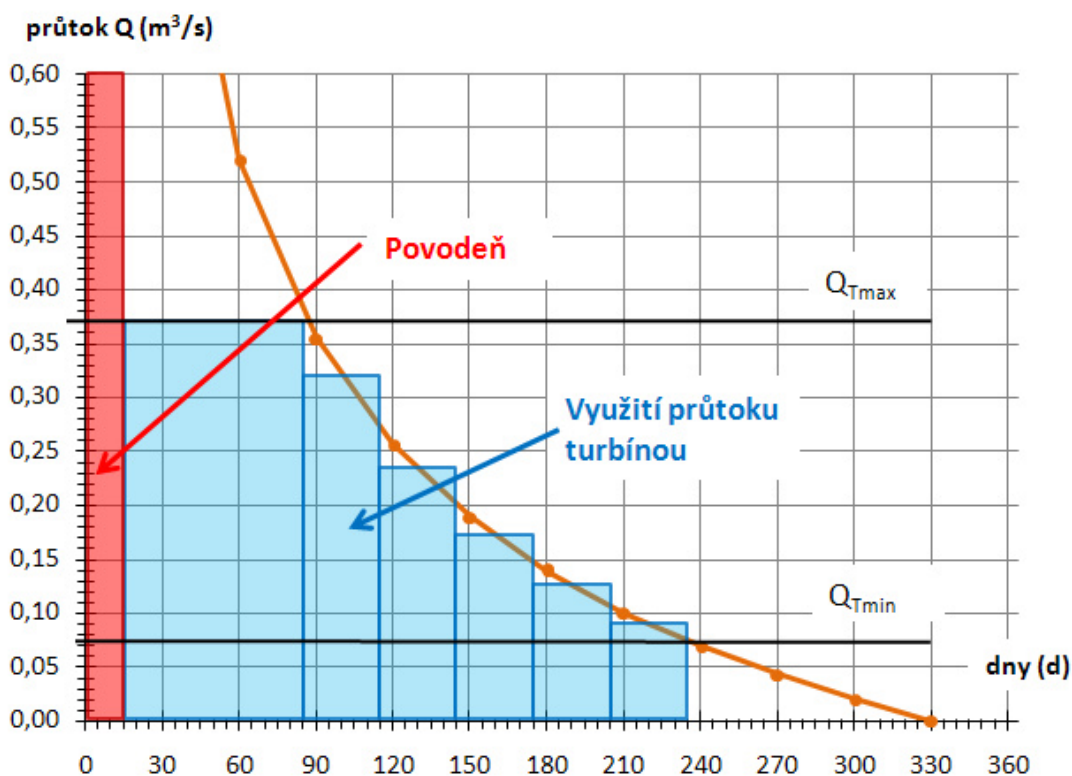
7.1.3 Roční výroba elektřiny

Základem pro výpočet množství vyrobené elektrické energie je křivka využitelných denních průtoků Q_v (graf 5.1) a velikost užitého spádu H , jež byly stanoveny v předchozích kapitolách. Pro uvedený počet dnů M se určí průměrný průtok. Výkon MVE se pak určí dle vztahu (7.1), který vychází z dříve uvedeného vztahu (4.1). Je však doplněn o účinnosti jednotlivých členů a počítá už s konkrétními hodnotami spádu a průtoků. Vyrobena elektrické energie za dané období A_i se vypočítá pomocí vztahu (7.2).

výkon MVE (W):	$P_{el} = \rho \cdot g \cdot Q_T \cdot H \cdot \eta_T \cdot \eta_G \cdot \eta_P$	(7.1)
měrná hmotnost vody:	$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$	
tíhové zrychlení:	$g = 9,81 \text{ m/s}^2$	
průtok turbínou (m^3/s):	$Q_T = \text{viz graf 7.1, tabulka 7.3}$	
užitný spád⁸:	$H = 3,9 - 0,5 = 3,4 \text{ m}$	
účinnost turbíny (-):	$\eta_T = \text{viz tabulka 7.3}$	
účinnost generátoru (-):	$\eta_G = \text{viz tabulka 7.3}$	
účinnost převodu:	$\eta_P = 0,93$	
elektrická energie (Wh):	$A_i = P_{el} \cdot M \cdot 24$	(7.2)
doba provozu (dny):	M	

Závislost účinnosti Bánkiho turbín od společnosti P&S na průtoku je uvedena v příloze 1. Účinnost generátoru i převodu je volena dle doporučení dodavatele. Při různých výkonech se účinnost generátoru mění. Ke stanovení odpovídající hodnoty posloužily pokyny od výrobce (Siemens), které jsou uvedeny v příloze 2. Konkrétní čísla pak byla získána pomocí lineární interpolace. Graf 7.1 znázorňuje pracovní oblast MVE. Na první pohled je patrné, že turbína využívá průtok poměrně účelně. Elektrárna může být v provozu po dvě třetiny roku. V této variantě se neuvažuje savka. Bez použití savky je problém s využitím velkých jarních průtoků, při kterých stoupne spodní hladina natolik, že turbína nemůže efektivně pracovat. Z tohoto důvodu je uvažována odstávka vodní elektrárny v délce 15 dnů.

⁸ Nabídka nezahrnuje savku, takže je třeba odečíst minimální předepsanou svislou vzdálenost osy rotoru od dolní hladiny, která v tomto případě činí 0,5 m.



Graf 7.1 – Pracovní oblast turbíny (P&S)

Veškeré vypočtené hodnoty přehledně shrnuje tabulka 7.3. Při výpočtu není možno uvažovat nepřetržitý provoz vodní elektrárny. Je nutno počítat s přestávkami na revize, opravy atp. Souhrnně se označují jako technologické přestávky. Tyto přestávky jsou zahrnuty do výpočtu jako procentuální srážky z celkové sumy vyrobené elektrické energie. Dle doporučení dodavatele se počítá se srážkou 5 %.

Tab. 7.3 – Roční výroba elektrické energie (P&S)

	M (dny)	Q_T (m^3/s)	η_T (-)	η_P (-)	η_G (-)	P_{el} (kW)	A_i (kWh)
Povodeň	15						
Provoz ($H = 3,4$ m)	70	0,37	0,75	0,93	0,94	8,1	13 608
	30	0,32	0,81		0,94	7,6	5 472
	30	0,23	0,83		0,93	5,5	3 960
	30	0,17	0,82		0,91	3,9	2 808
	30	0,13	0,80		0,89	2,9	2 088
	30	0,09	0,74		0,89	1,8	1 296
ΣA_i							29 232
Celková roční výroba elektřiny A_r (-5 % na technologické přestávky)							27 770

Malé vodní elektrárna v této variantě ročně vyrobí 27 770 kWh elektrické energie.

7.2 Varianta 2 – 2× Bánkiho turbína (KOVOVITÁK)

Firma KOVOVITÁK se specializuje na generální opravy a výrobu vodních turbín typu Francis, Bánki a Kaplan. V souvislosti s tím vyrábí a dodává i ostatní části technologie MVE jako jsou savky, nátoky, česle atd.

7.2.1 Popis

Pro MVE Bučický mlýn nabízí firma KOVOVITÁK kompletní vybavení. Soupis položek je v tabulce 7.4. Na první pohled je vidět, že nabídka se oproti předchozí liší v počtu použitých turbosoustrojí⁹. Jako generátor se opět uvažuje asynchronní motor v generátorovém chodu – tak tomu je koneckonců ve všech zpracovaných variantách.

Tab. 7.4 – Cenová kalkulace (KOVOVITÁK)

Položka	Komentář	Cena
Turbína Bánki T600x850 (větší)	zahrnuto v orientační cenové nabídce společnosti KOVOVITÁK	1 050 000 Kč
Turbína Bánki T340x310 (menší)		
Nátoky		
Savky		
Řemenové převody		
Generátory Siemens		
Hydraulické ovládání		
Elektroinstalace		
Doprava	náklady spojené s pořízením	40 000 Kč
Montáž (15 % z celkové částky)		163 500 Kč
Celkem		1 253 500 Kč

Návrh je zaměřen na maximální využití průtoku a spádu, čemuž rovněž napomáhají savky. Stavební úpravy budou prakticky stejné jako v předchozím případě, tedy i cenová kalkulace bude obdobná (110 000 Kč), jen je třeba brát ohled na umístění dvou soustrojí namísto jednoho. Pokud v nabídce není zahrnuta doprava a montáž, jsou ceny těchto položek kalkulovány v souladu s tím, jak jsou kalkulovány v cenové nabídce od firmy P&S. Jedině tak zůstane zachována vypovídací schopnost závěrečného zhodnocení.

⁹ Turbosoustrojí = turbína + generátor

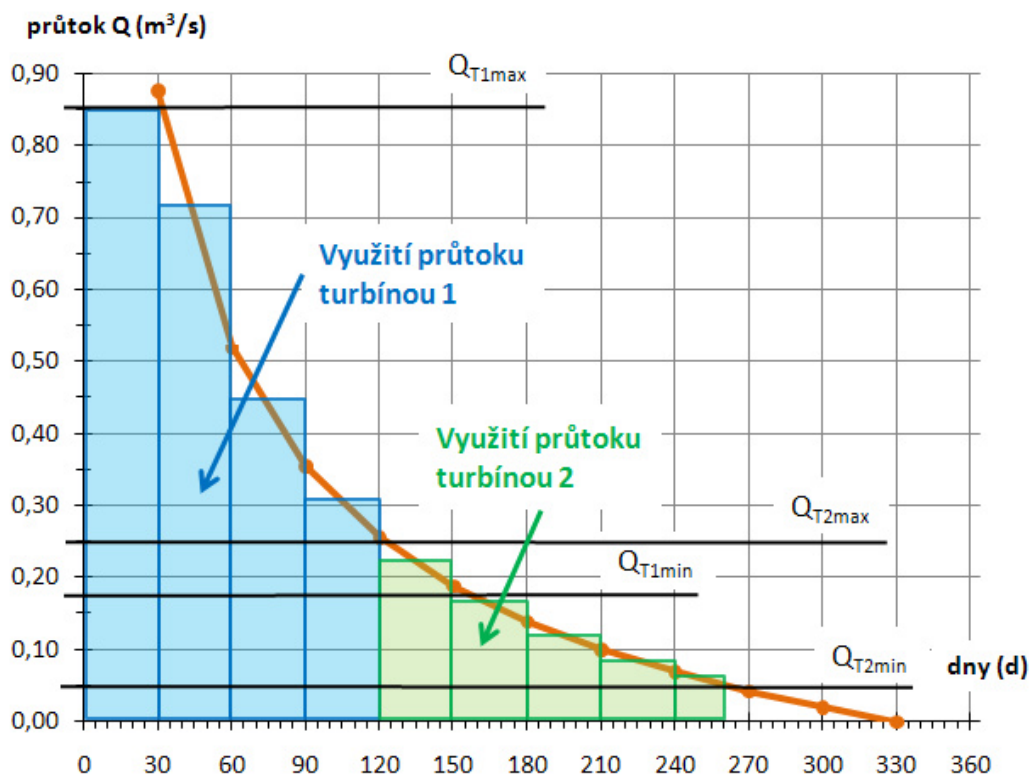
7.2.2 Roční výroba elektřiny

Varianta sice disponuje dvěma soustrojími, avšak neuvažuje se jejich paralelní provoz. Určité období v roce bude v provozu jen ta turbína, která lépe vyhovuje aktuálnímu průtoku. Druhá turbína bude odstavena. Tabulka 7.5 shrnuje údaje poskytnuté výrobcem turbín.

Tab. 7.5 – Parametry turbín (KOVOVITÁK)

Turbína	1	2		
Typové označení	Bánki T600x850	Bánki T340x310		
Průměr rotoru	600 mm	340 mm		
Délka rotoru	850 mm	310 mm		
Max. hltnost Q_{Tmax}	850 l/s	250 l/s		
Hltnost Q_T	$0,2 \cdot Q_{Tmax}$	$0,5 \cdot Q_{Tmax}$	$0,8 \cdot Q_{Tmax}$	Q_{Tmax}
Účinnost η_T	0,65	0,7	0,8	0,75

V grafu 7.2 je vyznačena pracovní oblast obou turbín. Jak je vidět, elektrárna bude v provozu okolo 260 dnů v roce, přičemž obě turbíny budou z časového hlediska vytíženy zhruba stejně.



Graf 7.2 – Pracovní oblast turbín (KOVOVITÁK)

Díky savkám bude turbína efektivně pracovat i při vzednutí dolní hladiny a není třeba ji při velkých vodách odstavovat z provozu. Do výpočtů pak lze dosadit celý užitný spád. Je zřejmé, že savka ho plně využít nedokáže, avšak pro přehlednost se uvažuje plné využití, které je potom zkorigováno nižší hodnotou účinnosti turbíny.

V tabulce 7.6 jsou uvedeny hodnoty vyrobené elektrické energie včetně dílčích výsledků tak, jako v předchozím případě. Závislost účinnosti na průtoku je uvedena ve spodní části tabulky 7.5. Pro stanovení konkrétních hodnot účinností turbín v celém rozsahu hltnosti bylo použito lineární interpolace. Účinnosti generátoru a převodu byla doporučena dodavatelem. Korekce účinnosti generátoru pro menší výkony je provedena podle údajů v příloze 2. Procentuální srážka z celkové sumy vyrobené elektrické energie je v tomto případě 8 %. Číslo je voleno větší s ohledem na větší počet soustrojí, tedy i kontrola zabere více času.

Tab. 7.6 – Roční výroba elektrické energie (KOVOVITÁK)

	M (dny)	Q_T (m^3/s)	n_T (-)	n_p (-)	n_G (-)	P_{el} (kW)	A_i (kWh)
Provoz turbíny 1 (H = 3,9 m)	30	0,85	0,75	0,93	0,91	20,6	14 832
	30	0,72	0,79		0,91	18,4	13 248
	30	0,45	0,71		0,90	10,2	7 344
	30	0,31	0,68		0,88	6,6	4 752
Provoz turbíny 2 (H = 3,9 m)	30	0,23	0,77	0,93	0,85	5,4	3 888
	30	0,16	0,75		0,84	3,6	2 592
	30	0,12	0,70		0,81	2,4	1 728
	30	0,09	0,68		0,79	1,7	1 224
	20	0,07	0,66		0,75	1,2	576
ΣA_i							50 184
Celková roční výroba elektřiny A_r (-8 % na technologické přestávky)							46 169

Roční množství vyrobené elektrické energie činí 46 169 kWh.

7.3 Varianta 3 – Průtoková turbína (CINK Hydro-Energy k. s.)

Firma CINK Hydro-Energy patří k tradičním výrobcům technologie pro vodní energetiku, její sortiment výrobků zahrnuje všechny konvenční typy vodních turbín.

7.3.1 Popis

Rozsah dodávky je velmi podobný jako v případě firmy P&S. Navržené stavební úpravy tak budou prakticky stejné, tedy i stejně nákladné (110 000 Kč). Cenová kalkulace je v tabulce 7.7. Turbína je sice označována jako průtoková, avšak jedná se v principu o Bánkiho turbínu. Základní provozní parametry jsou uvedeny v tabulce 7.8.

Tab. 7.7 – Cenová kalkulace (CINK Hydro-Energy)

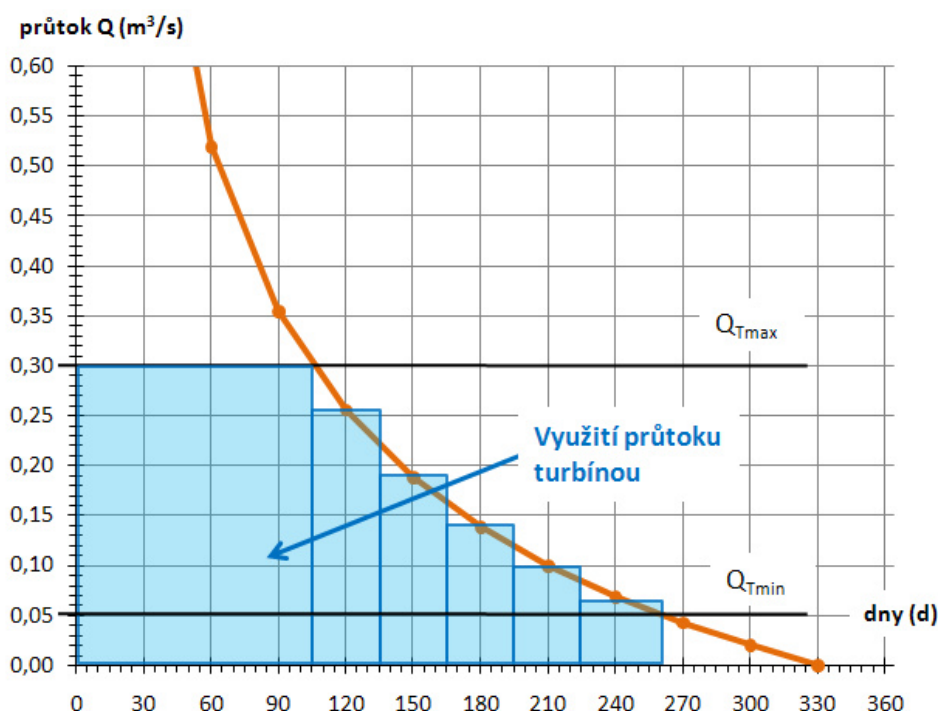
Položka	Doplňující popis	Cena
Průtoková turbína SH 3.072/6	plynulá regulace pomocí regulačních klapek	1 500 000 Kč
Nátokové potrubí		
Volná příruba	DN 600; pro napojení k přivaděči	
Savka	délka 1,5 m	
Základový rám		
Hydraulická jednotka	zubové čerpadlo; tlakový akumulátor; nádrž; ventily; hydraulické válce	
Řemenový převod	vícenásobný klínový řemen; řemenice; napínací ústrojí; kryt	
Asynchronní generátor	nominální výkon 7 kW, napětí 400 V; nominální otáčky 1 040 ot./min	
Elektrotechnologie	rozvaděč; elektrické ochranné prvky; PLC s řídicím softwarem; senzory; kabeláž	
Montáž a oživení		
Doprava		40 000 Kč
Celkem		1 540 000 Kč

Tab. 7.8 – Parametry turbíny (CINK Hydro-Energy)

Typové označení	dvoukomorová průtoková turbína, SH 3.072/6
Průměr rotoru	300 mm
Délka rotoru	720 mm
Průměr hřídele	60 mm
Max. hltnost Q_{Tmax}	300 l/s
Min. hltnost Q_{Tmin}	51 l/s
Jmenovité otáčky	233 ot./min
Průběžné otáčky	574 ot./min

7.3.2 Roční výroba elektřiny

Pracovní oblast turbíny je vyznačena v grafu 7.3. Výrobce uvádí konstantní účinnost v celém rozsahu hltnosti, což lze chápat jako přijatelné zjednodušení. Účinnosti ostatních prvků neuvádí, ale lze předpokládat, že se nebudou lišit od toho, co doporučují ostatní dodavatelé. Veškeré výpočty ve smyslu vzorců (7.1) a (7.2) shrnuje tabulka 7.9. Dodavatel ve své nabídce uvádí maximální výkon na generátoru 7 kW. V souladu s tím lze předpokládat, že eventuální větší výkon si řídicí systém automaticky upraví na uvedenou hodnotu snížením průtoku turbínou prostřednictvím regulační klapky.



