

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

**KATEDRA VÝKONOVÉ ELEKTRONIKY STROJŮ**

# **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Studie MVE na Úterském potoce v lokalitě Trpísty**

## ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická

Akademický rok: 2020/2021

### ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Lukáš KNEPR**  
Osobní číslo: **E18B0014K**  
Studijní program: **B2644 Aplikovaná elektrotechnika**  
Studijní obor: **Aplikovaná elektrotechnika**  
Téma práce: **Studie MVE na Úterském potoce v lokalitě Trpisty**  
Zadávací katedra: **Katedra výkonové elektroniky a strojů**

#### Zásady pro vypracování

1. Popište současný stav v oblasti MVE v ČR.
2. Zpracujte návrh MVE pro uvedenou lokalitu.
3. Zhodnoťte návrh po stránce energetické, ekonomické a ekologické.

Rozsah bakalářské práce: **30 – 40 stran**  
Rozsah grafických prací: **podle doporučení vedoucího**  
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

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

Vedoucí bakalářské práce: **Prof. Ing. Jan Škorpil, CSc.**  
Katedra elektroenergetiky

Datum zadání bakalářské práce: **9. října 2020**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **27. května 2021**

  
\_\_\_\_\_  
**Prof. Ing. Zdeněk Peroutka, Ph.D.**  
děkan



  
\_\_\_\_\_  
**Prof. Ing. Václav Kůs, CSc.**  
vedoucí katedry

## **Prohlášení**

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

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



podpis

V Plzni dne 26.5.2021

Lukáš Knepr

## **Poděkování**

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce prof.ing. Janu Škorpilovi, CSc., za cenné profesionální rady, připomínky a metodické vedení práce a za velkou trpělivost se mnou.

## **Abstrakt**

Práce pojednává o základní problematice návrhu malé vodní elektrárny, hlavně v oblasti návrhu elektrické části, turbo-soustrojí a připojení MVE na síť. V první teoretické části je popsáno rozdělení elektráren podle jednotlivých parametrů. Dále se zabývám teorií návrhu hlavně stavebních částí MVE. Ve čtvrté kapitole je již konkrétní návrh MVE pro zvolenou lokalitu se zaměřením na elektrickou část MVE. Pro ukázkou jsou zde jednotlivé parametry propočítané, i když v praxi je možné většinu výpočtů nahradit návrhem pomocí speciálních programů. V závěru hodnotím možnosti vodní energetiky u nás a celkovou efektivitu stavby navrhnuté MVE.

## **Klíčová slova**

vodní elektrárna, generátor, průtok, spád, distribuční síť, MVE, jez, česle, náhon, transformátor

## **Abstract**

The work deals with the basic issues of the design of a small hydroelectric power plant, mainly in the design of the electrical part, turbo set and connection of MVE to the network. The first theoretical part describes the division of power plants according to individual parameters. I also deal with the design theory of mainly building parts of MVE. In the fourth chapter there is already a specific proposal of MVE for the selected locality with a focus on the electrical part of MVE. For example, the individual parameters are calculated here, although in practice it is possible to replace most of the calculations with a design using special programs. In the end, I evaluate the possibilities of hydropower in our country and the overall efficiency of the construction proposed by MVE.

## **Keywords**

hydroelectric power plant, generator, flow, gradient, distribution network, MVE, weir, sieve, drive, transformer

## **Obsah**

<b>OBSAH</b> .....	<b>8</b>
<b>ÚVOD</b> .....	<b>10</b>
<b>MOTIVACE</b> .....	<b>10</b>
<b>SOUČASNÝ STAV VODNÍCH ELEKTRÁREN V ČESKÉ REPUBLICE</b> .....	<b>11</b>
1.1 ROZDĚLENÍ.....	11
1.2 HYDROENERGETICKÝ POTENCIÁL ČESKÉ REPUBLIKY .....	11
1.3 HLAVNÍ ČÁSTI ENERGETICKÉHO VODNÍHO DÍLA .....	13
1.3.1 Jez.....	14
1.3.2 Vstup do náhonu;.....	14
1.3.3 Česle .....	14
1.3.4 Náhon .....	14
1.3.5 Vyrovnávací komora.....	14
1.3.6 Tlakové potrubí.....	14
1.3.7 Strojovna.....	15
1.3.8 Odpad vody.....	15
1.4 SITUACE NA TRHU S ELEKTRICKOU ENERGIÍ V ČR.....	15
<b>NÁVRH MVE KONKRÉTNÍ LOKALITU TRPÍSTY</b> .....	<b>17</b>
2 LOKALITA.....	17
2.1.1 Popis lokality :.....	18
2.1.2 Hydrologické údaje.....	18
2.1.3 Spád.....	19
2.1.4 Průtok.....	19
2.1.5 Historie a koncepce řešení MVE .....	19
2.2 NÁVRH STROJNÍ ČÁSTI MVE .....	20
2.2.1 Hltnost .....	21
2.2.2 Turbína .....	22
2.2.3 Postup výpočtu: .....	23
2.2.4 Převody.....	28
2.2.5 Regulace .....	28
2.2.6 Asynchronní generátor .....	30
2.3 STAVEBNÍ ŘEŠENÍ MVE .....	31
2.4 NÁVRH PŘIPOJENÍ MVE NA DISTRIBUČNÍ SÍŤ .....	32
2.4.1 Kompenzace jalového výkonu.....	34
<b>ZHODNOCENÍ MVE</b> .....	<b>37</b>
3 ENERGETICKÉ ZHODNOCENÍ MVE .....	37
3.1.1 Sluneční elektrárna vs. MVE Trpísty .....	38
3.1.2 Uhelná elektrárna vs. MVE Trpísty .....	38
3.2 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ MVE.....	39
3.2.2 Hodnocení efektivnosti investic a ziskovosti.....	41
3.2.3 Výpočet návratnosti .....	41
3.2.4 Metoda čisté současné hodnoty .....	42
3.2.5 Předpokládaná návratnost.....	44
3.3 EKOLOGICKÉ ZHODNOCENÍ MVE.....	45
3.3.1 Poškození ryb průchodem MVE.....	45
3.3.2 Důsledek výstavby a provoz MVE na biotop.....	46
<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>47</b>
<b>SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ</b> .....	<b>48</b>



<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>1</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>1</b>
<b>SEZNAM ZKRATEK .....</b>	<b>2</b>

## **Úvod**

Tato bakalářská práce se zabývá současným stavem vodních elektráren malého výkonu v ČR. Jejich četnost, umístění a celkových výkonů. V další části bakalářské práce je zpracovaný návrh MVE v lokalitě Trpísty na povodí Úterského potoka. Práce se zabývá po stránce energetické, ekonomické a vliv na životní prostředí.

## **Motivace**

Téma jsem si vybral z důvodu možného řešení v praxi. Malé vodní elektrárny mají potenciál v oblasti energetiky a ekologie.

## Současný stav vodních elektráren v České republice

### 1.1 Rozdělení

#### Podle spádu

- nízkotlaké (do 20 m)
- středotlaké (20 – 100 m)
- vysokotlaké (od 100 m)

#### Podle výkonu

- průmyslové (od 1 MW)
- minielektrárny (do 1 MW)
- mikro zdroje (do 0,1 MW)
- domácí (do 35 kW)

#### Dle nakládání s vodou

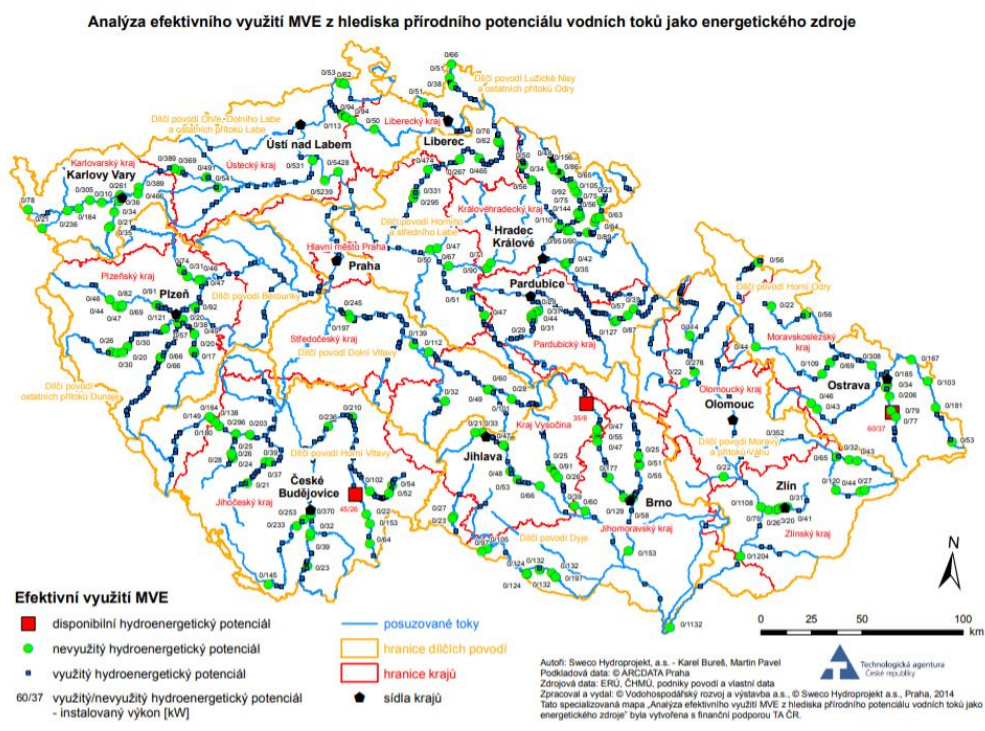
- průtokové
- akumulční
- přečerpávací

### 1.2 Hydroenergetický potenciál České republiky

Typ vodní elektrárny dle instalovaného výkonu	Výroba elektřiny (GWh)	Instalovaný výkon (MW)
< 1 MW	492,3	150,8
1 – 10 MW	474,6	141,7
> 10 MW	1 057,5	752,8
Přečerpávací vodní elektrárny	352,0	1 146,5
<b>Celkem</b>	<b>2 376,4</b>	<b>2 191,8</b>

