

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V
PRAZE

KATEDRA BIOTECHNICKÝCH ÚPRAV KRAJINY



**Revitalizace pozemků panského mlýna
Vranová Lhota s ohledem na využití
energie vodního toku**

Diplomová práce

Prosinec 2013

Karel Stýblo



Česká zemědělská univerzita v Praze

Katedra: Biotechnických úprav krajiny

Fakulta životního prostředí

Školní rok: 2010/2011

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

pro: **Bc. Karla STÝBLA**

obor: **KRAJ**

Název tématu:

Revitalizace pozemků panského mlýna Vranová Lhota s ohledem na využití energie vodního toku

Název tématu v anglickém jazyce:

Revitalization of pan mill area in Vranova Lhota with a respect to water energy utilization

Zásady pro vypracování:

Úkolem diplomanta bude vypracovat studii revitalizace pozemků panského mlýna Vranová Lhota a navrhnout obnovu mlýnského náhonu. Práce bude obsahovat zejména:

- Vlastní zaměření situace
- Posouzení průtokových poměrů na hlavním toku
- Návrh obnovy mlýnského náhonu
- Návrh využití přilehlých tůní
- Posouzení vlivu opatření na migrační prostupnost pro vodní organismy
- Přehled a rozdělení migrantů podle rozsahu migrace
- Fotodokumentaci

Při zpracování úvodní části využije svoji práci bakalářskou. Závěrem bude zhodnocení konfliktních vztahů mezi ochranou přírody, správcem toku a vlastníky objektů.



Rozsah grafických prací:

Mapy, profily, objekty, fotodokumentace

Rozsah průvodní zprávy: cca 40-60 str.

Seznam odborné literatury:

ANONYMUS, 2003: Zařízení pro migraci ryb a dalších vodních živočichů přes překážky v malých vodních tocích. TNV 75 2322. Mze ČR. Praha

ANONYMUS, 2001: Zákon o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon) 254/2001, Sb. Published online: <http://www.env.cz>

GORDON, N., D., MC MAHON, T., A., FINLAYSON, B., L.,: Stream Hydrology – An Introduction for Ecologist. 1.vyd. John Wiley & Sons Ltd, 1996. 526pp. ISBN 0-471-95505-1

HANEL L., 1995: Ochrana ryb a mihulí. ČSOP Vlašim.

JUST, T. a kol., 2005: Vodohospodářské revitalizace a jejich uplatnění v ochraně před povodněmi. Praha, ISBN 80-239-6351-1

BROOKERS, A., SHIELDS, F., D.: River Channel Restoration, 1.vyd. John Wiley & Sons Ltd. 1996. 433 pp. ISBN 0-471-96139-6

DVOŘÁK, J., NOVÁK, L.: Soil conservation and silviculture. 1.vyd. Elsevier, Amsterdam, 1994. 399 pp. ISBN 0-444-98792-4.

GORDON, N., D., MC MAHON, T., A., FINLAYSON, B., L.,: Stream Hydrology – An Introduction for Ecologist. 1.vyd. John Wiley & Sons Ltd, 1996. 526pp. ISBN 0-471-95505-1

Metodika VÚMOP Praha 14/1994: Revitalizační úpravy potoků – objekty, 79 str.

Metodika VÚMOP Praha 20/1996: Metodické pokyny pro revitalizaci potoků, 67 str.

VRÁNA, K. 2004: Revitalizace malých vodních toků – součást péče o krajinu.

TNV 75 21 02, 1995: Úpravy potoků.

Předpisy, normy, směrnice, www stránky, přednášky

Vedoucí diplomové práce: Ing. František Křovák, CSc.

Konzultant diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: srpen 2009

L.S.

Termín odevzdání diplomové práce: 30.dubna 2011

.....
Vedoucí katedry

.....
Děkan

V Praze dne

Prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci na téma *Revitalizace pozemků panského mlýna Vranová Lhota s ohledem na využití energie vodního toku* vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

V Praze 16. prosince 2013

.....
(podpis autora)

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá obnovou funkce venkovského mlýnu. Technická opatření jsou doplněna i opatřeními pro zlepšení krajinných a ekologických funkcí řešeného území.