Graf 7.3 – Pracovní oblast turbíny (CINK Hydro-Energy)

Tab. 7.9 – Roční výroba elektrické energie (CINK Hydro-Energy)

	M (dny)	Q_T (m^3/s)	n_T (-)	n_p (-)	n_G (-)	P_{el} (kW)	A_i (kWh)
Provoz (H = 3,9 m)	105	0,3	0,8	0,93	0,86	7,3 → 7,0	17 640
	30	0,26	0,8		0,86	6,4	4 608
	30	0,19	0,8		0,86	4,7	3 384
	30	0,14	0,8		0,85	3,4	2 448
	30	0,10	0,8		0,82	2,3	1 656
	35	0,07	0,8		0,78	1,6	1 344
ΣA_i							31 080
Celková roční výroba elektřiny A_r (-5 % na technologické přestávky)							29 526

Za jeden rok vyrobí tato varianta elektrárny 29 526 kWh elektrické energie.

7.4 Varianta 4 – Šneková turbína (GESS-CZ, s. r. o.)

Společnost GESS-CZ vyrábí a dodává široký sortiment technologických zařízení pro čistírny odpadních vod, úpravny vody, čerpací stanice a další vodohospodářské celky. Specializuje se na výrobu šnekových čerpadel a šnekových turbín.

7.4.1 Popis

Nabídka zahrnuje položky uvedené v tabulce 7.10. Ústředním členem je šneková turbína, jejíž parametry jsou v tabulce 7.11. Průtok vody turbínou obstarává stavidlo, které je ovládáno řídicím systémem. Jelikož má turbína sama o sobě nízké otáčky, je použita elektropřevodovka řady Siemens MOTOX, která snoubí asynchronní motor s převodovkou s vysokým převodovým poměrem. Provoz elektrárny bude plně automatizovaný. Řídicí systém umožňuje automatické vypnutí a zapnutí, regulaci, evidování provozních statistik, vzdálenou správu aj. Součástí dodávky je také brzda schopná v případě potřeby stroj (v řádu jednotek vteřin) úplně zastavit. Stabilitu otáček s vazbou na kmitočet elektrické sítě má na starosti měnič kmitočtu. To umožňuje provoz generátoru v širokém rozsahu otáček. Měnič také zajistí kompenzaci jalového výkonu.

Tab. 7.10 – Cenová kalkulace (GESS-CZ)

Položka	Doplňující popis	Cena
Šneková turbína ST 1200-7550	verze Classic (turbína s plechovým žlabem k podlití betonem)	589 780 Kč
Plechový žlab		180 600 Kč
Odstřikovací lišta		39 200 Kč
Elektropřevodovka Siemens MOTOX + základový rám	asynchronní generátor; třístupňová převodovka s čelním ozubením	99 420 Kč
Řídicí systém	rozvaděč; PLC včetně softwaru; kabeláž; snímače	235 210 Kč
Stavidlo + hydraulická jednotka	reguluje průtok turbínou	165 000 Kč
Brzda	zastavení stroje z plného výkonu za méně než 10 s	20 000 Kč
Frekvenční měnič	provoz v širokém rozmezí průtoku; kompenzace jalového výkonu	94 000 Kč
Doprava	náklady spojené s pořízením	40 000 Kč
Montáž (15 % z celkové částky)		219 482 Kč
Celkem		1 682 692 Kč

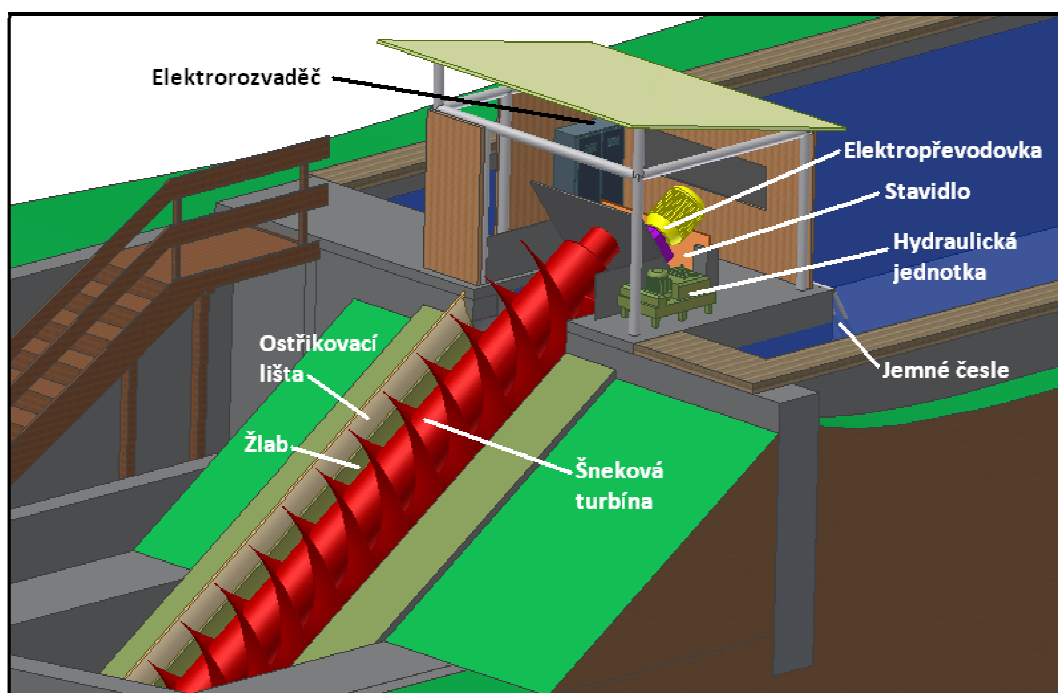
Tab. 7.11 – Parametry turbíny (GESS-CZ)

Typové označení	Šneková turbína ST 1200-7550
Vnější průměr šneku	1200 mm
Činná délka šneku	7550 mm
Počet chodů	3
Sklon	34 °
Maximální hltnost Q_{Tmax}	300 l/s
Provozní otáčky	45 ot./min
Minimální hltnost Q_{Tmin}	$Q_{Tmin} = 0,2 \cdot Q_{Tmax}$ nebo 100l/s

7.4.2 Stavební úpravy

V nabídce je uvažováno s dodávkou plechového žlabu, který se namontuje do hrubého betonového koryta současně se šnekovou turbínou. Po montáži se žlab podlijí betonem.

Dřevěný úsek hráze se nahradí zděným tak, jako v předchozích případech. S tím rozdílem, že nebude dozděný úplně až k úrovni horní hladiny, ale vynechá se místo kudy bude procházet šnek. Vytvoření betonového koryta bude předcházet navezení a zhutnění zeminy tak, aby vznikl svah (obr. 7.2). Úsek odpadního kanálu bezprostředně navazující na koryto se prohloubí a zpevní, aby se tam mohlo ukotvit spodní ložiskové těleso.



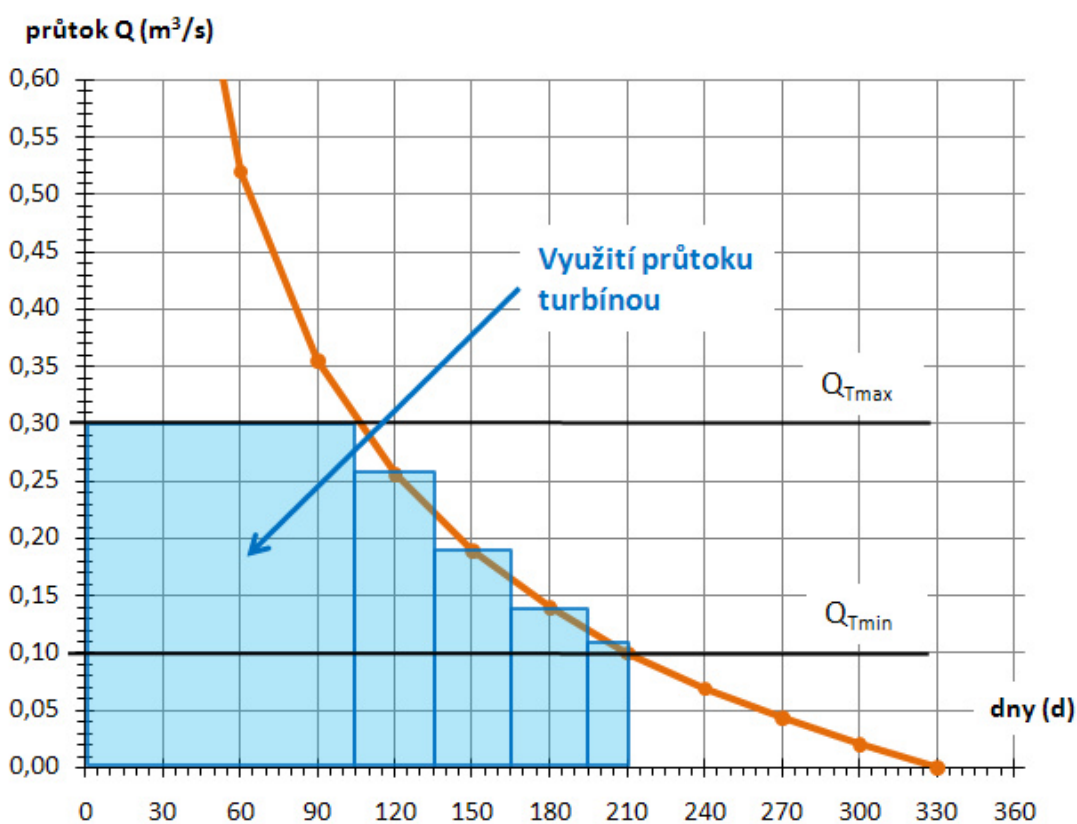
Obr. 7.2 Navrhovaná podoba MVE se šnekovou turbínou

Samotná strojovna je řešena jako dřevěný přístřešek s ocelovou konstrukcí. Na obr. 7.2 je ilustrováno možné uspořádání technologie. Podlaha i spodní část strojovny jsou betonové. Voda je přiváděna skrze česle do spodní části, kde se namontuje stavidlo, které reguluje průtok vody do turbíny. Čistění česlí se provádí ručně z otvoru v zadní stěně strojovny.

Celkové stavební náklady jsou odhadovány na 140 000 Kč s přihlédnutím k tomu, že většina prací bude prováděna svépomocí.

7.4.3 Roční výroba elektřiny

Minimální hltnost, při které má šneková turbína ještě rozumnou účinnost, se uvádí jako 20 % maximální hltnosti. U zvláště malých průtoků je však minimální průtok turbínou omezen hodnotou 100l/s, což je i situace MVE Bučický mlýn. Pracovní oblast šnekové turbíny je vyznačena v grafu 7.4. Elektrárna bude provozována zhruba 210 dnů v roce.



Graf. 7.4 – Pracovní oblast turbíny (GESS-CZ)

Vzhledem k mírně odlišné koncepci elektrárny se šnekovou turbínou, bude původní vztah pro stanovení výkonu (7.1) mírně modifikován. Do vzorce je totiž třeba zakomponovat i účinnost frekvenčního měniče. Výkon se potom spočítá takto:

$$\text{výkon MVE (W):} \quad P_{el} = \rho \cdot g \cdot Q_T \cdot H \cdot \eta_T \cdot \eta_G \cdot \eta_P \cdot \eta_{FM}$$

$$\text{účinnost frekvenčního měniče (-):} \quad \eta_{FM} = 0,96$$

Vypočtené hodnoty shrnuje tabulka 7.12. Údaje o účinnostech jednotlivých členů poskytl dodavatel. Účinnost generátoru byla pro různý výkon odečtena z přílohy 2.

Tab. 7.12 – Roční výroba elektrické energie (GESS-CZ)

	M (dny)	Q_T (m ³ /s)	η_T (-)	η_P (-)	η_G (-)	η_{FM} (-)	P_{el} (kW)	A_i (kWh)
Provoz (H = 3,9 m)	105	0,30	0,85	0,96	0,89	0,96	8,0	20 160
	30	0,26	0,84		0,89		6,9	4 968
	30	0,19	0,82		0,88		4,8	3 456
	30	0,14	0,81		0,86		3,4	2 448
	15	0,11	0,78		0,84		2,5	900
ΣA_i								31 932
Celková roční výroba elektřiny A_r (-5 % na technologické přestávky)								30 335

Množství vyrobené elektrické energie za rok je 30 335 kWh.

7.5 Varianta 5 – Násosková turbína (Mavel, a. s.)

Mavel je česko-americká společnost, která poskytuje produkty a služby související s realizací MVE. Pro elektrárnu Bučický mlýn nabízí Mavel násoskovou turbínu TM3. Rozsah dodávky je v tabulce 7.13.

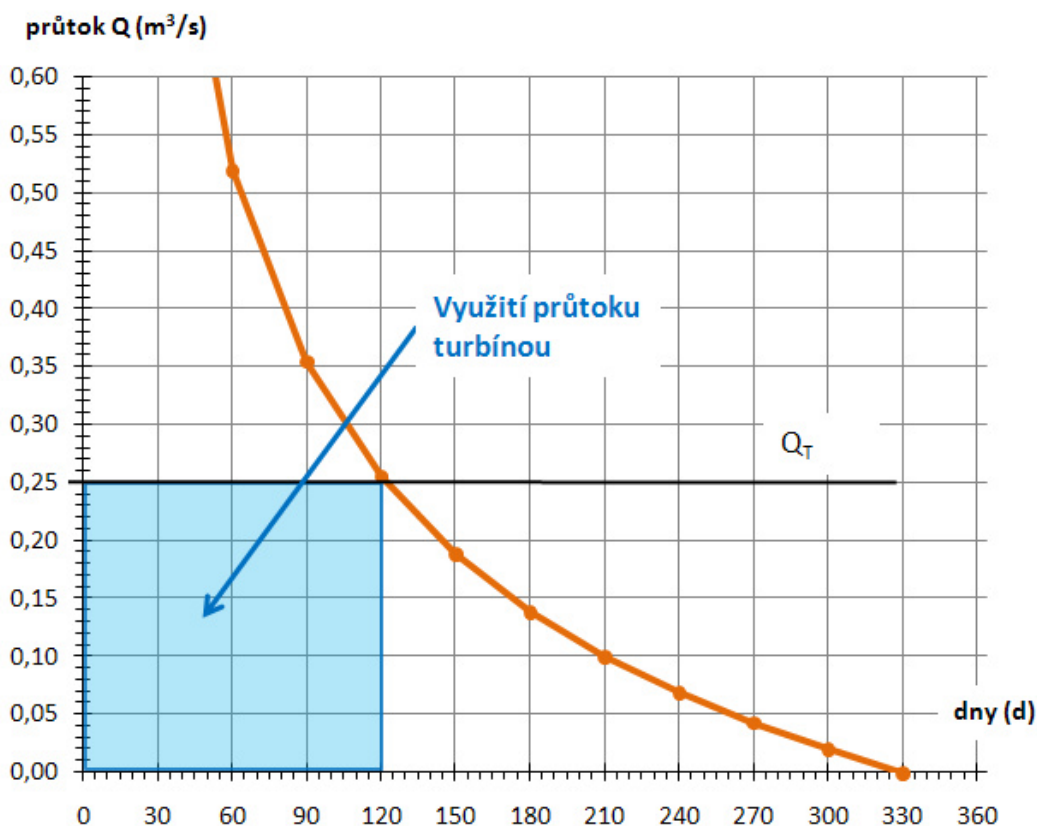
Tab. 7.13 – Cenová kalkulace (Mavel)

Položka	Cena
Turbína TM3	575 000 Kč
Savka	
Technologický projekt	
Generátor	
Elektroinstalace	
Montáž	
Doprava	

Násosková turbína TM3 je neregulovatelná, a proto není třeba žádných speciálních prvků pro ovládání průtoku. Řídicí systém může být díky tomu mnohem jednodušší, což se pozitivně projevuje na ceně. Provozní parametry turbíny jsou v tabulce 7.14. V tomto případě výrobce rovnou uvádí výkon generátoru, čímž se velmi zjednoduší procedura stanovení roční výroby elektrické energie (tab. 7.15). Z grafu 7.5 je vidět, že dostupný hydroenergetický potenciál lokality je využit poměrně neefektivně. Elektrárna bude v provozu jen asi 120 dnů v roce. To všechno je však kompenzováno nižší pořizovací cenou. Ve srovnání s ostatními variantami je cena zhruba třetinová.

Tab. 7.14 – Parametry turbíny (Mavel)

Typ turbíny	TM3
Spád	3,9 m
Hltnost	0,25 m ³ ·s ⁻¹
Výkon turbíny	7 kW
Výkon generátoru	6 kW
Průměr oběžného kola	300 mm
Otáčky turbíny	760 ot./min

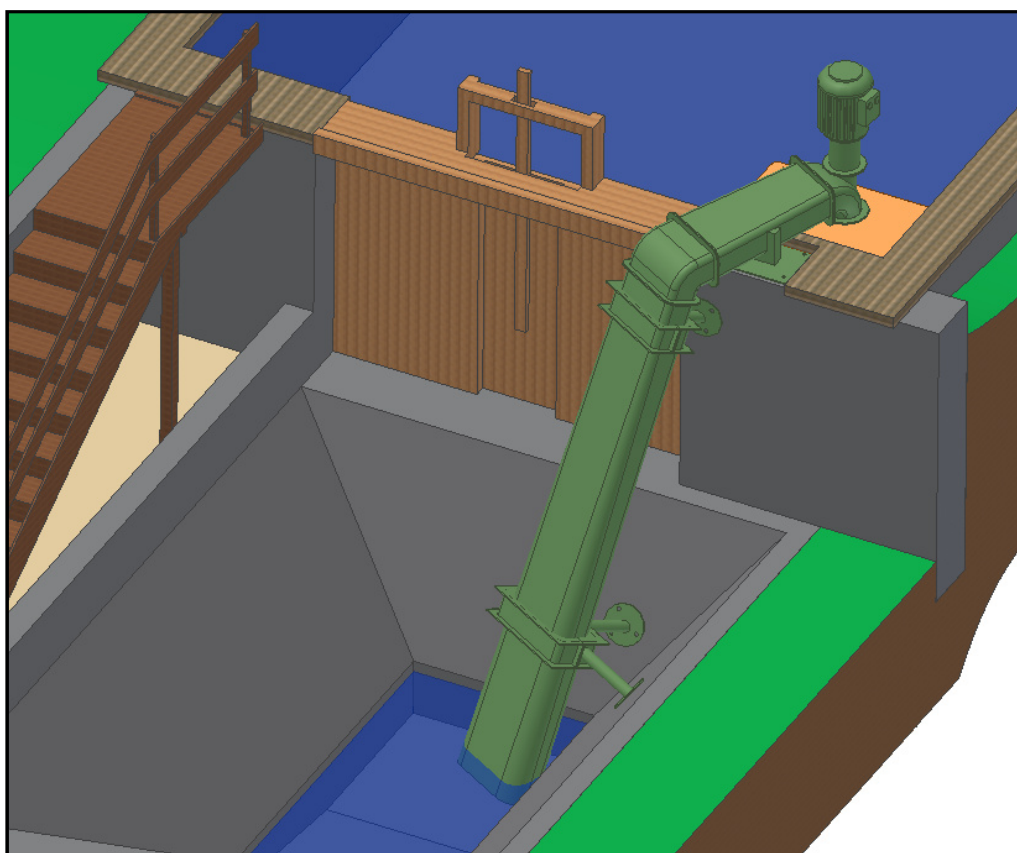


Graf. 7.5 – Pracovní oblast turbíny (Mavel)

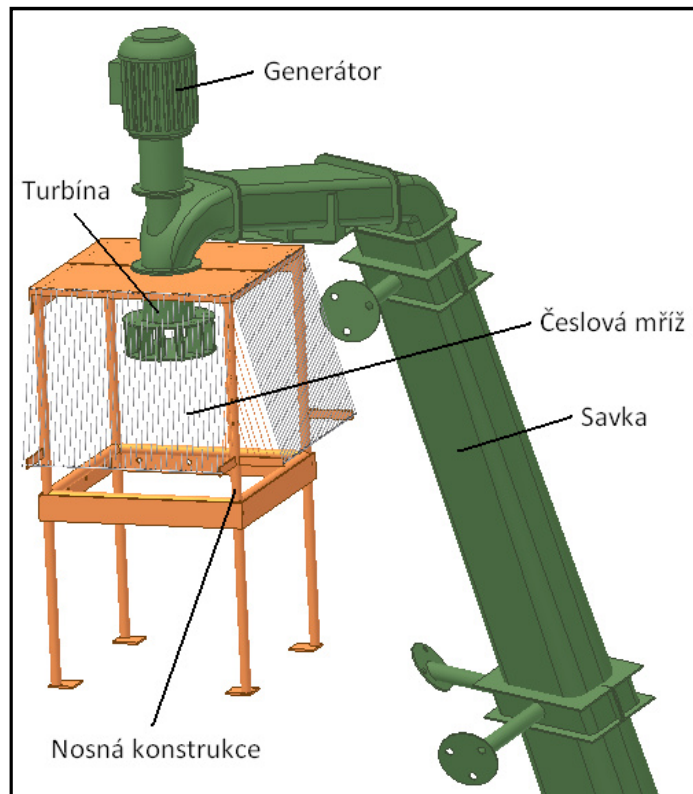
Tab. 7.15 – Roční výroba elektrické energie (Mavel)

M (dny)	P_{el} (kW)	A_i (kWh)
120	6	17 280
Celková roční výroba elektřiny A_r (-5 % na technologické přestávky)		16 416

Při vhodné montáži turbíny nebude třeba prakticky žádných stavebních zásahů (obr. 7.3a). Společnost Mavel vyrobí a dodá savku s požadovaným tvarem a rozměry. Savka se opatří prostými držáky, jež se zakotví do stěny nádrže a břehů odtokového kanálu. Samotná turbína bude uložena v nosné konstrukci (obr. 7.3b), kterážto se umístí do rohu nádrže a uchyťí se k jejím vnitřním stěnám. Nosná konstrukce může v případě potřeby posloužit i k zavěšení česlové mříže pro zachytávání plovoucích nečistot. Stávající struktura vyžaduje, aby celé zařízení bylo mírně pootočené tak, aby savka ústila do odtokového kanálu. Bude-li to nutné, kanál se v místě vyústění savky prohloubí. Vyrobit nosnou konstrukci i úchyty savky je víceméně otázka zručnosti. Do kalkulace pak vstupuje pouze cena materiálu odhadovaná na 15 000 Kč. Pro výpočet doby návratnosti se tato částka sice připočítá k pořizovací ceně, ale nebude odepisována.