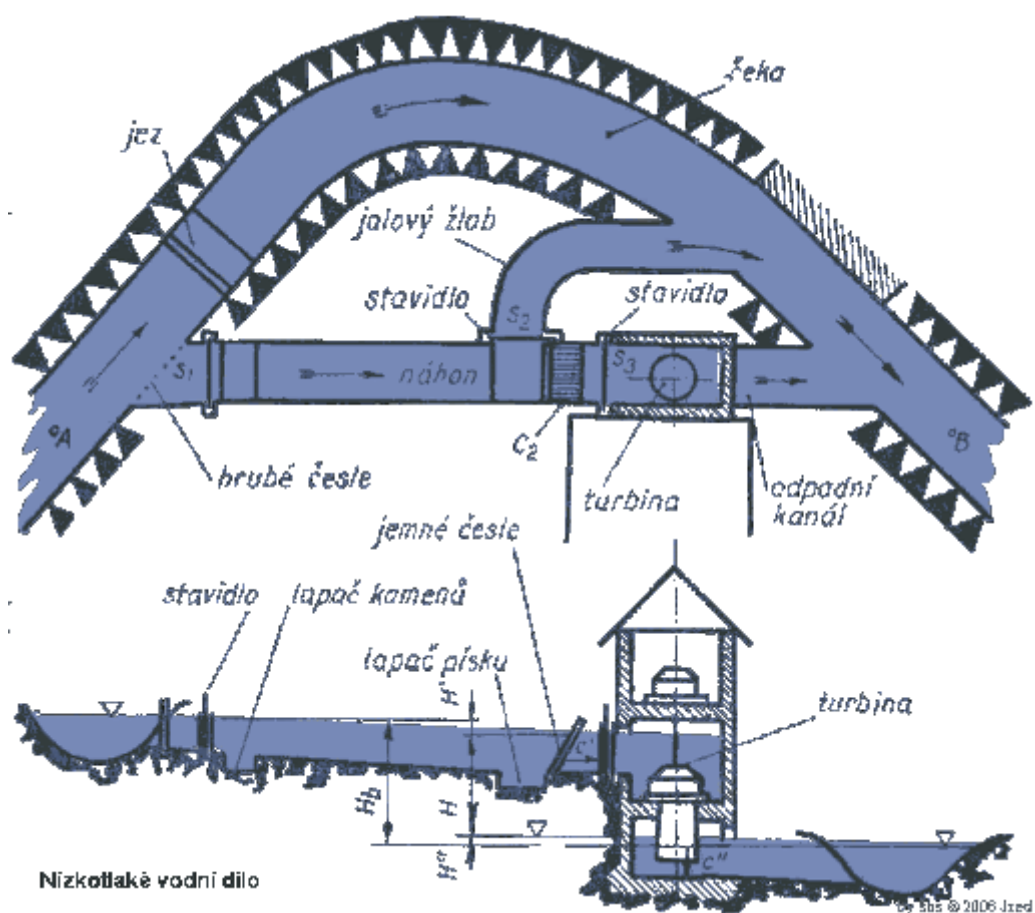
Tabulka 1 Hydroenergetický potenciál České republiky

Vodní elektrárny se na celkové výrobě elektřiny podílejí necelými 3 %, což představuje 2 376,3 GWh/rok (technicky využitelný potenciál řek v ČR činí 3 380 GWh/rok). Z tohoto množství je zhruba 40,7 % vyrobeno v elektrárnách o výkonu do 10 MW, 44,5 % v elektrárnách o výkonu nad 10 MW a 14,8 % v přečerpávacích

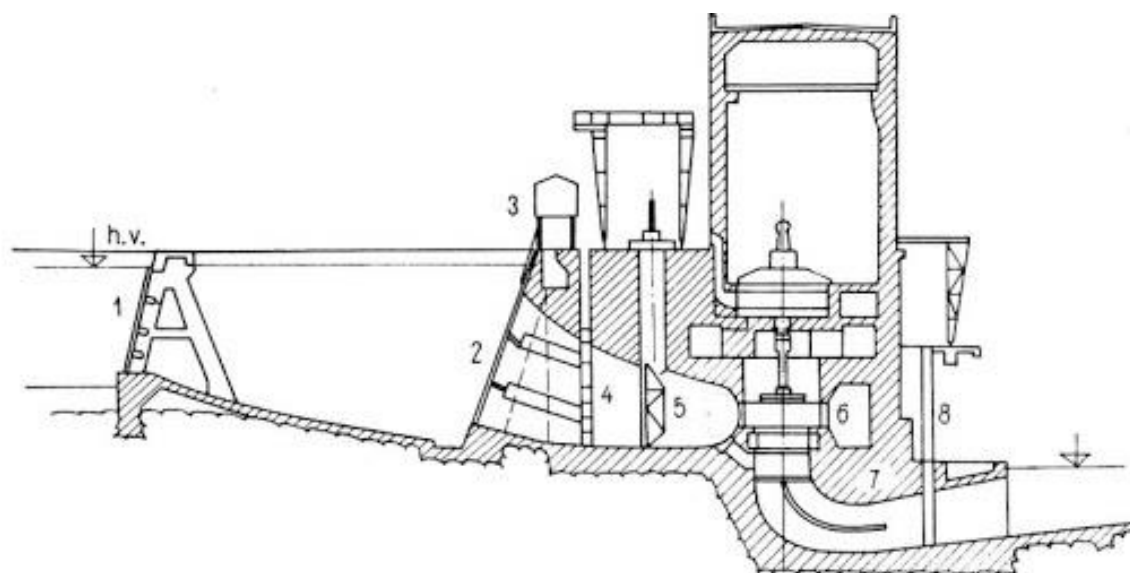


**Obrázek 1: Mapa ČR s možným potenciálem využití MVE**

### 1.3 Hlavní části energetického vodního díla



Obrázek 2 Schéma derivační elektrárny



Obrázek 3: Řez vodní elektrárnou: 1 – hrubé česle, 2 – jemné česle, 3 – strojní čištění česlí, 4 – provizorní uzávěr, 5 – uzávěr, 6 – spirála, 7 – savka, 8 – provizorní uzávěry savky

### 1.3.1 Jez

Jez má za účel vytváří danou výšku hladiny pro zásobu vody a požadovaný spád pro vodní elektrárnu. Jez může mít nastavitelnou výšku a tím korigovat výšku hladiny.

### 1.3.2 Vstup do náhonu;

Vstup do náhonu je umístěn v blízkosti jezu v hrázi pro dobrou regulovatelnost a možností uzavřít. Vstup osazen hrubými česly a uzávěrem.

### 1.3.3 Česle

Česle slouží k zachycení nebo odklonění předmětu v řece, která by mohla poškodit systém elektrárny. Vodní elektrárny mívají hrubá česla, která bývají u vstupu v přivaděči a poté jemná česla, která jsou tvořena svisle zabetonovanými traverzami, silnostěnnými trubkami o průměru nejméně 80mm. Mezera mezi nimi je od 10 do 50 cm. U jemných česel se jedná o mezeru od 8 do 25 mm. Zachycené předměty se nazývají shrabky. Např.: plovoucí větve, kmeny a různé odpady. V zimě se jedná hlavně o ledové kry.

### 1.3.4 Náhon

Náhon slouží k přívodu vody k elektrárně. Rozdělujeme na tlakové a otevřené.

### 1.3.5 Vyrovnávací komora

Vyrovnávací komora chrání uzavřený přivaděč proti účinkům rázu vody a zmenšuje účinek rázu v tlakovém potrubí, který nastává při každé změně odběru vody.

### 1.3.6 Tlakové potrubí

Tlakové potrubí bývá část svodu mezi vyrovnávací komorou, popř. nádrží a hydrocentrálou) strojovnou. Každá turbína má buď samostatné tlakové potrubí, nebo je tlakové potrubí společné pro všechny agregáty.

### 1.3.7 Strojovna

Strojovnu můžeme rozdělit na dvě části. Na vodní, kde je umístěná turbína ,regulátor turbíny, čerpadla a další .A strojní kde se nachází generátor, budič elektrického proudu, měřiče silnoproudé a slaboproudé kabely a další části MVE. Transformátory bývají co nejbližší generátoru kvůli ztrátám na vedení.

### 1.3.8 Odpad vody

Odpadní vodu myslíme takovou ,která opustila turbínu a svojí kinetickou energii předala turbíně. Odpadní voda je vypuštěna dvěma způsoby. První je do toku ,kdy je ukončení na nejhlubším místě toku a nedocházelo k zanášení koryta.

Další možností je odpadní kanál, který je nejčastěji umístěn na volné hladině aby se zamezilo rázu vody a možného nadzvednutí turbíny.[5]

## 1.4 Situace na trhu s elektrickou energií v ČR

K 31. 12. 2019 dosáhl instalovaný výkon elektráren v České republice hodnoty 21 965,8 MW. Nejvyšší podíl měly elektrárny z neobnovitelných zdrojů a to s instalovaným výkonem, parní elektrárny 48,8 % a 19,3 % připadlo na jaderné elektrárny.

Z obnovitelných zdrojů je 9,3 % na fotovoltaické elektrárny, 5,0 % vodní, 4,3 % na plynové a spalovací a 1,5 % na větrné elektrárny.

ČR zatím elektrickou energii vyváží do okolních států. Do roku 2038 je plánované ukončení veškerých uhelných elektráren o výkonu 10 000MW a bude potřeba zrůstající spotřebu elektrické energie nahradit.

V roce 2021 bylo zahájeno výběrové řízení na výstavbu dalšího jaderného bloku Dukovanech, které by měly mít výkon od 950 do 1200MW to se rovná polovině stávajícího výkonu elektrárny.

Stabilní dodávky elektřiny jsou důležitým aspektem jak pro průmysl, tak domácnosti a kritickou infrastrukturu. Její zajištění by měl být prioritou každého státu, kvůli bezpečnosti a stabilitě.

Z dnešního hlediska je proto dobré investovat do obnovitelných zdrojů, které nám zajistí stabilitu a závislost na okolních státech. [6]

## Distribuce

Distribuci zajišťuje stát za pomoci ERU (Energetický regulační úřad), který udává podmínky pro distribuci, tím i stanovuje ceny a reguluje služby související s distribucí elektrické energie.

-Přenos a provozovatelem distribuční sítě zajišťuje firma ČEPS a.s

-Provozovatelem regionální soustavy a rozvoj zajišťuje několik firem: ČEZ, PRE, E-on.

