



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV VODNÍCH STAVEB

INSTITUTE OF WATER STRUCTURES

STUDIE MALÉ VODNÍ ELEKTRÁRNY V LOKALITĚ OSÍK NA VODNÍM TOKU DESNÁ

STUDY OF SMALL HYDROPOWER STATION IN THE LOCALITY OF OSÍK

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Aleš Staněk

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. ALEŠ DRÁB, Ph.D.

BRNO 2022



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	NPC-SIV Stavební inženýrství – vodní hospodářství a vodní stavby
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Specializace	bez specializace
Pracoviště	Ústav vodních staveb

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Aleš Staněk
Název	Studie malé vodní elektrárny v lokalitě Osík na vodním toku Desná
Vedoucí práce	doc. Ing. Aleš Dráb, Ph.D.
Datum zadání	31. 3. 2021
Datum odevzdání	14. 1. 2022

V Brně dne 31. 3. 2021

prof. Ing. Jan Šulc, CSc.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

- Odborná literatura a normy z oboru využití vodní energie, hydrauliky a hydrologie.
- Hydrologické údaje a mapové podklady zájmové lokality.
- Firemní materiály dodavatelů stavební a technologické části.

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Předmětem práce je návrh průtočné derivační malé vodní elektrárny (MVE) v lokalitě Osík na vodním toku Desná v jedné variantě stavební a technologické části. Výstupy práce budou zahrnovat tyto přílohy:

- průvodní a technická zpráva,
- situace širších vztahů,
- katastrální situace,
- celková situace MVE,
- podélný profil MVE,
- podélný řez strojovnou (v ose turbíny) a vtokovým objektem,
- půdorysný řez strojovnou a vtokovým objektem,
- příčný řez strojovnou,
- hydraulické a hydroenergetické výpočty,
- fotodokumentace.

STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část závěrečné práce zpracovaná podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (povinná součást závěrečné práce).
2. Přílohy textové části závěrečné práce zpracované podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání, a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (nepovinná součást závěrečné práce v případě, že přílohy nejsou součástí textové části závěrečné práce, ale textovou část doplňují).

doc. Ing. Aleš Dráb, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Tato diplomová práce se zabývá vypracováním studie malé vodní elektrárny v oblasti Osík na toku Desná. Součástí práce je výpočet vyrobené energie a odhad návratnosti projektu.

KLÍČOVÁ SLOVA

Malá vodní elektrárna, turbína, vodní kolo, výkon, energie.

ABSTRACT

This diploma thesis deals with a study of a small hydropower plant in Osík on the Desná river. Part of the work is the calculation of the produced energy and the estimation of the return on investment.

KEYWORDS

Small hydropower plant, turbine, water wheel, power, energy.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Bc. Aleš Staněk *Studie malé vodní elektrárny v lokalitě Osík na vodním toku Desná*.
Brno, 2021. 27 s., 108 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně,
Fakulta stavební, Ústav vodních staveb. Vedoucí práce doc. Ing. Aleš Dráb, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce s názvem *Studie malé vodní elektrárny v lokalitě Osík na vodním toku Desná* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 8. 10. 2021

Bc. Aleš Staněk
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Studie malé vodní elektrárny v lokalitě Osík na vodním toku Desná* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 8. 10. 2021

Bc. Aleš Staněk
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych rád poděkoval svému vedoucímu práce panu doc. Ing. Aleši Drábovi, Ph.D. za odborné rady, podnětné připomínky i za šíři poskytnutých podkladů, které mi pomohly při vypracování této práce.



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV VODNÍCH STAVEB

INSTITUTE OF WATER STRUCTURES

STUDIE MALÉ VODNÍ ELEKTRÁRNY V LOKALITĚ OSÍK NA VODNÍM TOKU DESNÁ

STUDY OF SMALL HYDROPOWER STATION IN THE LOCALITY OF OSÍK

A. PRŮVODNÍ A TECHNICKÁ ZPRÁVA

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Aleš Staněk

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. ALEŠ DRÁB, Ph.D.