Obr. 7.3a – Návrh instalace násoskové turbíny



Obr. 7.3b – Návrh podoby nosné konstrukce

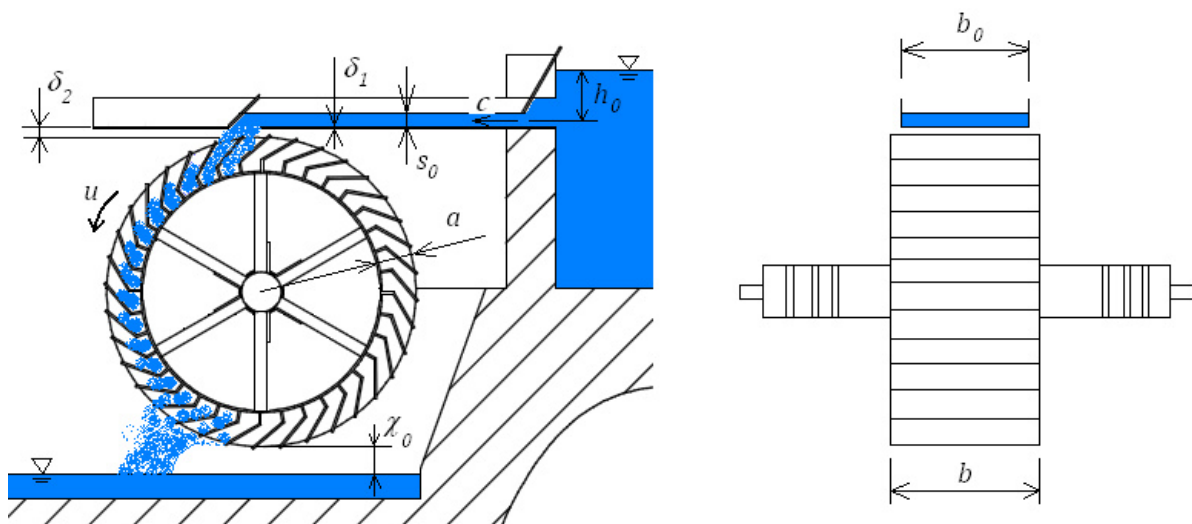
7.6 Varianta 6 – MVE s vodním kolem

Z historického hlediska je vodní kolo charakteristickou součástí vodních mlýnů. Poslední varianta bude věnována návrhu MVE Bučický mlýn poháněné právě vodním kolem. Celé řešení stojí na tom, že někdo dokáže vodní kolo vyrobit. Takovým člověkem je pan František Mikyška, sekernický mistr, který se jejich výrobou zabývá již dlouhá léta. Jeho nabídka zahrnuje jen vodní kolo. Ostatní technologické vybavení musí být navrženo zvlášť. Požadavek je kladen na to, aby elektrárna byla způsobilá paralelního provozu s elektrickou sítí.

7.6.1 Návrh vodního kola

Pan Mikyška zhotoví vodní kolo dle zadaných požadavků. Vzhledem k jeho bohatým praktickým zkušenostem by patrně bylo zbytečné snažit se teoreticky navrhnout kompletně celé kolo. Kvůli představě o rozsahu stavebních úprav a výběru navazujících zařízení (převodovka, generátor) je nezbytné určit alespoň základní

rozměry a provozní parametry – zvláště pak jmenovité otáčky. Ty jsou stanoveny podle [33]. Ostatní návrhové parametry jsou stanoveny taktéž podle [33]. Na vybranou lokalitu se nejvíce hodí korečkové vodní kolo s vrchním nátokem, jež je pro účely výpočtu schematicky znázorněno na obr. 7.4.



Obr. 7.4 – Schéma vodního kola s vrchním nátokem

Minimální (navrhovaný) průtok: $Q_{\min}^* = 0,2 \text{ m}^3/\text{s}$

Užitný spád: $H = 3,9 \text{ m}$

Obvodová rychlost: $u = 1,8 \text{ m/s}$

Součinitel rychlostní ztráty (-): $\xi = 0,12$

Vtoková rychlost vody do kola: $c = 2,5 \cdot \sqrt{u} = 2,5 \cdot \sqrt{1,8} = 3,35 \text{ m/s}$

Střední hloubka výtokového otvoru pod horní hladinou:

$$h_0 \cong (1 + \xi) \cdot \frac{c^2}{2g} = (1 + 0,12) \cdot \frac{3,35^2}{2 \cdot 9,81} = 0,64 \text{ m}$$

Minimální plnění korečků (-): $e_{\min} = \frac{1}{4}$

Maximální plnění korečků (-): $e_{\max} = \frac{1}{2}$

Radiální hloubka korečků: $a = \frac{1}{5} \sqrt[3]{H} = \frac{1}{5} \cdot \sqrt[3]{3,9} = 0,31 \text{ m}$

Činná šířka kola:

$$b = \frac{Q_{\min}^*}{a \cdot e_{\min} \cdot u} = \frac{0,2}{0,31 \cdot \frac{1}{4} \cdot 1,8} = 1,43 \text{ m} \xrightarrow{\text{zvoleno}} 1,4 \text{ m}$$

Přepočet minimálního průtoku:

$$Q_{\min} = b \cdot a \cdot e_{\min} \cdot u = 1,4 \cdot 0,31 \cdot \frac{1}{4} \cdot 1,8 = 0,195 \text{ m}^3/\text{s}$$

Maximální průtok (průtok při maximálním plnění):

$$Q_{\max} = b \cdot a \cdot e_{\max} \cdot u = 1,4 \cdot 0,31 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,8 = 0,39 \text{ m}^3/\text{s}$$

Šířka vantrokového žlabu: $b_0 = b - 0,3 = 1,4 - 0,3 = 1,1 \text{ m}$

Výška výtokového otvoru žlabu (maximální): $s_0 = \frac{Q_{\max}}{b_0 \cdot c} = \frac{0,39}{1,1 \cdot 3,35} = 0,1 \text{ m}$

Tloušťka dna žlabu: $\delta_1 = 0,01 \text{ m}$

Mezera mezi spodní hranou žlabu a vnějším obrysem kola: $\delta_2 = 0,04 \text{ m}$

Vzdálenost vnějšího obrysu kola od dolní hladiny: $\chi_0 = 0,1 \text{ m}$

Průměr kola:

$$D = H - \left(h_0 + \frac{s_0}{2} + \delta_1 + \delta_2 + \chi_0 \right) = 3,9 - \left(0,64 + \frac{0,1}{2} + 0,01 + 0,04 + 0,1 \right) = 3,06 \text{ m} \xrightarrow{\text{zvoleno}} 3 \text{ m}$$

Jmenovité otáčky kola:

$$n_k = \frac{60 \cdot u}{2\pi \cdot \frac{D}{2}} = \frac{60 \cdot 1,8}{2\pi \cdot \frac{3}{2}} = 11,46 \text{ ot./min}$$

7.6.2 Volba generátoru, převodovky a spojky

Stejně jako v předchozích případech bude i zde použit asynchronní elektromotor v generátorovém chodu. Vzhledem k nízkým otáčkám vodního kola je nutné volit převod s vysokým převodovým stupněm. Nejdůležitější provozní parametry elektromotoru jsou jmenovitý výkon a otáčky. Vodní kolo je navrženo pro provoz při jmenovitém průtoku 195 l/s, avšak při maximálním plnění dokáže účelně zpracovávat průtok až 390 l/s. Elektromotor bude dimenzován na maximální příkon.

Příkon elektromotoru:

$$P_p = \rho \cdot g \cdot Q_{\max} \cdot H \cdot \eta_{VK} \cdot \eta_p = 1000 \cdot 9,81 \cdot 0,39 \cdot 3,9 \cdot 0,65 \cdot 0,96 = 9311 \text{ W}$$

Účinnost vodního kola při Q_{\max} (-): $\eta_{VK} = 0,65$

Účinnost převodovky (-): $\eta_p = 0,96$

Maximální průtok: $Q_{\max} = 0,39 \text{ m}^3/\text{s}$

Užitný spád: $H = 3,9 \text{ m}$

Účinnost vodního kola je volena dle [13]. Účinnost převodovky je volena dle doporučení výrobce (Siemens). Na základě velikosti příkonu je vybrán asynchronní elektromotor, jehož nejdůležitější parametry jsou uvedeny v tabulce 7.16.

Tab. 7.16 – Parametry elektromotoru

Druh zařízení	asynchronní elektromotor
Výrobce	Siemens
Jmenovitý výkon	11 kW
Jmenovité otáčky n_m	1460 ot./min
Počet pólů p	4
Napětí motoru	400 V
Účinnost	0,88
Účinník ($\cos \varphi$)	0,84

Podle počtu pólů a frekvence elektrické sítě lze snadno určit synchronní otáčky. Charakteristickou vlastností asynchronních elektromotorů je skluz. Tento parametr vyjadřuje míru rozdílu otáček rotoru a synchronních otáček. Optimálních vlastností motoru v generátorovém chodu se dosáhne, bude-li skluz v absolutní hodnotě stejný, jako je při jmenovitých otáčkách v motorickém chodu. Podle [35] se optimální otáčky pro motor ve funkci generátoru určí takto:

Počet pólů (-): $p = 4$

Frekvence střídavého proudu v síti: $f = 50 \text{ Hz}$

Synchronní otáčky:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{\frac{p}{2}} = \frac{60 \cdot 50}{\frac{4}{2}} = 1500 \text{ ot./min}$$

Jmenovité otáčky v motorickém chodu: $n_m = 1460 \text{ ot./min}$

Skluz (-):

$$s = \frac{n_s - n_m}{n_s} = \frac{1500 - 1460}{1500} = 0,026$$

Optimální otáčky motoru pro generátorový chod:

$$n_g = n_s \cdot (1 + s) = 1500 \cdot (1 + 0,026) = 1540 \text{ ot./min}$$

Potřebný převodový poměr pro volbu převodovky se vypočítá jako podíl optimálních otáček motoru pro generátorový chod a jmenovitých otáček vodního kola.

Převodový poměr (-): $i = \frac{n_g}{n_k} = \frac{1540}{11,46} = 134,38$

Společnost Siemens nabízí elektromotor i s převodovkou v kompaktním provedení. Uvedeným požadavkům odpovídá třístupňová čelní elektropřevodovka s označením D188-LA160MP4E. Pro spojení hřídele elektropřevodovky a vodního kola nabízí stejný výrobce elastickou spojku Rupex, jež plně vyhovuje provozním podmínkám elektrárny.

7.6.3 Řídicí systém

Snížení otáček kola vlivem poklesu spádu či průtoku pod definovanou hodnotu by zapříčinilo výpadek motoru z generátorového chodu. Elektřina by se, namísto dodávky do sítě, začala ze sítě odebírat. Nastane-li taková situace, musí být elektrárna odstavena z provozu. Tuto funkci bude automaticky zajišťovat řídicí systém. Odstavení z provozu se provádí uzavřením přívodu vody a odpojením od elektrické sítě. Analogicky bude systém řídit i start elektrárny, přičemž se nejprve otevře přívod vody, kolo se roztočí a teprve poté co motor dosáhne hodnoty synchronních otáček, dojde k připojení k elektrické síti.

Dalším úskalím je kompenzace jalového výkonu. Řídicí systém musí před připojením elektrárny k síti zabezpečit ještě připojení kompenzačního kondenzátoru. Kompenzační výkon lze stanovit ze vztahu (7.3) uvedeném v [36].

Jmenovitý výkon motoru: $P = 11 \text{ kW}$

Původní účinník motoru při jmenovitém výkonu (-): $\cos \varphi = 0,84$

Požadovaný účinník od provozovatele sítě (-): $\cos \varphi_k = 0,95$

Jalový výkon požadovaného kompenzačního kondenzátoru (kvar):

$$Q_c = P \cdot \{ \tan [\arcsos (\cos \varphi)] - \tan [\arcsos (\cos \varphi_k)] \} \quad (7.3)$$

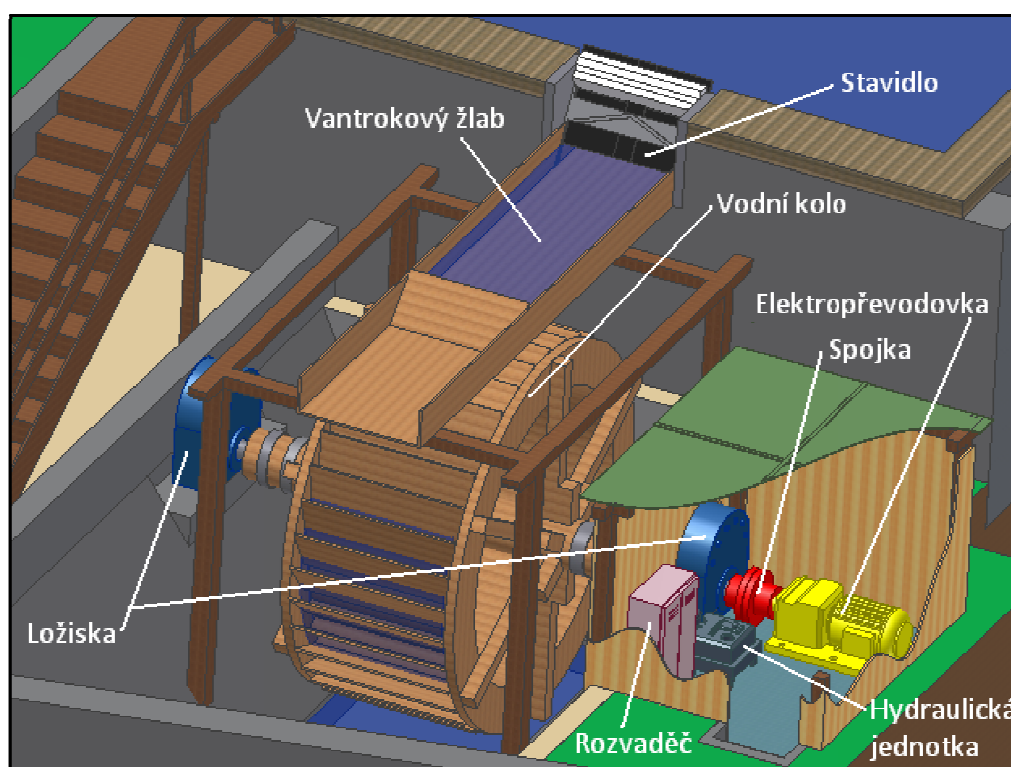
$$Q_c = 11 \cdot \{ \tan [\arcsos (0,84)] - \tan [\arcsos (0,95)] \} = 3,49 \text{ kvar}$$

Vybrán je třífázový kondenzátor CSADG 1-0,4/4 s kompenzačním výkonem 4 kvar od firmy ZEZ-SILKO, který se ještě doplní stykačem K3-18K10 230. Přehled sortimentu je k nalezení v online katalogu firmy [37].

Elektrárna s vodním kolem se v mnohém podobá elektrárně se šnekovou turbínou. Řídicí systém by tedy mohla formou subdodávky poskytnout firma GESS-CZ. Po konzultaci se zástupci firmy vypadá tato možnost reálně. Součástí subdodávky by kromě rozvaděče s PLC bylo také stavidlo, hydraulická jednotka, snímače hladiny, otáček, teploty aj.

7.6.4 Stavební úpravy

Rozsah stavebních prací nebude nikterak komplikovaný. Dřevěná část nádrže se nahradí zdívkou tak, aby šlo v předepsané úrovni namontovat vantrokový žlab. Vodní kolo se sestaví až na místě na hřídel předem uloženou v ložiskách. Vytvoření patek, na kterých budou spočívat ložiska, bude vyžadovat drobné terénní úpravy tak, aby kolo bylo uloženo ve správné výšce v souladu s návrhem v kapitole 7.7.1. Výkon z hřídele vodního kola bude přes spojku přenášěn do elektropřevodovky, která bude i s dalšími technologickými celky umístěna v dřevěném přístřešku. Vše musí být ochráněno před neodbornou manipulací, krádeží a samozřejmě také před nepříznivými povětrnostními vlivy. Navrhované provedení je ilustrováno na obr. 7.5.