-Obchodníci s elektřinou mající licenci od ERÚ mohou nakupovat elektrickou energii na burze a poté přeprodávat zákazníkům. Mezi tyto firmy patří: ČEZ, E-on, Pražská energetika a další.[7]

Srovnání výkupních cen elektrické energie z obnovitelných zdrojů v ČR v CZK/kWh*														
Zdroj	Cena 2007	Cena 2008	Cena 2009	Cena 2010	Cena 2011	Cena 2012	Cena 2013	Cena 2014	Cena 2015	Cena 2016	Cena 2017	Cena 2018	Cena 2019	Cena 2020
Fotovoltaika	13,46	13,46	12,79	12,15	5,5	6,16	2,83	0	0	0	0	0	0	0
Větrná elektrárna	2,46	2,46	2,34	2,23	2,23	2,23	2,12	2,014	1,98	1,93	1,93	1,93	1,93	1,93
<b>Malé vodní elektrárny</b>	<b>2,39</b>	<b>2,6</b>	<b>2,70</b>	<b>3,00</b>	<b>3,00</b>	<b>3,19</b>	<b>3,23</b>	<b>3,23</b>	<b>3,23</b>	<b>3,069</b>	<b>2,741</b>	<b>2,741</b>	<b>2,741</b>	<b>2,741</b>
Biomasa	3,37	4,21	4,49	4,58	4,58	4,58	3,73	3,335	3,263	3,263	3,263	3,263	3,263	3,263
Bioplyn z BPS	3,04	3,9	4,12	4,12	4,12	4,12	3,55	0	0	0	0	0	0	0

Tabulka 2 Srovnání výkupních cen energie z obnovitelných zdrojů ČR [www.eru.cz]



## **NÁVRH MVE KONKRÉTNÍ LOKALITU TRPÍSTY**

### **2 Lokalita**

Souřadnice : 49.8324781N, 13.0579261E

Řeka – Úterský potok (Povodí Vltavy)

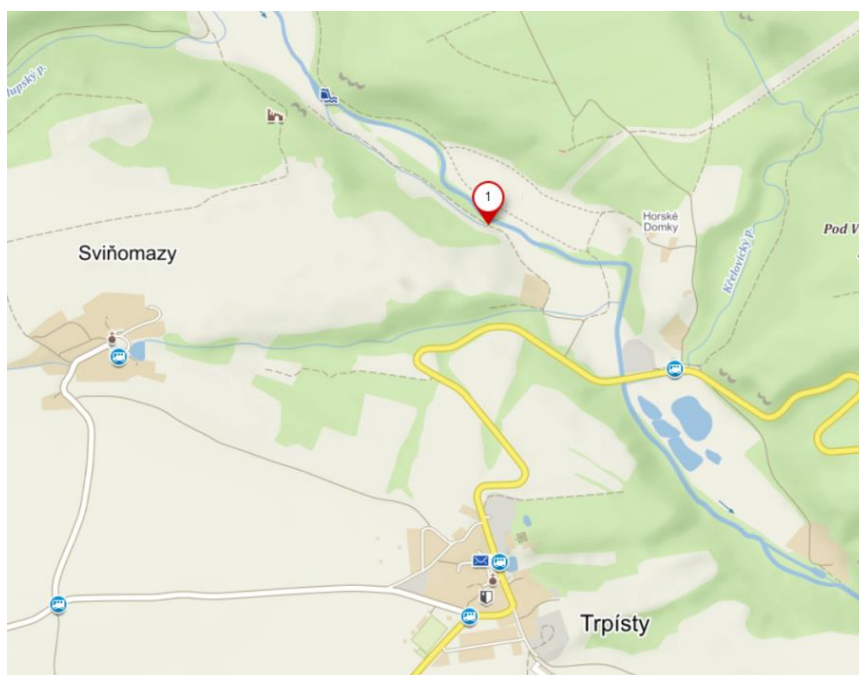
Průměrný průtok :0,46 [m<sup>3</sup>.s-1]

Obec –Trpísty

Kraj-Plzeňský

Okres -Tachov

Nadmořská výška : 370 m.n.m



**Obrázek 2: Mapa umístění MVE Trpísty**

### 2.1.1 Popis lokality :

Elektrárna se nachází v údolí Úterského potoka u obce Trpísty. Trpísty je obec v Plzeňském kraji, 9 km severovýchodně od Stříbra. Obec sestává ze dvou částí – Sviňomazy a Trpísty o celkové rozloze 9,67 km<sup>2</sup>. Ze 76 domů připadá na místní část Trpísty 58 domů.. Žije zde 272 obyvatel. Hydrologické měření zajišťuje měřicí stanice pár metrů po proudu od MVE. K MVE vede pouze jedna soukromá panelová cesta, která vede ze silice mezi obcí Trpísty a Pernarec.

### 2.1.2 Hydrologické údaje

-Průměrný roční stav:  $Q=0,46$  [m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>].

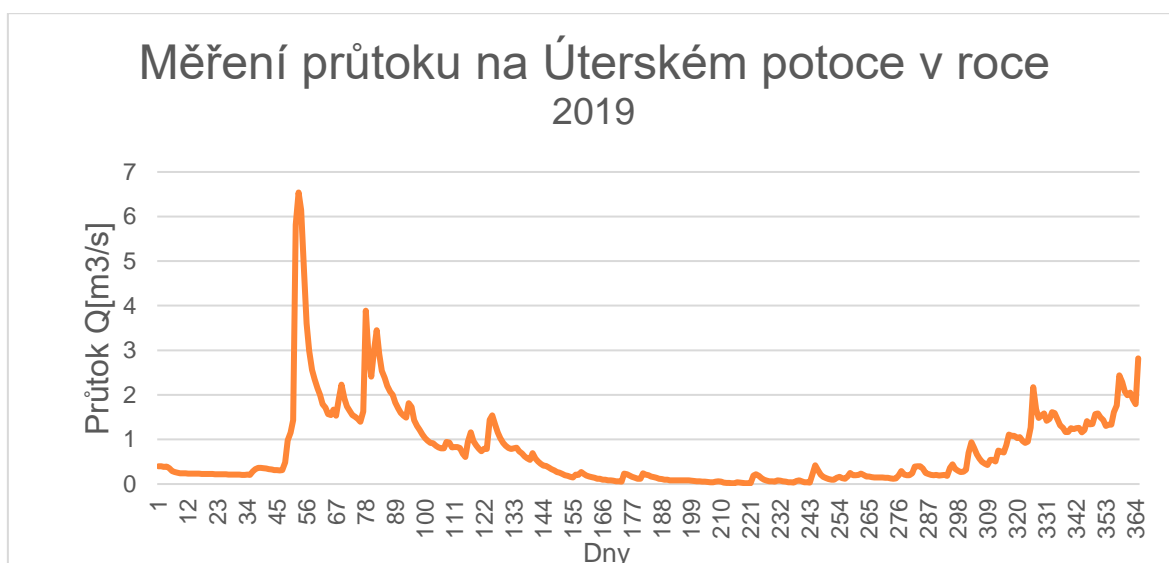
-Naměřený spád  $H_b=7,1$  [m]

N-leté průtoky:	Q1	Q5	Q10	Q50	Q10
$Q_p$ [m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ]	14,00	21,50	34,10	45,40	58,30

Tabulka 3: Velká voda opakující se jednou za (N-leté období ) zdroj:www.pvl.cz

dnů	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360
$Q_p$ [m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ]	0,797	1,392	3,2	0,825	0,488	0,209	0,0523	0,132	0,117	0,207	0,276	0,352

Tabulka 4 : Průměrné hodnoty průtoku na Úterském potoce v roce 2019



Graf 1 : Měření průtoku na Úterském potoce v roce 2019

### 2.1.3 Spád

Elektrárna má spád  $H=7,1$  [m] od začátku náhonu na konec vývodu vodní výpusti.

### 2.1.4 Průtok

Průměrný průtok na Úterském potoce je  $0,46$  [ $m^3 \cdot s^{-1}$ ]. Veškerá naměřená denní data v období 1980 do 2019 naleznete v příloze.

### 2.1.5 Historie a koncepce řešení MVE

MVE leží na bývalém náhonu mlýna z 19st. Tento mlýn se nachází dalších 100m po proudu od MVE. Jez a náhon byl mnohokrát pozměněn, zničen a přestaven. V 70. letech se armáda snažila jez cvičně odstřelit. Odstřel se nepovedl a v 90. letech proběhla oprava jezu do současné podoby. Při povodních v roce 2006 byla protrhnuta hráz a bylo nutno náhon uzavřít. Od této doby MVE chátrá.

Návrh optimální technické výzbroje MVE je výsledkem kompromisu mezi ekonomickým, technickým a ekologickým řešením pro danou situaci.

Dle mého návrhu se bude rekonstruovat přivaděč k MVE, také strojní část a připojení k distribuční síti. Od hranice stavidel, na začátku přívodního kanálu, bude nutná rekonstrukce.

Místo vhodné pro výstavbu velkých vodních děl jsou plně využívána a proto se hledají nová místa pro vodní díla s malým výkonem.

Bohužel mnoho návrhů MVE není realizováno z důvodu vysokých investic, jejichž návratnost překračuje období 15 let a z ekonomického hlediska se nevyplatí elektrárnu provozovat. [8][1]

## 2.2 Návrh strojní části MVE

Teoretický výkon elektrárny se spočítá jako

$$P = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \text{ [W]} \quad (1.1)$$

Kdy  $\rho$  je hustota vody [ $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ ]

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

$Q$ -průtok vodním motorem [ $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ]

$H$ - spád využitý vodní elektrárnou [ $\text{m}$ ]

Pro výpočet teoretického výkonu MVE, musíme určit průtok danou lokalitou. Ze statistiky za posledních 40 let jsem vypočítal průměrný průtok v dané lokalitě  $Q=0,46 \text{ [m}^3 \cdot \text{s}^{-1}]$ .

Tento průtok bude použit pro výpočet turbíny. Pro MVE Trpísty bylo naměřený hrubý spád  $H=7,1 \text{ m}$ .

Hodnoty dosadíme do vzorce (1.1):

$$P_{\text{teo.}} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H = 1000 \cdot 9,81 \cdot 0,46 \cdot 7,1 = 32,039 \text{ [kW]}$$

Teoretický výkon je 32,039 kW ,do výpočtu je zapotřebí zahrnout účinnost prvků MVE. Mezi ně patří účinnost turbíny, elektrického generátoru, převodu.

Jako turbína bude použit tip Bánkiho turbín kde literatura udává účinnost v rozmezí od 0,72 do 0,85 .Pro nás výpočet uvažujeme hodnotu účinností  $\eta_t=0,78$ .

Asynchronní generátor který přemění kinetickou energii na elektrickou má účinnost od  $\eta_g = 0,84$  až  $0,96$ . S ohledem na velikost určíme účinnost  $\eta_g = 0,87$ . Převod mezi generátorem a turbínou bude zprostředkována řemenovým převodem, který se vyznačuje jednoduchostí a bezúdržbovostí. Účinnost řemenového převodu z literatury je od  $\eta_{př} = 0,94$  až  $0,98$ . Do výpočtu dosazujeme  $\eta_{př} = 0,96$ . Účinností transformátoru, který slouží k přeměně na vyšší napětí a při započítání výkonu bude mít  $\eta_{tr} = 0,92$ .