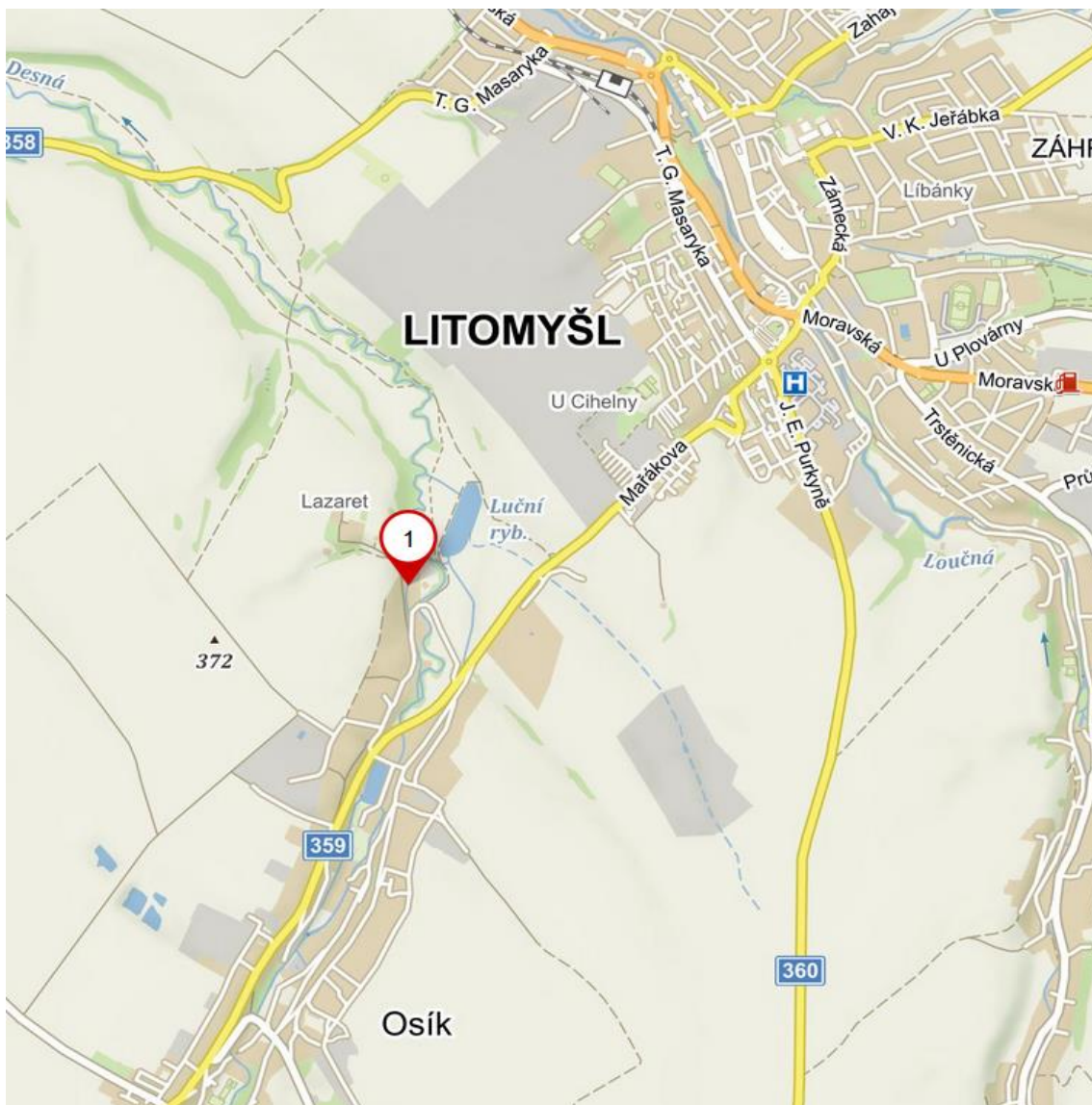
BRNO 2022

OBSAH

1. Úvod a cíle práce.....	10
2. Seznam podkladů.....	12
2.1. Podklady k zájmové lokalitě	12
2.2. Předpisy.....	13
2.3. Místní šetření.....	13
2.4. Vyhodnocení výchozích podkladů.....	13
3. Charakteristika území stavby	14
3.1. Stávající stav	14
3.2. Hydrologické podklady	16
3.3. Geodetické podklady.....	16
4. Navržené řešení.....	16
4.1. Členění stavby.....	17
5. Stavební část.....	17
5.1. SO 1 – Vzduvací a odběrný objekt	17
5.1.1. Vzduvací objekt	17
5.1.2. Odběrný objekt	18
5.2. SO 2 – Derivační kanál	19
5.3. SO 3 – Vtokový objekt a strojovna MVE	20
5.3.1. Vtokový objekt	20
5.3.2. Strojovna MVE.....	22
5.4. SO 4 – Odpadní kanál	22
6. Ekonomická efektivita.....	23
6.1. Investiční náklady	23
6.2. Zisk.....	24
6.3. Návratnost	24
7. Závěr.....	25
8. Seznam tabulek.....	26
9. Seznam použitých zkratk	26
Seznam příloh.....	27

1. ÚVOD A CÍLE PRÁCE

Předmětem práce je vypracování studie malé vodní elektrárny (MVE) na vodním toku Desná v obci Osík (viz Obr. 1). MVE bude využívat hydroenergetický potenciál derivačního schématu historického osického Dolního mlýna. Všechny stávající objekty budou v co možná největší míře zachovány, aby nedošlo k poškození jejich historické hodnoty. V návrhu bude ovšem přihlédnuto i k plánovanému rozvoji oblasti i k požadavkům majitelů sousedních pozemků.



Obr. 1 - Poloha MVE [1].

Cílem práce je zhodnocení hydrologických, hydraulických, geologických a ekonomických faktorů a navrhnout nejvhodnější technické řešení pro využití hydroenergetického potenciálu toku.

Základním přístupem při návrhu je co možná nejmenší náročnost stavby z ekonomického i technického hlediska. Maximální náklady na stavbu MVE jsou limitovány relativně nízkými energeticky využitelnými průtoky v toku.

Součástí práce jsou i následující přílohy:

- technická zpráva;
- hydrotechnické a hydroenergetické výpočty;
- výkresová dokumentace stávajícího stavu;
- výkresová dokumentace navržené MVE;
- fotodokumentace.