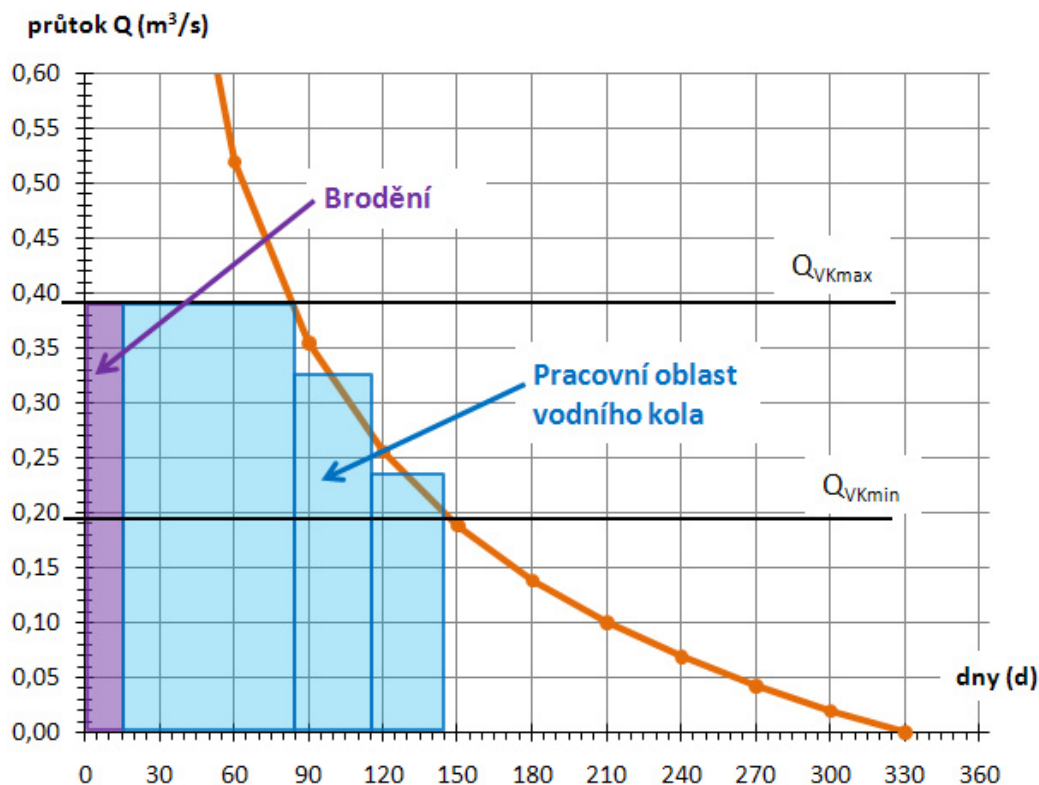


Obr. 7.5 Navrhovaná podoba MVE s vodním kolem

7.6.5 Roční výroba elektrické energie

Pracovní oblast vodního kola je vyznačena v grafu 7.6. Vodní kolo je ve své podstatě neregulovatelné, avšak lze ho provozovat při různých průtocích, což se při provozu elektrárny projeví na různém plnění korečků. Návrh kola počítá s minimálním plněním 1/4 při průtoku 195 l/s. Při poklesu průtoku pod toto číslo řídicí systém raději

elektrárnu odpojí od sítě, aby motor nevypadl z generátorového chodu a nezačal energii spotřebovávat. Při maximálním plnění korečků 1/2 může kolo „pobrat“ až 390 l/s. Účinnost vodního kola je nepřímo úměrná plnění korečků. Tato skutečnost je respektována při výpočtu roční výroby elektrické energie (tabulka 7.17). Konkrétní čísla účinnosti jsou zvoleny v souladu s údaji v [33].



Graf. 7.6 – Pracovní oblast vodního kola

Během roku se může hladina vody v odtokovém kanálu zvednout natolik, že se kolo začne brodit ve vodě, což vede ke snížení účinnosti.

Dalším negativním faktorem je namrzání. Za dlouhých a tuhých mrazů může dojít až k tomu, že se kolo úplně zastaví. Tento problém by se při realizaci mohl vyřešit úplným zakrytím kola, avšak tím by elektrárna přišla o svoje „kouzlo“. Žádné opatření proti namrzání se tedy nepředpokládá. To odráží volba větší procentní srážky na technologické přestávky (tabulka 7.17).

Tab. 7.17 – Roční výroba elektřiny (vodní kolo)

	M (dny)	Q_{VK} (m ³ /s)	η_{VK} (-)	η_P (-)	η_G (-)	P_{el} (kW)	A_i (kWh)
Brodění	15	0,39	0,45	0,96	0,87	5,6	2 016
Provoz	70	0,39	0,65	0,96	0,88	8,2	13 776
	30	0,33	0,70		0,88	7,5	5 400
	30	0,24	0,75		0,87	5,8	4 176
ΣA_i							25 368
Celková roční výroba elektřiny (-15 % na tech. přestávky vč. namrzání)							21 563

7.6.6 Cenová kalkulace

Ceny všech hlavních částí jsou uvedeny v tabulce 7.18. Tato varianta elektrárny není v režii pouze jediné firmy, ale podílí se na ní hned několik subjektů. Z pohledu investora je třeba započítat i cenu subdodávek odborných prací.

Tab. 7.18 – Cenová kalkulace (vodní kolo)

Položka	Doplňující popis	Dodavatel	Cena
Vodní kolo	korečkové; vrchní nátok	p. Mikyška	160 000 Kč
Vantrokový žlab	včetně podpěr		
Doprava			
Sestavení kola na místě			
Elektropřevodovka	D188-LA160MP4E	Siemens	141 200 Kč
Spojka	elastická spojka Rupex; typ RWN	Siemens	84 700 Kč
Řídicí systém	rozvaděč; snímače; PLC + software; kabeláž	GESS-CZ	235 210 Kč
Stavidlo	včetně hydraulické jednotky	GESS-CZ	165 000 Kč
Kompenzační kondenzátor	CSADG 1-0,4/4; 4kvar	ZEZ-SILKO	600 Kč
Kompenzační stykač	K3-18K10 230	ZEZ-SILKO	700 Kč
Odborné práce	elektrikářské práce; projekt		35 000 Kč
Stavební úpravy			40 000 Kč
Celkem			862 410 Kč

8. Ekonomické zhodnocení

Investice spojená se stavbou a provozem malé vodní elektrárny by měla být podrobena předběžnému ekonomickému zhodnocení. Investor je tak schopen včas odhalit její potenciaální nevýhodnost. Nejprve je třeba stanovit tržby za prodej elektřiny. Podle toho se pak určí doba návratnosti, která byla zvolena jako ukazatel ekonomické efektivnosti investice.

8.1 Tržby za prodej elektřiny

Podpora výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů se uskutečňuje formou výkupních cen nebo formou zelených bonusů.

Výkupní cenu lze uplatnit při prodeji elektřiny povinně vykupujícímu subjektu, který je určený zákonem č. 165/2012 Sb. o podporovaných zdrojích energie nebo vybraný Ministerstvem průmyslu a obchodu (MPO). Podle regionální příslušnosti to jsou E.ON Energie, a. s., ČEZ Prodej, s. r. o. a Pražská energetika, a. s. Výkupní cena elektřiny je po dobu životnosti výroby zachována. [38]

Při volbě podpory formou zelených bonusů si musí provozovatel MVE najít sám svého odběratele a s ním si sjednat cenu, k čemuž inkasuje od operátora trhu (OTE, a. s.) ještě prémii – zelený bonus. Vyrobenou elektřinu je taktéž možné využívat pro vlastní spotřebu a s obchodníkem sjednat smlouvu pouze na dodávku nespotřebovaných přebytků, za což výrobci rovněž náleží zelený bonus. [38]

Výši výkupních cen a zelených bonusů za elektřinu z obnovitelných zdrojů je pravidelně stanovována cenovým rozhodnutím Energetického regulačního úřadu (ERÚ). Čísla pro elektřinu z MVE jsou v tabulce 8.1. Elektrárny Bučický mlýn se dotýká poslední řádek tabulky.

Tab. 8.1 – Výkupní ceny a zelené bonusy za elektřinu pro MVE

ř./sl.	Druh podporovaného zdroje (výrobný)	Datum uvedení výroby do provozu (nebo splnění podmínky bodu 1.6.4.)		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	l	m	n	o
100	Malá vodní elektrárna	-	31.12.2004	1 988	1 168	1 500	952
101		1.1.2005	31.12.2013	2 549	1 729	2 270	1 408
102		1.1.2014	31.12.2014	2 499	1 679	-	-
110	Rekonstruovaná malá vodní elektrárna	-	31.12.2013	2 549	1 729	2 270	1 408
111		1.1.2014	31.12.2014	2 499	1 679	-	-
120	Malá vodní elektrárna v nových lokalitách	1.1.2006	31.12.2007	2 831	2 011	2 600	1 666
121		1.1.2008	31.12.2009	2 997	2 177	2 600	1 915
122		1.1.2010	31.12.2010	3 257	2 437	2 600	2 305
123		1.1.2011	31.12.2011	3 184	2 364	2 600	2 197
124		1.1.2012	31.12.2012	3 319	2 499	2 600	2 399
125		1.1.2013	31.12.2013	3 295	2 475	2 600	2 362
126		1.1.2014	31.12.2014	3 230	2 410	-	-

Zdroj: [39]

Mezi formou výkupních cen a formou zelených bonusů lze jednou ročně přecházet. Při výpočtu tržeb se předpokládá, že elektřina bude prodávána do elektrizační soustavy za výkupní ceny po celou dobu životnosti¹⁰. Za tohoto předpokladu se roční tržba spočítá jednoduše podle vzorce (8.1) jako součin příslušné výkupní ceny (tabulka 8.1) a množství vyrobené elektrické energie za rok, které je pro každou zvažovanou variantu vypočítáno v kapitole 7.

$$\text{Roční tržba za elektřinu (Kč):} \quad T_r = C_v \cdot A_r \quad (8.1)$$

$$\text{Výkupní cena:} \quad C_v = 3,23 \text{ Kč/kWh}$$

$$\text{Roční množství vyrobené elektřiny (kWh):} \quad A_r$$

Přehled ročních tržeb za elektrickou energii pro každou z šesti zpracovávaných variant je v tabulce 8.2.

¹⁰ Podle vyhlášky č. 347/2012 Sb. je životnost vodních elektráren 30 let.

Tab. 8.2 – Roční tržby za prodej elektřiny

Varianta	Vodní motor (výrobce)	Roční výroba energie (kWh)	Výkupní cena (Kč/kWh)	Roční tržby (Kč)
1	Bánkiho t. (P&S)	27 770	3,23	89 697
2	2× Bánkiho t. (KOVOVITÁK)	46 169		149 126
3	Průtoková t. (CINK Hydro-Energy)	29 526		95 369
4	Šneková t. (GESS-CZ)	30 335		97 982
5	Násosková t. (MAVEL)	16 416		53 024
6	Vodní kolo (Mikyška)	21 563		69 648

Na vybudování MVE Bučický mlýn nebude uvažováno s žádnými dotacemi. První důvod je ten, že většina současných dotačních programů omezila podporu na minimum. Druhým důvodem je doporučení provozovatelů elektráren. Jejich zkušenost je taková, že pro získání dotace je třeba splnit náročnější podmínky, které jsou spojené s vyššími náklady a které v konečném důsledku samotnou dotaci z velké části kompenzují.

8.2 Doba návratnosti investice

Jako ukazatel ekonomické efektivity investice je zvolena doba návratnosti. Aby mohlo být na investici pohlíženo jako na ekonomicky efektivní, musí být doba návratnosti kratší než 15 let. Pro každou variantu jsou vypracovány dvě verze. První vychází z předpokladu financování kompletně z vlastních zdrojů. Druhá verze předpokládá účast 40 % cizích zdrojů formou úvěru.

Doba návratnosti představuje počet let, za který se celkové čisté příjmy plynoucí z investice vyrovnají výdajům vynaloženým k jejich dosažení. K jejímu stanovení je důležité zjistit peněžní tok pro každý rok provozu elektrárny, pročež velmi pomůže sestavit plán hospodaření. Postup sestavení takového plánu, včetně vysvětlení všech použitých vztahů, je stručně nastíněn v dalším textu. Veškeré vypočtené hodnoty ve všech letech i grafy průběžné bilance pro každou variantu a obě verze financování jsou uvedeny v přílohách 3 až 8 (včetně splátkového kalendáře).

8.2.1 Odpisy MVE

Dle zákona č. 586/1992 Sb. o daních z příjmů lze části MVE odepisovat. Celková pořizovací cena je rozdělena na část technologickou a stavební. Technologická část spadá do 3. odpisové skupiny (doba odepisování je 10 let). Stavební část je s ohledem na převahu dřevěných prvků zařazena do 4. odpisové skupiny (doba odepisování 20 let). To platí pro všechny vypracované varianty MVE vyjma násoskové turbíny, kde odpadá stavební část. Zvoleno bylo rovnoměrné odepisování. Výpočet odpisů se provádí jednoduše:

$$\text{Odpis:} \quad O = PC \cdot \frac{k}{100}$$

$$\text{Pořizovací cena (Kč):} \quad PC$$

$$\text{Odpisový koeficient (%):} \quad k$$

Odpisový koeficient je pro každou skupinu jiný, a také se liší i koeficienty pro první a další roky odepisování. Jejich hodnoty jsou dané zákonem. Odepisované částky v každém roce lze nalézt v přílohách 3 až 8.

8.2.2 Podmínky úvěru a splátkový kalendář

Ve všech navrhovaných variantách elektrárny jsou rozpracovány dva způsoby financování. První způsob předpokládá kompletní pořízení z vlastních zdrojů. V druhém způsobu financování se počítá s úvěrem s dobou splácení 15 let a roční úrokovou mírou 8,5 %. Jeho výše je volena tak, aby činila vždy zhruba 40 % z celkové pořizovací ceny (zaokrouhlo na desetitisíce). Při financování investice úvěrem byl vypracován splátkový kalendář, který je také součástí příloh 3 až 8. Nejčastěji se uplatňuje anuitní splácení dluhu. Postupováno bylo podle pokynů uvedených v [40]. Použito bylo těchto vzorců:

$$\text{Anuita (Kč):} \quad A_n = Úv \cdot \frac{i \cdot (1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

$$\text{Výše úvěru (Kč):} \quad Úv$$

$$\text{Roční úroková míra:} \quad p = 8,5 \%$$

$$\text{Doba splácení:} \quad n = 15 \text{ let}$$

$$\text{Úrok (Kč):} \quad Ú_r = PS \cdot \frac{p}{100}$$

$$\text{Úmor (Kč):} \quad Ú_m = A_n - Ú_r$$

Konečný stav (Kč):	$KS = PS - Úm$
Počáteční stav prvním roce (Kč):	$PS_1 = Úv$
Počáteční stav v dalších letech (Kč):	$PS_{DL} = KS$ z předchozího roku

8.2.3 Daň z příjmů

Dalším dílčím krokem pro určení doby návratnosti je výpočet základu daně z příjmů fyzických osob. Spočítá se zvláště pro každý rok dle vztahu (8.2) jako rozdíl hrubých příjmů a výdajů vynaložených na jejich získání. Hrubé příjmy jsou reprezentovány ročními tržbami za elektřinu (T_r). Do výdajů se započítávají odpisy (O), úroky z úvěru ($Ú_r$) a provozní náklady (PN). Chod elektrárny je plně automatizovaný, takže provozní náklady budou velice nízké. Pohybují se od 4 000 do 7 000 Kč. Částka byla odhadnuta pro každou variantu zvláště s přihlédnutím k pojištění a občasným revizním prohlídkám. Podle zákona o daních z příjmů je daňová sazba 15 %. Samotná daň se pak vypočítá dle vzorce (8.3).

$$\text{Základ daně z příjmu (Kč): } ZD = T_r - (O + Ú_r + PN) \quad (8.2)$$

$$\text{Daň z příjmů (Kč): } D = \frac{15}{100} \cdot ZD \quad (8.3)$$

Konkrétní čísla jsou uvedena v přílohách 3 až 8. Tam lze vidět, že většina variant má prvních 10 let záporný daňový základ. Výrazně se na tom podílí nízké roční tržby za elektřinu a poměrně vysoké roční odpisy technologické části. Při záporném výsledku se daň z příjmů toho roku neuplatňuje.

8.2.4 Čistý investiční příjem a doba návratnosti

Posledním krokem ke stanovení doby návratnosti je vyčíslení čistých investičních příjmů (ČIP) pro každý rok provozu elektrárny. K tomu se použije vzorec (8.4). Jedná se vlastně o tržby (T_r) snížené o hodnotu provozních nákladů (PN), daň z příjmů (D) a anuitní splátku (An).

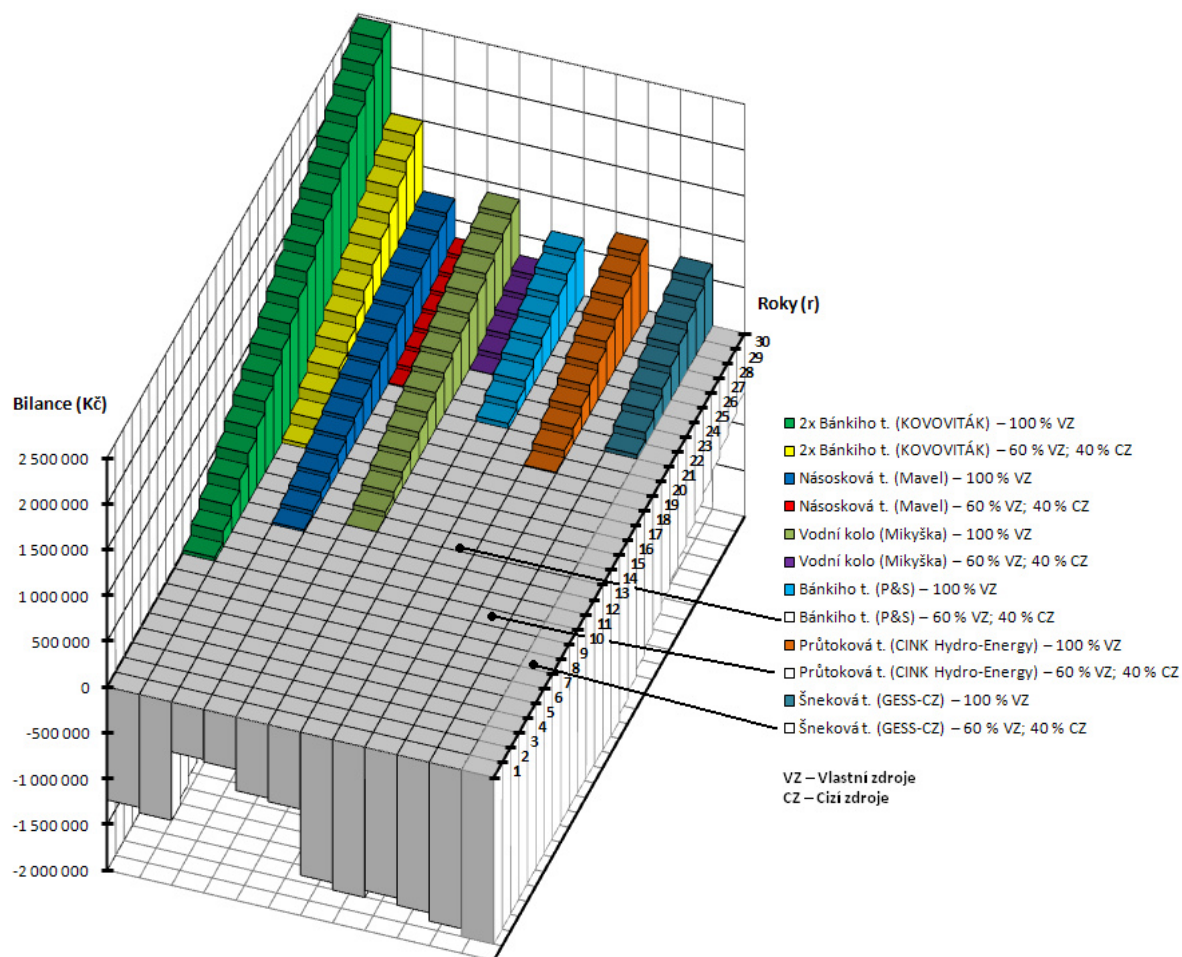
$$\text{Čistý investiční příjem (Kč): } ČIP = T_r - (PN + D + An) \quad (8.4)$$

Výsledné hodnoty ČIP v průběhu třiceti let jsou podrobně rozepsány v přílohách 3 až 8.

