

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

**KATEDRA ELEKTROENERGETIKY A EKOLOGIE**

# **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Zhodnocení provozu MVE Klášterský mlýn**

**ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**  
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Petra UNGROVÁ**  
Osobní číslo: **E11B0317P**  
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**  
Studijní obor: **Technická ekologie**  
Název tématu: **Zhodnocení provozu MVE Klášterský mlýn**  
Zadávající katedra: **Katedra elektroenergetiky a ekologie**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Popište MVE Klášterský mlýn na Otavě.
2. Popište problematiku dodávání energie do sítě z MVE Kl. mlýn. Charakterizujte způsob připojení MVE Kl. mlýn do sítě.
3. Analyzujte dosavadní provoz elektrárny z energetického hlediska.
4. Vyhodnoťte roční provoz MVE Kl. mlýn.

Rozsah grafických prací: podle doporučení vedoucího  
Rozsah pracovní zprávy: 20 - 30 stran  
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická  
Seznam odborné literatury:


**Student si vhodnou literaturu vyhledá v dostupných pramenech podle doporučení vedoucího práce.**

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Petr Jindra**  
Katedra elektroenergetiky a ekologie

Datum zadání bakalářské práce: **14. října 2013**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **9. června 2014**

  
Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.  
děkan



  
Doc. Ing. Karel Noháč, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Plzni dne 14. října 2013

## **Abstrakt**

Předkládaná bakalářská práce se zabývá zhodnocením provozu malé vodní elektrárny Klášterský mlýn na Otavě. Cílem této práce je popsat tuto elektrárnu, popsat problematiku dodávání energie do sítě a analyzovat dosavadní provoz elektrárny. Závěrem práce je vyhodnocení ročního provozu malé vodní elektrárny.

## **Klíčová slova**

Malá vodní elektrárna, energie, průtok, instalovaný výkon, distribuční síť, Klášterský mlýn, turbína, generátor, rybí přechod, účinnost, cash flow.



## **Abstract**

The presented bachelor thesis describes evaluation of the working of a small hydroelectric power plant in Klášterský mlýn on the river of Otava. It aims to describe the power plant, describe the problem of supplying the energy to the distribution network and analyse the working of the power plant to date. The conclusion of the thesis is an evaluation of a year long working of a small hydroelectric power plant.

## **Key words**

Small hydro power plant, power, flow rate, installed capacity, distribution network, Klášterský mlýn, turbine, generator, fish passage, maximum usable flow, cash flow.

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této bakalářské práce, je legální.

.....  
podpis

V Plzni dne 19.5.2014

Petra Ungrová

## **Poděkování**

Tímto bych chtěla poděkovat vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Petru Jindrovi za cenné rady a poznatky. Dále bych ráda poděkovala panu Ing. Jakobovi Helusovi ze společnosti RenoEnergie, a.s. za poskytnutí veškerých informací o malé vodní elektrárně .

## Obsah

<b>OBSAH.....</b>	<b>8</b>
<b>SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>9</b>
<b>ÚVOD.....</b>	<b>10</b>
<b>1. MALÉ VODNÍ ELEKTRÁRNY OBECNĚ.....</b>	<b>11</b>
1.1 PRINCIP VODNÍCH ELEKTRÁREN.....	11
1.2 MALÉ VODNÍ ELEKTRÁRNY.....	11
1.3 VODNÍ ELEKTRÁRNY V ČR.....	11
1.4 VODNÍ TURBÍNY.....	13
1.5 GENERÁTOR.....	15
<b>2. MVE KLÁŠTERSKÝ MLÝN.....</b>	<b>16</b>
2.1 MVE KLÁŠTERSKÝ MLÝN.....	16
2.2 POPIS LOKALITY.....	16
2.3 STAVEBNÍ A TECHNOLOGICKÉ ÚPRAVY.....	18
<b>3. DODÁVÁNÍ ENERGIE DO SÍTĚ.....</b>	<b>19</b>
3.1 OBECNÉ PŘIPOJOVACÍ PODMÍNKY.....	19
3.3 PŘIPOJENÍ MVE KLÁŠTERSKÝ MLÝN.....	20
<b>4. ANALÝZA A VYHODNOCENÍ MVE KLÁŠTERSKÝ MLÝN.....</b>	<b>23</b>
4.1 ANALÝZA DOSAVADNÍHO PROVOZU MVE KLÁŠTERSKÝ MLÝN.....	23
4.2 VYHODNOCENÍ ROČNÍHO PROVOZU MVE KLÁŠTERSKÝ MLÝN.....	25
4.3 ENVIRONMENTÁLNÍ VYHODNOCENÍ PROVOZU MVE.....	31
4.4 PROVOZNÍ DETAILS A ZAJÍMAVOSTI.....	32
<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>34</b>
<b>SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ.....</b>	<b>36</b>
<b>PŘÍLOHY.....</b>	<b>1</b>

## Seznam symbolů a zkratk

MVE .....	Malá vodní elektrárna
$Q_M$ [m <sup>3</sup> /s] .....	Průtok
$Q_T$ [m <sup>3</sup> /s] .....	Hltnost turbíny
$H_u$ [m] .....	Užitečný spád, který zpracovává turbína
MZP [m <sup>3</sup> /s] .....	Minimální zůstatkový průtok v místě přelivu přes stabilizační práh
NN .....	Nízké napětí
VN .....	Vysoké napětí
VVN .....	Velmi vysoké napětí
$\eta_T$ .....	Účinnost turbíny
$P_T$ [kW] .....	Teoretický hydroenergetický potenciál
$\eta_{pr}$ .....	Účinnost přeměny (převodu)
$\eta_g$ .....	Účinnost generátoru
$P_g$ [kW] .....	Užitečný výkon vodní elektrárny na svorkách generátoru
$E_g$ [kWh] .....	Vyrobená energie

## **Úvod**

Předkládaná práce je zaměřena na zhodnocení ročního provozu malé vodní elektrárny Klášterský mlýn na Otavě. Toto téma jsem si vybrala proto, že mě vodní elektrárny zajímají a myslím si, že jsou pro svoji stabilní výrobu elektrické energie nejlepším obnovitelným zdrojem na území České republiky.

V první části práce se zabývám malými vodními elektrárnami obecně i malou vodní elektrárnou Klášterský mlýn. V této části je dále popis lokality a popis stavebních úprav na elektrárně. Druhá část práce obsahuje obecné připojovací podmínky do distribuční sítě a samotné připojení elektrárny. V třetí části analyzuji dosavadní roční provoz a dále provádím hodnocení z finančního, energetického i environmentálního hlediska.

# 1. Malé vodní elektrárny obecně

## 1.1 Princip vodních elektráren

Vodní elektrárna vyrábí elektrickou energii přeměnou potenciální energie vody. Voda přiváděna kanálem roztáčí turbínu, kde vzniká mechanický moment. Mechanický moment je převeden na hřídel elektrického generátoru a tím vytváří elektrickou energii. Energie, kterou můžeme z vodního toku využít, závisí na výškovém rozdílu vodních hladin a na průtoku vody. Za pomoci přehrad a jezů získáváme rozdílnou výšku hladin. [1]

## 1.2 Malé vodní elektrárny

Vodních elektráren existuje několik typů. Můžeme je dělit podle systému soustředění na přehradní a jezové, derivační (odvádí pomocí koryta vodu z vodního toku) a přečerpávací. Podle velikosti spádu na nízkotlaké (do 20 m), středotlaké (20 – 100 m) a vysokotlaké (nad 100 m). Vodní elektrárny můžeme také dělit podle výkonu na malé a velké. Mezi malé vodní elektrárny podle Evropské unie patří ty, které mají výkon do 5 MW a podle ČR jsou to zařízení s výkonem do 10 MW. Tyto elektrárny se většinou staví na menších tocích v místech bývalých mlýnů a jezů, kde je průtok toku ovlivňován úhrnem srážek a ročním obdobím. Jelikož malé vodní elektrárny neprodukují žádné odpady a emise, jsou tak velmi ekonomickým a ekologickým zdrojem vyrábějícím elektrickou energii. Protože u malých vodních elektráren nedochází ke kolísání vyrobeného výkonu, dodávky lze lépe plánovat a nevzniká nárazové přetěžování elektrizační soustavy. Toto neplatí u fotovoltaických a větrných elektráren, u kterých závisí množství vyrobeného výkonu na okamžitém počasí. Jediným problémem u malých vodních elektráren je negativní vliv na ekosystém toků. Může to být například znemožnění přirozené migrace ryb nebo velkým odběrem vody může dojít k narušení říčního ekosystému. [2]

## 1.3 Vodní elektrárny v ČR

Vodní elektrárny se v České republice nestaví z důvodu objemové výroby elektrické energie, ale kvůli vlastnostem při provozu. Jejich významnou vlastností je velmi rychlá reakce na okamžitou potřebu elektrické energie v distribuční síti. Výroba elektrické energie je levná a

využívá se zejména na pokrytí špičkové spotřeby v síti. Přečerpávací vodní elektrárny odebírají přebytečnou energii ze sítě. Malé průtočné vodní elektrárny jsou ekologické, ale nedají se dobře regulovat z technických důvodů a důvodu nestálého průtoku, který je závislý na aktuálním počasí a ročním období. Velké vodní elektrárny akumulární většinou zajišťují stálý průtok a jsou dobře regulovatelné, ale nejsou tak šetrné k životnímu prostředí jako malé průtočné vodní elektrárny.

Pro zajímavost bylo v roce 1930 v Československu 17 000 elektráren, mlýnů, hamrů, pil a jiných zařízení využívající vodní energii. Většina z těchto zařízení byla v padesátých letech 20. století zrušena, jelikož byla konkurencí centrálně řízeného socialistického hospodářství. V osmdesátých letech minulého století bylo v České republice přibližně 135 malých vodních elektráren.