Celková účinnost soustrojí je potom dána vztahem:

$$\eta_c = \eta_t \cdot \eta_g \cdot \eta_{př} \cdot \eta_{tr} = 0,78 \cdot 0,87 \cdot 0,96 \cdot 0,92 = 0,6 \quad [-] \quad (1.2)$$

Výkon elektrárny s úbytkem je :

$$P = P_{cel} \cdot \eta_c = 32,039 \cdot 0,6 = 19,2234 \text{ [kW]} \quad (1.3)$$

### 2.2.1 Hltnost

Pomocí Bernoullího hydrodynamické rovnici určíme skutečné maximální množství vytékané vody do turbíny.

Kdy

$$S = 0,635 \text{ [m}^2\text{]}$$

Bernoullího hydrodynamické rovnici zní:

$$Q_{max} = \mu \cdot S \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

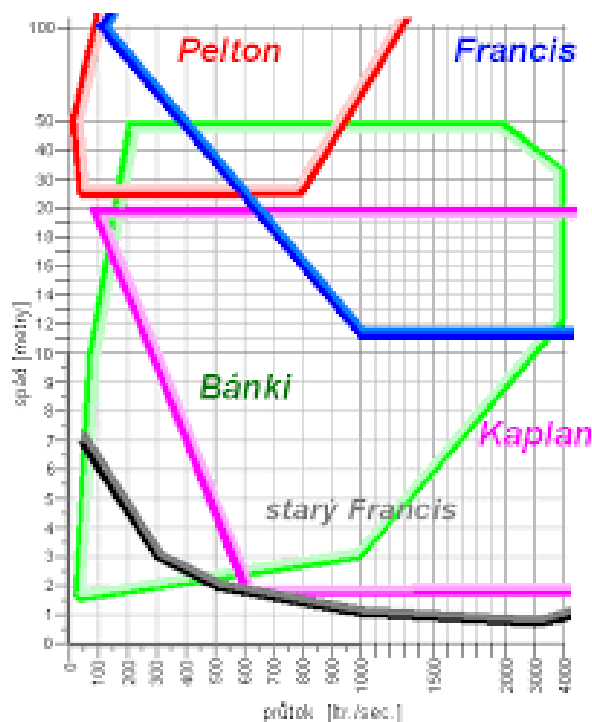
Kdy,  $\mu$  je výtokový součinitel ten volím  $0,7$ . Po dosazení dostaneme:

$$Q_{max} = 0,7 \cdot 0,635 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 7,2}$$

$$Q_{max} = 5,2 \text{ [m}^3 \cdot \text{s}^{-1}\text{]}.$$

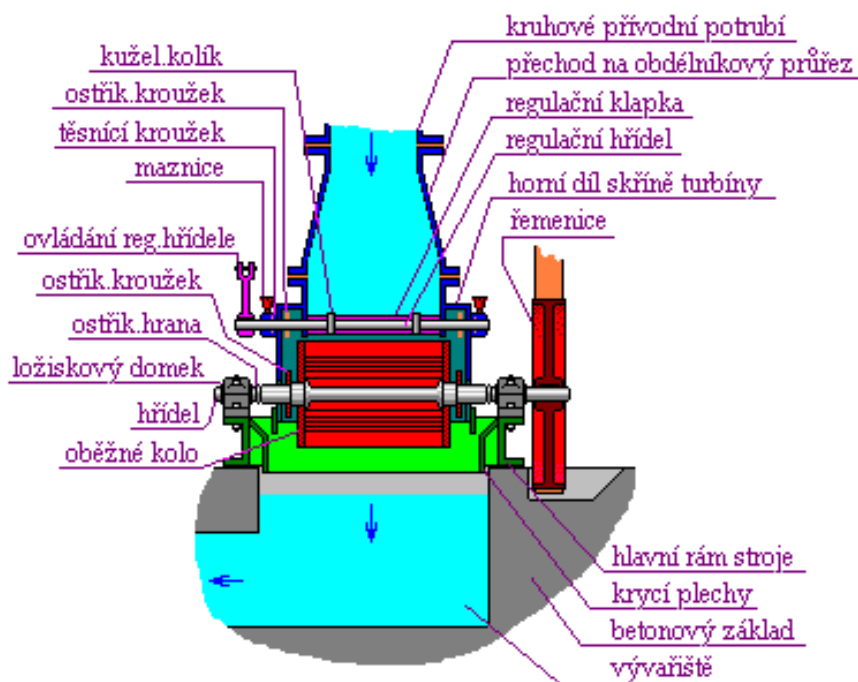
### 2.2.2 Turbína

Oblast pro použití různých typů turbín na základě spádu a průtoku.



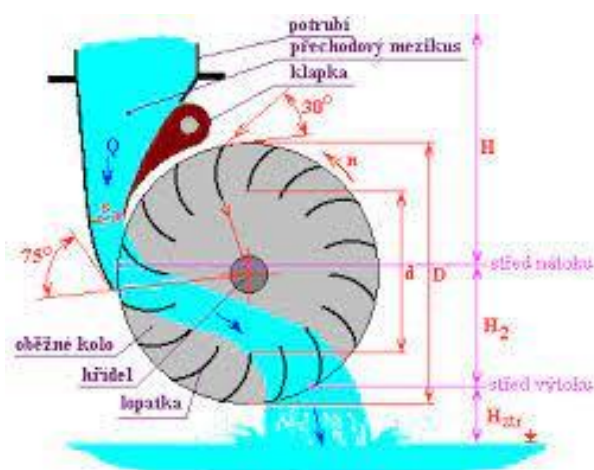
Obrázek 3: Diagram oblasti použití různých typů turbín

Výběr turbíny nám ukazuje obrázek č.5, kdy hledáme turbínu z parametru průtoku a spádu MVE. Z diagramu můžeme vyčíst že vhodný typ turbíny je Bánkiho.



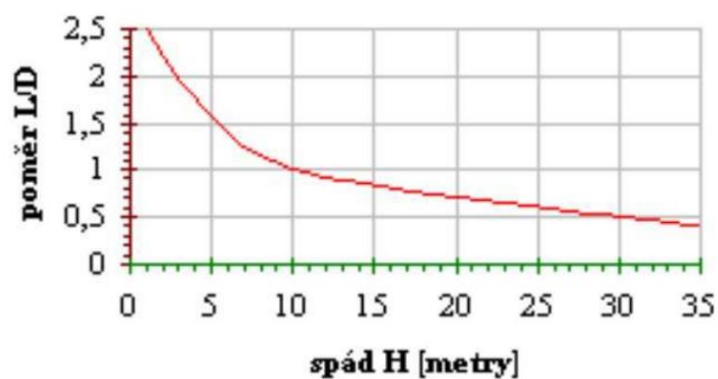
Obrázek 4: Bánkiho turbína

### 2.2.3 Postup výpočtu:



Obrázek 5 :výpočet hodnot

Pro výpočet parametrů Bánkiho turbíny, je potřeba zvolit koeficient poměr u L a D. To lze zvolit dle obr. 8 tedy  $k_{ld}$



Obrázek 6: Graf volby poměru L/D

Hodnotu součinitele  $k_{1d}$  pro konkrétní provozní spád jsem určil z grafu tedy  $k_{1d} = 2$ .

Vstupní rychlost vody  $c_1$ :

$$c_1 = 0,98 \cdot \sqrt{19,81 \cdot H}$$

$$c_1 = 0,98 \cdot \sqrt{19,81 \cdot 7,1}$$

$$c_1 = 30,97 \text{ [m/sec]}$$

plochu štěrbiny  $a$ :

$$a = \frac{q}{c_1 \cdot 1000}$$

$$a = \frac{5200}{30,97 \cdot 1000}$$

$$a = 0,167 \text{ m}^2$$

největší otevření štěrbin  $s$ :

$$s = 1000 \cdot \sqrt{\frac{a \cdot k_{ost}}{k_{1d}}}$$



$k_{ost}$  je součinitel ostříku pro Bánkiho turbínu je  $k_{ost} = 0,2$

$$s = 1000 \cdot \sqrt{\frac{0,167 \cdot 0,2}{2}}$$

$$s = 129,23 \text{ [mm]}$$

vnější průměr oběžného kola D:

$$d = \frac{s}{k_{ost}}$$

$$d = \frac{129,23}{0,2}$$

$$d = 646,15 \text{ [mm]}$$

vnitřní průměr  $d_2$ :

$$d_2 = D \cdot 0,66$$

$$d_2 = 646,15 \cdot 0,66$$

$$d_2 = 426,459 \text{ [mm]}$$

délka štěrbiny L:

$$L = D \cdot k_{1d}$$

$$L = 646,15 \cdot 2$$

$$L = 1292,3 \text{ [mm]}$$

délka lopatky  $L_2$  by měla být o 5mm-15mm větší než délka štěrbiny:

$$L_2 = L + 10$$

$$L_2 = 1292,3 + 10$$

$$L_2 = 1232,3 \text{ [mm]}$$

Světlost DN této trubky(vnitřní průměr):

$$DN = 0,326 \cdot D - 2 \cdot tl.$$

tl. Je tloušťka stěny .V našem případě je 4mm.

$$DN = 0,326 \cdot 646,15 - 2 \cdot 4$$

$$DN = 202,64 \text{ [mm]}$$

V praxi se používají pozinkované trubky. Síly stěny tl. se pohybují od 3,5 do 8 mm, podle délky lopatky a jejich namáhání.

Jmenovité otáčky turbíny n:

$$n = 9898 \cdot \frac{C_1}{D}$$

$$n = 9898 \cdot \frac{30,97}{646,15}$$

$$n = 474,41 \text{ [ot./min.]}$$

Přibližný průměr hřídele  $d_h$  :

$$d_h = 160 * \sqrt[3]{\frac{H * Q}{75 * n}}$$

$$d_h = 160 * \sqrt[3]{\frac{7,1 * 5200}{75 * 474,41}}$$

$$d_h = 161[\text{mm}]$$

Parametry	Hodnoty
$P_{turbíny\ max}$	19,22[kW]
n	474,41[ot./min.]
d	646,15[mm]
$d_2$	426,459[mm]
L	1292,3[mm]
Délka lopatky	1232,3 [mm]
s	129,23[mm]
DN	202,64[mm]
$d_h$	161[mm]
C1	30,97 [m/sec]
a	0,167[m <sup>2</sup> ]

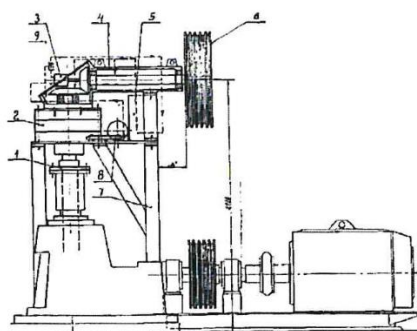
**Tabulka 5: Parametry vypočítané na turbíně srovnané pro přehlednost do tabulky**

Množství vody v Úterském potoce je velmi proměnlivé vycházející ze záznamů průtoku vody za posledních 40 let. V dané lokalitě proto vhodnou volbou dvoukomorová turbína. Když užší komora bude zpracovávat mále průtoky do  $Q=0,3\ \text{m}^3/\text{s}$ . Větší komora zpracovává střední průtok který odpovídá  $1,1\ \text{m}^3/\text{s}$ . Pro plný průtok budou zapojeny obě komory. Pro plný průtok bude  $1,5\ \text{m}^3/\text{s}$ .