Doba, za jak dlouho se suma ČIP za jednotlivé roky vyrovná pořizovací ceně, je dobou návratnosti. To se dá také napsat rovnicí:

$$\sum_{k=1}^N \check{C}IP_k = PC$$

kde index **k** značí rok a písmeno **N** je v letech vyjádřená doba návratnosti. Bilance mezi kumulovanými ČIP a pořizovací cenou **PC** je pro jednotlivé varianty elektrárny uvedena v příslušném grafu v přílohách 3 až 8. Pro přehledné shrnutí a porovnání všech variant jsou tyto grafy shrnuty do jediného (graf 8.1). Rok, ve kterém se bilance „přehoupne“ do kladných čísel, je rokem návratnosti. Kladné hodnoty jsou v grafu vyznačeny barevně. Doby návratnosti všech variant jsou pro lepší srozumitelnost ještě vypsány v tabulce 8.3.



Graf 8.1 – Celková bilance a doba návratnosti

Tab. 8.3 – Doba návratnosti

Varianta	Vodní motor (výrobce)	Financování		Doba návratnosti
		Vlastní zdroje	Cizí zdroje	
1	Bánkiho t. (P&S)	100 %	–	22 let
		60 %	40 %	v horizontu 30 let není
2	2× Bánkiho t. (KOVOVITÁK)	100 %	–	10 let
		60 %	40 %	18 let
3	Průtoková t. (CINK Hydro-Energy)	100 %	–	20 let
		60 %	40 %	v horizontu 30 let není
4	Šneková t. (GESS-CZ)	100 %	–	22 let
		60 %	40 %	v horizontu 30 let není
5	Násosková t. (Mavel)	100 %	–	13 let
		60 %	40 %	23 let
6	Vodní kolo (Mikyška)	100 %	–	14 let
		60 %	40 %	25 let

Obecně platí kritérium, že pokud se finanční prostředky vynaložené na realizaci malé vodní elektrárny vrátí nejdéle v horizontu 15 let (tj. v první polovině uvažované životnosti elektrárny), lze investici považovat za ekonomicky přijatelnou.

Důležitým poznatkem je, že při financování s podílem cizích zdrojů ani jedna z uvažovaných alternativ není přijatelná, a to ani při poměrně mírných parametrech úvěru. Některé varianty se dokonce nedostanou do kladných čísel ani za 30 let. Kratší doba splácení by sice návratnost přiblížila, ale investor by musel z počátku provoz elektrárny výrazně dotovat, což postrádá smysl. Další možností by bylo snížit výši úvěru. To už se ale dost podobá způsobu financování plně z vlastních zdrojů.

Při financování se stoprocentním podílem vlastních zdrojů se pozitivně jeví tři varianty – Bánkiho turbína (2×) od KOVOVITÁK, násosková turbína od Mavel a vodní kolo. Každá z nich reprezentuje jiný pohled na realizaci MVE Bučický mlýn. Nabídka technologie od KOVOVITÁK je zaměřena na maximální využití hydroenergetického potenciálu lokality a v konečném hodnocení se jeví jako ekonomicky nejefektivnější. Nabídka technologie od firmy Mavel jde cestou minimálních investičních výdajů za cenu nižšího využití dostupného potenciálu. Její návratnost je druhá nejkratší. Za uvažovanou dobu životnosti by však investor dosáhl relativně nízkého zisku. Z ekonomického hlediska je na tom podobně i varianta elektrárny s vodním kolem od pana Mikyšky, která navíc může zvýšit atraktivitu lokality.

9. Závěr

Malé vodní elektrárny jsou z hlediska dopadu na životní prostředí velmi vděčný zdroj energie. V České republice je jejich podíl na výrobě elektřiny malý, ne však zanedbatelný. Vznik dalších MVE může zcela nepochybně přispět k úspoře fosilních paliv, což je na pozadí celosvětově nejisté energetické situace obzvláště důležité.

V této diplomové práci byl zvažován záměr vybudovat MVE, přičemž by se účelně využilo stávající struktury tak, aby se stavební náklady omezily na minimum. Hlavním východiskem pro návrh realizace elektrárny byly údaje o průtoku od ČHMÚ a cenové nabídky dodavatelů technologie MVE.

Výsledky ukazují, že v místě Bučického mlýnu existuje několik možností jak účelně využít tamější hydroenergetický potenciál řeky Mrliny. Ovšem jen za podmínky, že investor bude záměr financovat kompletně z vlastních zdrojů. Nejlepší řešení je varianta s dvěma Bánkiho turbínami od firmy KOVOVITÁK s dobou návratnosti 10 let. Zisk v horizontu 30 let bude kolem 2 460 000 Kč. Bohužel celková pořizovací cena činí 1 363 500 Kč. Většina lidí obvykle nedisponuje takovou sumou a úvěr zase posune návratnost investice do nepřijatelných mezí. Z tohoto pohledu se jeví jako dobrá alternativa násosková turbína od firmy Mavel. Celková pořizovací cena je v tomto případě jen 590 000 Kč při době návratnosti 13 let. Zisk za 30 let provozu bude činit zhruba 730 000 Kč. Za uvážení stojí i varianta s vodním kolem. Ostatní zpracované varianty nelze pro danou lokalitu doporučit.

Finanční prostředky vložené do vybudování MVE Bučický mlýn se budou vracet velmi pomalu a je opodstatněné předpokládat, že nejinak tomu bude i u ostatních vodních elektráren podobných výkonů. V kombinaci s poměrně vysokými investičními náklady není divu, že většina takových lokalit stále zůstává energeticky nevyužita. Bez výraznější podpory ze strany státních orgánů nelze očekávat změnu. K oživení výstavby MVE bude třeba přehodnotit současnou dotační politiku. Řešení by mohlo spočívat v poskytování nízko úročených půjček z příslušných dotačních programů.

Globální energetická koncepce, jež by byla v dokonalém souladu s ideály trvale udržitelného rozvoje, zatím neexistuje. Nelze spoléhat na to, že se v blízké budoucnosti objeví nový „záračný“ zdroj energie, který vše vyřeší. Zatím se jako nejlepší cesta jeví podpora OZE společně se snahou snižovat spotřebu přírodních zdrojů. Po této stránce

by realizace malé vodní elektrárny Bučický mlýn byla jistě přínosem. Nejefektivnější navržená varianta elektrárny vybavená Bánkiho turbínami od KOVOVITÁK by ročně ušetřila ve srovnání se spalovací elektrárnou zhruba 30 tun hnědého uhlí průměrné kvality a předešla produkci přibližně 91 kg NO_x, 415 kg SO₂ a 40 tun CO₂.

Použitá literatura:

- [1] DUŠIČKA, Peter et al. *Malé vodní elektrárny*. Bratislava: Jaga, 2003. ISBN 80-889-0545-1.
- [2] Ministerstvo životního prostředí. *Malé vodní elektrárny* [online]. © 2008 - 2012 [cit. 2014-03-28]. Dostupné z: http://www.mzp.cz/cz/male_vodni_elektrarny
- [3] Energetický regulační úřad. *Vodní elektrárny (instal. výkon do 1 MWe): stav k 1.1.2014* [online]. © 2009 [cit. 2014-03-28]. Dostupné z: http://www.eru.cz/user_data/files/licence/info_o_drzitelich/OZE/VE_14_01_graf.pdf
- [4] Czech Renewable Energy Agency. *Vodní energie* [online]. © 2003 - 2009 [cit. 2014-03-28]. Dostupné z: <http://www.czrea.org/cs/druhy-oze/vodni-energie>
- [5] Energetický regulační úřad. *Roční zpráva o provozu ES ČR 2012* [online]. © 2009 [cit. 2014-03-28]. Dostupné z: http://www.eru.cz/user_data/files/statistika_elektro/rocni_zprava/2012/RZ_elektro_2012_v1.pdf
- [6] MELICHAR, Jan. *Hydraulické a pneumatické stroje, část vodní turbíny*. Praha: ČVUT, 2013. ISBN 978-800-1052-839.
- [7] ŠTOLL, Čestmír et al. *Využití vodní energie*. Praha: SNTL, 1977.
- [8] WAGNER, Hermann-Josef a Jyotirmay MATHUR. *Introduction to Hydro Energy Systems*. Heidelberg: Springer, 2011. ISBN 978-3-642-20708-2.
- [9] Mapy.cz [online]. [cit. 2014-02-25]. Dostupné z: <http://www.mapy.cz/>
- [10] Vodnimlyny.cz. [online]. © 2012 [cit. 2014-02-25]. Dostupné z: <http://vodnimlyny.cz/mlyny/mlyn/413-bucicky-mlyn>
- [11] ČHMÚ-Pobočka Hradec Králové. *Hydrologické údaje povrchových vod*.
- [12] Ministerstvo životního prostředí: Věstník MŽP (1998/05). *METODICKÝ POKYN odboru ochrany vod Ministerstva životního prostředí ke stanovení hodnot minimálních zůstatkových průtoků ve vodních tocích* [online]. © 2004 [cit. 2014-03-30]. Dostupné z: [http://www.mzp.cz/osv/edice.nsf/BB978B5BAEDF46C0C1256FC8003F1EB8/\\$file/metod.html](http://www.mzp.cz/osv/edice.nsf/BB978B5BAEDF46C0C1256FC8003F1EB8/$file/metod.html)
- [13] BEDNÁŘ, Josef. *Malé vodní elektrárny 2: Turbíny*. Praha: SNTL, 1989.
- [14] ULRYCH, Emil. *Aplikovaná hydromechanika I: základy hydroenergetiky*. Praha: ČZU, 2007. ISBN 978-80-213-1609-6.
- [15] POLÁK, Martin. *Problematika energetického využití nízkopotenciálních vodních zdrojů*. Praha, 2013. Habilitační práce. ČZU v Praze, Technická fakulta.
- [16] CINK Hydro-Energy. *Dvoukomorová průtoková turbína* [online]. © 2013 [cit. 2014-03-30]. Dostupné z: <http://cink-hydro-energy.com/cs/dvoukomorova-prutokova-turbina>
- [17] Abeceda malých vodních pohonů. *Bánkiho turbína* [online]. [cit. 2014-03-30]. Dostupné z: <http://mve.energetika.cz/primotlaketurbiny/banki.htm>
- [18] MELICHAR, Jan, Jan VOJTEK a Jaroslav BLÁHA. *Malé vodní turbíny: konstrukce a provoz*. Praha: ČVUT, 1998. ISBN 80-010-1808-3.
- [19] HOLATA, Miroslav. *Malé vodní elektrárny: projektování a provoz*. Praha: Academia, 2002. ISBN 80-200-0828-4.
- [20] EnviWeb. *Největší výrobci vodních turbín v ČR* [online]. © 2003-2012 [cit. 2014-03-31]. Dostupné z: <http://www.enviweb.cz/clanek/voda/47251/nejvetsi-vyrobci-vodnich-turbin-v-cr>
- [21] HYDROHROM. *Horizontální S-turbína typu Semi-Kaplan* [online]. © 2000-2010 [cit. 2014-03-31]. Dostupné z: <http://www.hydrohrom.cz/CZ/ssk-typ-s-tvar-samoregulovana-horizontalni-semi-kaplan-turbina.html>
- [22] MannPower [online]. © 2009 [cit. 2014-03-31]. Dostupné z: <http://www.mannpower-hydro.co.uk/>
- [23] Sudanelektrikuretimi.com. *Örnek Uygulama Yerleri* [online]. © 2012 [cit. 2014-03-31]. Dostupné z: http://sudanelektrikuretimi.com/ornek_uygulama_yerleri

- [24] GESS-CZ. *Malé vodní elektrárny* [online]. [cit. 2014-03-31].
Dostupné z: <http://www.gess.cz/cz/male-vodni-elektrarny.html>
- [25] Abeceda malých vodních pohonů. *Archimédův šroub* [online]. [cit. 2014-03-01].
Dostupné z: <http://mve.energetika.cz/jineturbiny/archimedes.htm>
- [26] POLÁK, Martin et al. *Bezlopatková miniturbína: Cesta k energetickému využití nejmenších vodních zdrojů*. Praha: ČVUT, 2013. ISBN 978-80-01-05233-4.
- [27] MECHANIKA Králův Dvůr. *Turbína SETUR* [online]. © 1999 [cit. 2014-03-31].
Dostupné z: <http://www.mechanikakd.cz/>
- [28] BLÁHA, Jaroslav, Jan MELICHAR a Pavel MOSLER. Příspěvek k použití hydrodynamických čerpadel jako turbín. *Energetika: Odborný měsíčník pro elektrárství, teplárenství a použití energie*. 2011, č. 5.
- [29] SIGMA PUMPY HRANICE. *DET* [online]. [cit. 2014-03-01].
Dostupné z: <http://www.sigmapumpy.com/cerpadlo-det-id649.html>
- [30] Vodní kola: Přemysl Socha. *Typy vodních kol* [online]. © 2009 - 2012 [cit. 2014-04-01].
Dostupné z: http://www.vodnikola.cz/typy_vodnich_kol.html
- [31] Abeceda malých vodních motorů. *O vodních kolech...* [online]. [cit. 2014-03-01].
Dostupné z: <http://mve.energetika.cz/vodnimotory/kola-obecne.htm>
- [32] ŠKORPIL, Jan a Milan KASÁRNÍK. *Obnovitelné zdroje energie I.: vodní elektrárny*. 2. vyd., přeprac. V Plzni: Západočeská univerzita, Elektrotechnická fakulta, 2000. ISBN 80-708-2675-4.
- [33] HÝBL, Jaroslav. *Vodní motory I*. Praha: Vědecko-technické nakladatelství, 1950.
- [34] HydroWatt. *Watterwheel* [online]. [cit. 2014-03-01].
Dostupné z: http://www.hydrowatt.de/sites/english/gallery/g_wr_04.html
- [35] PETRBOK, Kamil et al. *Elektrotechnika a elektrizace II*. Vysoká škola zemědělská Praha, 1985.
- [36] MAJDA, František. Individuální kompenzace jalového výkonu. *Elektro* [online]. 2009, č. 4 [cit. 2014-03-11]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/res/pdf/38789.pdf>
- [37] ZEZ-SILKO [online]. [cit. 2014-03-11]. Dostupné z: <http://www.zez-silko.cz/>
- [38] Energetický regulační úřad. *FAQ - Podporované zdroje energie* [online]. © 2009 [cit. 2014-04-03].
Dostupné z: http://www.eru.cz/dias-read_article.php?articleId=1670#6
- [39] Energetický regulační úřad. *Energetický regulační věstník* [online]. 28. 11. 2013 [cit. 2014-04-03].
Dostupné z: http://www.eru.cz/user_data/files/cenova%20rozhodnuti/CR%20elektro/2013/ERV7_2013titul_konec_fi.pdf
- [40] ROŠCHATECKÁ, Eva. *Cvičení z ekonomiky podniků*. V Praze: Česká zemědělská univerzita, Provozně ekonomická fakulta, 2012. ISBN 978-80-213-2258-5.
- [41] Elektromotory Siemens. *Katalog elektromotorů SIEMENS* [online]. © 2007 [cit. 2014-04-04].
Dostupné z: <http://www.elektromotory-siemens.cz/ke-stazeni.html>

Použité zkratky:

OZE – obnovitelné zdroje energie

MVE – malá vodní elektrárny

ČHMU – Český hydrometeorologický ústav

ERÚ – Energetický regulační úřad

MŽP – Ministerstvo životního prostředí

MPO – Ministerstvo průmyslu a obchodu

Seznam příloh:

Příloha 1: Závislost účinnosti Bánkiho turbín od společnosti P&S na průtoku

Příloha 2: Účinnost elektromotorů Siemens při dílčím zatížení

Příloha 3: Podklady pro určení návratnosti varianty 1 – Bánkiho t. (P&S)

Příloha 4: Podklady pro určení návratnosti varianty 2 – 2× Bánkiho t. (KOVOVITÁK)

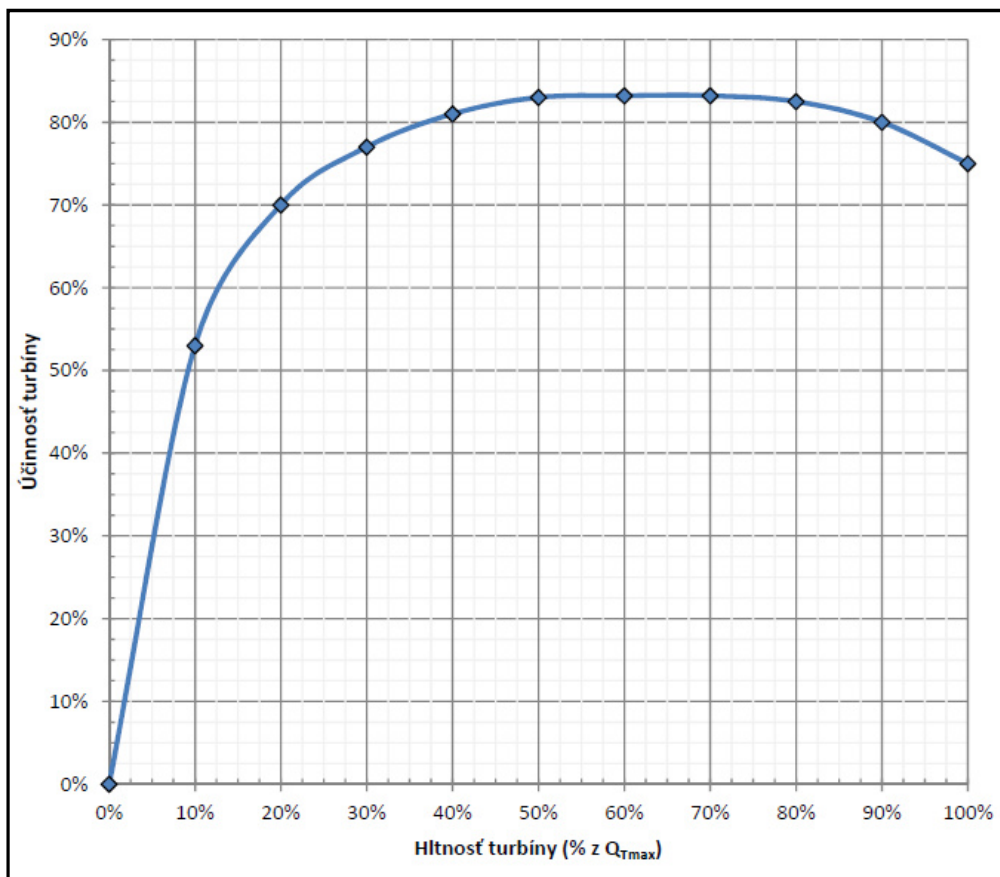
Příloha 5: Podklady pro určení návratnosti varianty 3 – Bánkiho t. (CINK Hydro-Energy)

Příloha 6: Podklady pro určení návratnosti varianty 4 – Šneková t. (GESS-CZ)

Příloha 7: Podklady pro určení návratnosti varianty 5 – Násosková t. (Mavel)

Příloha 8: Podklady pro určení návratnosti varianty 6 – Vodní kolo (Mikyška)