V roce 2008 v ČR vyrobily obnovitelné zdroje 2 633,9 GWh/rok. Větrné elektrárny vyrobily 244,7 GWh/rok, solární elektrárny vyrobily 12,9 GWh/rok a vodní elektrárny vyrobily 2 376,3 GWh/rok. Jedná se o celkovou výrobu elektřiny, která byla změřená na svorkách generátorů bez zmenšení o vlastní spotřebu. Vodní elektrárny se podílely necelými 3 % na výrobě elektrické energie v České republice. Z celkového množství vyrobené energie ve vodních elektrárnách se 40,7 % vyrobilo v malých vodních elektrárnách, 44,5 % ve vodních elektrárnách o výkonu nad 10 MW a 14,8 % vyrobily přečerpávací vodní elektrárny. K roku 2009 se na území ČR evidovalo 1 354 MWE a vyrobily 2 982,7 GWh/rok.

V roce 2012 vyrobily vodní elektrárny 2 963 GWh/rok, větrné elektrárny 417,3 GWh/rok a solární elektrárny 2 173,1 GWh/rok elektrické energie. Na území ČR je technický využitelný potenciál řek 3 380 GWh/rok. V současnosti by mělo být na území ČR několik tisíc vhodných lokalit na výstavbu malých vodních elektráren, tyto lokality se nachází zejména na místech již zaniklých vodních děl. Velkým problémem při výstavbě MVE je ekonomika. Přivaděče, náhony a jezy jsou často zničené a jejich obnova je nákladná a administrativně složitá. Dalším omezením při výstavbě může být ochrana přírody. Ne na všech místech se může MVE obnovit. [13] [14] [16] [17] [18]



## 1.4 Vodní turbíny

Nejdůležitější součástí vodní elektrárny je vodní motor nebo-li turbína. Jedná se o točivý mechanický stroj, který mění tlakovou nebo kinetickou energii vody na mechanickou energii. Při výběru turbíny záleží na účelu a podmínkách elektrárny. Turbín existuje několik typů a lze je rozdělit podle orientace proudění:

- tangenciální
- radiální
- diagonální
- axiální

Podle tlaku:

- rovnotlaké
- přetlakové

Dle polohy:

- horizontální
- vertikál

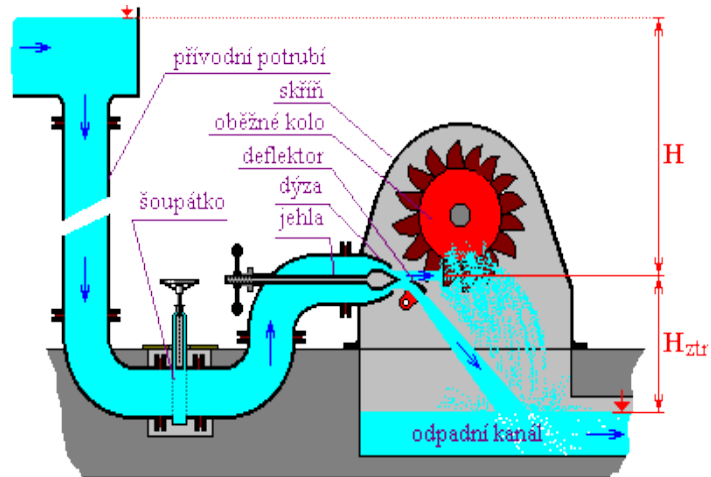
A podle celkové konstrukce například:

- Peltonova turbína
- Francisova turbína
- Kaplanova turbína
- Bánkiho turbína
- Dériazova turbína
- Savoniova turbína
- Daviova turbína a další

Pro bližší popis jsem si vybrala tři nejpoužívanější typy vodních turbín.

Peltonova turbína je rovnotlaká turbína o účinnosti 80 až 95 %. Tato turbína byla vynalezena roku 1880. Turbína se aplikuje při vysokých spádech a při malých průtocích v malých

vodních elektrárnách. Při větších spádech je nutné počítat s velkou odstředivou silou, která působí na lopatky turbíny. Velký průtok je zapotřebí rozdělit na více strojů. Rozsah jejího použití je od 30 až po 1 800 m. Voda je pomocí dýzy vháněná na lopatky lžícovitého tvaru.



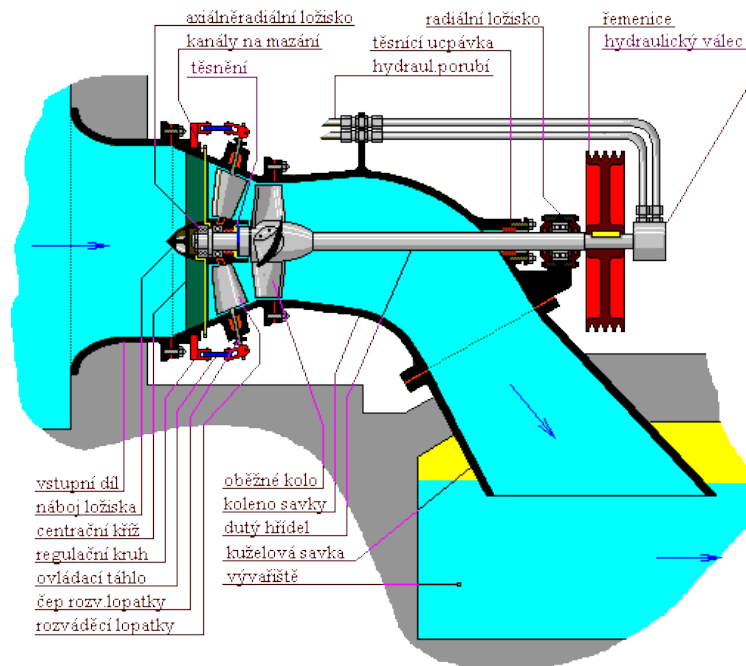
Obr. 1.1 Peltonova turbína [20]

Francisova turbína je přetlaková turbína, kterou podle uložení hřídele dělíme na vertikální nebo horizontální. Tato turbína má účinnost 90 % a byla vyrobena v roce 1848. Využívá se při středních a větších průtocích a spádech. Časté použití je u přečerpávacích vodních elektráren. Voda při průchodu turbínou mění tlak a tím odevzdává svoji energii.



Obr 1.2 Francisova turbína s generátorem [20]

Kaplanova turbína je axiální přetlaková a je velmi dobře regulovatelná. Tuto turbínu vynalezl profesor Viktor Kaplan v roce 1919. Využívá se pro spády od 1 do 70 m a při nekonstantních průtocích. Její účinnost je větší než u Francisovi turbíny. [3] [4]



Obr. 1.3 Kaplanova turbína [19]

## 1.5 Generátor

Elektrický generátor je stroj, který přeměňuje mechanickou energii na energii elektrickou. Jde o točivý stroj využívající magnetického pole cívek. Součástí stroje je stator a rotor. V rotoru se vytváří točivé magnetické pole. Cívky, ve kterých se indukuje elektrické napětí, jsou umístěny ve statoru. Jsou dva základní typy generátoru: alternátor a dynamo. Alternátor generuje střídavý proud a nemá v sobě zabudovaný komutátor. Dynamo produkuje stejnosměrný proud a obsahuje komutátor. Komutátor převádí střídavý proud na proud stejnosměrný. Alternátory dále můžeme dělit na turboalternátory, které jsou poháněné parními turbínami a na hydroalternátory, které pohání vodní turbíny. Turboalternátory jsou nejčastěji dvupólové. Oproti nim hydroalternátory jsou vícepólové a mají nižší otáčky než turboalternátory. [9]

## 2. MVE Klášterský mlýn

### 2.1 MVE Klášterský mlýn

MVE Klášterský mlýn je derivační průtočná elektrárna, která se nachází na 107,9 říčním kilometru na řece Otavě. Elektrárna byla uvedena do provozu v lednu 2013. Jedná se tedy o mladou vodní elektrárnu postavenou na místě původního mlýna (Klásterský mlýn). V elektrárně je instalovaný výkon 185 kW (dosažitelný 184,5 kW). V MVE je použita horizontální Kaplanova turbína. Vlastníkem vodní elektrárny je firma RenoEnergie a.s..

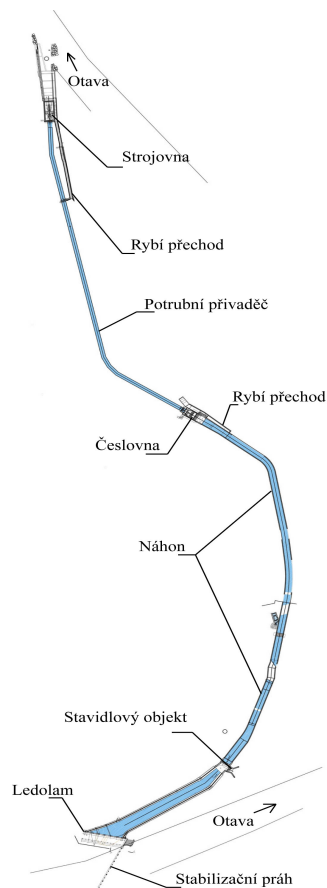
### 2.2 Popis lokality

MVE Klášterský mlýn je součástí obce Rejštejn. Obec leží na soutoku Otavy a říčky Losenice, 10 km od města Sušice. Klášterský mlýn je bývalá sklárna, která byla založena roku 1836 a svůj provoz ukončila roku 1947. Další MVE najdeme nedaleko po proudu Otavy v obci Radešov. V říčce Otavě v obci Rejštejn je průměrný roční průtok  $Q_a = 8,27 \text{ m}^3/\text{s}$ . V *Tabulce 2.2* vidíme roční průtok vody a změnu výšky hladiny spádu během roku. Velikost spádu závisí na rozdílu hladin a průtoku. Vodní elektrárny, které mají velmi malý spád, ho snižují při zvětšeném průtoku, z tohoto důvodu klesá výkon vodní elektrárny. Při vysokém stavu vody se sníží rozdíl mezi hladinou nad vzdouvacím zařízením a pod ním. Minimální spád pro Kaplanovu turbínu činí 1,5 m. Při nízkém stavu hladiny se spád může zvýšit jezovými klapkami nebo výstavbou derivačního a odpadního kanálu. V *Tabulce 2.2* je také zaznamenán minimální zůstatkový průtok, který je potřeba zachovat v původním toku řeky. Tento průtok stanovuje vodohospodářský úřad. V případě MVE Klášterský mlýn tento průtok stanovil Městský úřad Sušice. Na minimálním zůstatkovém průtoku závisí návrh elektrárny. Určuje důležité parametry elektrárny např. množství, typ a hlnost turbíny. Do elektrárny je voda přiváděna původním náhonem a potrubním přivaděčem. To je vidět v *Obrázku 1*, kde je znázorněné schéma celého vodního díla. [5] [8]