Tím se zajistí vyšší účinnost MVE a tím i vyšší dodávaný výkon. Turbína bude postavena horizontálně. U turbíny bude použita savka (zohledňují ztrátu výkonu při zvýšené vodní hladině).

## 2.2.4 Převody

Převod mezi hřídelí turbíny a generátoru je provedena pomocí klínovými řemeny. Otáčky hřídele turbíny byly vypočítány na  $n=475$  ot /min. 5emen bude mít rozměr 22x2000mm s převodem do rychla v poměru 1:9,5.



- 1 – spojka
- 2 – jednostupňový planetový převod
- 3 – mazací a chladičí čerpadlo
- 4 – kuželový převod
- 5 – chladič oleje
- 6 – řemenice
- 7 – stojan
- 8 – nádrž
- 9 – redukční ventil

Obrázek 7 Převodní systém

## 2.2.5 Regulace

Regulaci provádíme na množství vody vtékající do turbíny. Regulaci průtoku u Bánkiho turbíně provádíme regulačníma klapkami. U turbíny dvou sekční provedeme rozdělení sekci na 1/3 ku 2/3.

Poloha klapek je na sobě nezávislá a tím i velikost regulovaného průtoku. Poloha klapek bude měněna automatiky za pomocí šroubů a servopohonu. Servopohon bude napájen soběstačným 12V okruhem. Ovládání je navrženo jak pro regulaci tak havárii kdy dojde k uzavření klapek. O stavu hladiny a průtoku Úterského potoka se budou starat elektrodová čidla.

Řízení servopohonů bude zajišťovat programovatelným PLC ,které bude moc ovládat z řídicího pultu nebo dálkově. Veškeré úkony budou moc provádět automaticky s výstupem mobilní aplikace. Tento systém zajišťuje spolehlivost a komfort řízení MVE.

### 1. Plný průtok turbínou

- obě klapky otevřené,
- obě čidla ponořená,
- na tento průtok je turbína navržena ( $Q=1,1 \text{ m}^3/\text{s}$ ),

### 2. Střední průtok turbínou

- čidlo 1 není ponořené,
- čidlo 2 ponořené,
- menší klapka uzavřená, větší je otevřená,

### 3. Malý průtok turbínou

- obě čidla nejsou ponořená,
- menší klapka je otevřená, větší klapka je uzavřená

Průtok turbínu	Účinnost [%]	Průtok [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]	Výkon [kW]
Plný průtok	78	1,1	59,76
Střední průtok	78	0,8	43,46
Malý průtok	77	0,3	16,3

**Tabulka 6 :Poměr průtoku s výkonem MVE**

Proměnlivé výkony turbíny je potřeba znát pro další výpočty komponentů MVE jako je transformátor a asynchronní generátor. [1][2]

## 2.2.6 Asynchronní generátor

Asynchronní generátor patří mezi nepoužívanější generátory a zdroje proudu u malých vodních elektráren. Mezi její výhody patří její jednoduchost, spolehlivost, cenová dostupnost. Není potřeba složitějšího připojení a nepotřebuje regulátor otáček. Generátoru si sám turbínu přibrzdí na odpovídající otáčky. Vhodným převodem zajistím optimální režim.

Při spuštění je soustrojí s generátorem roztočen na synchronní otáčky sítě. Tím dojde k sepnutí k síti a k zatažení generátoru do otáček sítě. Při spuštění MVE se snažíme omezit proudové nárazy do sítě.

Výkon generátoru určíme z maximálního možného průtoku MVE. Dle tabulky č.5 z ní vyplývá že asynchronní generátor s min. zdánlivým výkonem 60kW [3]

Počet dnů	Průměrný průtok [ $m^3/s$ ]	Spád [m]	Účinnost turbíny [%]	Účinnost motoru [%]	Elektrický výkon [MWh]
<b>110</b>	1,5	7,1	78	87	80
<b>201</b>	1,1	7,1	78	87	70
<b>55</b>	0,4	7,1	78	87	25
<b>Celkem průměrně vyrobeno :</b>					<b>175MWh</b>

Tabulka 7: Vypočítaná průměrně vyrobená ele. energie z MVE za rok 2019

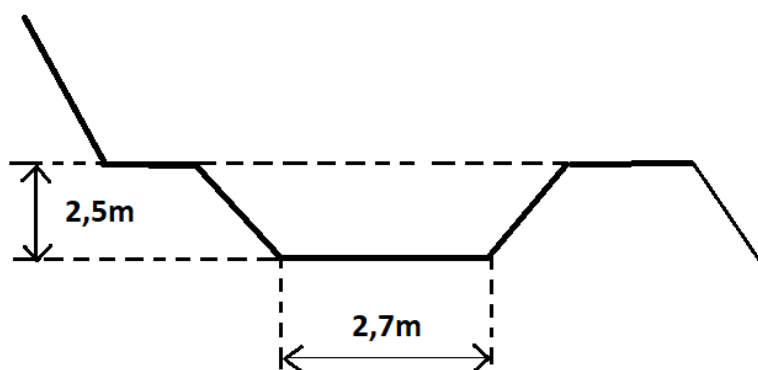
## 2.3 Stavební řešení MVE

Náhon MVE začíná na jezu nacházejícím se na Úterském potoce. Jez je Pražského typu, je 18 metrů široký a 3 metry vysoký .viz. foto .



Obrázek 8: Jez MVE Pražského typu

Náhon do elektrárny začíná přírodním korytem o šířce 2,7m a s hloubkou 2,5, viz obr.10. Ten je dlouhý 660 metrů, náhon je ukončen hrubými a poté jemnými česly. Voda je přivedena trubkou o průměru 900 mm do turbíny ve strojovně.



Obrázek 9:Náčrt řezu náhonu k MVE

## 2.4 Návrh připojení MVE na distribuční síť

Elektrárna není připojena k distribuční síti. Návrh počítá s připojením vedení vzduchem a to AES 4x25mm, do nové TS (400/22kV) o zdánlivém výkonu 100 kVA, nacházející se na sloupu .č. 14., vedeno bude po betonových sloupech, po 30 metrech. Celková vzdálenost vzdušného vedení je 512 metrů. Nejlepší možností by bylo umístění TS v blízkosti MVE. Bohužel v trase leží vysokotlaké potrubí plynu a není možné vest VN síť tak blízko potrubí.

### Návrh kabelové přípojky

Nejdříve si určím dovolené zatížení vodiče

$$I_{max} = \frac{S_{max}}{U \cdot 0,9} \quad [A; VA; V; -;] \quad (3.1)$$

$$I_{max} = \frac{20000}{230 \cdot 0,9} \quad [A; VA; V; -;]$$

$$I_{max} = 96,62 \text{ [A]}$$

Kde  $S_{max}$  je max. přenesený výkon

U napětí

$I_{max}$  maximální proud vodičem

Počet žil x průřez jádra [mm <sup>2</sup> ]	Maximální odpor jádra [Ω/km]	Zaručená pevnost jádra [kN]	Proudová zatížitelnost na vzduchu [A]	Informativní průměr kabelu [mm]	Informativní hmotnost [kg/km]
2x16	1,910	2,5	64	15,5	145
4x16	1,910	2,5	64	17,9	290
1x25	1,2	4	94	9,1	105
2x25	1,2	4	94	17,9	210
4x25	1,2	4	94	21,2	435
4x35	0,868	5,5	113	24,1	525

Tabulka 8: Parametry vodiče AES

Pro proudové zatížení volím z tabulky AES 4x50, který vyhovuje parametrům.

Dimenzování vodiče podle úbytku napětí. Nejdříve musíme vypočítat odpor a reaktanci vodiče



Odpor vodiče

$$R = p \cdot \frac{l}{S} = 0,029 \cdot \frac{512}{50} = 0,3 [\Omega] \quad (3.2)$$

Reaktance vodiče

$$X = X_k \cdot l = 0,06 \cdot 0,512 = 0,03[\Omega] \quad (3.3)$$

$$X_k = 0,06 \frac{\Omega}{km} \quad (\text{pro } S = 35 \text{ mm}^2)$$

Výpočet úbytku napětí :

$$\Delta U = R \cdot I \cdot \cos \varphi + X \cdot I \cdot \sin \varphi \quad (3.4)$$

$$\nabla U = 0,3 \cdot 50 \cdot 0,95 + 0,03 \cdot 50 \cdot 0,312 = 14,72 [\text{V}]$$

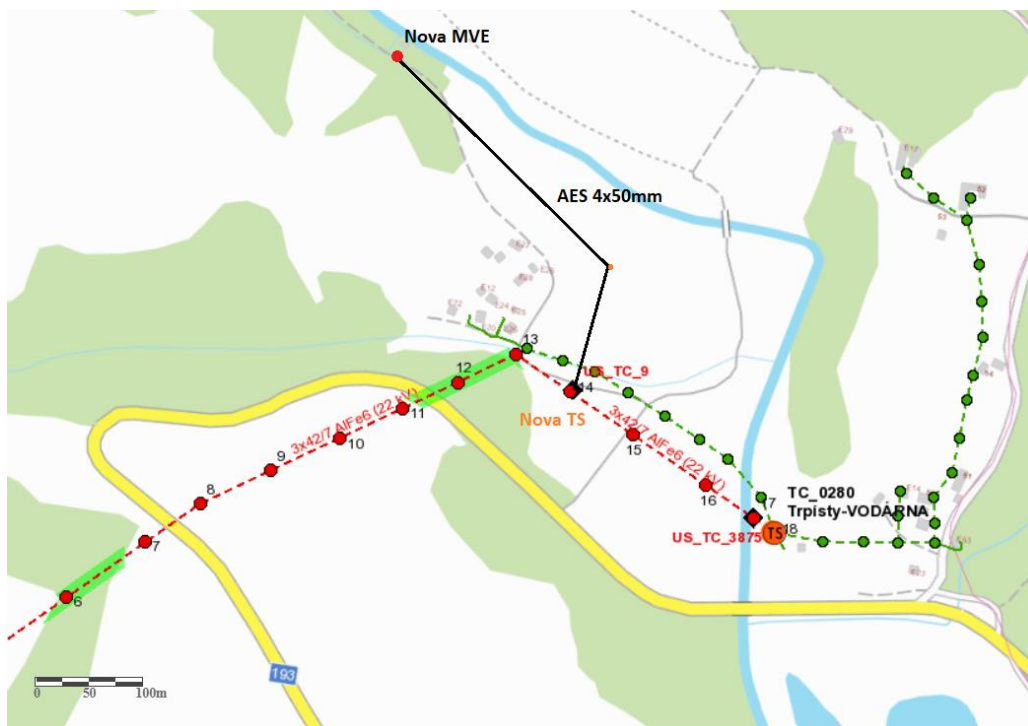
Procentuální úbytek napětí

$$\Delta u\% = \sqrt{3} \cdot \frac{\Delta U \cdot 100}{U_n} = \sqrt{3} \cdot \frac{14,72 \cdot 100}{400} = 1,73\%$$

Navržený kabel vyhovuje z hlediska dovoleného úbytku .