Abstract

This thesis discous about the revitalization of the pan mill of Vranova Lhova situated in the Czech republic. Technical solutions are supplemented by solutions to improve the landscape and ecological functions of the area.

Obsah

1. Úvod	9
2. Cíle práce	10
3. Literární rešerže	11
3.1. Úpravy malých vodních toků	11
3.1.1. Biologické úpravy	11
3.1.2. Technické úpravy	12
3.1.3. Přirozená renaturace koryt řek	14
3.2. Migrační zařízení	15
3.2.1. Přírodě blízká migrační zařízení	16
3.2.2. Rybí přechody	18
3.2.3. Technické typy rybích přechodů	19
3.3. Zařízení pro poproudové migrace	20
3.3.1. Mechanické zábrany a zabezpečení	21
3.4. Náhony a přivaděče	22
4. Charakteristika studovaného území	24
4.1. Geografické umístění lokality	24
4.2. Klimatická oblast	24
4.3. Geologické a pedologické údaje	24
4.4. Hydrologické charakteristiky	25
4.5. Biologické aspekty	26
4.5.1. Ryby	26
4.5.2. Doprovodné porosty	26
4.6. Historie	27

5. Metodika	28
5.1. Získání geodetických dat a jejich úprava	28
5.2. Vytvoření dynamického 3D modelu terénu	28
5.2.1. Programové vybavení	29
5.2.2. Import naměřených dat	29
5.2.3. Úprava původního terénu	29
5.2.4. Vytvoření objektů pro vymodelování nového terénu	30
5.3. Příprava geometrických dat pro HEC-Ras	32
5.3.1. Programové vybavení	32
5.3.2. Import dat terénu	32
5.3.3. Soubor GIS2RAS	32
5.4. Výpočet modelu v HEC-Ras	34
5.4.1. Programové vybavení	34
5.4.2. Import a nastavení geometrických dat	34
5.4.3. Vložení hydrologických dat	35
5.5. Biologický průzkum	36
5.6. Stanovení sanačního průtoku	36
6. Současný stav	38
6.1. Hlavní tok	38
6.2. Náhon	38
6.3. Okolní pozemky	39
7. Návrh opatření	40
7.1. Úpravy na hlavním toku	40
7.1.1. Vzdouvací objekt	40
7.1.2. Úprava úseku ovlivněného sníženým průtokem	40
7.1.3. Migrační zařízení	41
7.2. Náhon	41
7.2.1. Technické parametry náhonu	41
7.3. Revitalizace slepého ramene	42
8. Diskuze	44
9. Závěr	46

A. Přílohy - data	50
B. Přílohy - obrázky	51
C. Přílohy - AutoCAD Civil 3D	58
D. Přílohy - ArcGIS HECGeo-RAS	64
E. Přílohy - Výstupy z HEC-RAS	65

1. Úvod

Současný stav koryta Třebůvky v lokalitě, kterou tato diplomová práce řeší, nenabízí pro živočichy vázané na vodu příliš kvalitní životní prostředí. Vzhledem k častým záplavám a škodám způsobeným v intravilánu, proběhly v minulosti technické úpravy koryta, které neposkytují dostatečně rozmanitý soubor stanovišť, potřebných pro rozvoj a přirozenou obnovu populací původních druhů živočichů. Koryto Třebůvky se v úseku přibližně 1 km nad řešeným územím a 0,5 km pod řešeným územím vyznačuje malou variabilitou břehové linie a hydraulických poměrů.

Energetické využití vodních zdrojů bývá často spojeno s narušením místních hydrologických a tím i ekologických poměrů. Je tomu tak často z důvodu snah provozovatele vodního díla o maximální ekonomický profit projektu a co nejrychlejší návratnost investovaných zdrojů. Dlouhodobé snížení průtoku pod vzdouvacím objektem by mohlo do stávajícího říčního režimu zavést další negativní faktory. Požadavky majitele mlýnu ve Vranové Lhotě, jakožto absolventa Fakulty životního prostředí ČZU v Praze, ale pobídly i k širšímu pohledu na projekt zamýšlené revitalizace pozemků a obnovy využití vodní energie. Kromě návrhu nového mlýnského náhonu a vzdouvacího stupně, se tak do spektra řešených úkolů dostalo i posouzení možností využití lokality jako celku. V diplomové práci je proto přihlédnuto ke krajinnotvorným, ekologickým, produkčním, rekreačním a jiným funkcím řešených pozemků a opatření. Ohled byl brán také na zachování návaznosti tradičního venkovského technického objektu na krajinu, ve které se nachází.