Tabulka 2.2 Tabulka průtoků a spádů

Dny	Počet dní	$Q_M$ [m <sup>3</sup> /s]	MZP [m <sup>3</sup> /s]	$Q_T$ [m <sup>3</sup> /s]	$H_u$ [m]
15 – 45	30	16,90	3,56	5,90	6,50
45-75	30	12,30	3,56	5,90	6,51
75 – 105	30	9,97	3,56	5,90	6,54
105 – 135	30	8,41	3,56	4,85	6,56
135 – 165	30	7,25	3,56	3,69	6,63
165 – 195	30	6,32	3,56	2,76	6,73
195 – 225	30	5,53	3,56	1,97	6,82
225 – 255	30	4,83	3,56	1,27	6,90
255 – 285	30	4,19	3,56	0,63	6,95

(Zdroj: Dokumentace MVE Klášterský mlýn)



Obr. 2.1 Schéma vodního díla [6]

### 2.3 Stavební a technologické úpravy

Elektrárna vznikla jako obnova využití hydroenergetického potenciálu v Klášterském mlýně. Při výstavě nové MVE bylo zapotřebí upravit stabilizační práh, vtokový objekt, náhon a vystavět nové tlakové potrubí přivaděče (namísto otevřeného náhonu) a strojovnu elektrárny. Na začátku náhonu je dřevěný ledolam pro zamezení vniknutí ker a naplavenin. Po 65 m je v náhonu umístěno stavidlo a boční proplachovací propust vedena do říčky Otavy. Dále náhon pokračuje 230 m k objektu česlovny, kde je po pravé straně umístěn rybí přechod. Objekt česlovny je umístěn nad jemnými česlemi a automatickým čistícím strojem česlí. Za česlemi pokračuje náhon jako tlakový potrubní přivaděč v délce 180 m na turbínu do strojovny MVE. Přivaděč je překryt zeminou. Před koncem přivaděče, v místě stavidla jalového odtoku, je malá vodní plocha, ze které vede průtok do výtoku MVE korytem s malým rybím přechodem. Výtok MVE navazuje krátkým odpadem na koryto řeky Otavy.

Rybí přechod nebo-li rybovod umožňuje přechod vodních živočichů přes rozdílnou výšku vodních hladin. Rybí přechody můžeme rozdělit podle konstrukce na tři typy a to na rybovod kaskádový, meandrový a na biokoridor. U malých vodních elektráren se rybí přechod nejčastěji umísťuje na odběrný jez, kde tak zajišťuje minimální průtok řečištěm. [7]

Do MVE Klášterský mlýn se instalovala nová horizontální Kaplanova turbína. Tato turbína má průměr oběžného kola 1 100 mm a její instalovaný výkon je 282 kW. Hltnost turbíny jsou 4 m<sup>3</sup>/s. Minimální a maximální průtok turbínou je uveden v *Tabulce 2.3*. Elektrárna je dále vybavena předepsanými elektrickými ochranami, které umožňují bezobslužný provoz s občasným dohledem. Ochrany také umožňují automatické najetí po odstavení. Průtok vody turbínou je řízen hladinovou regulací tak, aby byl přednostně zajištěn minimální průtok. Účinnost turbíny je v optimálním provozu 91 %. To znamená, že energetická účinnost turbíny vyhovuje podmínkám "Programu státní podpory úspor energie a vyššího využití obnovitelných zdrojů energie", kde byla stanovena pro turbíny minimální účinnost v optimálním provozu 85 %. Ve strojovně MVE je umístěna trafostanice 0,4/22kV o výkonu 400 kVA. Vyvedení elektrického výkonu je provedeno na původní vzdušné vedení VN distribuční sítě ČEZ Distribuce a.s.. V *Tabulce 1.8* vidíme parametry soustrojí elektrárny.

Tabulka 2.3 Tabulka parametrů soustrojí

Typ turbíny	Kaplan horizontální SK 1100
Počet	1
Průměr oběžného kola [mm]	1 100
Spád $H_u$ [m]	6,5
Maximální průtok turbínou [ $m^3/s$ ] při $H_u$	5,9
Minimální průtok turbínou [ $m^3/s$ ]	0,6
Instalovaný výkon generátoru [kW]	282

(Zdroj: Dokumentace MVE Klášterský mlýn)

### 3. Dodávání energie do sítě

#### 3.1 Obecné připojovací podmínky

Elektrizační soustava v České republice využívá střídavého proudu a frekvenci 50 Hz. K přenosu elektrické energie se používají různé napěťové úrovně. Napěťové úrovně jsou: NN (nízké napětí do 1000 V) – místní sítě, průmyslové a domovní rozvody, VN (vysoké napětí 10 – 35 kV) – distribuční sítě a VVN (velmi vysoké napětí 110 – 400 kV) – dlouhá přenosová vedení. MVE většinou pracují paralelně s distribuční sítí. Nejmenší vyráběné výkony se připojují do sítě NN v rámci objektu, kde je elektrická energie určena pro vlastní spotřebu. Výkon, který je navíc se dodává do distribuční sítě. Většinou se vyšší výkony (300 až 1000 kW) připojují na napěťovou úroveň VN.

Nové připojení, rozšiřování nebo úpravu výroby lze provést pouze se souhlasem ČEZ Distribuce, a.s. Volbu vlastní transformační stanice a vývodu VN provádíme dle výpočtů, tak abychom brali ohled na výkon, druh výroby a parametry místní sítě. Při výstavbě výroby je zapotřebí dodržet stavební zákon č. 183/2006 Sb a u vodní elektrárny Zákon o vodním hospodářství č. 254/2001 Sb. Při zpracování projektu je nutné požádat ČEZ Distribuce a.s. o vyjádření. Všechna připojení musí být v souladu s platnou legislativou. Výrobna elektrické energie nesmí zhoršit kvalitu elektrické energie v místě připojení a nesmí způsobovat nedovolené změny napětí v distribuční síti. Distributoři elektrické energie musí ze zákona

připojit každý obnovitelný zdroj energie. Energetický regulační úřad rozhoduje o ceně vyprodukované elektřiny. Hodnota minimální výkupní ceny je ze zákona garantovaná na 15 let dopředu s možností roční úpravy  $\pm 5\%$ . V *Tabulce 3.1* vidíme přehled výkupních cen a zelených bonusů dle rozhodnutí Energetického regulačního úřadu č. 4/2012. Tyto ceny jsou závislé na datu uvedení elektrárny do provozu. Zeleným bonusem se rozumí příplatek k tržní ceně elektřiny. Jestliže výrobce elektrické energie prodá za smlouvenou cenu vyrobenou elektřinu dále nebo energii sám spotřebuje má právo inkasovat zelené bonusy dle předloženého výkazu. [11] [12] [8] [13]

*Tabulka 3.1 Výkupní ceny elektřiny ze dne 26. listopadu 2012*

Druh podporovaného zdroje (výrobný)	Datum uvedení do provozu od (včetně)	Datum uvedení do provozu do (včetně)	Výkupní ceny elektřiny [Kč/MWh]	Zelené bonusy [Kč/MWh]
Malá vodní elektrárna v nových lokalitách	1.1. 2006	31.12. 2007	2 775	1 775
	1.1. 2008	31.12. 2009	2 938	1 938
	1.1. 2010	31.12. 2010	3 193	2 193
	1.1. 2011	31.12. 2011	3 122	2 122
	1.1.2012	31.12. 2012	3 254	2 254
	1. 1. 2013	31. 12. 2013	3 230	2 230

(Zdroj: <http://www.tzb-info.cz/vyse-vykupnich-cen-a-zelenych-bonusu>)