### Distribuční transformátor

Pro konkrétní použití jsem vybral třífázový olejový transformátor o zdánlivém výkonu 100kVA. Transformátor nebude určen pouze pro MVE, ale je plánováno v budoucnu zvýšit výkon výroby obnovitelné energie pomocí fotovoltaické elektrárny, i proto by mělo být navýšení dostačující. Transformátor by měl být bezúdržbový a hermeticky uzavřen z důvodu umístění na sloupu.



Obrázek 10: Mapa situace distribučního vedení v okolí MVE Trpísty

### 2.4.1 Kompenzace jalového výkonu

Kompenzaci jalového výkonu požaduje provozovatel distribuční sítě. Vyžaduje aby každý generátor dodávající elektrický výkon do sítě činný výkon v rozmezí induktivního účinníku  $\cos\phi = 0,95$  až 1.

Kompenzaci provádíme nejčastěji zapojením pevných kondenzátorů. Zapojení se dělí na individuální, kdy kondenzátor je připojen přímo ke kompenzovanému zařízení (spotřebiči, generátoru) nebo skupinová.

Skupinová kompenzace je vhodná pro rozsáhlé celky, kdy kompenzuje celé skupiny spotřebičů.

Zapojování kondenzátorů má na starosti programovatelné PLC které má přístup k aktuálním hodnotám a zajišťuje optimální účinník. Napětí na prahu elektrárny se pohybují  $U_n = \pm 5\%$ . Při návrhu kompenzace je nutností znát přesné parametry generátoru:

$$U_s = \sqrt{3} * 400 \text{ [V]}$$

$$\eta_{gen} = 0,93 \quad [-]$$

$$\cos \varphi = 0,8 \rightarrow \operatorname{tg} \varphi = 0,75 \quad [-]$$

$$I_{vin} = 80 \text{ [A]}$$

$$P_n = 60 \text{ [kW]}$$

Jalový výkon generátoru:

$$Q_{gen} = P_N * \operatorname{tg} \varphi$$

$$Q_{gen} = 60 * 0,75$$

$$Q_{gen} = 45 \text{ [kVAr]}$$

Generátor je nutné kompenzovat na  $\cos \varphi = 0,98$  dle požadavků provozovatele distribuční sítě.

$$Q_{sitě} = U_s * I_{vin} * \sin \varphi$$

$$Q_{sitě} = \sqrt{3} * 400 * 80 * 0,2$$

$$Q_{sitě} = 11 \text{ [kVAr]}$$

Výsledný jalový výkon po kompenzaci

$$Q_c = Q_{gen} - Q_{sit}$$

$$Q_c = 45 - 11$$

$$Q_c = 34 \text{ [kVAr]}$$

Kompenzační kondenzátory je zapotřebí jistit jističi s pomalou charakteristikou. Kvůli nárazovým proudům.

## Zhodnocení MVE

### 3 Energetické zhodnocení MVE

Dle výpočtu v kapitole č.2 by měla MVE v průměru vyrobit za rok 170 MWh. Tato hodnota se může měnit podle počasí v daném roce. Za období životnosti elektrárny( ta je 25 let ), vyrobí MVE celkem 4 563 MWh.

Elektrárna bude poháněna Bánkiho turbínou, její výpočet jsem provedl v kapitole č.2. Mechanická energie přenosem na asynchronní generátor o výkonu 60 kW, který přemění kinetickou energii na elektrickou .Tato energie bude vzdušným vedením AES 4x50 mm v délce 530 m, připojena na distribuční transformátor s převodem (400/22kV) o zdánlivém výkonu 100kW, který bude umístěn na sloupu č.14 a připojen na distribuční síť 22kV.

Rok	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Vyrobena MWh	186	185	179	180	171	169	180	210	160	175

Tabulka 9: Celkem vyrobené el. energie za období (1994-2003)

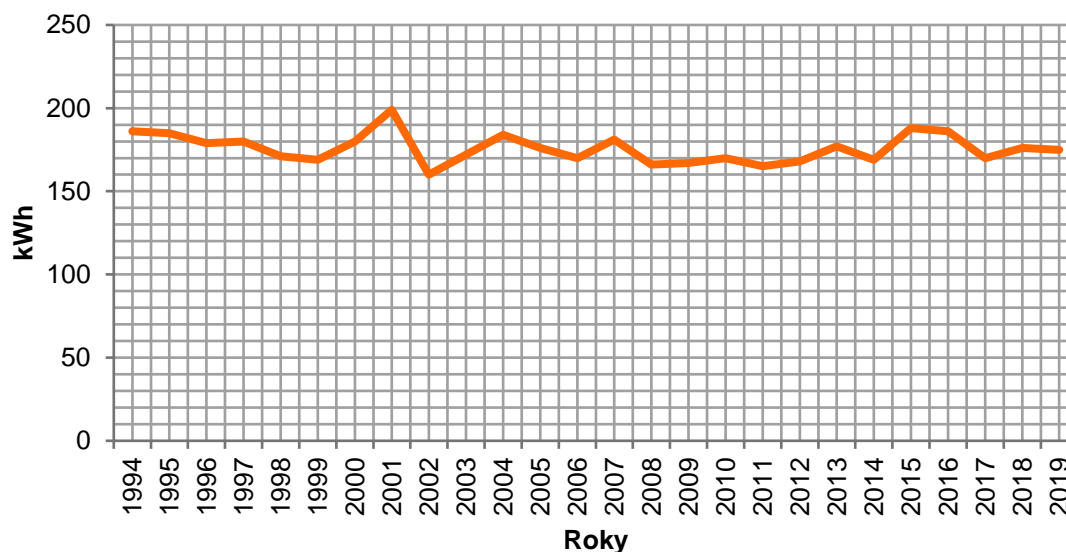
Rok	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Vyrobena MWh	160	175	169	180	176	172	150	177	176	172

Tabulka 10: Celkem vyrobené el. energie za období (2004-2013)

Rok	2014	2015	2016	2017	2018	2019	<b>Celkem :</b>
Vyrobena MWh	182	173	163	166	180	185	<b>4536</b>

Tabulka 4: Celkem vyrobené el. energie za období (2014-2019)

## Vyrobená el. energie za období (1994-2019)



Graf 2: Vyrobená el. energie za období (1994-2019)

### 3.1.1 Sluneční elektrárna vs. MVE Trpísty

Sluneční elektrárna patří mezi obnovitelné zdroje energie jako vodní elektrárna . Mezi nevýhody patří její neregulovatelnost . Při stejném instalovaném výkonu vodní elektrárny, by sluneční elektrárna potřebovala přibližně 70 panelů o celkovém výkonu 80kWp, které by se rozprostíraly na ploše 180 m<sup>2</sup>.

### 3.1.2 Uhelná elektrárna vs. MVE Trpísty

V průměru MVE vyrobí 170 MWh, to se rovná 612 GJ (1W=1J/s).

Pokud vezmeme v úvahu, že 1 kg černého uhlí má výhřevnost 18 000kJ, bylo by potřeba 34 t uhlí .

Bohužel tepelné elektrárny mají v průměru účinnost okolo 40% a aby jsme dosáhli přibližně stejného výkonu, byla by potřeba až 47 tun černého uhlí a při jeho spálení by do ovzduší uniklo 15,7 tun CO<sub>2</sub>, za každý rok provozu elektrárny, při stejném výkonu jako MVE Trpísty .

### 3.2 Ekonomické zhodnocení MVE

Položka	Cena [tis. Kč]
Vyčištění přívodního a odpadního kanálu	300
Rekonstrukce stavidla	150
Rekonstrukce- jemná česla	30
Rekonstrukce- hrubá česla	50
Rekonstrukce dolní stavby (strojovny)	150
<b>Celkem:</b>	<b>680</b>

Tabulka 5: Náklady na stavební úpravy MVE

K vyčištění přívodního a odpadního kanálu v délce 480 m, bude potřeba provést zemní práce, tak aby došlo k uchování parametrů kanálu. Práci na opravě přívodního kanálu odhaduji na 15dní (cena 550,-Kč /hod, 40,- Kč/km).

Rekonstrukce horní a dolní stavby (strojovny) bude vyžadovat stavební úpravu pro umístění nového výrobního soustrojí.

Položka	Cena [tis. Kč]
Asynchronní generátor	50
Převod (řemeny převodu)	10
Převod (kola převodu)	15
Bánkiho turbína	300
Regulace turbíny (servopohon)	10
Práce na zařízení	100
<b>Celkem:</b>	<b>485</b>

Tabulka 6: Strojní vybavení

Bánkiho turbína je konstrukčně jednoduchá. Cena na zakázku vyrobeného stroje od specializovaného výrobce se může pohybovat od 200 000 – 300 000Kč.