2. SEZNAM PODKLADŮ

2.1. PODKLADY K ZÁJMOVÉ LOKALITĚ

- [1] *Mapy.cz* [online]. Praha: Seznam.cz, 2021 [cit. 2021-10-10]. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?vlastni-body&x=16.2912660&y=49.8602398&z=14&l=0&uc=>
- [2] ZMÍTKO, J. *STUDIE MVE V LOKALITĚ PARDUBICE – SVÍTKOV*. Brno, 2016. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce doc. Ing. Aleš Dráb, Ph.D.
- [3] Český hydrometeorologický ústav. *Hydrologické údaje povrchových vod*. Hradec Králové, 2020.
- [4] *Odkanalizování obce Osík: Podrobná situace č. 9*. Projektová dokumentace stupně DPS. AQUA PROCON s.r.o. Brno, 2015.
- [5] *Katastrální mapa* [online]. Praha: Český úřad zeměměřický a katastrální, 2021 [cit. 2021-10-16]. Dostupné z: <https://sgi-nahizenidokn.cuzk.cz/marushka/default.aspx?themeid=3&&MarQueryId=6D2BCEB5&MarQParam0=713104&MarQParamCount=1&MarWindowName=Marushka>
- [6] JANDORA, J. *VODOHOSPODÁŘSKÉ STAVBY: Modul 01 Základy hydrauliky* [online]. Brno [cit. 2021-12-13]. Dostupné z: <http://lences.cz/domains/lences.cz/skola/subory/Skripta/BS01-Vodohospodarske%20stavby/M01-Zaklady%20hydrauliky.pdf>. Studijní opora. FAST VUT.
- [7] *Malá vodní elektrárna: MT 3;5*. Firemní materiály METAZ. Benešov u Prahy, 1983.
- [8] *Metodický pokyn č.9/1998: B. Zásady stanovení MZP ve vodních tocích*. In: . Dostupné také z: [https://www.mzp.cz/web/edice.nsf/BB978B5BAEDF46C0C1256FC8003F1EB8/\\$file/metod.html](https://www.mzp.cz/web/edice.nsf/BB978B5BAEDF46C0C1256FC8003F1EB8/$file/metod.html)
- [9] Místní šetření v zájmové lokalitě
- [10] *FERONA a.s.: velkoobchod hutním materiálem* [online]. [cit. 2022-01-04]. Dostupné z: <https://www.ferona.cz/>
- [11] *Den Braven: Chemické kotvy* [online]. [cit. 2022-01-04]. Dostupné z: <https://www.denbraven.cz/kategorie-produktu/chemicke-kotvy/>
- [12] *JUTA a.s.: JUNIFOL* [online]. [cit. 2022-01-04]. Dostupné z: <https://www.juta-geosyntetika.cz/produkty/junifol>
- [13] *MAVEL: TM micro turbíny* [online]. [cit. 2022-01-04]. Dostupné z: <https://cz.mavel.cz/turbines/tm-micro-turbines/>
- [14] *DEK: Asfaltové pásy* [online]. [cit. 2022-01-04]. Dostupné z: <https://www.dek.cz/produkty/vypis/23-asfaltove-pasy>
- [15] *MARCADOR: Bentonitové rohože* [online]. [cit. 2022-01-04]. Dostupné z: <https://marcador.cz/vyrobky/bentonitove-rohoze/>
- [16] *PREFA BRNO: Deska stropní vylehčená H = 90 MM* [online]. [cit. 2022-01-04]. Dostupné z: <https://www.prefa.cz/pozemni-stavby/stropy-a-stropni-panely-spiroll/predpjate-stropni-panely-spiroll/>
- [17] *ČÚZK: Digitální model reliéfu terénu DMR 5G* [online]. [cit. 2022-01-14]. Dostupné z: <https://cuzk.cz/>

[18] *Cenové rozhodnutí Energetického regulačního úřadu* [online]. 2021. 2021 [cit. 2022-01-07]. Dostupné z: https://www.eru.cz/documents/10540/6660352/N%C3%A1vrh+CR+POZE+2021_+VKP/255675e7-8f66-46ca-9a7a-32575ca1b3c7

2.2. PŘEDPISY

ČSN 75 2601 Malé vodní elektrárny: Základní požadavky
ČSN 75 1400 Hydrologické údaje povrchových vod
ČSN 75 0120 Vodní hospodářství – Terminologie hydrotechniky
ČSN 73 1208 Navrhování betonových konstrukcí vodohospodářských objektů
ČSN 75 0250 Zatížení konstrukcí vodohospodářských objektů
TNV 75 2910 Manipulační řády vodních děl na vodních tocích

2.3. MÍSTNÍ ŠETŘENÍ

V zájmové lokalitě byla autorem práce provedena tři místní šetření. V rámci prvního místního šetření v dubnu 2020 byla provedena fotodokumentace lokality. V roce 2021 byly v lokalitě provedeny další dvě šetření, první v listopadu pro doplnění provedené fotodokumentace, druhé v prosinci ve kterém bylo provedeno zaměření vtokového objektu, přivaděče a odběrného objektu metodou GPS-RTK.

Prostor navrženého kašnového vtokového objektu a strojovny MVE byl zaměřen výškově pomocí laserového nivelačního přístroje a trigonometricky za použití pásma a laserového dálkoměru. Tato měření společně se zaměřením lednice a vodního kola byla prováděna různě dle potřeby v rámci vypracování studie. Výsledky provedených měření vč. pořízené fotodokumentace jsou doloženy v samostatných přílohách této práce.

2.4. VYHODNOCENÍ VÝCHOZÍCH PODKLADŮ

Zhodnocení úrovně dostupných podkladů z hlediska požadavků práce

Geodetické podklady pro vypracování studie byly zajištěny ve formě dat DMR 5G [17]. Tato data vlivem své nepřesnosti mohla být použita pouze pro rámcový návrh MVE, pro přesný návrh by bylo nutné přesné geodetické zaměření celé lokality. Situační výkres kanalizace [4] bylo možné použít pouze pro prvotní odhad výškových poměrů v oblasti, případně pro ověření přesnosti modelu DMR 5G. Zaměření oblasti provedené v rámci místního šetření metodou GPS-RTK byla použita pro upřesnění a kontrolu dat z poskytnutého modelu reliéfu terénu.

Poskytnutá hydrologická data [3] jsou v třídě přesnosti III.

Zaměření lednice a vodního kola (viz přílohy F.1., F.2. a F.3.) má dostatečnou přesnost pro přesný návrh nového soustrojí násoskové turbíny, či pro rekonstrukci vodního kola. Zaměření vtokového objektu je pro přesný návrh potřeba doplnit celkovým geodetickým zaměřením. Pro účely zpracování dokumentace MVE na úrovni studie lze zajištěné podklady považovat za dostačující. V rámci dalších fází přípravy akce by bylo nezbytné zajištění odpovídajícího geodetického zaměření lokality a geologické rešerše resp. orientačního geologického průzkumu.

3. CHARAKTERISTIKA ÚZEMÍ STAVBY

3.1. STÁVAJÍCÍ STAV

Vodní tok Desná se nachází v Pardubickém kraji v okrese Svitavy a je levostranným přítokem řeky Loučná. Hydroenergetický potenciál toku byl v minulosti hojně využíván soustavou mlýnů za účelem zpracování obilnin, pořezu dřeva, či v pozdějších letech k výrobě elektrické energie. Dolní mlýn, ve kterém bude MVE umístěna, je v Osíku nejnižše položeným odběratelem vody z toku v obci. Chod mlýnu zjišťovalo celkem 7 objektů. Konkrétně se jedná o vzdouvací objekt, odběrný objekt, derivační kanál, odlehčovací objekt, vtokový objekt s vantroky, lednici, kde byla umístěna vodní kola a odpadní kanál. Fotodokumentace stávajícího stavu je uvedena v příloze E. Fotodokumentace.