V průběhu zpracování dat, potřebných k analýze dílčích úkolů byly postupnými kroky vygenerovány výstupy, které mohou být dále rozvinuty, vylepšeny a použity pro další fáze přípravy i realizace projektu.

2. Cíle práce

1. Základní návrh opatření

Cílem je nalezení problémových bodů projektu a zjištění možností jejich realizace. Po ujasnění limitujících podmínek proběhne návrh parametrů všech komponent soustavy a jejich příprava pro datové zpracování.

Návrh nového trasování náhonu Cílem této části je nalezení optimální trasy náhonu s využitím soukromých pozemků a dochovaných částí náhonu. Náhon má být použitelný pro pohon vodního stroje - vodního kola se spodním plněním.

Návrh adaptace koryta řeky na snížený průtok Odběrem vody z hlavního koryta na něm dojde k významné změně průtoků. Jedním z navrhovaných opatření bude i návrh nového rozvržení příčného profilu toku Třebůvky.

Navržení úprav pozemků a slepého ramene Cílem práce je i naleznout vhodná řešení ke zlepšení krajiny a estetické funkce lokality. Významným prvkem řešeného území je slepé rameno Třebůvky.

2. Posouzení technické realizovatelnosti projektu

Úkolem této části je vytvoření digitálního modelu území a grafické zanesení navrhovaných opatření do tohoto modelu. Pomocí různých postupů pak bude vyhodnoceno ideální nastavení modelových komponent tak, aby bylo možno porovnat různé varianty řešení.

3. Vytvoření datových výstupů pro další použití

Všechny datové výstupy práce budou provedeny ve formátu, který bude použitelný pro další optimalizaci a rozvoj projektu.

3. Literární rešerže

3.1. Úpravy malých vodních toků

3.1.1. Biologické úpravy

Biologické úpravy vodních toků se provádí s ohledem na ekologické, orografické, pedologické, hydrologické, půdoochranné a jiné poměry. Zvláštní zřetel je třeba brát na splaveninový režim a reakci povodí na extrémní hydrologické jevy (Kovář, 1988).

Břehová vegetace

Mezi nejzásadnější nedostatky při návrhu výsadby pobřežních porostů patří nahodilost a koncept postrádající charakter ozelení. Obecně je tento problém znám např. i z realizací městské zeleně. Kromě správného druhového složení bývají často podceňovány i růstové schopnosti některých druhů dřevin a jejich následné nároky na prostor.

Již tradičně dobře vypracované lesnické postupy by měly být brány v úvahu i při realizaci břehových porostů. Velmi důležitá je volba vhodného typu výsadby v optimální věkové kategorii. Příliš malé lesnické sazenice živoří v rychle rostoucí buřeni, naopak vzrostlý sadební materiál ze zahradnictví špatně odolává náporu vyšších průtoků a vyvrací se, nehledě na jeho vysokou pořizovací cenu. Cenově výhodné pak mohou být naopak různé formy řízkování, či výsevu.

Tradiční formou šíření např. porostů vrb mohou být zápleťové plůtky, kůlování, rohože, haťové útvary a další. Duby letní a zimní pak lze na obnažené povrchy snadno šířit výsevem žaludů. Obecně však osévání ploch při vodohospodářských opatřeních bývá problematické, jak z důvodů technologických, tak pro špatnou dostupnost vhodných osevních směsí. Doporučovány jsou směsi regionálních rostlin, u nichž nehrozí zavlečení nepůvodního genetického materiálu (Just et al., 2005). Travní směsi nevyžadují velkou péči a jsou ideální v případech, že převládající formou péče bude kosení s pravidelnou péčí o estetickou hodnotu osetých ploch (Králová, 2001). Výhodou

speciálních travních směsí je jejich nízká produkce porostu a tím i snížené náklady na údržbu.