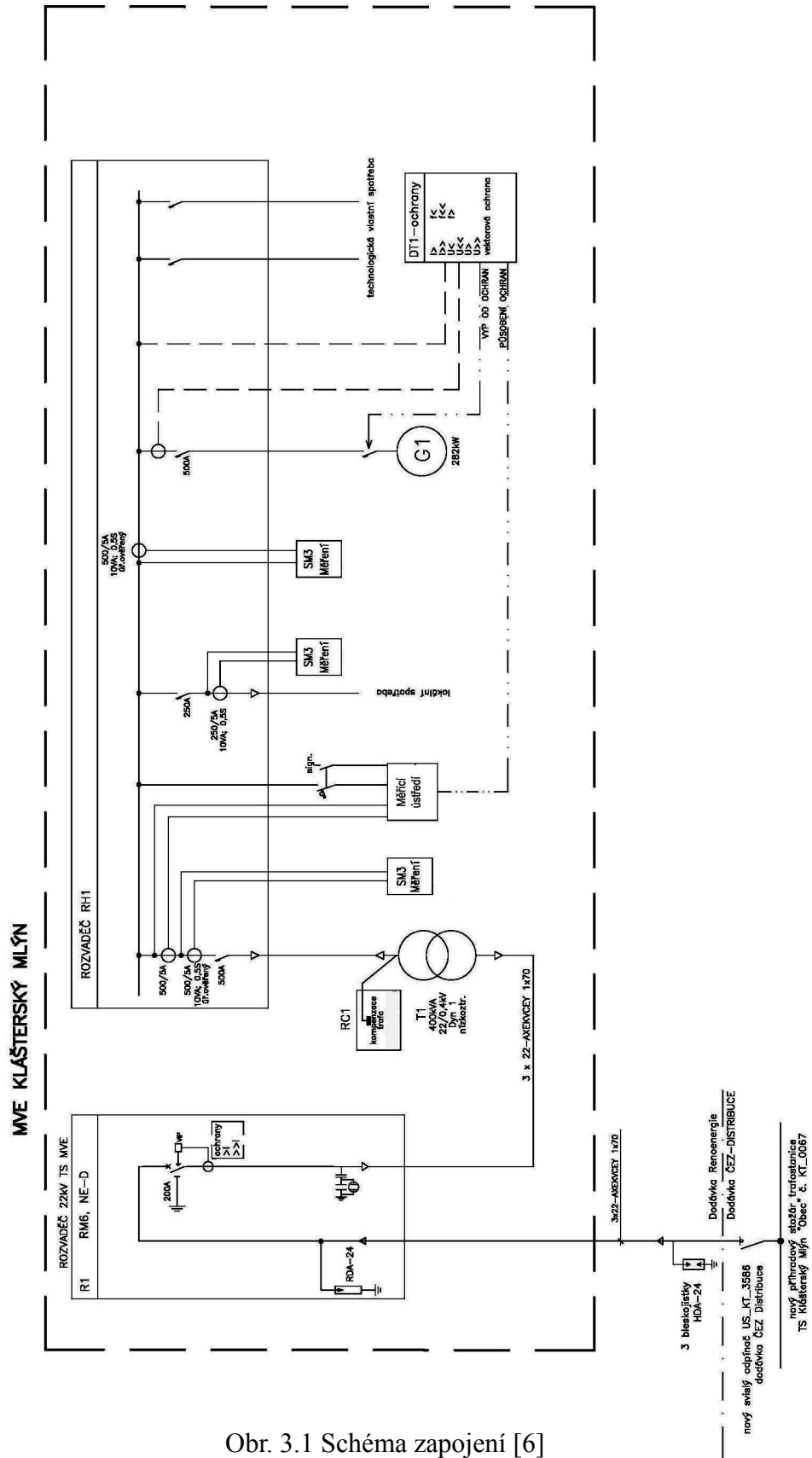
### 3.3 Připojení MVE Klášterský mlýn

MVE Klášterský mlýn pracuje paralelně s distribuční sítí provozovatele distribuční soustavy, to znamená, že není schopna ostrovního provozu. Ostrovní provoz, je takový provoz, kdy je elektrárna schopna pracovat do vydělené části sítě – ostrova. Takový provoz je velmi náročný na regulační schopnosti elektrárny. Připojení MVE je do sítě VN 22 kV. V elektrárně je osazen suchý nízkoztrátový transformátor 22/0,4 kV o výkonu 400 kVA. Měření je dle požadavku provozovatele distribuční soustavy na straně NN. Část elektrické energie je bez použití distribuční soustavy spotřebována v části obce Rejštejn Klášterský mlýn jako



ostatní vlastní spotřeba výrobce. Dodávky se uskutečňují po vedení MVE. V případě odstávky elektrárny je pro tuto spotřebu elektrická energie nakupována přes provozovatele distribuční soustavy. Vyrobená a do distribuční sítě dodávaná elektřina je prodávána obchodníkovi E.ON Energie, přestože distribuční síť patří ČEZ Distribuce a.s.. Společnost E.ON Energie, a.s. má licenci na distribuci elektřiny v jižních Čechách a na jižní Moravě. Zelený bonus se vykazuje a proplácí dle aktuálních právních předpisů u Operátora trhu s elektřinou.

V zimě je provoz MVE obtížný kvůli častým ledovým jevům, zejména plovoucím tříštím ledu ve vodě. Z tohoto důvodu bylo zapotřebí instalovat elektrické vyhřívání česlí. Nerezovými česlemi prochází proud cca 200 A, bezpečným napětím rozehrívá o zlomek stupně česle ve vodě. To zpravidla stačí k uvolnění ledové tříště. Tato spotřeba energie se nazývá technologická vlastní spotřeba MVE. Na *Obrázku 2* je schéma zapojení malé vodní elektrárny Klášterský mlýn do distribuční sítě. [10]



Obr. 3.1 Schéma zapojení [6]

## 4. Analýza a vyhodnocení MVE Klášterský mlýn

### 4.1 Analýza dosavadního provozu MVE Klášterský mlýn

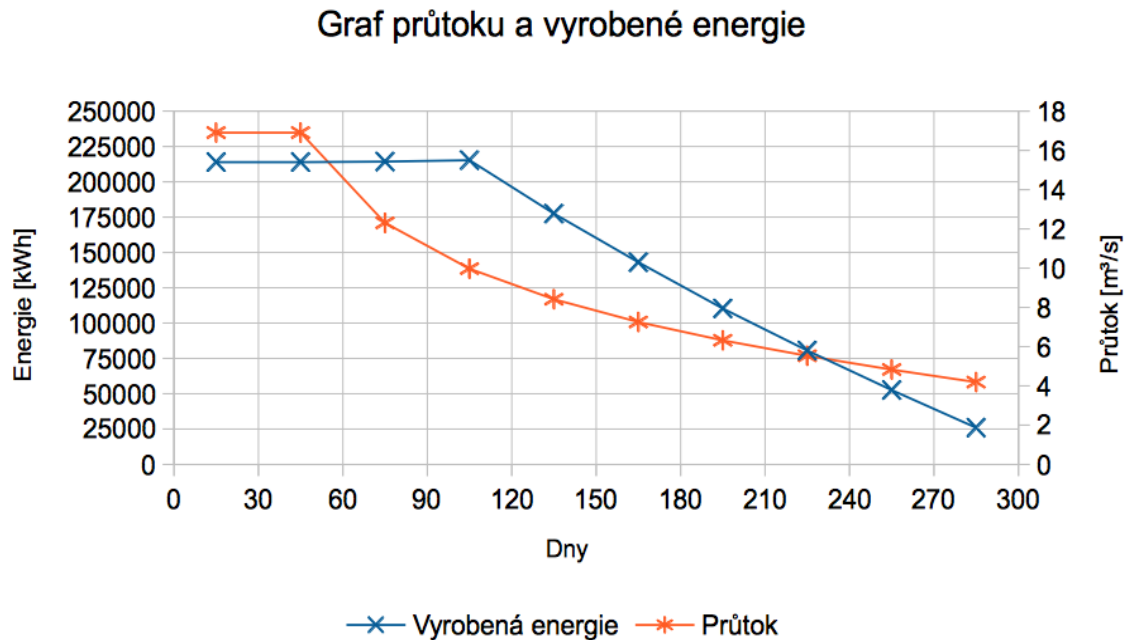
MVE Klášterský mlýn je v provozu od ledna 2013. V říjnu 2013 došlo k odstávce z důvodu dodělání stavebních prací na stavbě elektrárny. MVE byla sice dokončena ke konci roku 2012, ale z důvodu červnových povodní, které postihly většinu MVE firmy RenoEnergie, a.s. byly dodělávky přesunuty až na říjen. MVE Klášterský mlýn se povodeň nedotkla. Na říčce Otavě voda kulminovala na úrovni dvou až pětileté povodně. V následující *Tabulce 4.1* je spočítána výroba elektrické energie v běžném roce za průměrný vodný rok. Celková výroba elektřiny za 270 dní byla spočítána na 1 233 156 kWh/r. V tabulce také vidíme spočítaný teoretický hydroenergetický potenciál  $P_T$ . Tento potenciál je očekávaný výkon za konstantního průtoku a bezeztrátové transformace energie. Užitečný výkon vodní elektrárny  $P_g$  počítá se ztrátami při přeměně energie a ztrátami na generátoru.

*Tabulka 4.1 Výroba elektrické energie v běžném roce*

Dny	Počet dní	$Q_M$ [m <sup>3</sup> /s]	MZP [m <sup>3</sup> /s]	$Q_T$ [m <sup>3</sup> /s]	$H_u$ [m]	$\eta_T$	$P_T$ [kW]	$\eta_{pr}$	$\eta_g$	$P_g$ [kW]	$E_g$ [kWh]
15 – 45	30	16,90	3,56	5,90	6,50	0,85	319,8	1	0,929	297,1	213895
45 – 75	30	12,30	3,56	5,90	6,51	0,85	320,3	1	0,929	297,5	214225
75 – 105	30	9,97	3,56	5,90	6,54	0,85	321,7	1	0,929	298,9	215212
105 – 135	30	8,41	3,56	4,85	6,56	0,85	265,3	1	0,929	246,5	177452
135-165	30	7,25	3,56	3,69	6,63	0,89	213,6	1	0,930	198,6	143026
165-195	30	6,32	3,56	2,76	6,73	0,90	164,0	1	0,934	153,2	110285
195- 225	30	5,53	3,56	1,97	6,82	0,91	119,9	1	0,933	111,9	80570
225 – 255	30	4,83	3,56	1,27	6,90	0,91	78,2	1	0,933	73,0	52 551
255 – 285	30	4,19	3,56	0,63	6,95	0,90	38,7	1	0,932	36,0	25941

*(Zdroj: Dokumentace MVE Klášterský mlýn)*

V Grafu 4.1 je znázorněn průtok a vyrobená energie za rok.



Graf 4.1 roční průtok a vyrobená energie za rok

Roční energetická účinnost MVE je 82,3 %. Tuto účinnost jsem spočítala jako podíl roční výroby elektřiny v průměrném vodném roce a spotřebu primární energie. Primární energie je taková energie, která neprošla procesem přeměny. Výpočet primární energie je velmi složitý a používá se k tomu výpočetní program GEMIS. Hodnota primární energie byla uvedena v dokumentaci malé vodní elektrárny Klášterský mlýn. Roční energetická účinnost, je účinnost s jakou malá vodní elektrárna přemění primární energii na energii elektrickou. [22] [23]

$$\eta_{roční} = \frac{1\,233\,156}{1\,497\,761} \cdot 100 = 82,33 \quad \% \quad (1)$$

V Tabulce 4.2 je sestavena bilance výroby energie z vlastního zdroje pro průměrný vodný rok.