Příloha 1 – Závislost účinnosti Bánkiho turbín od společnosti P&S na průtoku



Příloha 2 – Účinnost elektromotorů Siemens při dílčím zatížení

1/4	Účinnost při dílčím zatížení				5/4
	2/4	3/4	4/4		
jmenovitého zatížení					
93	96	97	97	96,5	
92	95	96	96	95,5	
90	93,5	95	95	94,5	
89	92,5	94	94	93,5	
88	91,5	93	93	92,5	
87	91	92	92	91,5	
86	90	91	91	90	
85	89	90	90	89	
84	88	89	89	88	
80	87	88	88	87	
79	86	87	87	86	
78	85	86	86	85	
76	84	85	85	83,5	
74	83	84	84	82,5	
72	82	83	83	81,5	
70	81	82	82	80,5	
68	80	81	81	79,5	
66	79	80	80	78,5	
64	77	79,5	79	77,5	
62	75,5	78,5	78	76,5	
60	74	77,5	77	75	
58	73	76	76	74	
56	72	75	75	73	
55	71	74	74	72	
54	70	73	73	71	
53	68	72	72	70	
52	67	71	71	69	
51	66	70	70	68	
50	65	69	69	67	
49	64	67,5	68	66	
48	62	66,5	67	65	
47	61	65	66	64	
46	60	64	65	63	
45	59	63	64	62	
44	57	62	63	61	
43	56	60,5	62	60,5	
42	55	59,5	61	59,5	
41	54	58,5	60	58,5	

Zdroj: [41]

Příloha 3 – Podklady pro určení návratnosti varianty 1 – Bánkiho t. (P&S)

Příloha 3a

Financování:										
100 % Vlastní kapitál										
Pořizovací cena: 1 642 950 Kč						Technologická část (TČ): 1 532 950 Kč				
						Stavební část (SČ): 110 000 Kč				
Rok	Tržby za elektřinu (Kč)	Provozní náklady (Kč)	Úroky z úvěru (Kč)	Anuita (Kč)	Odpisy TČ (Kč)	Odpisy SČ (Kč)	Základ daně (Kč)	Daň (Kč)	Čistý investiční příjem (Kč)	Bilance (Kč)
0										-1 642 950
1	89 697	6 000			84 312	2 365	-2 980	0	83 697	-1 559 253
2	89 697	6 000			160 960	5 665	-82 928	0	83 697	-1 475 556
3	89 697	6 000			160 960	5 665	-82 928	0	83 697	-1 391 859
4	89 697	6 000			160 960	5 665	-82 928	0	83 697	-1 308 162
5	89 697	6 000			160 960	5 665	-82 928	0	83 697	-1 224 465
6	89 697	6 000			160 960	5 665	-82 928	0	83 697	-1 140 768
7	89 697	6 000			160 960	5 665	-82 928	0	83 697	-1 057 071
8	89 697	6 000			160 960	5 665	-82 928	0	83 697	-973 374
9	89 697	6 000			160 960	5 665	-82 928	0	83 697	-889 677
10	89 697	6 000			160 960	5 665	-82 928	0	83 697	-805 980
11	89 697	6 000			0	5 665	78 032	11 705	71 992	-733 988
12	89 697	6 000			0	5 665	78 032	11 705	71 992	-661 996
13	89 697	6 000			0	5 665	78 032	11 705	71 992	-590 004
14	89 697	6 000			0	5 665	78 032	11 705	71 992	-518 012
15	89 697	6 000			0	5 665	78 032	11 705	71 992	-446 020
16	89 697	6 000			0	5 665	78 032	11 705	71 992	-374 028
17	89 697	6 000			0	5 665	78 032	11 705	71 992	-302 036
18	89 697	6 000			0	5 665	78 032	11 705	71 992	-230 044
19	89 697	6 000			0	5 665	78 032	11 705	71 992	-158 052
20	89 697	6 000			0	5 665	78 032	11 705	71 992	-86 060
21	89 697	6 000			0	0	83 697	12 555	71 142	-14 918
22	89 697	6 000			0	0	83 697	12 555	71 142	56 224
23	89 697	6 000			0	0	83 697	12 555	71 142	127 366
24	89 697	6 000			0	0	83 697	12 555	71 142	198 508
25	89 697	6 000			0	0	83 697	12 555	71 142	269 650
26	89 697	6 000			0	0	83 697	12 555	71 142	340 792
27	89 697	6 000			0	0	83 697	12 555	71 142	411 934
28	89 697	6 000			0	0	83 697	12 555	71 142	483 076
29	89 697	6 000			0	0	83 697	12 555	71 142	554 218
30	89 697	6 000			0	0	83 697	12 555	71 142	625 360

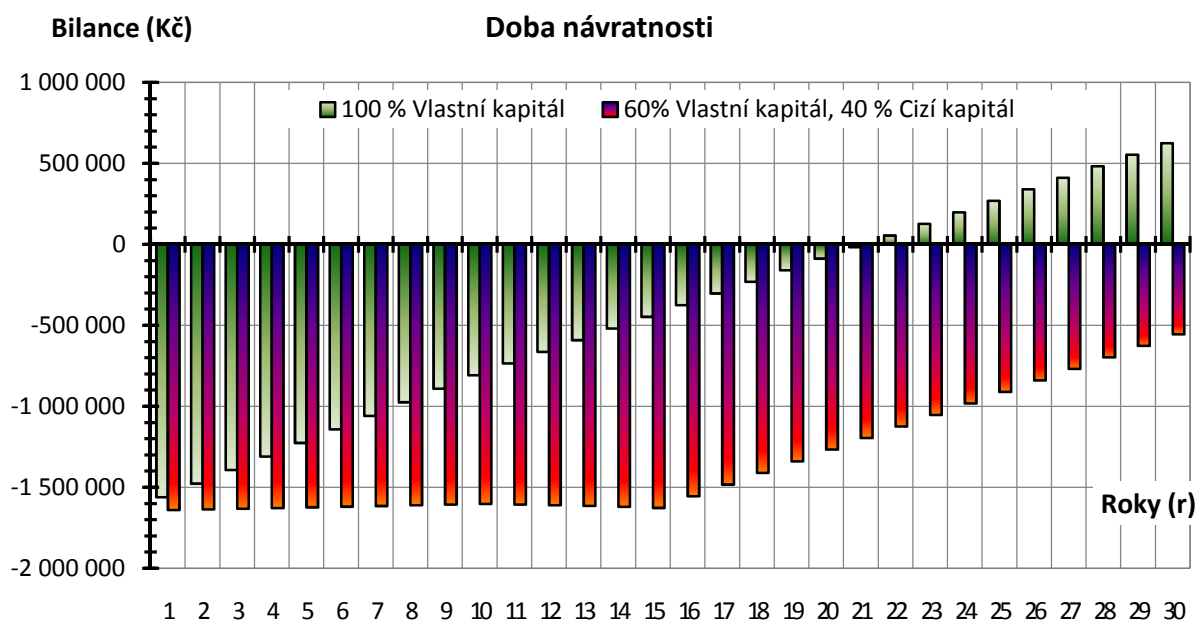
Příloha 3b

Financování: 60 % Vlastní kapitál 40 % Cizí kapitál (úvěr 660 000 Kč, úroková míra 8,5 % p. a., doba splácení 15 let)										
Pořizovací cena: 1 642 950 Kč						Technologická část (TČ): 1 532 950 Kč				
						Stavební část (SČ): 110 000 Kč				
Rok	Tržby za elektřinu (Kč)	Provozní náklady (Kč)	Úroky z úvěru (Kč)	Anuita (Kč)	Odpisy TČ (Kč)	Odpisy SČ (Kč)	Základ daně (Kč)	Daň (Kč)	Čistý investiční příjem (Kč)	Bilance (Kč)
0										-1 642 950
1	89 697	6 000	56 100	79 478	84 312	2 365	-59 080	0	4 219	-1 638 731
2	89 697	6 000	54 113	79 478	160 960	5 665	-137 041	0	4 219	-1 634 512
3	89 697	6 000	51 957	79 478	160 960	5 665	-134 885	0	4 219	-1 630 293
4	89 697	6 000	49 618	79 478	160 960	5 665	-132 546	0	4 219	-1 626 074
5	89 697	6 000	47 080	79 478	160 960	5 665	-130 008	0	4 219	-1 621 855
6	89 697	6 000	44 326	79 478	160 960	5 665	-127 254	0	4 219	-1 617 636
7	89 697	6 000	41 338	79 478	160 960	5 665	-124 266	0	4 219	-1 613 417
8	89 697	6 000	38 096	79 478	160 960	5 665	-121 024	0	4 219	-1 609 198
9	89 697	6 000	34 579	79 478	160 960	5 665	-117 507	0	4 219	-1 604 979
10	89 697	6 000	30 762	79 478	160 960	5 665	-113 690	0	4 219	-1 600 760
11	89 697	6 000	26 621	79 478	0	5 665	51 411	7 712	-3 493	-1 604 253
12	89 697	6 000	22 129	79 478	0	5 665	55 903	8 385	-4 166	-1 608 419
13	89 697	6 000	17 254	79 478	0	5 665	60 778	9 117	-4 898	-1 613 317
14	89 697	6 000	11 965	79 478	0	5 665	66 067	9 910	-5 691	-1 619 008
15	89 697	6 000	6 226	79 478	0	5 665	71 806	10 771	-6 552	-1 625 560
16	89 697	6 000	0	0	0	5 665	78 032	11 705	71 992	-1 553 568
17	89 697	6 000	0	0	0	5 665	78 032	11 705	71 992	-1 481 576
18	89 697	6 000	0	0	0	5 665	78 032	11 705	71 992	-1 409 584
19	89 697	6 000	0	0	0	5 665	78 032	11 705	71 992	-1 337 592
20	89 697	6 000	0	0	0	5 665	78 032	11 705	71 992	-1 265 600
21	89 697	6 000	0	0	0	0	83 697	12 555	71 142	-1 194 458
22	89 697	6 000	0	0	0	0	83 697	12 555	71 142	-1 123 316
23	89 697	6 000	0	0	0	0	83 697	12 555	71 142	-1 052 174
24	89 697	6 000	0	0	0	0	83 697	12 555	71 142	-981 032
25	89 697	6 000	0	0	0	0	83 697	12 555	71 142	-909 890
26	89 697	6 000	0	0	0	0	83 697	12 555	71 142	-838 748
27	89 697	6 000	0	0	0	0	83 697	12 555	71 142	-767 606
28	89 697	6 000	0	0	0	0	83 697	12 555	71 142	-696 464
29	89 697	6 000	0	0	0	0	83 697	12 555	71 142	-625 322
30	89 697	6 000	0	0	0	0	83 697	12 555	71 142	-554 180

Příloha 3c

Splátkový kalendář					
Úvěr: 660 000 Kč		Úroková míra: 8,5%		Doba splácení: 15 let	
Rok	Počáteční stav (Kč)	Anuita (Kč)	Úrok (Kč)	Úmor (Kč)	Konečný stav (Kč)
1	660 000	79 478	56 100	23 378	636 622
2	636 622	79 478	54 113	25 365	611 258
3	611 258	79 478	51 957	27 521	583 737
4	583 737	79 478	49 618	29 860	553 877
5	553 877	79 478	47 080	32 398	521 480
6	521 480	79 478	44 326	35 152	486 328
7	486 328	79 478	41 338	38 140	448 188
8	448 188	79 478	38 096	41 382	406 807
9	406 807	79 478	34 579	44 899	361 908
10	361 908	79 478	30 762	48 715	313 192
11	313 192	79 478	26 621	52 856	260 336
12	260 336	79 478	22 129	57 349	202 987
13	202 987	79 478	17 254	62 224	140 764
14	140 764	79 478	11 965	67 513	73 251
15	73 251	79 478	6 226	73 251	0

Příloha 3d



Příloha 4 – Podklady pro určení návratnosti varianty 2 – 2× Bánkiho t. (KOVOVITÁK)

Příloha 4a

Financování:										
100 % Vlastní kapitál										
Pořizovací cena: 1 363 500 Kč						Technologická část (TČ): 1 253 500 Kč				
						Stavební část (SČ): 110 000 Kč				
Rok	Tržby za elektřinu (Kč)	Provozní náklady (Kč)	Úroky z úvěru (Kč)	Anuita (Kč)	Odpisy TČ (Kč)	Odpisy SČ (Kč)	Základ daně (Kč)	Daň (Kč)	Čistý investiční příjem (Kč)	Bilance (Kč)
0										-1 363 500
1	149 126	7 000			68 943	2 365	70 819	10 623	131 503	-1 231 997
2	149 126	7 000			131 618	5 665	4 844	727	141 399	-1 090 598
3	149 126	7 000			131 618	5 665	4 844	727	141 399	-949 199
4	149 126	7 000			131 618	5 665	4 844	727	141 399	-807 800
5	149 126	7 000			131 618	5 665	4 844	727	141 399	-666 401
6	149 126	7 000			131 618	5 665	4 844	727	141 399	-525 002
7	149 126	7 000			131 618	5 665	4 844	727	141 399	-383 603
8	149 126	7 000			131 618	5 665	4 844	727	141 399	-242 204
9	149 126	7 000			131 618	5 665	4 844	727	141 399	-100 805
10	149 126	7 000			131 618	5 665	4 844	727	141 399	40 594
11	149 126	7 000			0	5 665	136 461	20 469	121 657	162 251
12	149 126	7 000			0	5 665	136 461	20 469	121 657	283 908
13	149 126	7 000			0	5 665	136 461	20 469	121 657	405 565
14	149 126	7 000			0	5 665	136 461	20 469	121 657	527 222
15	149 126	7 000			0	5 665	136 461	20 469	121 657	648 879
16	149 126	7 000			0	5 665	136 461	20 469	121 657	770 536
17	149 126	7 000			0	5 665	136 461	20 469	121 657	892 193
18	149 126	7 000			0	5 665	136 461	20 469	121 657	1 013 850
19	149 126	7 000			0	5 665	136 461	20 469	121 657	1 135 507
20	149 126	7 000			0	5 665	136 461	20 469	121 657	1 257 164
21	149 126	7 000			0	0	142 126	21 319	120 807	1 377 971
22	149 126	7 000			0	0	142 126	21 319	120 807	1 498 778
23	149 126	7 000			0	0	142 126	21 319	120 807	1 619 585
24	149 126	7 000			0	0	142 126	21 319	120 807	1 740 392
25	149 126	7 000			0	0	142 126	21 319	120 807	1 861 199
26	149 126	7 000			0	0	142 126	21 319	120 807	1 982 006
27	149 126	7 000			0	0	142 126	21 319	120 807	2 102 813
28	149 126	7 000			0	0	142 126	21 319	120 807	2 223 620
29	149 126	7 000			0	0	142 126	21 319	120 807	2 344 427
30	149 126	7 000			0	0	142 126	21 319	120 807	2 465 234

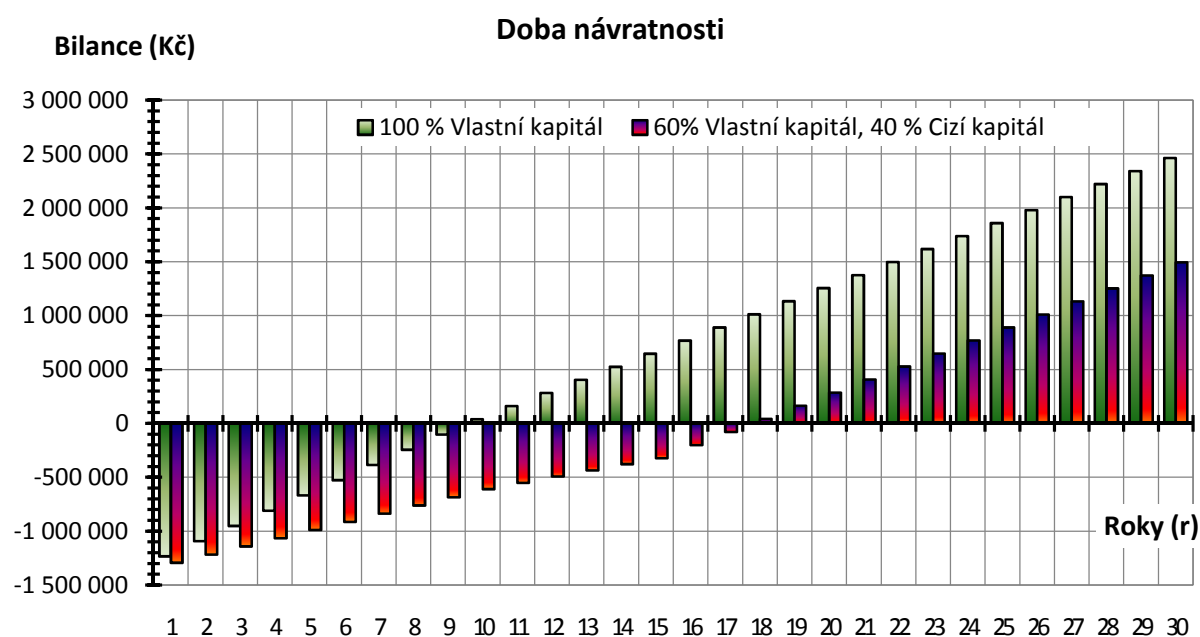
Příloha 4b

Financování:										
60 % Vlastní kapitál										
40 % Cizí kapitál (úvěr 550 000 Kč, úroková míra 8,5 % p. a., doba splácení 15 let)										
Pořizovací cena: 1 363 500 Kč						Technologická část (TČ): 1 253 500 Kč				
						Stavební část (SČ): 110 000 Kč				
Rok	Tržby za elektřinu (Kč)	Provozní náklady (Kč)	Úroky z úvěru (Kč)	Anuita (Kč)	Odpisy TČ (Kč)	Odpisy SČ (Kč)	Základ daně (Kč)	Daň (Kč)	Čistý investiční příjem (Kč)	Bilance (Kč)
0										-1 363 500
1	149 126	7 000	46 750	66 231	68 943	2 365	24 069	3 610	72 285	-1 291 215
2	149 126	7 000	45 094	66 231	131 618	5 665	-40 251	0	75 895	-1 215 320
3	149 126	7 000	43 297	66 231	131 618	5 665	-38 454	0	75 895	-1 139 425
4	149 126	7 000	41 348	66 231	131 618	5 665	-36 505	0	75 895	-1 063 530
5	149 126	7 000	39 233	66 231	131 618	5 665	-34 390	0	75 895	-987 635
6	149 126	7 000	36 938	66 231	131 618	5 665	-32 095	0	75 895	-911 740
7	149 126	7 000	34 448	66 231	131 618	5 665	-29 605	0	75 895	-835 845
8	149 126	7 000	31 747	66 231	131 618	5 665	-26 904	0	75 895	-759 950
9	149 126	7 000	28 815	66 231	131 618	5 665	-23 972	0	75 895	-684 055
10	149 126	7 000	25 635	66 231	131 618	5 665	-20 792	0	75 895	-608 160
11	149 126	7 000	22 184	66 231	0	5 665	114 277	17 142	58 753	-549 407
12	149 126	7 000	18 440	66 231	0	5 665	118 021	17 703	58 192	-491 215
13	149 126	7 000	14 378	66 231	0	5 665	122 083	18 312	57 583	-433 632
14	149 126	7 000	9 971	66 231	0	5 665	126 490	18 974	56 921	-376 711
15	149 126	7 000	5 189	66 231	0	5 665	131 272	19 691	56 204	-320 507
16	149 126	7 000	0	0	0	5 665	136 461	20 469	121 657	-198 850
17	149 126	7 000	0	0	0	5 665	136 461	20 469	121 657	-77 193
18	149 126	7 000	0	0	0	5 665	136 461	20 469	121 657	44 464
19	149 126	7 000	0	0	0	5 665	136 461	20 469	121 657	166 121
20	149 126	7 000	0	0	0	5 665	136 461	20 469	121 657	287 778
21	149 126	7 000	0	0	0	0	142 126	21 319	120 807	408 585
22	149 126	7 000	0	0	0	0	142 126	21 319	120 807	529 392
23	149 126	7 000	0	0	0	0	142 126	21 319	120 807	650 199
24	149 126	7 000	0	0	0	0	142 126	21 319	120 807	771 006
25	149 126	7 000	0	0	0	0	142 126	21 319	120 807	891 813
26	149 126	7 000	0	0	0	0	142 126	21 319	120 807	1 012 620
27	149 126	7 000	0	0	0	0	142 126	21 319	120 807	1 133 427
28	149 126	7 000	0	0	0	0	142 126	21 319	120 807	1 254 234
29	149 126	7 000	0	0	0	0	142 126	21 319	120 807	1 375 041
30	149 126	7 000	0	0	0	0	142 126	21 319	120 807	1 495 848