Vzdouvací objekt k Dolnímu mlýnu je tvořen pevnou hradící konstrukcí s šikmou přelivnou plochou tvořenou z kamenných kvádrů (foto 1 a 2). Výškový rozdíl mezi přelivnou hranou a dnem koryta v podjezí je přibližně 0,9 m. Osa vzdouvacího objektu svírá s osou toku úhel cca 113°. Přelivná hrana byla v době po ukončení provozu mlýna cíleně probořena, aby nedocházelo k nátoky vody do náhonu k již nefunkčnímu zařízení Dolního mlýna. V současné době se voda přes těleso přelévá primárně u pravého břehu, případně protéká vytvořenými průlinami v konstrukci vlivem částečného podemletí, které se postupem času zhoršuje (viz rozdíl mezi foto 1 a foto 2).

Odběrný objekt je umístěn v těsné blízkosti jezu na levém břehu toku v místě zavazovacího křídla (foto 3). Vzdouvací objekt svým natočením usměřňuje proud vody přímo do odběrného objektu. Z původního odběrného objektu jsou zachovány boční zavazovací křídla s drážkami pro umístění hradících prvků. Zavazovací křídlo resp. pilíř sestává jednak ze zděné části z pískovcových kvádrů, a dále pak dílčí části z plných

pálených cihel. Na stávající konstrukci nejsou patrné pozůstatky dnového vtokového prahu, který pravděpodobně nebyl součástí vtoku.

Náhon přivádějící vodu od jezu až do mlýna je navržen jako derivační kanál s délkou přibližně 450 metrů, stav derivačního kanálu je zachycen na fotografiích 1 až 10. Příčný profil koryta byl převážně lichoběžníkový s předpokládanou šířkou ve dně 2 m a sklonem svahů 1:2–3. Náhon je v celé délce zarostlý travinami a drobnými křovinami, v jednom místě je břehová část koryta prolomena, aby byl zajištěn případný odtok vody z dešťových srážek. Koryto se v současnosti kříží v několika místech s místní komunikací a také s nově vybudovanou stokovou sítí. V minulosti bylo řešeno pouze jedno křížení s komunikací, které bylo vyřešeno formou propustku, ostatní křížení vznikla až v době vyřazení koryta z provozu. Ve staničení km 0,077 je umístěn odlehčovací objekt (foto 8) pro odstavení celého zařízení mlýna z provozu, ze kterého nyní zbývají pouze zdi. Dle slov pamětníků byla na derivačním kanálu nutná pravidelná údržba a čištění vlivem zarůstání přibližně v měsíčních intervalech.

Umístění strojního vybavení MVE je plánováno do prostoru tzv. lednice (foto 12 a 13), ve které byla dříve umístěna 2 korečková vodní kola. V minulosti bylo jedno z kol nahrazeno Bankiho turbínou. V současné době se v prostoru nachází pouze zbytky zbývajících mlýnského kola, které bylo poškozeno provalením opěrné zdi v prostoru nátoky do lednice. V roce 2020 proběhla výstavba nové opěrné zdi ze ztraceného bednění (foto 13). Rozměry, tvar i vyztužení budované opěrné zdi byly konzultovány se statikem. Výška nové zdi odpovídá té původní, velikost vzniklého hrubého spádu je přibližně 4,00 m.

Odpadní koryto (foto 14) je obdélníkového průřezu s šířkou ve dně $b = 1,75$ m a prochází skrze celý mlýn, za kterým se průřez mění na lichoběžníkový o stejné šířce ve dně a sklonem svahů 1:2. Délka odpadního koryta činí přibližně 170 metrů a průměrný sklon je 2 ‰.

3.2. HYDROLOGICKÉ PODKLADY

Hydrologická data dle ČSN 75 1400 pro profil Osík, cca 7,62 ř. km jsou uvedena v Tab. 1. [3].

Tab. 1 - Hodnoty *m*-denních průtoků.

<i>M</i> -denní průtoky Q_{Md}					$l \cdot s^{-1}$				Třída III.				
M	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	355	364
Q	919	680	532	437	365	312	266	222	177	133	92	31	24

Tab. 2 - Hodnoty *N*-letých průtoků.

<i>N</i> -leté průtoky Q_N			$m^3 \cdot s^{-1}$		Třída III.		
<i>N</i>	1	2	5	10	20	50	100
Q	4,00	7,30	13,2	18,7	25,1	35,3	44,5

3.3. GEODETICKÉ PODKLADY

Geodetické podklady k řešení studie byly zajištěny z různých zdrojů. Jedním z podkladů je situace nedávno budované kanalizace [4], která byla poskytnuta obcí Osík. Dalším podkladem je digitální model reliéfu terénu 5. generace (DMR 5G) od Českého úřadu zeměměřičského a katastrálního. Významné body a objekty pak byly doměřeny autorem práce v rámci místního šetření metodou GPS-RTK.

4. NAVRŽENÉ ŘEŠENÍ

MVE je navržena jako derivační s beztlakovou derivací. Vzniklý spád bude využíván vrtulovou turbínou v násoskovém uspořádání a korečkovým vodním kolem na horní vodu. Při návrhu byl posouzen stav stávajících využitelných konstrukcí a následně bylo rozhodnuto o jejich sanaci, či celkové rekonstrukci.