Většinou je však ekonomicky a ekologicky nejvýhodnějším řešením ponechat plochy přirozené sukcesí místních druhů rostlin.

Spásání Pastva může být stejně účinná jako kosení (Králová, 2001). Ve starém Zákoně o vodách, platícím do roku 2001, byla pastva dobytku na protipovodňových hrázích přímo jmenována mezi zakázanými činnostmi. V nové úpravě zákona (Anonymus, 2001) už tato definice není obsažena (Králová, 2001). Velmi důležité je, zejména u nově rekultivovaných toků, zamezení vstupu zvířat přímo do zatopené části koryta řeky. Zvláště hovězí dobytek působí na koryto menších řek velmi destruktivně. Nadměrnému poškozování koryta je možno zabránit vhodným načasováním pastvy, volbou druhu zvířat a jejich počtu.

3.1.2. Technické úpravy

Ohrázování v zastavěném území

Ohrázování toku bývá často navrhováno s lichoběžníkovou průtočnou plochou rozdělenou do třech průtokových úrovní pro Q_{100} , Q_1 a Q_{30d} . Problematika protipovodňových hrází se často dotýká jejich uniformního příčného profilu, nepříliš vhodného pro ekologický rozvoj lokality. Některé realizace hrází navíc neposkytují protipovodňovou ochranu, která je v dnešní době vyžadována a degradují původní prostředí říční nivy.

Jedním z řešení zatraktivnění říční nivy jak pro faunu, tak pro člověka, může být odsazení ochranných hrází od koryta řeky. Vytvoří se tím volný prostor pro přirozené řečiště, kde lze realizovat opatření pro zvýšení ekologické, estetické i rekreační hodnoty území. Do rozšířeného koryta v intravilánu pak lze umístit realizace různých parkových úprav a ekocenter. Rozšířená berma poskytne prostor pro rozličné aktivity obyvatel, včetně míst pro sportoviště a volnočasové aktivity (Just et al., 2005).

Podpora směrové variability toku

Přímá a směrově méně variabilní koryta vznikají v užších údolích s větším sklonem nivelety od 2 %. Přirozeně meandrující koryta řek jsou pak běžná u neupravovaných řek v údolních nivách s podélným sklonem do 2 %, kde je dno údolí tvořeno s vyšším

podílem jemnějších materiálů (Just et al., 2005). Obecně se při úpravách doporučuje navrhování rozvlněného koryta všude tam, kde to podélný sklon a prostor v nivě dovolují. Stabilitu koryta je pak nutno prověřit některou z hydrotechnických metod (např. metoda zanásecích rychlostí), aby případné změny trasy řečiště neohrožovaly okolní pozemky. Je však třeba upozornit, že ani přirozená koryta nevytváření ve všech případech meandrování a je třeba při návrhu revitalizace pečlivě posuzovat zda a v jaké míře je v daných podmínkách převedení řeky do meandrů opodstatněné. Trasu revitalizačního koryta není třeba vymýšlet a konstruovat, pokud se dochovaly záznamy o původním směřování koryta z doby před technickou úpravou (Just et al., 2005).

Obecná doporučení pro trasování meandrů jsou:

- Šířka meandrového pásu 10 až 14 násobkem šířky koryta
- Poloměr oblouků bývá 2 až 3 násobkem šířky koryta
- Vzdálenost mezi obloukem a následujícím brodem bývá 5 až 7 násobkem šířky koryta

Příčný profil koryta

Většina technicky upravených koryt má lichoběžníkový průřez s poměrem sklonu břehů 1:1,5. Průřezy přírodních koryt mají naopak miskovitý tvar blízký se obdélníkovému tvaru, často s podemletými / převislými břehy. Při navrhování revitalizačních koryt se snažíme přiblížit hodnotám přírodního koryta, avšak předem počítáme s následným "domodelováním" a optimalizací průřezu přírodním procesy. Navrhuje se koryto s vyšším poměrem sklonu břehů (např. 1:3) a dbáme na správné příčné členění řečiště s ohledem na umístění proudnice, která se přichyluje k vnějším stranám oblouku. V těchto místech je vhodné vytvořit tůň a prohlubně spolu s větším sklonem břehů do nich spadajících. V místech přechodnic oblouků pak naopak projektujeme dno rovné - kamenné brody.