Příloha 4c

Splátkový kalendář					
Úvěr: 550 000 Kč		Úroková míra: 8,5%		Doba splácení: 15 let	
Rok	Počáteční stav (Kč)	Anuita (Kč)	Úrok (Kč)	Úmor (Kč)	Konečný stav (Kč)
1	550 000	66 231	46 750	19 481	530 519
2	530 519	66 231	45 094	21 137	509 382
3	509 382	66 231	43 297	22 934	486 448
4	486 448	66 231	41 348	24 883	461 565
5	461 565	66 231	39 233	26 998	434 566
6	434 566	66 231	36 938	29 293	405 273
7	405 273	66 231	34 448	31 783	373 490
8	373 490	66 231	31 747	34 485	339 006
9	339 006	66 231	28 815	37 416	301 590
10	301 590	66 231	25 635	40 596	260 994
11	260 994	66 231	22 184	44 047	216 947
12	216 947	66 231	18 440	47 791	169 156
13	169 156	66 231	14 378	51 853	117 303
14	117 303	66 231	9 971	56 260	61 043
15	61 043	66 231	5 189	61 043	0

Příloha 4d



Příloha 5 – Podklady pro určení návratnosti varianty 3 – Bánkiho t. (CINK Hydro-Energy)

Příloha 5a

Financování:										
100 % Vlastní kapitál										
Pořizovací cena: 1 650 000 Kč						Technologická část (TČ): 1 540 000 Kč				
						Stavební část (SČ): 110 000 Kč				
Rok	Tržby za elektřinu (Kč)	Provozní náklady (Kč)	Úroky z úvěru (Kč)	Anuita (Kč)	Odpisy TČ (Kč)	Odpisy SČ (Kč)	Základ daně (Kč)	Daň (Kč)	Čistý investiční příjem (Kč)	Bilance (Kč)
0										-1 650 000
1	95 369	6 000			84 700	2 365	2 304	346	89 023	-1 560 977
2	95 369	6 000			161 700	5 665	-77 996	0	89 369	-1 471 608
3	95 369	6 000			161 700	5 665	-77 996	0	89 369	-1 382 239
4	95 369	6 000			161 700	5 665	-77 996	0	89 369	-1 292 870
5	95 369	6 000			161 700	5 665	-77 996	0	89 369	-1 203 501
6	95 369	6 000			161 700	5 665	-77 996	0	89 369	-1 114 132
7	95 369	6 000			161 700	5 665	-77 996	0	89 369	-1 024 763
8	95 369	6 000			161 700	5 665	-77 996	0	89 369	-935 394
9	95 369	6 000			161 700	5 665	-77 996	0	89 369	-846 025
10	95 369	6 000			161 700	5 665	-77 996	0	89 369	-756 656
11	95 369	6 000			0	5 665	83 704	12 556	76 813	-679 843
12	95 369	6 000			0	5 665	83 704	12 556	76 813	-603 030
13	95 369	6 000			0	5 665	83 704	12 556	76 813	-526 217
14	95 369	6 000			0	5 665	83 704	12 556	76 813	-449 404
15	95 369	6 000			0	5 665	83 704	12 556	76 813	-372 591
16	95 369	6 000			0	5 665	83 704	12 556	76 813	-295 778
17	95 369	6 000			0	5 665	83 704	12 556	76 813	-218 965
18	95 369	6 000			0	5 665	83 704	12 556	76 813	-142 152
19	95 369	6 000			0	5 665	83 704	12 556	76 813	-65 339
20	95 369	6 000			0	5 665	83 704	12 556	76 813	11 474
21	95 369	6 000			0	0	89 369	13 405	75 964	87 438
22	95 369	6 000			0	0	89 369	13 405	75 964	163 402
23	95 369	6 000			0	0	89 369	13 405	75 964	239 366
24	95 369	6 000			0	0	89 369	13 405	75 964	315 330
25	95 369	6 000			0	0	89 369	13 405	75 964	391 294
26	95 369	6 000			0	0	89 369	13 405	75 964	467 258
27	95 369	6 000			0	0	89 369	13 405	75 964	543 222
28	95 369	6 000			0	0	89 369	13 405	75 964	619 186
29	95 369	6 000			0	0	89 369	13 405	75 964	695 150
30	95 369	6 000			0	0	89 369	13 405	75 964	771 114

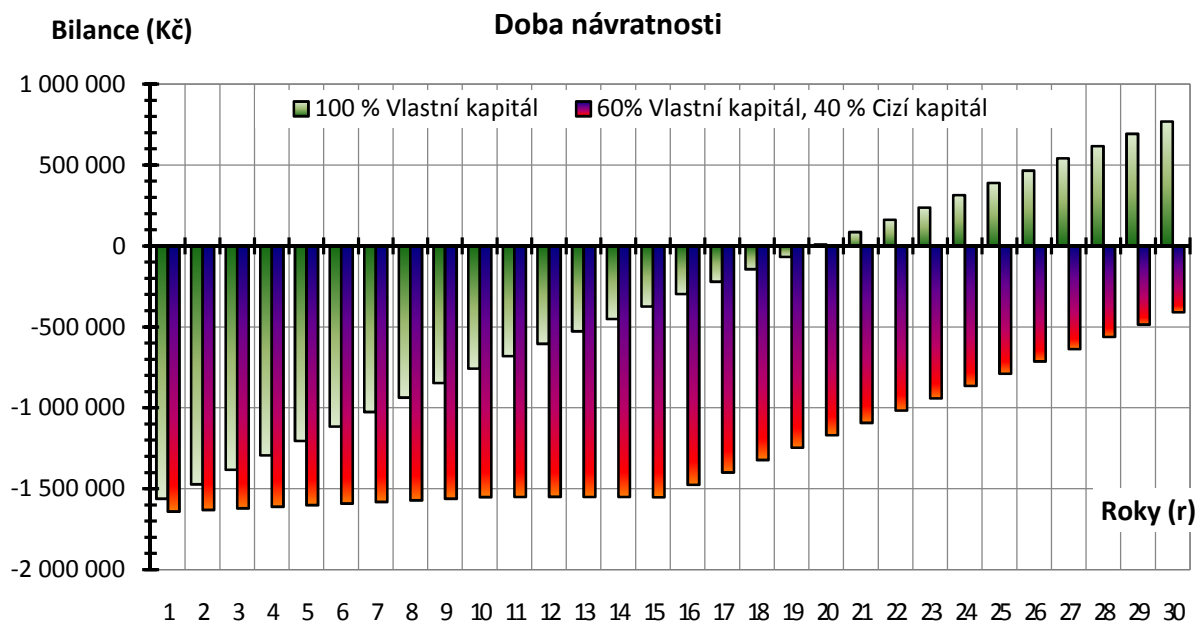
Příloha 5b

Financování: 60 % Vlastní kapitál 40 % Cizí kapitál (úvěr 660 000 Kč, úroková míra 8,5 % p. a., doba splácení 15 let)										
Pořizovací cena: 1 650 000 Kč						Technologická část (TČ): 1 540 000 Kč Stavební část (SČ): 110 000 Kč				
Rok	Tržby za elektřinu (Kč)	Provozní náklady (Kč)	Úroky z úvěru (Kč)	Anuita (Kč)	Odpisy TČ (Kč)	Odpisy SČ (Kč)	Základ daně (Kč)	Daň (Kč)	Čistý investiční příjem (Kč)	Bilance (Kč)
0										-1 650 000
1	95 369	6 000	56 100	79 478	84 700	2 365	-53 796	0	9 891	-1 640 109
2	95 369	6 000	54 113	79 478	161 700	5 665	-132 109	0	9 891	-1 630 218
3	95 369	6 000	51 957	79 478	161 700	5 665	-129 953	0	9 891	-1 620 327
4	95 369	6 000	49 618	79 478	161 700	5 665	-127 614	0	9 891	-1 610 436
5	95 369	6 000	47 080	79 478	161 700	5 665	-125 076	0	9 891	-1 600 545
6	95 369	6 000	44 326	79 478	161 700	5 665	-122 322	0	9 891	-1 590 654
7	95 369	6 000	41 338	79 478	161 700	5 665	-119 334	0	9 891	-1 580 763
8	95 369	6 000	38 096	79 478	161 700	5 665	-116 092	0	9 891	-1 570 872
9	95 369	6 000	34 579	79 478	161 700	5 665	-112 575	0	9 891	-1 560 981
10	95 369	6 000	30 762	79 478	161 700	5 665	-108 758	0	9 891	-1 551 090
11	95 369	6 000	26 621	79 478	0	5 665	57 083	8 562	1 329	-1 549 761
12	95 369	6 000	22 129	79 478	0	5 665	61 575	9 236	655	-1 549 106
13	95 369	6 000	17 254	79 478	0	5 665	66 450	9 968	-77	-1 549 183
14	95 369	6 000	11 965	79 478	0	5 665	71 739	10 761	-870	-1 550 053
15	95 369	6 000	6 226	79 478	0	5 665	77 478	11 622	-1 731	-1 551 784
16	95 369	6 000	0	0	0	5 665	83 704	12 556	76 813	-1 474 971
17	95 369	6 000	0	0	0	5 665	83 704	12 556	76 813	-1 398 158
18	95 369	6 000	0	0	0	5 665	83 704	12 556	76 813	-1 321 345
19	95 369	6 000	0	0	0	5 665	83 704	12 556	76 813	-1 244 532
20	95 369	6 000	0	0	0	5 665	83 704	12 556	76 813	-1 167 719
21	95 369	6 000	0	0	0	0	89 369	13 405	75 964	-1 091 755
22	95 369	6 000	0	0	0	0	89 369	13 405	75 964	-1 015 791
23	95 369	6 000	0	0	0	0	89 369	13 405	75 964	-939 827
24	95 369	6 000	0	0	0	0	89 369	13 405	75 964	-863 863
25	95 369	6 000	0	0	0	0	89 369	13 405	75 964	-787 899
26	95 369	6 000	0	0	0	0	89 369	13 405	75 964	-711 935
27	95 369	6 000	0	0	0	0	89 369	13 405	75 964	-635 971
28	95 369	6 000	0	0	0	0	89 369	13 405	75 964	-560 007
29	95 369	6 000	0	0	0	0	89 369	13 405	75 964	-484 043
30	95 369	6 000	0	0	0	0	89 369	13 405	75 964	-408 079

Příloha 5c

Splátkový kalendář					
Úvěr: 660 000 Kč		Úroková míra: 8,5%		Doba splácení: 15 let	
Rok	Počáteční stav (Kč)	Anuita (Kč)	Úrok (Kč)	Úmor (Kč)	Konečný stav (Kč)
1	660 000	79 478	56 100	23 378	636 622
2	636 622	79 478	54 113	25 365	611 258
3	611 258	79 478	51 957	27 521	583 737
4	583 737	79 478	49 618	29 860	553 877
5	553 877	79 478	47 080	32 398	521 480
6	521 480	79 478	44 326	35 152	486 328
7	486 328	79 478	41 338	38 140	448 188
8	448 188	79 478	38 096	41 382	406 807
9	406 807	79 478	34 579	44 899	361 908
10	361 908	79 478	30 762	48 715	313 192
11	313 192	79 478	26 621	52 856	260 336
12	260 336	79 478	22 129	57 349	202 987
13	202 987	79 478	17 254	62 224	140 764
14	140 764	79 478	11 965	67 513	73 251
15	73 251	79 478	6 226	73 251	0

Příloha 5d



Příloha 6 – Podklady pro určení návratnosti varianty 4 – Šneková t. (GESS-CZ)

Příloha 6a

Financování:										
100 % Vlastní kapitál										
Pořizovací cena: 1 822 692 Kč						Technologická část (TČ): 1 682 692 Kč				
						Stavební část (SČ): 140 000 Kč				
Rok	Tržby za elektřinu (Kč)	Provozní náklady (Kč)	Úroky z úvěru (Kč)	Anuita (Kč)	Odpisy TČ (Kč)	Odpisy SČ (Kč)	Základ daně (Kč)	Daň (Kč)	Čistý investiční příjem (Kč)	Bilance (Kč)
0										-1 822 692
1	97 982	6 000			92 548	3 010	-3 576	0	91 982	-1 730 710
2	97 982	6 000			176 683	7 210	-91 911	0	91 982	-1 638 728
3	97 982	6 000			176 683	7 210	-91 911	0	91 982	-1 546 746
4	97 982	6 000			176 683	7 210	-91 911	0	91 982	-1 454 764
5	97 982	6 000			176 683	7 210	-91 911	0	91 982	-1 362 782
6	97 982	6 000			176 683	7 210	-91 911	0	91 982	-1 270 800
7	97 982	6 000			176 683	7 210	-91 911	0	91 982	-1 178 818
8	97 982	6 000			176 683	7 210	-91 911	0	91 982	-1 086 836
9	97 982	6 000			176 683	7 210	-91 911	0	91 982	-994 854
10	97 982	6 000			176 683	7 210	-91 911	0	91 982	-902 872
11	97 982	6 000			0	7 210	84 772	12 716	79 266	-823 606
12	97 982	6 000			0	7 210	84 772	12 716	79 266	-744 340
13	97 982	6 000			0	7 210	84 772	12 716	79 266	-665 074
14	97 982	6 000			0	7 210	84 772	12 716	79 266	-585 808
15	97 982	6 000			0	7 210	84 772	12 716	79 266	-506 542
16	97 982	6 000			0	7 210	84 772	12 716	79 266	-427 276
17	97 982	6 000			0	7 210	84 772	12 716	79 266	-348 010
18	97 982	6 000			0	7 210	84 772	12 716	79 266	-268 744
19	97 982	6 000			0	7 210	84 772	12 716	79 266	-189 478
20	97 982	6 000			0	7 210	84 772	12 716	79 266	-110 212
21	97 982	6 000			0	0	91 982	13 797	78 185	-32 027
22	97 982	6 000			0	0	91 982	13 797	78 185	46 158
23	97 982	6 000			0	0	91 982	13 797	78 185	124 343
24	97 982	6 000			0	0	91 982	13 797	78 185	202 528
25	97 982	6 000			0	0	91 982	13 797	78 185	280 713
26	97 982	6 000			0	0	91 982	13 797	78 185	358 898
27	97 982	6 000			0	0	91 982	13 797	78 185	437 083
28	97 982	6 000			0	0	91 982	13 797	78 185	515 268
29	97 982	6 000			0	0	91 982	13 797	78 185	593 453
30	97 982	6 000			0	0	91 982	13 797	78 185	671 638

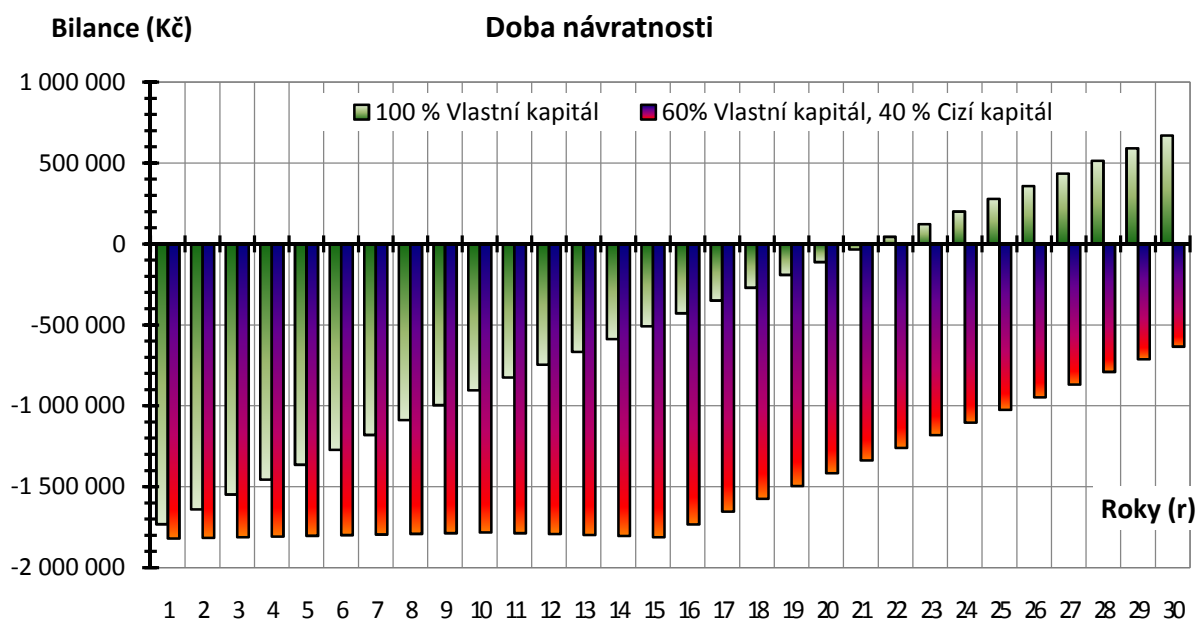
Příloha 6b

Financování:										
60 % Vlastní kapitál										
40 % Cizí kapitál (úvěr 730 000 Kč, úroková míra 8,5 % p. a., doba splácení 15 let)										
Pořizovací cena: 1 822 692 Kč						Technologická část (TČ): 1 682 692 Kč				
						Stavební část (SČ): 140 000 Kč				
Rok	Tržby za elektřinu (Kč)	Provozní náklady (Kč)	Úroky z úvěru (Kč)	Anuita (Kč)	Odpisy TČ (Kč)	Odpisy SČ (Kč)	Základ daně (Kč)	Daň (Kč)	Čistý investiční příjem (Kč)	Bilance (Kč)
0										-1 822 692
1	97 982	6 000	62 050	87 907	92 548	3 010	-65 626	0	4 075	-1 818 617
2	97 982	6 000	59 852	87 907	176 683	7 210	-151 763	0	4 075	-1 814 542
3	97 982	6 000	57 468	87 907	176 683	7 210	-149 379	0	4 075	-1 810 467
4	97 982	6 000	54 880	87 907	176 683	7 210	-146 791	0	4 075	-1 806 392
5	97 982	6 000	52 073	87 907	176 683	7 210	-143 984	0	4 075	-1 802 317
6	97 982	6 000	49 027	87 907	176 683	7 210	-140 938	0	4 075	-1 798 242
7	97 982	6 000	45 722	87 907	176 683	7 210	-137 633	0	4 075	-1 794 167
8	97 982	6 000	42 136	87 907	176 683	7 210	-134 047	0	4 075	-1 790 092
9	97 982	6 000	38 246	87 907	176 683	7 210	-130 157	0	4 075	-1 786 017
10	97 982	6 000	34 025	87 907	176 683	7 210	-125 936	0	4 075	-1 781 942
11	97 982	6 000	29 445	87 907	0	7 210	55 327	8 299	-4 224	-1 786 166
12	97 982	6 000	24 476	87 907	0	7 210	60 296	9 044	-4 969	-1 791 135
13	97 982	6 000	19 084	87 907	0	7 210	65 688	9 853	-5 778	-1 796 913
14	97 982	6 000	13 234	87 907	0	7 210	71 538	10 731	-6 656	-1 803 569
15	97 982	6 000	6 887	87 907	0	7 210	77 885	11 683	-7 608	-1 811 177
16	97 982	6 000	0	0	0	7 210	84 772	12 716	79 266	-1 731 911
17	97 982	6 000	0	0	0	7 210	84 772	12 716	79 266	-1 652 645
18	97 982	6 000	0	0	0	7 210	84 772	12 716	79 266	-1 573 379
19	97 982	6 000	0	0	0	7 210	84 772	12 716	79 266	-1 494 113
20	97 982	6 000	0	0	0	7 210	84 772	12 716	79 266	-1 414 847
21	97 982	6 000	0	0	0	0	91 982	13 797	78 185	-1 336 662
22	97 982	6 000	0	0	0	0	91 982	13 797	78 185	-1 258 477
23	97 982	6 000	0	0	0	0	91 982	13 797	78 185	-1 180 292
24	97 982	6 000	0	0	0	0	91 982	13 797	78 185	-1 102 107
25	97 982	6 000	0	0	0	0	91 982	13 797	78 185	-1 023 922
26	97 982	6 000	0	0	0	0	91 982	13 797	78 185	-945 737
27	97 982	6 000	0	0	0	0	91 982	13 797	78 185	-867 552
28	97 982	6 000	0	0	0	0	91 982	13 797	78 185	-789 367
29	97 982	6 000	0	0	0	0	91 982	13 797	78 185	-711 182
30	97 982	6 000	0	0	0	0	91 982	13 797	78 185	-632 997