4.1. ČLENĚNÍ STAVBY

Stavba MVE je pro účely studie rozdělena do následujících stavebních objektů a provozních souborů:

- SO 1 – Vzduvací a odběrný objekt;
- SO 2 – Derivační kanál;
- SO 3 – Vtokový objekt a strojovna MVE;
- SO 4 – Odpadní kanál;
- PS 1 – Vtokový objekt a strojovna MVE – technologická část;
- PS 2 – Vzduvací a odběrný objekt – technologická část;

5. STAVEBNÍ ČÁST

5.1. SO 1 – VZDOUVACÍ A ODBĚRNÝ OBJEKT

5.1.1. VZDOUVACÍ OBJEKT

Stávající vzduvací objekt situovaný cca v km 7,62 vodního toku Desná bude využit pro zajištění potřebné úrovně hladiny pro nátok vody do derivačního kanálu. Jedná se o kamenný spádový stupeň lichoběžníkového průřezu. Výška stupně činí cca 910 mm s přelivnou hranou v kótě 335,95 m n. m. a délkou 13 150 mm. Osa jezu svírá s osou toku úhel 113° a usměrňuje tím proud toku do odběrného objektu. Úroveň dna v podjezí je cca 335,05 m n. m, úroveň dna v nadjezí je pak 335,56 m n.m. Návodní plocha je v protivodním sklonu 1:4, ve kterém je vedena až do dna nadjezí. Povodní plocha je vedena ve sklonu 1:6,5 v délce 2,5 m.

Vzduvací objekt je aktuálně v nevyhovujícím technickém stavu. Z tohoto důvodu je pro jeho opětovné zprovoznění nezbytná sanace. Navržené úpravy zahrnují srovnání přelivné hrany, zajištění neuvolněných kamenů a vyjmutí a opětovné uložení uvolněných kamenů do betonového lože na své původní místo. Kameny tvořící přelivnou hranu jsou převážně větších rozměrů s nejdelším rozměrem dosahující až 1,0 m, v povodní ploše jsou kameny zpravidla ve tvaru kvádrů s rozměry přibližně 200/200/500 mm.

Při sanaci přelivné hrany se bude jednat zejména o opravu probořeného místa a zatěsnění vzniklých průlin. V případě porušených kamenů bude o jejich nahrazení, či zachování rozhodnuto přímo na stavbě dle technických možností. V levé části přelivné plochy došlo v průběhu let k velkému výmolu, který ohrožuje i stabilitu přelivné hrany, v tomto místě bude nutné provést stabilizaci neuvolněných kamenů a zajištění podloží

konstrukce proti degradaci vlivem vymílání. Většina uvolněných kamenů se nachází v podjezí a bude je možné opětovně použít. Chybějící či nepoužitelné kameny budou nahrazeny kameny novými. V místě provalení přelivné hrany je kamenná plocha v mírném prohnutí ve tvaru U, tato deformace nijak neohrožuje stabilitu jezu. K utlumení energie přepadající vody je navrženo bezvývarové řešení v podobě kamenného záhozu s velikostí kamene 0,5–0,3 m přes celou šířku jezové konstrukce kromě úzkého pásu, kde je přelivná plocha prodloužena až do dna koryta toku. Šířka kamenného záhozu je přibližně 2,0 m.

5.1.2. ODBĚRNÝ OBJEKT

Odběrný objekt do derivačního kanálu je umístěn na levém břehu toku Desná. Z původního objektu se zachovala zavazovací křídla vč. pilíře v relativně dobrém stavu, bude tedy možná pouze jejich sanace. Křídlo na pravém břehu je z opukových kvádrů a je pravděpodobně starší než křídlo na břehu levém, které je vyžděno z plných pálených cihel. Sanace pravého křídla proběhne přespárováním a upevněním vrchních volných kamenů v maltovém loži. Cihlové křídlo bude s ohledem na náklady také zasanováno, nebo bude vyžděno nové, aby charakterově odpovídalo křídlu pravému, jak je znázorněno v příloze D.1.

Odběrný objekt má obdélníkový průřez s šířkou 2 000 mm a výškou 1 370 mm nade dnem toku. Úroveň dna objektu je totožná se dnem koryta toku, tedy 335,56 m n.m. Nově bude objekt vybaven dosedacím prahem pro stavidlový uzávěr. Stavidlový uzávěr s ovládacím mechanismem bude umístěn v drážkách z ocelových U profilů 80/45 mm [10] uchycených do stěn chemickými kotvami [11]. Před uzávěrem jsou navrženy hrubé česle pro zabránění vniku nečistot z toku. Čištění česlí a ovládání uzávěru bude prováděno z obslužné lávky umístěné v těsné blízkosti za prvky.

Pro zachování minimálního zůstatkového průtoku $Q_{min} = 0,092 \text{ m}^3/\text{s}$ v toku bude nutná aktivní manipulace se stavidlovým uzávěrem dle předem vypracovaného manipulačního řádu v závislosti na charakteristice přelivu.

5.2. SO 2 – DERIVAČNÍ KANÁL

Od odběrného objektu je voda vedena k MVE derivačním kanálem o celkové délce 443,59 m. Převýšení mezi odběrným a vtokovým objektem je 0,71 m, průměrný sklon dna koryta je pak 1,6 ‰. Přivaděč se v několika místech kříží s místní komunikací, či s nově vybudovanou kanalizační sítí, v krátkém úseku prochází prudkým svahem.

Základní příčný profil přivaděče je lichoběžníkového průřezu s šířkou ve dně $b = 1,5$ m, výškou koryta $h = 0,5$ m a sklonem svahů $m = 1:1,5$. V lichoběžníkovém průřezu probíhá koryto až do staničení km 0,1175, kde se jeho průřez změní na obdélník s šířkou $b = 2$ m. Stěny obdélníkového koryta jsou tvořeny z gabionových košů. Pro snížení průsaků je v případě lichoběžníkového koryta navrženo těsnění z bentonitové rohože [15] tloušťky 0,2 m, v případě obdélníkového koryta z gabionových košů je těsnění řešeno folií JUNIFOL PEHD tl. 2 mm [12]. Těsnící folie je vedena za gabionovými koši a po dně koryta, pro ochranu proti mechanickému poškození folie je uložena pod vrstvu šterku frakce 0–32 mm tloušťky 0,1 m.