Vytváření lavic, ostrovů, tůní

Lavice a ostrovy Lavice a ostrovy jsou definovány jako náplavy nad průměrnou niveletou toku. Náplavy mohou vytvářet velmi cenná útočiště pro zvířata i vlhkomilnou vegetaci. Výhodou těchto stanovišť je jejich potencionální vzdálenost od rušivých vlivů lidské činnosti (Králová, 2001). Tyto útvary bývaly v minulosti bohužel odstraňovány, většinou pro to, že překážely průtoku. Jejich odstranění může však znamenat opětovné

rychlé zanášení úseku řeky a je proto před zásahem do toku nutné dobře pochopit důvody, proč útvary vznikly a zda jsou opravdu na konkrétním místě nežádoucí.

Tůně Tůně jsou mimořádně cenné biotopy, které lze v krajině nalézt. Od malých vodních nádrží se liší především tím, že nejsou tvořeny vzdouvacím účinkem hráze, nejsou vypustitelné a neslouží proto zpravidla k chovu ryb. Pokud jsou záměrně vytvářeny v průběhu revitalizace území, bývá nejběžnějším způsobem jejich realizace hloubení. Od malých vodních nádrží se dále liší pořizovacími náklady, které by měly být výrazně nižší (Just et al., 2005). Tůně nemusí být zatopeny celoročně - sezonnost zvyšuje jejich ekologický potenciál. Existence tůní v krajině je přirozená a doplňuje ji o zvláště cenné biotopy.

3.1.3. Přirozená renaturace koryt řek

Renaturace je přirozený proces zanášení, zarůstání a postupným rozpadem opevnění koryta, včetně jeho erozních změn. Renaturalizační procesy přinášejí cenné revitalizační efekty prakticky zadarmo. Jistou komplikací a rozpor vnáší do problematiky renaturalizací znění Zákona o vodách (č. 254/2001 Sb.), který ukládá správci toku činit opatření k udržení průchodnosti toku a zároveň zachovávat tok k přírodě co nejbližším stavu (Just et al., 2005).

Samovolné procesy návratu koryta do přírodě blízkého stavu jsou v častých případech omezeny důkladnými technickými opatřeními z dřívějších úprav toku. Součástí postupu revitalizace by proto mělo být odstranění těchto opatření. Dalším problémem bývá nadměrné zahloubení koryta, které mívá s postupem času, v důsledku soustředěného odtoku, tendenci k dalšímu prohlubování. Takovéto koryto pak bývá často výhodnější při revitalizaci opustit a navrhnout koryto nové (Just et al., 2005).

Časově výhodnější pak může být částečná podpora renaturace promyšlenými nenáročnými zásahy - korekční údržbou. Jedná se zejména o rozvlnění proudnice a podpoře změn proudění v korytě. V zahloubených tocích pak lze využít úpravy podélného profilu například pomocí živého brlení z vrbových kůlů apod.

Velmi rychle a efektivně mohou řečiště renaturovat povodně, které patří k přirozenému vývoji říčních niv. Just et al. (2005) dělí povodňové změny koryta do pěti skupin:

1. **Výrazně nepříznivé** - směřují zpravidla k totální rekonstrukci postiženého území. Jedná se o úseky v intravilánu a přes potřebu technických opatření v těchto

případech je doporučována alespoň minimální snaha o udržení základního ekologického standardu. Ideální je např. návrh rozvlněné kynety pro běžné průtoky.

2. **Změny významně měnící charakter řeky** - vyvolávají nutnost technického řešení, které je však oproti původnímu kvalitativně na jiné úrovni. Jedná se například o významně poškozená technická opatření ve volné krajině, které však nelze (z estetického, ekologického, či jiného) důvodu ponechat přirozenému vývoji. Metodami technické revitalizace lze vytvořit koryto nové, bližší k přírodnímu stavu.
3. **Změny akceptovatelné s dílčími rekonstrukčními zásahy**, či dílčími úpravami pozemkové situace. Může se jednat o úseky koryt ve volné krajině, v nichž povodeň dokončila destrukci technických částí koryta. Zásahy zde mohou spočívat v citlivém odstranění nánosů a materiálu humánního charakteru. Z pozemkového hlediska se doporučuje řešení pomocí výkupu a vyhrazení místa pro záplavový pás.
4. **Změny akceptovatelné s dílčími opravami** - situace podobná jako v předchozím případě, rozsah zásahů je však menší, nepřesahující rámec provozních oprav.
5. **Změny akceptovatelné**, pouze s odklizením naplaveného materiálu komunálního původu.