Příloha 6c

Splátkový kalendář					
Úvěr: 730 000 Kč		Úroková míra: 8,5%		Doba splácení: 15 let	
Rok	Počáteční stav (Kč)	Anuita (Kč)	Úrok (Kč)	Úmor (Kč)	Konečný stav (Kč)
1	730 000	87 907	62 050	25 857	704 143
2	704 143	87 907	59 852	28 055	676 088
3	676 088	87 907	57 468	30 439	645 649
4	645 649	87 907	54 880	33 027	612 622
5	612 622	87 907	52 073	35 834	576 788
6	576 788	87 907	49 027	38 880	537 908
7	537 908	87 907	45 722	42 185	495 723
8	495 723	87 907	42 136	45 770	449 953
9	449 953	87 907	38 246	49 661	400 292
10	400 292	87 907	34 025	53 882	346 410
11	346 410	87 907	29 445	58 462	287 948
12	287 948	87 907	24 476	63 431	224 516
13	224 516	87 907	19 084	68 823	155 693
14	155 693	87 907	13 234	74 673	81 020
15	81 020	87 907	6 887	81 020	0

Příloha 6d



Příloha 7 – Podklady pro určení návratnosti varianty 5 – Násosková t. (Mavel)

Příloha 7a

Financování:										
100 % Vlastní kapitál										
Pořizovací cena: 590 000 Kč						Technologická část (TČ): 575 000 Kč				
						Stavební část (SČ): 15 000 Kč – Neodepisuje se				
Rok	Tržby za elektřinu (Kč)	Provozní náklady (Kč)	Úroky z úvěru (Kč)	Anuita (Kč)	Odpisy TČ (Kč)	Odpisy SČ (Kč)	Základ daně (Kč)	Daň (Kč)	Čistý investiční příjem (Kč)	Bilance (Kč)
0										-590 000
1	53 024	4 000			31 625	0	17 399	2 610	46 414	-543 586
2	53 024	4 000			60 375	0	-11 351	0	49 024	-494 562
3	53 024	4 000			60 375	0	-11 351	0	49 024	-445 538
4	53 024	4 000			60 375	0	-11 351	0	49 024	-396 514
5	53 024	4 000			60 375	0	-11 351	0	49 024	-347 490
6	53 024	4 000			60 375	0	-11 351	0	49 024	-298 466
7	53 024	4 000			60 375	0	-11 351	0	49 024	-249 442
8	53 024	4 000			60 375	0	-11 351	0	49 024	-200 418
9	53 024	4 000			60 375	0	-11 351	0	49 024	-151 394
10	53 024	4 000			60 375	0	-11 351	0	49 024	-102 370
11	53 024	4 000			0	0	49 024	7 354	41 670	-60 700
12	53 024	4 000			0	0	49 024	7 354	41 670	-19 030
13	53 024	4 000			0	0	49 024	7 354	41 670	22 640
14	53 024	4 000			0	0	49 024	7 354	41 670	64 310
15	53 024	4 000			0	0	49 024	7 354	41 670	105 980
16	53 024	4 000			0	0	49 024	7 354	41 670	147 650
17	53 024	4 000			0	0	49 024	7 354	41 670	189 320
18	53 024	4 000			0	0	49 024	7 354	41 670	230 990
19	53 024	4 000			0	0	49 024	7 354	41 670	272 660
20	53 024	4 000			0	0	49 024	7 354	41 670	314 330
21	53 024	4 000			0	0	49 024	7 354	41 670	356 000
22	53 024	4 000			0	0	49 024	7 354	41 670	397 670
23	53 024	4 000			0	0	49 024	7 354	41 670	439 340
24	53 024	4 000			0	0	49 024	7 354	41 670	481 010
25	53 024	4 000			0	0	49 024	7 354	41 670	522 680
26	53 024	4 000			0	0	49 024	7 354	41 670	564 350
27	53 024	4 000			0	0	49 024	7 354	41 670	606 020
28	53 024	4 000			0	0	49 024	7 354	41 670	647 690
29	53 024	4 000			0	0	49 024	7 354	41 670	689 360
30	53 024	4 000			0	0	49 024	7 354	41 670	731 030

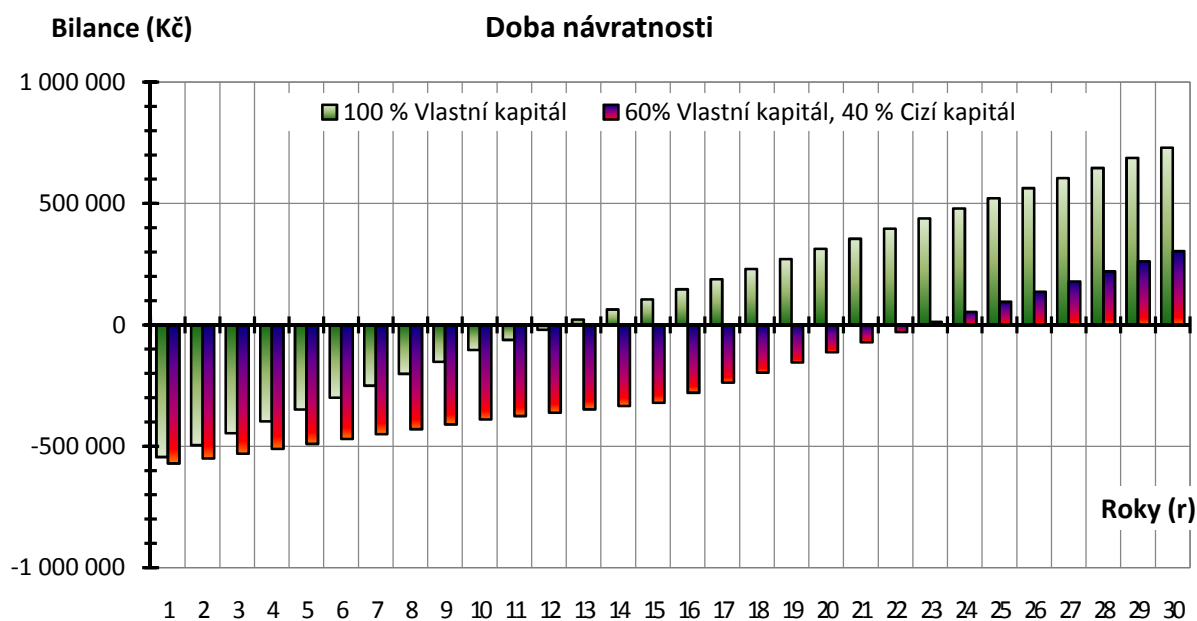
Příloha 7b

Financování:										
60 % Vlastní kapitál										
40 % Cizí kapitál (úvěr 240 000 Kč, úroková míra 8,5 % p. a., doba splácení 15 let)										
Pořizovací cena: 590 000 Kč						Technologická část (TČ): 575 000 Kč Stavební část (SČ): 15 000 Kč – Neodepisuje se				
Rok	Tržby za elektřinu (Kč)	Provozní náklady (Kč)	Úroky z úvěru (Kč)	Anuita (Kč)	Odpisy TČ (Kč)	Odpisy SČ (Kč)	Základ daně (Kč)	Daň (Kč)	Čistý investiční příjem (Kč)	Bilance (Kč)
0										-590 000
1	53 024	4 000	20 400	28 901	31 625	0	-3 001	0	20 123	-569 877
2	53 024	4 000	19 677	28 901	60 375	0	-31 028	0	20 123	-549 754
3	53 024	4 000	18 893	28 901	60 375	0	-30 244	0	20 123	-529 631
4	53 024	4 000	18 043	28 901	60 375	0	-29 394	0	20 123	-509 508
5	53 024	4 000	17 120	28 901	60 375	0	-28 471	0	20 123	-489 385
6	53 024	4 000	16 118	28 901	60 375	0	-27 469	0	20 123	-469 262
7	53 024	4 000	15 032	28 901	60 375	0	-26 383	0	20 123	-449 139
8	53 024	4 000	13 853	28 901	60 375	0	-25 204	0	20 123	-429 016
9	53 024	4 000	12 574	28 901	60 375	0	-23 925	0	20 123	-408 893
10	53 024	4 000	11 186	28 901	60 375	0	-22 537	0	20 123	-388 770
11	53 024	4 000	9 680	28 901	0	0	39 344	5 902	14 221	-374 549
12	53 024	4 000	8 047	28 901	0	0	40 977	6 147	13 976	-360 573
13	53 024	4 000	6 274	28 901	0	0	42 750	6 413	13 710	-346 863
14	53 024	4 000	4 351	28 901	0	0	44 673	6 701	13 422	-333 441
15	53 024	4 000	2 264	28 901	0	0	46 760	7 014	13 109	-320 332
16	53 024	4 000	0	0	0	0	49 024	7 354	41 670	-278 662
17	53 024	4 000	0	0	0	0	49 024	7 354	41 670	-236 992
18	53 024	4 000	0	0	0	0	49 024	7 354	41 670	-195 322
19	53 024	4 000	0	0	0	0	49 024	7 354	41 670	-153 652
20	53 024	4 000	0	0	0	0	49 024	7 354	41 670	-111 982
21	53 024	4 000	0	0	0	0	49 024	7 354	41 670	-70 312
22	53 024	4 000	0	0	0	0	49 024	7 354	41 670	-28 642
23	53 024	4 000	0	0	0	0	49 024	7 354	41 670	13 028
24	53 024	4 000	0	0	0	0	49 024	7 354	41 670	54 698
25	53 024	4 000	0	0	0	0	49 024	7 354	41 670	96 368
26	53 024	4 000	0	0	0	0	49 024	7 354	41 670	138 038
27	53 024	4 000	0	0	0	0	49 024	7 354	41 670	179 708
28	53 024	4 000	0	0	0	0	49 024	7 354	41 670	221 378
29	53 024	4 000	0	0	0	0	49 024	7 354	41 670	263 048
30	53 024	4 000	0	0	0	0	49 024	7 354	41 670	304 718

Příloha 7c

Splátkový kalendář					
Úvěr: 240 000 Kč		Úroková míra: 8,5%		Doba splácení: 15 let	
Rok	Počáteční stav (Kč)	Anuita (Kč)	Úrok (Kč)	Úmor (Kč)	Konečný stav (Kč)
1	240 000	28 901	20 400	8 501	231 499
2	231 499	28 901	19 677	9 223	222 276
3	222 276	28 901	18 893	10 007	212 268
4	212 268	28 901	18 043	10 858	201 410
5	201 410	28 901	17 120	11 781	189 629
6	189 629	28 901	16 118	12 782	176 846
7	176 846	28 901	15 032	13 869	162 978
8	162 978	28 901	13 853	15 048	147 930
9	147 930	28 901	12 574	16 327	131 603
10	131 603	28 901	11 186	17 715	113 888
11	113 888	28 901	9 680	19 220	94 668
12	94 668	28 901	8 047	20 854	73 814
13	73 814	28 901	6 274	22 627	51 187
14	51 187	28 901	4 351	24 550	26 637
15	26 637	28 901	2 264	26 637	0

Příloha 7d



Příloha 8 – Podklady pro určení návratnosti varianty 6 – Vodní kolo (Mikyška)

Příloha 8a

Financování:										
100 % Vlastní kapitál										
Pořizovací cena: 862 410 Kč						Technologická část (TČ): 822 410 Kč				
						Stavební část (SČ): 40 000 Kč				
Rok	Tržby za elektřinu (Kč)	Provozní náklady (Kč)	Úroky z úvěru (Kč)	Anuita (Kč)	Odpisy TČ (Kč)	Odpisy SČ (Kč)	Základ daně (Kč)	Daň (Kč)	Čistý investiční příjem (Kč)	Bilance (Kč)
0										-862 410
1	69 648	5 000			45 233	860	18 555	2 783	61 865	-800 545
2	69 648	5 000			86 353	2 060	-23 765	0	64 648	-735 897
3	69 648	5 000			86 353	2 060	-23 765	0	64 648	-671 249
4	69 648	5 000			86 353	2 060	-23 765	0	64 648	-606 601
5	69 648	5 000			86 353	2 060	-23 765	0	64 648	-541 953
6	69 648	5 000			86 353	2 060	-23 765	0	64 648	-477 305
7	69 648	5 000			86 353	2 060	-23 765	0	64 648	-412 657
8	69 648	5 000			86 353	2 060	-23 765	0	64 648	-348 009
9	69 648	5 000			86 353	2 060	-23 765	0	64 648	-283 361
10	69 648	5 000			86 353	2 060	-23 765	0	64 648	-218 713
11	69 648	5 000			0	2 060	62 588	9 388	55 260	-163 453
12	69 648	5 000			0	2 060	62 588	9 388	55 260	-108 193
13	69 648	5 000			0	2 060	62 588	9 388	55 260	-52 933
14	69 648	5 000			0	2 060	62 588	9 388	55 260	2 327
15	69 648	5 000			0	2 060	62 588	9 388	55 260	57 587
16	69 648	5 000			0	2 060	62 588	9 388	55 260	112 847
17	69 648	5 000			0	2 060	62 588	9 388	55 260	168 107
18	69 648	5 000			0	2 060	62 588	9 388	55 260	223 367
19	69 648	5 000			0	2 060	62 588	9 388	55 260	278 627
20	69 648	5 000			0	2 060	62 588	9 388	55 260	333 887
21	69 648	5 000			0	0	64 648	9 697	54 951	388 838
22	69 648	5 000			0	0	64 648	9 697	54 951	443 789
23	69 648	5 000			0	0	64 648	9 697	54 951	498 740
24	69 648	5 000			0	0	64 648	9 697	54 951	553 691
25	69 648	5 000			0	0	64 648	9 697	54 951	608 642
26	69 648	5 000			0	0	64 648	9 697	54 951	663 593
27	69 648	5 000			0	0	64 648	9 697	54 951	718 544
28	69 648	5 000			0	0	64 648	9 697	54 951	773 495
29	69 648	5 000			0	0	64 648	9 697	54 951	828 446
30	69 648	5 000			0	0	64 648	9 697	54 951	883 397

Příloha 8b

Financování:										
60 % Vlastní kapitál										
40 % Cizí kapitál (úvěr 340 000 Kč, úroková míra 8,5 % p. a., doba splacení 15 let)										
Pořizovací cena: 862 410 Kč						Technologická část (TČ): 822 410 Kč				
						Stavební část (SČ): 40 000 Kč				
Rok	Tržby za elektřinu (Kč)	Provozní náklady (Kč)	Úroky z úvěru (Kč)	Anuita (Kč)	Odpisy TČ (Kč)	Odpisy SČ (Kč)	Základ daně (Kč)	Daň (Kč)	Čistý investiční příjem (Kč)	Bilance (Kč)
0										-862 410
1	69 648	5 000	28 900	40 943	45 233	860	-10 345	0	23 705	-838 705
2	69 648	5 000	27 876	40 943	86 353	2 060	-51 641	0	23 705	-815 000
3	69 648	5 000	26 766	40 943	86 353	2 060	-50 531	0	23 705	-791 295
4	69 648	5 000	25 561	40 943	86 353	2 060	-49 326	0	23 705	-767 590
5	69 648	5 000	24 253	40 943	86 353	2 060	-48 018	0	23 705	-743 885
6	69 648	5 000	22 834	40 943	86 353	2 060	-46 599	0	23 705	-720 180
7	69 648	5 000	21 295	40 943	86 353	2 060	-45 060	0	23 705	-696 475
8	69 648	5 000	19 625	40 943	86 353	2 060	-43 390	0	23 705	-672 770
9	69 648	5 000	17 813	40 943	86 353	2 060	-41 578	0	23 705	-649 065
10	69 648	5 000	15 847	40 943	86 353	2 060	-39 612	0	23 705	-625 360
11	69 648	5 000	13 714	40 943	0	2 060	48 874	7 331	16 374	-608 986
12	69 648	5 000	11 400	40 943	0	2 060	51 188	7 678	16 027	-592 959
13	69 648	5 000	8 888	40 943	0	2 060	53 700	8 055	15 650	-577 309
14	69 648	5 000	6 164	40 943	0	2 060	56 424	8 464	15 241	-562 068
15	69 648	5 000	3 208	40 943	0	2 060	59 380	8 907	14 798	-547 270
16	69 648	5 000	0	0	0	2 060	62 588	9 388	55 260	-492 010
17	69 648	5 000	0	0	0	2 060	62 588	9 388	55 260	-436 750
18	69 648	5 000	0	0	0	2 060	62 588	9 388	55 260	-381 490
19	69 648	5 000	0	0	0	2 060	62 588	9 388	55 260	-326 230
20	69 648	5 000	0	0	0	2 060	62 588	9 388	55 260	-270 970
21	69 648	5 000	0	0	0	0	64 648	9 697	54 951	-216 019
22	69 648	5 000	0	0	0	0	64 648	9 697	54 951	-161 068
23	69 648	5 000	0	0	0	0	64 648	9 697	54 951	-106 117
24	69 648	5 000	0	0	0	0	64 648	9 697	54 951	-51 166
25	69 648	5 000	0	0	0	0	64 648	9 697	54 951	3 785
26	69 648	5 000	0	0	0	0	64 648	9 697	54 951	58 736
27	69 648	5 000	0	0	0	0	64 648	9 697	54 951	113 687
28	69 648	5 000	0	0	0	0	64 648	9 697	54 951	168 638
29	69 648	5 000	0	0	0	0	64 648	9 697	54 951	223 589
30	69 648	5 000	0	0	0	0	64 648	9 697	54 951	278 540

Příloha 8c

Splátkový kalendář					
Úvěr: 340 000 Kč		Úroková míra: 8,5%		Doba splácení: 15 let	
Rok	Počáteční stav (Kč)	Anuita (Kč)	Úrok (Kč)	Úmor (Kč)	Konečný stav (Kč)
1	340 000	40 943	28 900	12 043	327 957
2	327 957	40 943	27 876	13 067	314 890
3	314 890	40 943	26 766	14 177	300 713
4	300 713	40 943	25 561	15 382	285 331
5	285 331	40 943	24 253	16 690	268 641
6	268 641	40 943	22 834	18 108	250 533
7	250 533	40 943	21 295	19 648	230 885
8	230 885	40 943	19 625	21 318	209 567
9	209 567	40 943	17 813	23 130	186 437
10	186 437	40 943	15 847	25 096	161 342
11	161 342	40 943	13 714	27 229	134 113
12	134 113	40 943	11 400	29 543	104 569
13	104 569	40 943	8 888	32 055	72 515
14	72 515	40 943	6 164	34 779	37 735
15	37 735	40 943	3 208	37 735	0

Příloha 8d