V úseku mezi km 0,334 až 0,360 prochází koryto prudkým svahem, nad kterým se nachází nemovitosti. Pro tento úsek jsou zpracovány varianty A, B a C možného provedení. Ve variantě A je koryto vedeno v uzavřeném obdélníkovém profilu z monolitické železobetonové konstrukce s rozměry $b = 2$ m, $h = 0,6$ m a tloušťkou stěn 0,2 m. Profil je po celé své délce uložen na podkladní beton třídy C 16/20. Na vtoku do profilu je navržen stavidlový uzávěr, kterým budou škrceny nadměrné průtoky, před kterým je navržen bezpečnostní přeliv pro odlehčení vyšších průtoků, které by nedokázala zpracovat MVE, nebo které by způsobily zahlcení propustků níže po toku. Přeliv je umístěn ihned před uzavřeným profilem s výškou přelivné hrany nade dnem koryta 0,4 m a délkou přelivné hrany odpovídající pro převedení povodňových průtoků. Stěna, ve které je přeliv umístěn, je plynulé pokračování pravé stěny uzavřeného profilu a převyšuje přelivnou hranu o 0,4 m. U této varianty jsou nejmenší nároky na zemní práce, ale vlivem rozsáhlých betonářských prací se její ekonomická efektivita zhoršuje. Výstavba by probíhala po dilatačních blocích, oproti zbylým variantám jsou zde vyšší nároky na ochranu výkopu z důvodu delších úseků odkrytého výkopu.

Varianta B je rovněž uzavřený profil, ale monolitická konstrukce je nahrazena stěnami z gabionových košů a stropní konstrukcí tvořenou stropními panely PZD 299/29/9 [16]. Těsnost konstrukce je zajištěna folií JUNIFOL PEHD tl. 2 mm [12]

po celém obvodu profilu. Folie je na rozdíl od otevřeného koryta vedena po vnitřní straně gabionových košů a je provlečena pod stropními panely. Na dně profilu je navržen šterkový zásyp frakce 0–32 mm jako ochrana folie před mechanickým poškozením. Bezpečnostní přeliv je zde řešen obdobně jako ve variantě A pouze přelivná hrana je tvořena gabionovými koši zatěsněnými folií. Tato varianta se jeví jako nejméně náročná na betonářské práce i celkové množství prací, z ekonomického hlediska vychází taktéž velice dobře. U této varianty je při výstavbě možno postupovat po krátkých etapách a tím snížit nároky na pažení stěny výkopu.

Varianta C je navržena s opěrnou zdí a otevřeným korytem. Ochrana proti povodním a bezpečnostní přeliv je v této variantě totožný s variantou B. Tato varianta se vzhledem k velikosti výkopů a nutnosti dovezeného materiálu jeví jako nejméně vhodná, její výhodou je snadná údržba koryta v profilu a možnost výstavby opěrné zdi po krátkých etapách a tím snížení nároků na pažení.

Křížení s místními komunikacemi je řešeno formou propustků obdélníkového průřezu s šířkou $b = 2$ m a světlou výškou $h = 0,4$ m. První z propustků, který se nachází ve st. 0,258 km pod přístupovou komunikací k objektu White Gallery, bude nutné celý vybudovat. Délka propustku je 8 m, nadmořská výška dna na výtoku je 335,250 m n. m. s podélným sklonem 1,6 ‰. Druhý z propustků se nachází ve st. 0,189 km pod místní komunikací vedle tzv. „Black Gallery.“ Tento propustek je zachován z období používání starého náhonu a po inspekci bude rozhodnuto o jeho opravě, či zprovoznění. Délka propustku je 8 m, nadmořská výška dna na výtoku je 335,139 m n. m. s podélným sklonem 1,6 ‰. Na požadavek majitele sousední nemovitosti je přivaděč před druhým propustkem převeden do uzavřeného profilu s totožnými rozměry i sklonem jako u navazujícího propustku, do kterého se plynule napojí.

Ve staničení km 0,060 se v trase přivaděče nachází šachta kanalizace, která se s ním kříží. Toto křížení bude řešeno přeložkou kanalizační šachty mimo koryto.

5.3. SO 3 – VTOKOVÝ OBJEKT A STROJOVNA MVE

5.3.1. VTOKOVÝ OBJEKT

Vtokový objekt je umístěn i půdorysnými rozměry blízky s původním vtokovým objektem do lednice. Celý objekt se skládá ze 3 prvků a to na vtokové části, kašen pro umístění turbín a jalové propusti. V minulosti byla v lednici umístěna 2 zařízení zpracovávající vytvořený hydroenergetický potenciál, v návrhu je tedy opět uvažováno

se 2 kašnami. V jedné z kašen je uvažována navržená turbína MAVEL MICRO TM 3 [13] a druhá může být v budoucnu upravena pro přívod vody na mlýnské kolo, které by případně mohlo zpracovávat průtoky, které nedokáže zpracovat turbína.

Vtoková část slouží k rozšíření přivaděče na šířku kašen s jalovou propustí, tato šířka je dána především rozměry a uspořádáním lednice, ale také požadavky turbíny na velikost kašny. Výškový rozdíl mezi dnem přivaděče a dnem jalové propusti je 0,380 m. Tento spád je překonám plynulou zborcenou plochou, která vznikla vlivem zakřivení této části. Navrženo je opevnění dna kamennou dlažbou do betonu a opevnění stěn proti vymílání břehů. Levý břeh je opevněn stěnou z gabionových košů, která bude zároveň sloužit jako opěrná stěna svahu, kterým vtokový objekt prochází. Výška stěny navržena 1,5 m nade dnem přivaděče, šířka pak 0,5 m. Vnější oblouk usměrňující průtok ke kašnám se skládá z přímých úseků délky 1,0 m, kde první je odkloněn od osy přivaděče o $22,5^\circ$ a každý další pak od toho předchozího o stejný úhel. Osa posledního úseku je od osy kašny odkloněna o $18,3^\circ$. Celkem se oblouk skládá ze 3 přímých úseků. Pravý břeh je koncepčně řešen stejně jako břeh levý. Délka přímých úseků v oblouku je 0,4 m s šířkou zdi 0,3 m, velikost úhlů mezi jednotlivými úseky je totožná s levým břehem.