Tabulka 4.2 Bilance výroby energie

Výroba elektřiny [kWh/r]	1 233 156
Prodej elektřiny [kWh/r]	1 217 156
Vlastní spotřeba elektřiny (včetně ztrát v vlastním trafu) [kWh/r]	16 000

(Zdroj: Dokumentace MVE Klášterský mlýn)

## 4.2 Vyhodnocení ročního provozu MVE Klášterský mlýn

Dosavadní provoz MVE Klášterský mlýn splňuje očekávání, která byla dána energetickým auditem s instalovaným výkonem 282 kW. Od ledna 2013 do listopadu 2013 se i přes říjnovou odstávku z důvodu stavebních úprav vyrobilo 1 182 MWh. MVE se odstavuje při nedostatečném průtoku. Vzhledem ke stanovému vysokému sanačnímu průtoku je elektrárna odstavena zhruba 65 dní v roce. Když je málo vody, nejdříve se odstavi malá vodní elektrárna Vydra a přibližně 2 hodiny poté odstavuje automaticky i MVE Klášterský mlýn. MVE Vydra se nachází na soutoku řek Vydry a Křemelné, které dále tvoří řeku Otavu. MVE Vydra a MVE Klášterský mlýn jsou od sebe vzdálené cca 5 km po proudu řeky Otavy. Dále dochází k odstávce při zakolísání v síti. To je nejčastěji při bouřkách, silných větrech, padajících stromech vlivem sněhu a dalších. Většinu výpadků správně rozpozná ochrana jako výpadek na síti a pokud je tomu tak, pak MVE po obnovení napětí a frekvence automaticky znovu obnoví provoz. Jestliže se tak nestane, musí se během krátké doby dostavit obsluha, projít a zkontrolovat celou MVE a následně ji uvést do provozu. Toto ladění ochran trvá u každé MVE nějakou dobu, často i přes rok. Systém musí rozpoznat, že k zakolísání či k jiné poruše došlo na síti a ne v elektroinstalaci MVE. Nejdéle ladění trvá v severních a středních Čechách, kde je kvalita distribuční sítě nejhorší a výpadky nebo zakolísání v síti jsou nejčastější. [6]

V *Tabulce 4.3* je znázornění ročního toku peněz neboli také cash flow. Cash flow je rozdíl mezi příjmy a výdaji peněžních prostředků za určité období. Výkupní cena elektřiny byla v projektu počítána z Cenového rozhodnutí Energetického regulačního úřadu č. 27/2011 pro nové MVE uvedené do provozu od 1.1. 2012 do 31.12. 2012.

*Tabulka 4.3 Roční provoz cash flow*

Prodej elektřiny [MWh/r]	1 217
Výkupní cena elektřiny [Kč/MWh]	3 190
Tržby za prodej elektřiny [Kč/r]	3 883 000
Provozní náklady (bez odpisů) [Kč/r]	100 000
Roční cash flow projektu bez DPH [Kč/r]	3 783 000

(Zdroj: Dokumentace MVE Klášterský mlýn)

V *Tabulce 4.4* jsou zobrazeny investiční náklady na stavbu a projekt elektrárny. To jsou takové náklady, které vyjadřují velikost finančních prostředků potřebných k uvedení elektrárny do provozu. Jsou zde uvedeny ceny jak za stavební materiál tak ceny technologického vybavení elektrárny.

*Tabulka 4.4 Investiční náklady*

Investiční náklady celkem bez DPH [Kč]	33 500 000
Z toho: Stavební část [Kč]	21 300 000
Technologická část [Kč]	11 400 000
V tom: Turbogenerátor [Kč]	5 600 000
Ostatní stroje (česle, stavidla) [Kč]	3 700 000
Elektrická část, vyvedení výkonu [Kč]	2 100 000
Projektová dokumentace a inženýrská činnost [Kč]	800 000

(Zdroj: Dokumentace MVE Klášterský mlýn)

Z roční hodnoty cash flow a celkových investičních nákladů vyplývá, že je prostá doba návratnosti necelých 9 let. Toto je patrné z *Tabulky 4.5*. Je to doba, která je potřebná na úhradu celkových investičních nákladů čistými příjmy. Čím kratší je prostá doba návratnosti,

tím je projekt výhodnější. Prostá je, protože nebere v potaz časovou hodnotu peněz. Z tohoto důvodu může být zavádějící a většinou je pouze orientační. Prostá doba návratnosti by u projektu obnovitelných zdrojů elektřiny neměla přesahovat 10 let. Prostou dobu návratnosti jsem spočítala jako podíl investičních nákladů a roční cash flow.

$$\text{Prostá doba návratnosti} = \frac{33\,500\,000}{3\,783\,000} = 8,85 \text{ let} \quad (2)$$

Tabulka 4.5 Prostá doba návratnosti

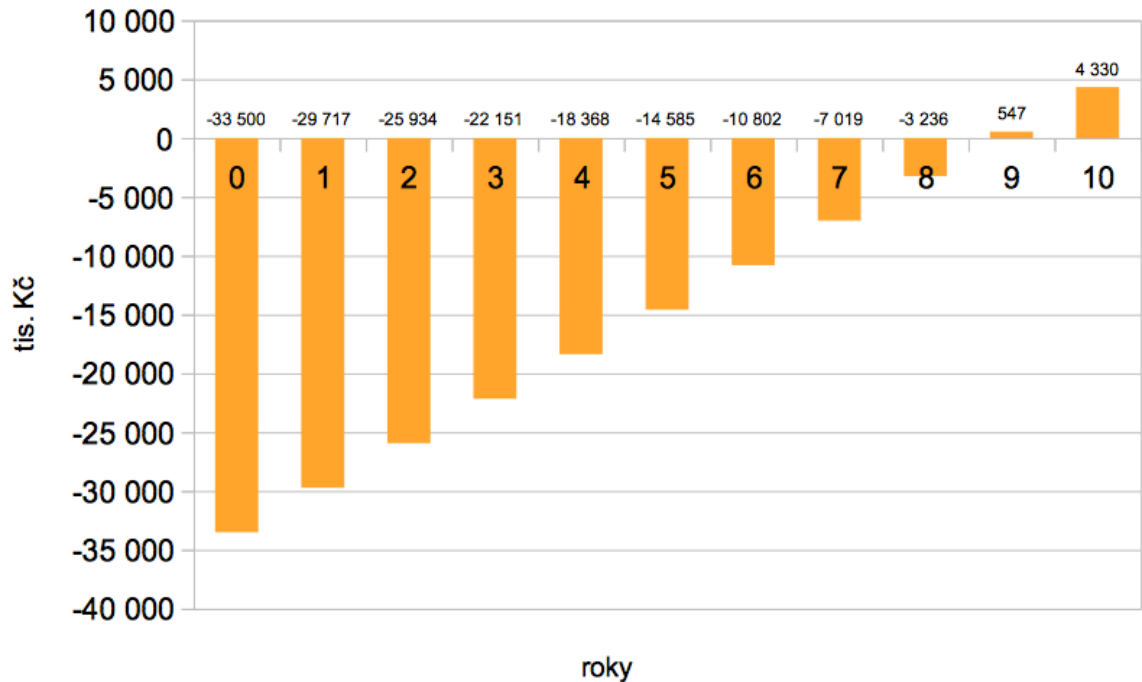
Ivestiční náklady [Kč]	33 500 000
Roční cash flow projektu [Kč/r]	3 783 000
Prostá doba návratnosti [roky]	8,85

V Tabulce 4.6 jsem vypočítala cash flow pro 10 následujících let. Od ročního cash flow jsem odečetla investiční náklady. Výsledkem je snížená investice v prvním roce. Dále jsem od ročního cash flow odečetla sníženou investici v prvním roce a výsledkem byla snížená investice v roce druhém. Takto jsem pokračovala do 10 roku. Tento průběh je znázorněn v Grafu 4.2.

Tabulka 4.6 Výpočet roční návratnosti investice

Rok	Výpočet [tis.Kč]	Snížená investice [tis.Kč]
0		-33 500
1	3 783 – 33 500	-29 717
2	3 783 – 29 717	-25 934
3	3 783 – 25 934	-22 151
4	3 783 – 22 151	-18 368
5	3 783 – 18 368	-14 585
6	3 783 – 14 585	- 10 802
7	3 783 – 10 802	- 7 019
8	3 783 – 7 019	-3 236
9	3 783 – 3 236	547
10	3 783 + 547	4 330

## Cash flow MVE Klášterský mlýn



Graf 4.2 cash flow MVE Klášterský mlýn

Podle vzorce jsem vypočetla reálnou dobu návratnosti MVE Klášterský mlýn na 11,1 let. Viz. níže. V reálné době návratnosti se respektuje časová hodnota peněz. Tomu se říká diskontní míra. Dále byly použity jako kriteria ekonomické efektivnosti tyto hodnoty NPV (čistá současná hodnota) a IRR (vnitřní výnosové procento). Čistá současná hodnota je rozdíl mezi investičním výdajem a mezi diskontovanými peněžními toky po dobu sledování projektu. Využívá se pro hodnocení investic. Jestliže je čistá současná hodnota kladná, projekt bude ziskový a můžeme ho realizovat. Vnitřní výnosové procento je čistá současná hodnota cash flow, kdy je diskontní míra rovna nule. Jde o nejnižší možnou velikost diskontní míry, kdy projekt nebude ztrátový a udává trvalý roční výnos investice. Doba sledování je 15 let, při hodnotě diskontu 4 % a při stálých cenách.