Položka	Cena [tis. Kč]
Regulace průtoku turbínou (el. část)	15
Regulátor jalového výkonu	10
Kompenzační baterie	15
Kabeláž	80
Rozvaděče	35
Měření	45
Automatický systém řízení	50
Práce Instalace zařízení	90
<b>Celkem:</b>	<b>270</b>

Tabulka 7: Elektrické vybavení

Položka	Cena [tis. Kč]
Transformátor (400/22kV;100kVA)	250
Vedení AES 3,5 4 (500m)	150
Sloupy (18 ks)	180
Stavební práce	150
<b>Celkem:</b>	<b>730</b>

Tabulka 8: Distribuční vybavení

Položka	Cena [tis. Kč]
Projekt	150
Poplatky	80
<b>Celkem</b>	<b>230</b>

Tabulka 9: Projekt a poplatky

Položka	Cena [tis. Kč]
Mzdy	100
5% do fondu oprav	50
Ostatní	50
<b>Celkem:</b>	<b>200</b>

Tabulka 17: Náklady na údržbu za jeden rok

Položka	Cena [tis. Kč]
Náklady na stavební úpravy MVE	680
Strojní vybavení	485
Elektrické vybavení	270
Distribuční vybavení	730
Projekt a poplatky:	230
<b>Celkem:</b>	<b>2 395</b>

Tabulka 10: Celkové náklady na realizaci MVE

### 3.2.1.1 Ceny, bonusy, zvýhodnění

Česká republika a EU se snaží podporovat rozvoj obnovitelných zdrojů. Jeden z takových bonusů se nazývá „Zelený bonus“ který připlácí k výkupu elektrické energie. Zelený bonus se každým rokem mění a je obtížné s ním počítat ale avšak její výše je daná po připojení MVE po celou dobu živostnosti MVE. Malou vodní elektrárnou nazýváme všechny vodní elektrárny nepřesahující výkon 10 MW



včetně. Výkupní cena za vyrobenou energii v MVE se zeleným bonusem za rok 2020 je ve výši 3960kč /MWh.

Při stavě nebo rekonstrukci MVE na kterou byl vydán stavebním úřadem kolaudace je majitel MVE oprostěn od odvádění daně z příjmu na dobu 5-ti let. V dalších letech podléhá zisk 15% dani.

Elektrická energie z MVE je měřena pomocí měřících traf na prahu distribuční sítě a provozovatel distribuční sítě má on-line přístup ke stavu vyrobené energie z MVE.

### 3.2.2 Hodnocení efektivnosti investic a ziskovosti

Vstupní hodnoty	
Investiční náklady	2 395 000 Kč
Roční provozní náklady	200 000 Kč
Životnost	<b>25 let</b>
Požadovaná výnosnost	<b>15 % rok</b>
Daň z příjmu	<b>15%</b>
Vyrobena energie za 1 rok	170 MWh
Výkupní cena	3 960 Kč/MWh
Průměrná roční inflace	<b>3 %</b>

Tabulka 11 :Vstupní hodnoty pro úročení MVE

### 3.2.3 Výpočet návratnosti

-Odpisy O

$$O = \frac{N}{S} = \frac{2395000}{20} = 119750 \text{ Kč}$$

N-celkové investiční náklady [Kč]

s- délka odpisového období [roky]

Tr-příjem z prodeje elektřiny

-Hrubý zisk Zh je částka, z kterého se odečítají daně. Vypočítaný hrubý zisk je základem pro výpočet daní.

$$Z_h = T_r - N_p \cdot i_{inf}$$

Čistý zisk hrubý zisk po odečtení daní

$$Z_{\check{c}} = Z_h - (Z_h \cdot D)$$

### 3.2.4 Metoda čisté současné hodnoty

Jde o dynamickou metodu hodnocení efektivity investičních projektů. Čistý zisk je rozdíl celkových příjmů a pořizovacích nákladů.

$$\check{c}sH = \sum_{j=1}^n \frac{P_j}{(1+i)^j} - K_i$$

kde  $\check{c}sH$  ,je čistý součet hodnoty

n doba životnosti

$P_j$  peněžní příjem z investic v její životnosti MVE

i roční úroková míra (požadovaný výnos 15%)

$K_i$  pořizovací náklady

Peněžní příjem se určí podle vztahu

$$NPV = Z_{dj} + N_{odp}$$

Kde  $Z_{dj}$  čistý zisk v roce

$N_{odp}$  odpisy v roce

**NPV > 0 Investice je efektivní**

NPV < 0 Investice není efektivní

Při porovnání variant je za nejlepší s největší hodnotou. Z výpočtu vychází hodnota větší než 0 a tím je investice efektivní .

### Metoda indexu ziskovosti

Index ziskovosti je relativní vyjádření celkových diskontovaných příjmů vztažených k pořizovacím nákladům.

$$PI = \frac{\sum_{j=1}^n \frac{P_j}{(1+i)^j}}{K_i}$$

Kde PI index ziskovosti

Po porovnání platí ,že čím má index vyšší hodnotu, je i vyšší zisk.

**PI > 1 Investice je efektivní**

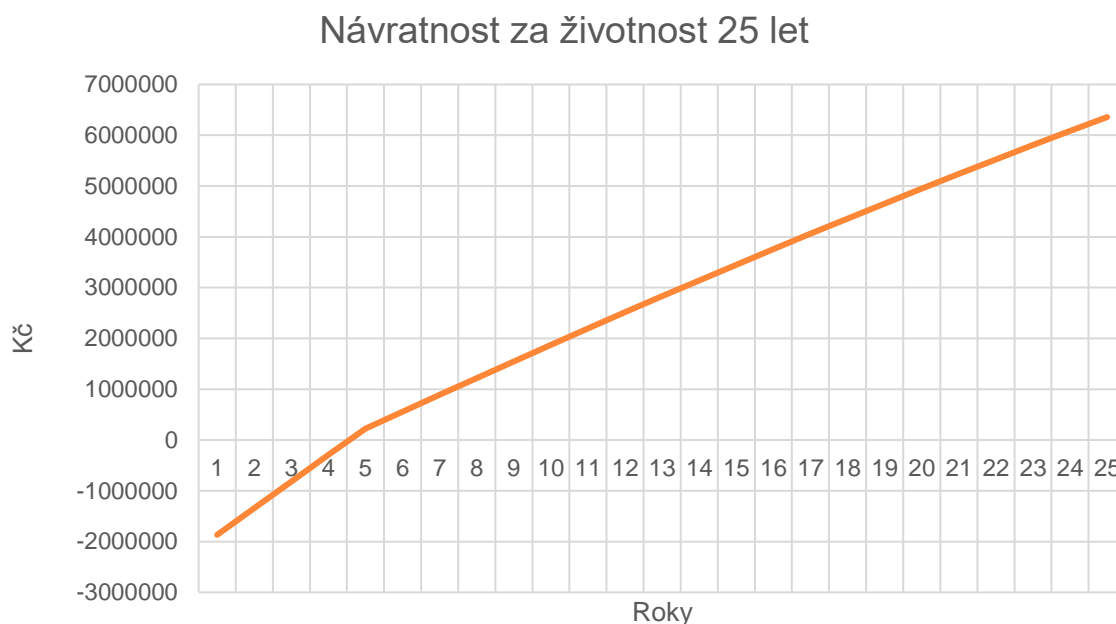
PI < 1 Investice není efektivní

### 3.2.5 Předpokládaná návratnost

Při průměrné výrobě MVE 170 MWh a ceně výkupu 3 960 Kč/MWh ,za rok utrží provozovatel 673 200 Kč a při nákladech na provoz elektrárny 145 tis. Kč a investici 2,5 mil Kč ,se předpokládá návratnost po 5 letech.

Rok provozu	Roční tržby T [Kč]	Roční provozní náklady [Kč]	Odpisy [Kč]	Hrubý zisk [Kč]	Dan z příjmu [Kč]	Čistý zisk [Kč]	Čistý kumulovaný zisk [Kč]
1	673200	145000	0	528200	0	528200	-1866800
2	673200	146450	0	526750	0	526750	-1340050
3	673200	149379	0	523821	0	523821	-816229
4	673200	152367	0	520833	0	520833	-295396
5	673200	155414	0	517786	0	517786	222391
6	673200	158522	119750	394928	59239	335689	558079
7	673200	161693	119750	391757	58764	332994	891073
8	673200	164926	119750	388524	58279	330245	1221318
9	673200	168225	119750	385225	57784	327441	1548759
10	673200	171590	119750	381860	57279	324581	1873341
11	673200	175021	119750	378429	56764	321664	2195005
12	673200	178522	119750	374928	56239	318689	2513694
13	673200	182092	119750	371358	55704	315654	2829348
14	673200	185734	119750	367716	55157	312559	3141907
15	673200	189449	119750	364001	54600	309401	3451308
16	673200	193238	119750	360212	54032	306180	3757488
17	673200	197102	119750	356348	53452	302895	4060384
18	673200	201044	119750	352406	52861	299545	4359928
19	673200	205065	119750	348385	52258	296127	4656055
20	673200	209167	119750	344283	51643	292641	4948696
21	673200	213350	119750	340100	51015	289085	5237781
22	673200	217617	119750	335833	50375	285458	5523239
23	673200	221969	119750	331481	49722	281759	5804998
24	673200	226409	119750	327041	49056	277985	6082983
25	673200	230937	119750	322513	48377	274136	6357119

Tabulka 12: Odhadované finanční toky životnosti MVE Trpísty



**Graf 3: Návratnost za životnost 25 let**

### 3.3 Ekologické zhodnocení MVE

#### 3.3.1 Poškození ryb průchodem MVE

Živočichové nejčastěji ryby ,kteří se dostanou do MVE bývají často poškozeny mechanicky ,seknutím lopatky turbíny ,nebo dojde k poškození plynových měchýřů následkem zvýšeného tlaku. Průchod živočichy MVE nemusí okamžitě usmrtit, ale může se projevit za delší dobu.

#### Řešení:

K omezení poškozování živočichů v turbínách MVE, ke kterým dochází především při migraci, je nutné použití technických prostředků

Z toho důvodu je nutné přijmout kombinaci opatření k omezení poškozování ryb:

1) Zamezit rybám ve vniknutí do MVE vhodným odpuzovacím zařízením .

Zamezit rybám ve vniknutí do MVE je možné pomocí různých technických zařízení, jedná se především o mechanické zábrany (česle, clony) a dále různá mechanická zařízení (bublinové clony, rotační clony), elektrické pole, světelné zábleskové a akustické plašiče.

2) Umožnit jim náhradní trasu – po-proudové rybí přechody, které buď ryby zachycené na česlích přenesou pod jez, nebo je navedou do rybího přechodu.

Ryby zachycené na česlích nebo na jiných zařízeních je nutné nasměrovat do podjezí specializovaným zařízením – různé žlaby nebo potrubí ústící do podjezí nebo do RP, kterým již ryba pokračuje dále bez nebezpečí zranění.

3) Využití nových konstrukcí turbín, které umožní rybám proplutí turbínou bez poškození.

### **3.3.2 Důsledek výstavby a provoz MVE na biotop**

Výstavba MVE může mít negativní vliv na vodní ekosystém a biotop okolí elektrárny. Při derivační elektrárně dochází k odklonu části toku a dochází k změnám proudění vody co má za následek změny plochy dna. Nejvíce sledovanou skupinou organismů z hlediska vlivu MVE jsou ryby, jelikož se zde projevuje nejzávažnější negativní vliv výstavby MVE, kterým je tvorba migračních bariér.