Před každou z kašen je navržen dnový práh výšky 0,25 m pro zachycení splavenin. Pro snazší vyplavení nahromaděných usazenin je práh navržen šikmo vzhledem k ose kašny, vyplavené usazeniny jsou směřovány k jalové propusti a dále do odpadního koryta. Za dnovým prahem se nachází drážky provizorního hrazení a jemné česle pro ochranu turbíny před nečistotami. Jemné česle jsou ručně stírané z obslužné lávky umístěné mezi česlemi a turbínou. Nahromaděné nečistoty jsou vytaženy na dřevěnou plošinu, ze které budou následně odvezeny. Česle jsou ve dně usazeny do drážky a ve vrchní části se opírají o opěrný profil jákl 100/80 [10] pod úhlem 60° oproti dnu kašny. Rozteč česlí u kašny s turbínou je 25 mm a u kašny s vodním kolem činí 50 mm, průtočná rychlost na česlích je přibližně 0,15 m/s. Obslužná lávka je umístěna tak, aby z ní byla možná revize turbíny i zmíněné čištění česlí. Pro vypuštění prostoru kašny je za turbínou navržen čtvercový proplachovací otvor s délkou strany 0,25 m, na kterém je z vnější strany umístěn stavítkový uzávěr s ručním ovládacím zařízením. Dno kašen je v mírném sklonu 2 % směřující k tomuto otvoru. Kašny jsou od jalové propusti i od okolního terénu odděleny železobetonovými stěnami tloušťky 0,2 m z vodostavebního betonu C30/37. Dnová deska je tloušťky 0,25 m taktéž z vodostavebního betonu C 30/37, v místě dnového prahu je tloušťka desky zesílena na 0,5 m. Všechny železobetonové konstrukce jsou založeny na

podkladním betonem třídy C 16/20. Čelní stěna kašen je od opěrné stěny oddělena asfaltovými pásy DEK s nosnou hliníkovou vložkou [14] pro ochranu proti působení vody a namrzání.

Jalová propust je navržena jako pevný přeliv umístěný o výšce 0,978 m nade dnem s šířkou přelivné hrany 2 m. Pro zajištění dostatečné kapacity propusti jsou v dělicích stěnách obou kašen navržena 0,5 m široká snížení na stejnou úroveň jako hlavní přeliv. Regulace přelivné hrany je možná pouze skládáním trámů na sebe v drážkách, lze tedy uvažovat pevnou provozní hladinu v úrovni 335,20 m n. m. V případě nutnosti zvýšení kapacity z důvodu povodňových průtoků lze otevřít proplachovací otvory nebo nechat vodu přepadat přes vodní kolo.

5.3.2. STROJOVNA MVE

Zařízení zpracovávající hydroenergetický potenciál jsou umístěna v kašních respektive hned za nimi. Jedná se o vrtulovou turbínu v násoskovém provedení a o korečkové vodní kolo na horní vodu. Násosková turbína je od výrobce MAVEL a jedná se přímo o typ MICRO TM 3 [13] s průměrem oběžného kola 300 mm a úhlem lopatek rozváděcího kola 15 °. Hltnost turbíny při daném spádu a nastavení rozváděcího kola je 0,175 m³/s. Předpokládaná roční výroba energie tohoto soustrojí je 17 700 kWh. Vodní kolo umístěné za druhou kašnou je zobrazeno v příloze F.3. Průtok na vodní kolo je veden přes vantroka a jeho regulace je prováděna ručním stavidlem. Předpokládaná kapacita vodního kola je dle jeho rozměrů odhadnuta na 0,2 m³/s, roční výroba energie se předpokládá 22 900 kWh. Rozdělení průtoků na obě soustrojí je zobrazeno v příloze B., kdy vodní kolo zpracovává pouze průtoky, které nedokáže zpracovat turbína.

Pro zprovoznění MVE bude nutné vyčistit prostor lednice od zbytků původního mlýnského kola a Bankiho turbíny a nánosů uložených na dně.

5.4. SO 4 – ODPADNÍ KANÁL

Odpadní koryto prochází mlýnem v obdélníkovém profilu s šířkou $b = 1,75$ m, za mlýnem se průřez změní v lichoběžník se stejnou šířkou ve dně a sklony svahů 1:2. Celé koryto je dlouhé 168,21 m a má průměrný sklon 2 ‰. Pro zprovoznění odpadního koryta postačí jeho vyčištění od porostu a vzniklých nánosů.

6. EKONOMICKÁ EFEKTIVITA

6.1. INVESTIČNÍ NÁKLADY

Vzhledem k nízkým a kolísavým průtokům v dané lokalitě je důležité posoudit, zda je tato investice efektivní, případně za jak dlouho lze návratnost investice. Vstupní náklady se budou týkat zejména:

- vzdouvacího objektu;
- derivačního kanálu;
- vtokového objektu;
- násoskové turbíny.

Odpadní koryto se nachází v poměrně dobrém stavu a i za současného stavu se dá využívat. Investice do vodního kola se bude týkat zejména soustrojí vyrábějící elektrickou energii, kolo samotné si zhotoví investor a provozovatel MVE firma Tesaři Osík s. r. o. Náklady na obnovu odpadního koryta a vodního kola lze tedy zanedbat.

Tab. 3 - Odhad investičních nákladů.

Investiční náklady					
DPH = 21 %					
Položka	Jednotka	Množství	Cena za jednotku	Cena	Cena bez DPH
MAVEL MICRO TM 3	ks	1	900 000 Kč	900 000 Kč	711 000 Kč
Soustrojí vodního kola	ks	1	200 000 Kč	200 000 Kč	158 000 Kč
Sanace kamenného jezu	ks	1	100 000 Kč	100 000 Kč	79 000 Kč
Gabionové opěrné stěny	bm	287	5 000 Kč	1 435 000 Kč	1 133 650 Kč
		10	7 000 Kč	70 000 Kč	55 300 Kč
Těsnění lichoběžníkového koryta	m2	1200	300 Kč	360 000 Kč	284 400 Kč
Stropní panely PZD	ks	90	1 009 Kč	90 810 Kč	71 740 Kč
Železobetonové konstrukce	m3	32.4	5 000 Kč	162 000 Kč	127 980 Kč
Terénní úpravy	ks	1	50 000 Kč	50 000 Kč	39 500 Kč
Přeložka kanalizace	ks	1	300 000 Kč	300 000 Kč	237 000 Kč
Ostatní náklady	ks	1	200 000 Kč	200 000 Kč	158 000 Kč
				Celkem:	3 055 570 Kč

6.2. ZISK

Zisky z provozu MVE jsou počítány dle výkupních cen a zelených bonusů za elektřinu z MVE v nových lokalitách dle cenového rozhodnutí ERÚ [18].