Diskontovaný kumulovaný cash flow udává celkovou ekonomiku projektu, kde se bere v potaz časová hodnota peněz. Jedná se o průběžný součet diskontovaných toků hotovosti od nultého do daného roku. V našem případě malé vodní elektrárny se tok peněz sleduje 15 let. V posledním roce se hodnota rovná čisté současné hodnotě. Kumulovaný diskontovaný roční



cash flow jsem spočítala podle vzorce, kde v čitateli je roční cash flow a ve jmenovateli je součet diskontní sazby a jedničky a tento součet je na rok, který se počítá. Pro sledovaných 15 let jsme vypočítala 15 kumulovaných diskontovaný ročních cash flow. Dále jsem pokračovala jako u výpočtu cash flow. Vypočítané hodnoty jsou uvedeny v *Tabulce 4.7* a názorně zakresleny v *Grafu 4.3*. [15] [25] [26]

$$\text{Diskontovaný roční CF} = \frac{\text{Roční CF}}{(1 + \text{diskontní sazba})^{\text{rok}}} \quad (3)$$

Příklad výpočtu kumulovaného diskontovaného cash flow:

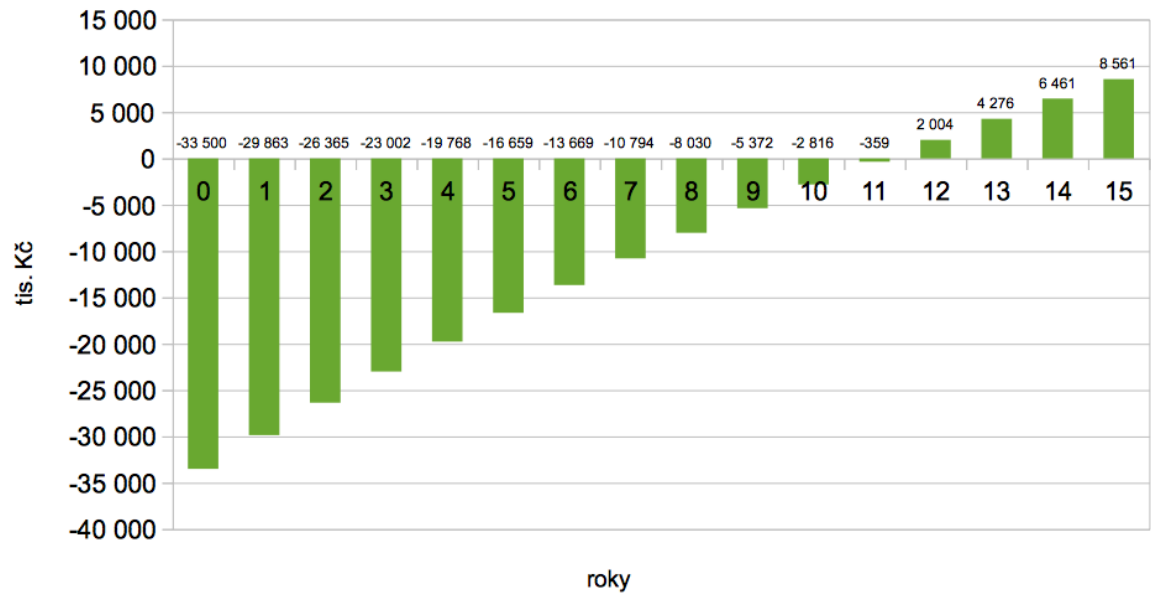
$$\text{Pro 1. rok: } DCF = \frac{3783}{(1+0,04)^1} = 3637,5$$

$$\text{Pro 2. rok: } DCF = \frac{3783}{(1+0,04)^2} = 3497,6$$

*Tabulka 4.7 Výpočet roční diskontované návratnosti investice*

Rok	DCF	Výpočet [tis.Kč]	Snížená investice [tis.Kč]
0			- 33 500
1	3 637,5	3 637,5 – 33 500	- 29 863
2	3 497,6	3 497,6 – 29 863	- 26 365
3	3 363,1	3 363,1 – 26 365	- 23 002
4	3 233,7	3 233,7 – 23 002	- 19 768
5	3 109,4	3 109,4 – 19 768	- 16 659
6	2 989,8	2 989,8 – 16 659	- 13 669
7	2 874,8	2 874,8 – 13 669	- 10 794
8	2 764,2	2 764,2 – 10 794	- 8 030
9	2 657,9	2 657,9 – 8 030	-5 372
10	2 555,7	2 555,7 – 5 372	-2 816
11	2 457,4	2 457,4 – 2 816	-359
12	2 362,9	2 362,9 – 359	2 004
13	2 272	2 272 + 2004	4276
14	2 184,6	2 184,6 + 4 276	6 461
15	2 100,6	2 100,6 + 6461	8 561

## Kumulovaný diskontovaný cash flow MVE Klášterský mlýn



Graf 4.3 kumulovaný diskontovaný cash flow MVE

Reálnou dobu návratnosti jsem spočítala dle následujícího vzorce a postupu.

$$\sum_{t=1}^T CF(1+r)^{-t} - IN = 0 \quad (4)$$

$$\sum_{t=1}^T 3783 \cdot (1,04)^{-t} = 33500$$

$$\sum_{t=1}^T \left(\frac{1}{1,04}\right)^t = \frac{33500}{3783}$$

$$q = \frac{1}{1,04} \in (0,1) \rightarrow \text{součet geom. řady existuje}$$

Zde jsem upravila levou stranu pomocí vzorce pro součet T prvků v posloupnosti.

$$\left(\frac{1}{1,04}\right) \cdot \frac{1 - \frac{1}{1,04^T}}{1 - \frac{1}{1,04}} = \frac{33500}{3783}$$

$$1 - \frac{1}{1,04^T} = 0,35422$$

$$1,04^T = 1,54851$$

$$T \cdot \log(1,04) = \log(1,54851)$$

$$T = \frac{\log(1,54851)}{\log(1,04)} = 11,14955 \text{ let}$$

Reálná doba návratnosti mi dle postupu vyšla 11,1 let.

V *Tabulce 4.8* najdeme celkový přehled ekonomického hodnocení MVE Klášterský mlýn. Reálná doba návratnosti by neměla přesahovat 15 let u projektu obnovitelných zdrojů elektřiny. [24]

*Tabulka 4.8 Přehled o ekonomickém hodnocení*

Investiční výdaje [Kč]	33 500 000
Náklady na energii [Kč/r]	0
Provozní náklady [Kč/r]	100 000
Tržby za prodej elektřiny [Kč/r]	3 883 000
Přínos projektu [Kč/r]	3 783 000
Doba hodnocení [rok]	15
Diskont [%]	4
Prostá doba návratnosti [rok]	8,85
Reálná doba návratnosti [rok]	11,1
NPV [Kč]	8 558 000
IRR [%]	7,4
Daň z příjmů [Kč/r]	367 000

*(Zdroj: Dokumentace MVE Klášterský mlýn)*

### 4.3 Environmentální vyhodnocení provozu MVE

MVE svým provozem nezpůsobuje znečištění ovzduší. Proto environmentální vyhodnocení bylo provedeno porovnáním s emisemi systémových parních elektráren při

ekvivalentní výrobě elektřiny, která bude výrobou v MVE vytěsněna. Jako systémová elektrárna se označuje velká spalovací uhelná elektrárna, která je součástí celostátního systému. Toto porovnání vidíme v *Tabulce 4.9*. Parní elektrárna je taková elektrárna, která pro přeměnu tepelné energie na mechanickou energii používá vodní páru. [15]

*Tabulka 4.9 Environmentální vyhodnocení*

Znečišťující látka	Množství emisí uspořené provozem
[t/rok]	
Tuhé látky	0,114
SO <sub>2</sub>	2,524
No <sub>x</sub>	1,748
CO	0,170
C <sub>x</sub> H <sub>y</sub>	0,136
CO <sub>2</sub>	1 424

*(Zdroj: Dokumentace MVE Klášterský mlýn)*

#### 4.4 Provozní detaily a zajímavosti

MVE Klášterský mlýn je na hranici NP Šumava v CHKO Šumava. Povolovací proces MVE (studie, posudky vlivu na životní prostředí a <sup>1</sup> Natura 2000, <sup>2</sup> EIA ve všech stupních, územních řízení, povoleních k nakládání s vodami a stavební povolení) zde trvalo od roku 2004 do roku 2011, tedy rekordních asi 7 – 8 let. Kvůli velice komplikovaným rozhodnutím orgánů ochrany přírody je zde navíc nařízen mimořádně velký minimální zůstatkový průtok v toku a dvouleté sledování <sup>3</sup> ichtyofauny v ovlivněném úseku toku dlouhém cca 500 m. Velmi komplikovaná byla rovněž jednání s majiteli zejména sousedních pozemků, jelikož starý náhon prochází prakticky celou částí obce Klášterský mlýn.

Z provozních zajímavostí bych například zmínila problémy při velké vodě, která v této oblasti nastupuje velmi rychle. Je to zřejmě kvůli značným odlesněným plochám na povodí Vydry. Aby bylo zabráněno vylití vody do obce, musí se v čas provádět manipulace na hlavním stavidle. Z tohoto důvodu byla zvětšena kapacita jalového přelivu před česlovnou.

Další zajímavostí jsou zde ledové jevy. Velmi silné ledové jevy se projevují plovoucí ledovou tříští v celém profilu tedy ve všech hloubkách vodního toku. Tato ledová tříšť se nabaluje na vše, co je ve vodě. Zejména pak na kovové objekty, především na jemné česle. Aby byl umožněn provoz MVE i v zimním období, bylo nutno zdokonalit používané elektrické vyhřívání česlí. Česle jsou vyhřívány bezpečným napětím a velkými proudy, které přímo procházejí česlicovými pruty. Materiál česlic byl z toho důvodu zvolen nerez, který má cca 5x- 7x větší odpor, než železné pruty. Je použito silné svařovací trafo s výkonem cca 32 kVA.

---

<sup>1</sup> Natura 2000 - soustava CHKO, která je vytvářena členskými státy Evropské unie. Slouží k ochraně nejvíce ohrožených druhů živočichů, rostlin a přírodních stanovišť. <sup>2</sup> EIA (Vyhodnocení vlivů na životní prostředí) - studie, která ukazuje vliv stavby na životní prostředí a obsahuje hodnocení projektu, které říká, za jakých podmínek bude schválena realizace. <sup>3</sup> Ichtyofauna – soubor ryb obývajících určitou oblast

## Závěr

Úkolem mé práce bylo zhodnotit dosavadní provoz malé vodní elektrárny Klášterský mlýn. Tato elektrárna leží v obci Rejštejn na říčce Otavě. Klášterský mlýn byl postaven roku 1836 jako sklárna. Ta svůj provoz ukončila v roce 1947. Elektrárna byla uvedena do provozu v lednu 2013. Nejdříve, ale bylo zapotřebí provést stavební a technologické úpravy. Musel se upravit stabilizační práh, náhon a postavilo se tlakové potrubí místo otevřeného náhonu. Dále se postavily dva rybí přechody a česle na zachycení naplavenin. Do malé vodní elektrárny byla použita jedna Kaplanova turbína o instalovaném výkonu 252 kW a trafostanice 0,4/22 kV o výkonu 400 kVA. V první části se také zabývám vodními elektrárnami obecně. Popisuji zde princip MVE, vodní elektrárny v České republice a jejich důležité součásti jako je vodní turbína a generátor.