#### **Řešení:**

Pokud je MVE přímo na jezu a odpadní voda je vypouštěna do podjezí, musí zajistit dostačující tok mezi těmito kanály. [7]

## **Závěr**

Malou vodní elektrárnu Trpísty považuji za proveditelný a úspěšný projekt. MVE Trpísty patří mezi derivační elektrárny. MVE využívá jez a náhon bývalého mlýna. Z historických dat průtočnosti Úterského potoka za období 1994 až 2019, byla vypočítána průměrná výroba elektrické energie 170 MWh za rok. Návratnost investice do rekonstrukce MVE v hodnotě 2,5 milionu byla spočítána na 5 let a tím vyhovuje parametrům dobré investice. Malé vodní elektrárny mají své místo v energetice více než kdy jindy. V ČR je mnoho míst, kdy i historicky byly vodní díla součástí každé vesnice. Blíží se doba, kdy bude potřeba nahradit výkony tepelných elektráren jinými zdroji a v budoucnu omezit závislost na ostatních státech. Velmi vhodnou náhradou se jeví výroba energie z obnovitelných zdrojů (sluneční, větrná a vodní). Vodní elektrárny patří mezi stabilní zdroje energie a měl by se využívat jejich potenciál, který na rozdíl od slunečních a větrných má při stejném výkonu menší vliv na biotop okolí elektrárny.

## **Seznam literatury a informačních zdrojů**

[1] ŠKORPIL, J. a M. KASÁRNÍK. Obnovitelné zdroje energie I: vodní elektrárny. 2. vyd., přeprac. V Plzni: Západočeská univerzita, Elektrotechnická fakulta, 2000. ISBN 978-80-7082-675-1.

[2] GABRIEL, Pavel a Jitka KUČEROVÁ. Navrhování vodních elektráren. Vyd. 2. Praha: České vysoké učení technické, 2000. ISBN 80-01-02214-5.

[3] Analýza efektivního využívání MVE z hlediska přírodního potenciálu toku [online]. [cit. 2021-03-20]. Dostupné z:  
[https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/vodni\\_elektrarny\\_vyuziti\\_analyza/\\$FILE/OOV\\_priloha%20\\_3\\_20171004.pdf/](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/vodni_elektrarny_vyuziti_analyza/$FILE/OOV_priloha%20_3_20171004.pdf/)

[4] MELICHAR, Jan, Jaroslav BLÁHA a Jan VOJTEK. Malé vodní turbíny: konstrukce a provoz. Praha: České vysoké učení technické, 1998. ISBN 80-010-1808-0.

[5] Části vodní elektrárny [online]. [cit. 20.2.2021]  
[http://hgf10.vsb.cz/546/VHZ3/casti\\_vodni\\_elektrarny.html](http://hgf10.vsb.cz/546/VHZ3/casti_vodni_elektrarny.html)

[6] Voda a životní prostředí Moravskoslezského kraje 2011 [online]. [cit. 21.2.2021]  
<https://docplayer.cz/11193529-Vysoka-skola-banska-technicka-univerzita-ostava-hornicko-geologicka-fakulta-institut-environmentalniho-intenyrstvi-vojtech-vaclavik-a-kolektiv.html>

[7] Malé vodní elektrárny v ČR [online]. [cit. 21.2.2021]  
[http://www.spvez.cz/files/MVE\\_v\\_%C4%8CR.pdf](http://www.spvez.cz/files/MVE_v_%C4%8CR.pdf)

[8] Povodí Vltavy [online]. [cit. 21.4.2021]  
<http://www.pvl.cz/portal/SaP/cz/pc/Mereni.aspx?id=UPTR&oid=3>



[9] Ekologické zhodnocení [online].[cit. 21.4.2021]

[https://kke.zcu.cz/export/sites/kke/old\\_web/\\_files/projekty/enazp/24/MMP/174\\_Soucasne\\_elektrarny\\_](https://kke.zcu.cz/export/sites/kke/old_web/_files/projekty/enazp/24/MMP/174_Soucasne_elektrarny_)

## **Seznam Tabulek**

TABULKA 1 HYDROENERGETICKÝ POTENCIÁL ČESKÉ REPUBLIKY .....	11
TABULKA 2 SROVNÁNÍ VÝKUPNÍCH CEN ENERGIE Z OBNOVITELNÝCH ZDROJŮ ČR [WWW.ERU.CZ] .....	16
TABULKA 3: VELKÁ VODA OPAKUJÍCÍ SE JEDNOU ZA (N-LETÉ OBDOBÍ ) ZDROJ:WWW.PVL.CZ .....	18
TABULKA 4:PARAMETRY VYPOČÍTANÉ NA TURBÍNĚ SROVNANÉ PRO PŘEHLEDNOST DO TABULKY .....	27
TABULKA 5 POMĚR PRŮTOKU S VÝKONEM MVE .....	29
TABULKA 6: VYPOČÍTANÁ PRŮMĚRNĚ VYROBENÁ ELE. ENERGIE Z MVE ZA ROK 2019 .....	30
TABULKA 7: PARAMETRY VODIČE AES .....	32
TABULKA 8: CELKEM VYROBENÉ EL. ENERGIE ZA OBDOBÍ (1994-2003) .....	37
TABULKA 9: CELKEM VYROBENÉ EL. ENERGIE ZA OBDOBÍ (2004-2013) .....	37
TABULKA 10: CELKEM VYROBENÉ EL. ENERGIE ZA OBDOBÍ (2014-2019) .....	37
TABULKA 11 NÁKLADY NA STAVEBNÍ ÚPRAVY MVE .....	39
TABULKA 12 STROJNÍ VYBAVENÍ .....	39
TABULKA 13 ELEKTRICKÉ VYBAVENÍ .....	39
TABULKA 14 DISTRIBUČNÍ VYBAVENÍ .....	40
TABULKA 15 PROJEKT A POPLATKY .....	40
TABULKA 16 NÁKLADY NA ÚDRŽBU ZA JEDEN ROK .....	40
TABULKA 17 CELKOVÉ NÁKLADY NA REALIZACI MVE .....	40
TABULKA 18 VSTUPNÍ HODNOTY PRO ÚROČENÍ MVE.....	41
TABULKA 19 ODHADOVANÝ FINČNÍ TOKY ŽIVOTNOSTI MVE TRPÍSTY .....	44

## **Seznam Obrázků**

OBRÁZEK 1: MAPA ČR S MOŽNÝM POTENCIÁLEM VYUŽITÍ MVE .....	12
OBRÁZEK 2: MAPA UMÍSTĚNÍ MVE TRPÍSTY .....	17
OBRÁZEK 3:DIAGRAM OBLASTI POUŽITÍ RŮZNÝCH TYPŮ TURBÍN .....	22
OBRÁZEK 4:BÁNKIHO TURBÍNA .....	23
OBRÁZEK 5 :VÝPOČET HODNOT.....	23
OBRÁZEK 6: GRAF VOLBY POMĚRU L/D.....	24
OBRÁZEK 7 PŘEVODNÍ SYSTÉM.....	28
OBRÁZEK 8: JEZ MVE PRAŽSKÉHO TYPU .....	31
OBRÁZEK 9:NÁČRT ŘEZU NÁHONU K MVE.....	31
OBRÁZEK 10: MAPA SITUACE DISTRIBUČNÍHO VEDENÍ V OKOLÍ MVE TRPÍSTY .....	34

## **Seznam zkratek**

AC-střídavý proud

DC-stejnoseměrný proud

FVE-fotovoltaická elektrárna

Wp-Watt-peak je míra nominálního výkonu solárního panelu v laboratorních (ideálních) světelných podmínkách

$h$  – hydraulické ztráty v hrubých česlech č

$b$  – světelná vzdálenost mezi česlicemi

$\beta$  - ztrátový činitel odtékání česlic, pro hrubé česlice

$L_{pk}$  - délka přívodního kanálu  $v$

$\Delta h$  - Rozdíl hladin u vtok. objektu přívodního kanálu a vstupem kanálu do přivaděče

$S$  – vnější průměr česlic

$b$  - šířka kanálu ve dně

$C$  - rychlostní součinitel

$D_k$  – průměr, resp. výška koncového profilu vtokového objektu.

$h$  - výška hladiny vody v kanále

$H$  – spád využitý vodní elektrárnou

Hb – hrubý spád

hz - rozdíl hladin na úseku

$\Delta L$  mezi profily 1 a 2,  $i$  - roční úroková míra (požadovaná výnosnost investice)

$I$  - sklon hladiny

IRR - vnitřní výnosové procento

IZR2 - Maximální proudové zatížení zásuvky v rozvaděči

$K$  – modul průtoku  $k_{1d}$  – součinitel provozního spádu

$K_i$  - pořizovací náklady kostř – součinitel ostříku

$K_{Th}$  - Kumulativní tok hotovosti

$M$  – moment stroje  $m$  - sklon svahu kanálu

MVE – malá vodní elektrárna

$N$  – celkové investiční náklady

$n$  - doba životnost

$i$   $n$  - součinitel drsnosti stěn a dna kanálu

$N_{odpj}$  - odpisy v  $j$ -tém roce

NPV - čistá současná hodnota

$O$  - omočený obvod

PI - index ziskovosti 13

Pi - vnitřní výkon stroje

Pj - peněžní příjem z investice v j-tém roce její životnosti

PMVE – Instalovaný výkon MVE

$P\beta$  - skutečný výkon generátoru daný výkonem turbíny na hřídeli

Q - průtok vody kanálem

R - hydraulický poloměr

Rmin - poloměr oblouku vztažený k ose kanálu

Rs – střední hydraulický poloměr s – délka odpisovaného období

S - plocha průtočného průřezu v oblouku

Th - Tok hotovosti (Cash flow)

v - střední profilová rychlost v oblouku

v0 – střední rychlost proudění v profilu hrubých česlí

vk – průměrná profilová rychlost v koncovém profilu vtokového objektu

vs – střední omočený obvod

y - součinitel přibližně roven

Zč - Čistý zisk

Zdj - čistý zisk v j-tém roce

Zh - Hrubý zisk

$\omega$  – úhlová rychlost p

k - koeficient vyjadřující vliv podpěr česlí

g – gravitační zrychlení

$\alpha$  – úhel roviny česlí od vodorovné roviny

$\eta_g$  – účinnost generátoru

$\eta_t$  – účinnost turbíny

$\eta_{tr}$  – účinnost transformátoru

$\delta_k$  – koeficient zahrnující šikmost obtékání česlí při sbíhajících se stěnách vtoku

$\eta_c$  – celková účinnost

$\rho$  - hustota vody