Tab. 4 - Výpočet ročních zisků.

Roční zisk					
Zařízení	Vyrobená E	Výkup	Zelené bonusy	Zisk (výkup)	Zisk (zelené bonusy)
	[kWh]	[Kč/MWh]	[Kč/MWh]		
Turbína	17698	2741	1899	48 511 Kč	33 609 Kč
Vodní kolo	22875			62 700 Kč	43 440 Kč
Souběh	40573			111 212 Kč	77 049 Kč

6.3. NÁVRATNOST

Prostá doba návratnosti investice byla určena jako podíl celkových investičních nákladů k předpokládanému ročnímu zisku. Pro větší představu byly uvažovány varianty pouze s turbínou, pouze s vodním kolem a také s oběma zařízeními.

Tab. 5 - Doba návratnosti investice.

Návratnost		
Pouze násosková turbína – výkup		
Investice	Roční zisk	Návratnost
2 897 570 Kč	48 511 Kč	60 let

Pouze vodní kolo – výkup		
Investice	Roční zisk	Návratnost
2 344 570 Kč	62 700 Kč	37 let

Obě zařízení – výkup		
Investice	Roční zisk	Návratnost
3 055 570 Kč	111 212 Kč	27 let

7. ZÁVĚR

Při vypracovávání studie byly hlavním omezujícím prvkem nedostatečné geodetické podklady, které byly získány z dat DMR 5G, situací provedené kanalizace v oblasti a doměření provedené zpracovatelem studie. Tyto geodetické podklady se v řadě případů ukázaly jako nedostatečné, či dokonce v rozporu s průzkumem provedeným v lokalitě. Pro plnohodnotné vypracování projektu je tedy nutné zajištění celkového zaměření oblasti.

Pro zajištění bezpečnosti díla je vhodné provést vyšetření vlivu povodňových průtoků a přívalových srážek na akumulaci vody v přivaděči a její případné vybřežení a poškození okolních nemovitostí. Rovněž by bylo vhodné posoudit okolní pozemky z hlediska podmáčení a následnému sedání okolních staveb, zejména White Gallery a tzv. „Black Gallery“, které byly vystavěny až po vyřazení přivaděče z provozu.

V rámci provedené studie byla vypočítána předpokládaná roční vyrobená energie 40 573 kWh při využití daného energetického potenciálu dvěma soustrojími. Osazená násosková turbína není schopná regulovat zpracováváný průtok a proto je vhodné její doplnění druhým soustrojím, v tomto případě vodním kolem pro zvýšení ekonomické efektivity.

Investiční náklady na výstavbu této MVE se týkají zejména vzdouvacího objektu, přivaděče, vtokového objektu a násoskové turbíny. Náklady na zprovoznění odpadního koryta jsou zanedbatelné vzhledem k jeho dobrému stavu. Náklady na vodní kolo souvisí především s generátorem a převodovkou, vodní kolo samotné bude vyrobeno svépomocí. Dle ekonomické rozvahy se projekt vybudování MVE v dané lokalitě jeví jako nevýhodný s dobou návratnosti 27 let. Pro zlepšení efektivity projektu je nutné jeho zjednodušení nebo případně podpora formou dotace.

8. SEZNAM TABULEK

Tab. 1 - Hodnoty m-denních průtoků.	16
Tab. 2 - Hodnoty N-letých průtoků.	16
Tab. 3 - Odhad investičních nákladů.	23
Tab. 4 - Výpočet ročních zisků.	24
Tab. 5 - Doba návratnosti investice.	24

9. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

Malá vodní elektrárna	MVE	[-]
Energetický regulační úřad	ERÚ	[-]
Digitální model reliéfu terénu		
páté generace	DMR 5G	[-]
Průtok	Q	[m ³ /s]
M-denní průtok	Q_{Md}	[m ³ /s]
N-letý průtok	Q_N	[m ³ /s]
Minimální průtok	Q_{min}	[m ³ /s]
Energie	E	[W]
Tabulka číslo 1	Tab. 1	[-]
Obrázek číslo 1	Obr. 1	[-]

SEZNAM PŘÍLOH

A. Průvodní a technická zpráva

B. Hydrotechnické a hydroenergetické výpočty

C. Situace

C.1. Situace širších vztahů

C.2. Katastrální situace

C.3. Celková situace MVE

D. Dokumentace objektů

D.1. SO 1 - Situace vzdouvacího objektu

D.2. SO 1 - Řez A-A vzdouvacího objektu

D.3. SO 1 - Řez B-B vzdouvacího objektu

D.4. SO 2 - Podélný profil derivačního kanálu

D.5. SO 2 - Příčné řezy derivačního kanálu

D.6. SO 2 - Vzorové příčné řezy

D.7. SO 3 - Podélný řez A-A strojovnou a vtokovým objektem MVE

D.8. SO 3 - Půdorysný řez strojovnou MVE

D.9. SO 3 - Příčný řez B-B strojovnou a vtokovým objektem MVE

D.10. SO 4 - Podélný profil odpadního koryta

D.11. SO 4 - Příčné řezy odpadního koryta

E. Fotodokumentace

F. Zaměření stávajícího stavu

F.1. Půdorys lednice

F.2. Řezy lednicí

F.3. Vodní kolo

F.4. Seznam zaměřených bodů metodou GPS-RTK