Druhá část práce je věnována obecným připojovacím podmínkám a připojení MVE Klášterský mlýn do sítě. Připojovaná elektrárna nesmí zhoršovat kvalitu elektrické energie v místě připojení a nesmí způsobovat nedovolené změny napětí v distribuční síti. Dále musí být dodržen stavební zákon č. 183/2006 Sb a vodní elektrárny musí dodržet Zákon o vodním hospodářství č. 254/2001 Sb. Připojení samozřejmě není možné bez uzavření smlouvy s distributory energie. MVE Klášterský mlýn pracuje paralelně s distribuční sítí a je připojená do sítě VN 22 kV. Část vyrobené elektrické energie se spotřebuje v části obce Rejštejn Klášterský mlýn jako vlastní spotřeba. Zbytek vyrobené elektřiny, který se dodává do distribuční sítě, se prodává obchodníkovi E.ON Energie a.s., i když distribuční síť patří společnosti ČEZ Distribuce a.s..

V třetí části práce jsem uvedla analýzu a zhodnocení dosavadního chodu elektrárny. V projektu byl proveden výpočet, z kterého vyplývá, že elektrárna za průměrný vodný rok vyrobí 1 233 156 kWh/r. Roční energetická účinnost elektrárny je tedy 82,3 %. Elektrárna od ledna 2013 do listopadu 2013 vyrobila 1 182 MWh i přes říjnovou odstávku z důvodů stavebních úprav. Roční cash flow projektu je 3 783 000 Kč/r. Celkové investiční náklady byly 33 500 000 Kč. Z těchto hodnot byla spočítána reálná doba návratnosti, která činí 11,1 let. MVE Klášterský mlýn svým provozem nezpůsobuje znečištění ovzduší.

MVE Klášterský mlýn je nová elektrárna a nejsou zapotřebí žádná vylepšení. Dosavadní provoz splňuje všechna očekávání, která byla dána energetickým auditem. Provoz malé vodní elektrárny je bezproblémový. Říjnová odstávka byla provedena z důvodu stavebních dodělávek na MVE.

## Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] *Skupina ČEZ* [online] [Cit. 1.11.2013] Dostupné z: <http://www.cez.cz/cs/vyroba-elektriny/obnovitelne-zdroje/voda/flash-model-jak-funguje-vodni-elektrarna.html>
- [2] BUKAČ, Petr. *Malá vodní elektrárna: Kolik elektřiny vyrobí? Vyplatí se?* [online] [Cit. 1.11.2013] Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/energie/vodni-energie/mala-vodni-elektrarna-kolik-elektriny-vyrobi-vyplati-se.aspx>
- [3] *Vodní turbíny* [online] [Cit. 1.11. 2013] Dostupné z: <http://www.vodniturbiny.cz/index.php?linkid=10>
- [4] *O turbínách.* [online] [Cit. 1.11.2013] Dostupné z: <http://mve.energetika.cz>
- [5] *Rejštejn* [online] [Cit. 15.11. 2013] Dostupné z: <http://www.sumavaregion.cz/index.php?s=88>
- [6] Vlastní zdroje
- [7] *Rybí přechody* [online] [Cit. 15.11.2013 ]Dostupné z: <http://mve.energetika.cz/vodnidilo/rybi-prechody.htm>
- [8] HES, Stanislav. *Hydroenergetické využití velmi malých spádů v závislosti na ekonomické efektivitě* [online] [Cit. 15.11.2013] Dostupné z: <http://www.cez.cz/edee/content/file/vzdelavani/soutez/hes.pdf>
- [9] *Elektrický generátor* [online] [Cit. 15.1.2014] Dostupné z: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Elektrický\\_generátor](http://cs.wikipedia.org/wiki/Elektrický_generátor)
- [10] *Schopnost ostrovního provozu* [online] [Cit. 27.12.2013] Dostupné z: <https://www.ceps.cz/CZE/CINNOSTI/PODPURNE-SLUZBY/KATEGORIEPPS/Stranky/OP.aspx>
- [11] ČEZ Distribuce a.s.. *Připojovací podmínky pro výrobní elektřiny pro připojení na síť ČEZ Distribuce, a.s.* [online] [Cit. 27.12.2013] Dostupné z: [http://www.cezdistribuce.cz/edee/content/file-other/distribuce/technicke-informace/cezdistribuce\\_pripojovacipodminkyve\\_201206\\_preview7.pdf](http://www.cezdistribuce.cz/edee/content/file-other/distribuce/technicke-informace/cezdistribuce_pripojovacipodminkyve_201206_preview7.pdf)
- [12] *Zelený bonus jak funguje nebo přímý výkup* [online] [Cit. 28.12.2013] Dostupné z: <http://solarnienergie-cz.webnode.cz/zeleny-bonus-jak-funguje/>
- [13] MASTNÝ, P. *Malé zdroje elektrické energie – Vodní energie* [online] [Cit. 6.2.2014] Dostupné z: <http://www.ueen.feec.vutbr.cz/~mastny/vyuka/mmze/skripta/voda.pdf>
- [14] Ministerstvo životního prostředí. *Malé vodní elektrárny* [online] [Cit. 6.2.2014]



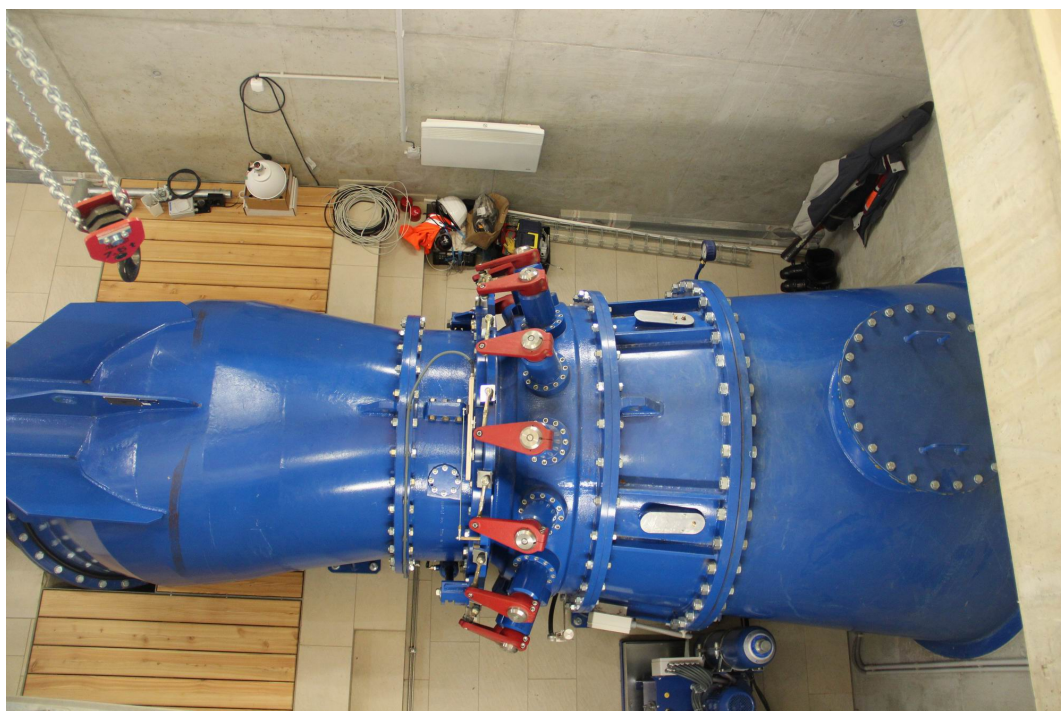
- Dostupné z: [http://www.mzp.cz/cz/male\\_vodni\\_elektrarny](http://www.mzp.cz/cz/male_vodni_elektrarny)
- [15] Zelená energie. *Ekonomické hodnocení projektu* [online] [Cit. 10.2.2014 ] Dostupné z: <http://www.lea.ecn.cz/cdoze/vypocet.html>
- [16] *5 iluzí o obnovitelných zdrojích (komentář)* [online] [Cit. 10.2.2014] Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/energie/vodni-energie/vodni-elektrarny-v-ceske-republice-kolik-vyrobi-elektriny.aspx>
- [17] ERU. *Roční zpráva 2008* [online] [Cit: 17.2.2014] Dostupné z: [http://www.eru.cz/user\\_data/files/statistika\\_elektro/rocní\\_zprava/2008/index.htm](http://www.eru.cz/user_data/files/statistika_elektro/rocní_zprava/2008/index.htm)
- [18] ERU. *Roční zpráva 2012* [online] [Cit. 17.2.2014] Dostupné z: [http://www.eru.cz/user\\_data/files/statistika\\_elektro/rocní\\_zprava/2012/RZ\\_elektro\\_2012\\_v1.pdf](http://www.eru.cz/user_data/files/statistika_elektro/rocní_zprava/2012/RZ_elektro_2012_v1.pdf)
- [19] Obrázek Peltonovi a Kaplanovi turbíny. *Abeceda malých vodních pohonů* [online] [Cit. 18.2.2014]: <http://mve.energetika.cz>
- [20] Obrázek Francisovi turbíny. *File:Francis Turbine complete.jpg* [online] [Cit: 18.2.2014] Dostupné z: [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Francis\\_Turbine\\_complete.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Francis_Turbine_complete.jpg)
- [21] EkoWATT. *Vodní energie* [online] [Cit:1.3.2014 ] Dostupné z: <http://www.ekowatt.cz/uspory/vodni-energie.shtml>
- [22] *Metodika hodnocení procesů pomocí spotřeby primární energie* [online] [Cit. 1.3.2014] Dostupné z: <http://www.af-cityplan.cz/metodika-hodnoceni-procesu-pomoci-spotreby-%20primarni-energie-1404042493.html>
- [23] RUBINOVÁ, Olga. *Budova a energie Energetická náročnost a legislativa ČR* [online] [Cit. 1.3.2014] Dostupné z: <http://www.fce.vutbr.cz/TZB/rubinova.o/prednasky/tp08.pdf>
- [24] Inkapo. *Slovník ekonomických pojmů* [online] [Cit. 2.3.2014] Dostupné z: <http://www.inkapo.cz/odborna-sekce/slovník-pojmu/ekonomika>
- [25] MALEČKOVÁ, Veronika, SIVEK, Martin, JIRÁSEK, Jakub. *5. Metoda doby návratnosti investice – často využívaná metoda analýzy báňských investic -teorie* [online] [Cit. 2.3.2014] Dostupné z: [http://geologie.vsb.cz/loziska/cvekonomika/5\\_teorie.html](http://geologie.vsb.cz/loziska/cvekonomika/5_teorie.html)
- [26] *Slovník pojmů - čistá současná hodnota* [online] [Cit. 2.3.2014] Dostupné z: <http://business.center.cz/business/pojmy/p1338-cista-soucasna-hodnota.aspx>

## Přílohy

### Příloha 1. obrázková příloha



*Obr. 1. Malá vodní elektrárna klášterský mlýn – objekt s turbínou a generátorem*



*Obr. 2. Turbína*



*Obr. 3. Turbína s generátorem*





*Obr. 4. Pohled od turbíny s generátorem*



*Obr. 5. Objekt česlovny s česlemi a rybí přechod*

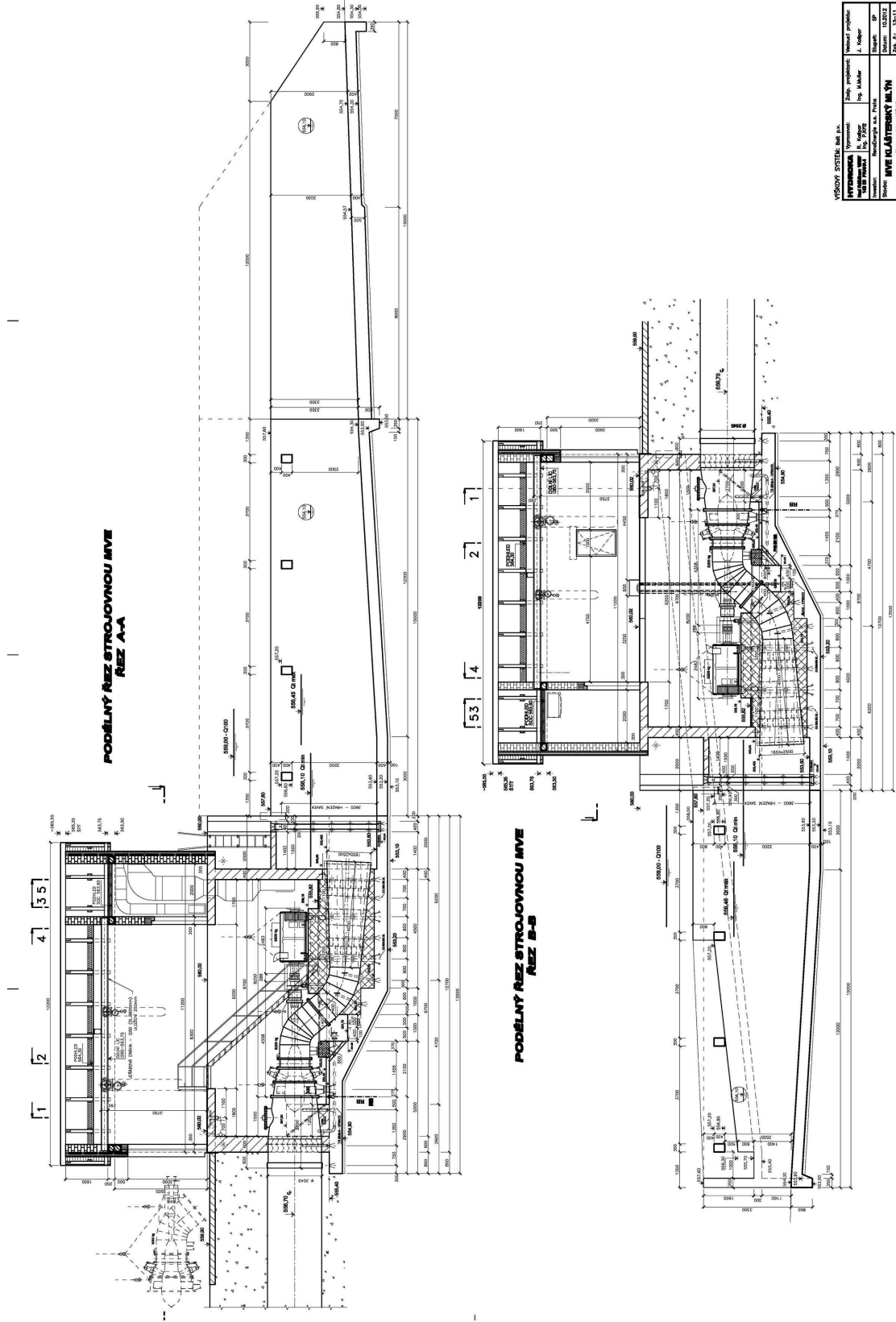




*Obr. 6. Pohled od česlovny na otevřenou část náhonu*

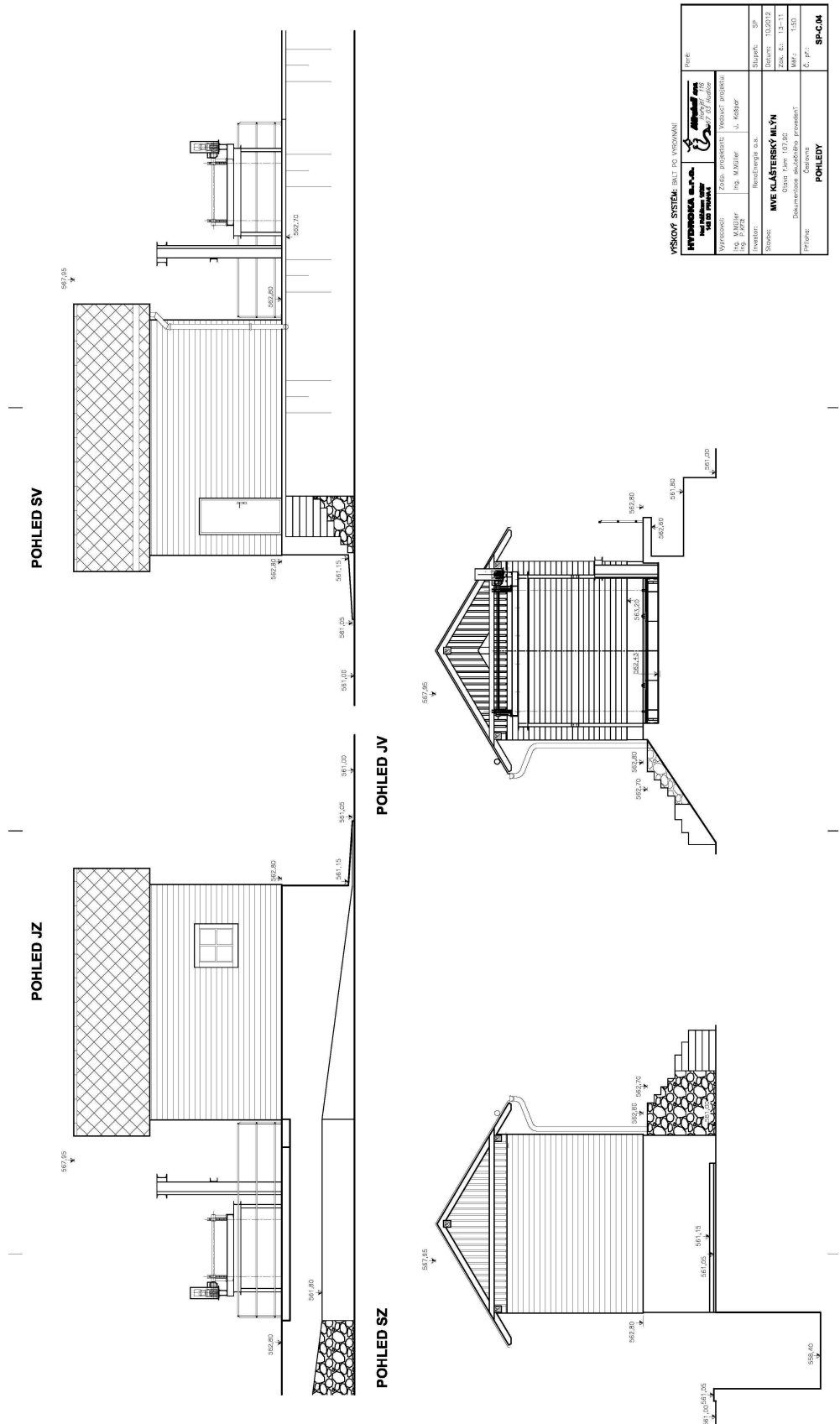
*(Zdroj: Dokumentace MVE Klášterský mlýn)*

**Příloha 2. technické výkresy**



VÝKRESOVÝ SYSTÉM: IVE s.r.o. VYPRACOVATEL: IVE s.r.o. NÁZEV: MVE KLÁTECKÝ MLÝN DOKUMENTACE:	Žebřík průmyslový Pro: Klátek Stupeň: 01 Měřítko: 1:100 Datum: 2013-11-22 Místnost: 1.1.2 Výtisk: 1/1	Název projektu: MVE KLÁTECKÝ MLÝN Úloha: Detail žebříku průmyslového	Autorský ústav: IVE s.r.o. IČO: 250309002 Sídlo: Klátek 112, 278 01 Klátek Kontaktní osoba: Ing. I. Štěpánek Telefon: 311 602 111 E-mail: iva@ive.cz
--	---	---	--

*Obr. 1. Technický výkres strojovny*



**HYDROMA s.r.o.**  
 spol. s r. o.  
 Křižkova 126, 602 00 Brno  
 IČO: 253 82 123

**HYDROMA s.r.o.**  
 spol. s r. o.  
 Křižkova 126, 602 00 Brno  
 IČO: 253 82 123

Vypracoval: Ing. M. JUREK  
 Ing. J. JUREK

Investor: Město Česlovny

Stavba: MVE KLÁŠTERSKÝ MLÝN  
 Objekt: Objekt č. 10/030

Předmět: Dokumentace a realizace projektů

Datum: 10.02.19  
 Číslo: 13-17  
 Číslo: 13D

Stupeň: SP  
 Druh: SP

**POHLEDY**  
 SP-C-04

Obr. 2. Technický výkres objektu Česlovny