3.2. Migrační zařízení

Obecná doporučení pro navrhování

Norma TNV752322 (2003) doporučuje zřizovat zařízení pro migraci na místech, kde má průtok vody při Q_{330d} výšku vodního sloupce v migračním zařízení alespoň $h_{min} = 0,15m$. Dalšími požadovanými hydrologickými údaji jsou Q_N a zpráva o výskytu povodňových stavů. Dále norma vyžaduje provedení předběžného pedologického průzkumu a stanovení splaveninového režimu vodního toku s posouzením vlivu na projektované zařízení. Pro MVT (malé vodní toky) jsou doporučena migrační zařízení přírodě blízkého typu:

- Obtokový kanál
- Zdrsňený skluz

- Peřejnatá sekce, balvanitá rampa
- další vhodná zařízení z místních přirozených přírodních materiálů.

Ve zdůvodněných případech lze pro migraci v MVT využít rybího přechodu podle TNV752321 (1997). Při návrhu migračního zařízení je nutno přihlídnout k plovacím schopnostem ryb vyskytujících se v toku.

Tabulka 3.1.: Maximální plovací rychlosti vybraných druhů ryb (*Just et al., 2005*)

Druh	v_{max} (m/s)
Pstruh obecný (<i>Salmo trutta m. fario</i>) 5 cm	0,92
Pstruh obecný (<i>Salmo trutta m. fario</i>) 15 cm	1,65
Pstruh obecný (<i>Salmo trutta m. fario</i>) 30 cm	3,66
Jelec proudník (<i>Leuciscus leuciscus</i>)	2,40
Jelec tloušť (<i>Leuciscus cephalus</i>)	2,70
Podoustev říční (<i>Vimba vimba</i>)	2,20
Ostroretka stěhovavá (<i>Chondrostoma nasus</i>)	3,50
Parma obecná (<i>Barbus barbus</i>)	2,40
Plotice obecná (<i>Rutilus rutilus</i>)	1,22
Cejn velký (<i>Abramis brama</i>)	0,96
Ouklej obecná (<i>Alburnus alburnus</i>)	0,60
Kapr obecný (<i>Cyprinus carpio</i>)	0,60
Lín obecný (<i>Tinca tinca</i>)	0,60
Úhoř říční (<i>Anguilla anguilla</i>) 7 cm	0,90
Úhoř říční (<i>Anguilla anguilla</i>) 15 cm	1,50
Úhoř říční (<i>Anguilla anguilla</i>) 60 cm	1,14
Candát obecný (<i>Stizostedion lucioperca</i>)	1,91
Okoun říční (<i>Perca fluviatilis</i>)	1,65
Štika obecná (<i>Esox lucius</i>)	2,90

3.2.1. Přírodě blízká migrační zařízení

Zdrsněné skluzy

Skluzy jsou vhodným, přírodě blízkým zařízením pro migraci vodních organismů. Dělíme je na skluzy balvanité, skluzy z kamenného pohození a skluzy komůrkové.

Balvanité skluzy mají dno tvořené loženým kamenem, zajištěným proti posunutí a pohybu tak, aby nedocházelo k rozebrání, uvolňování a narušování konstrukce zařízení při zvýšených průtocích. Pod tímto typem skluzu je vhodné vytvořit tůň - vývar, pro utlumení kinetické energie dopadající vody a jako místo k odpočinku ryb. Balvanité skluzy vyžadují občasnou údržbu.

Skluzy z kamenné rovnaniny vyžadují stálou údržbu a dohled, zejména po každém větším průtoku (TNV752322, 2003). Přírodně nejbližším řešením jsou **komůrkové kamenné skluzy**. Tato varianta nevytváří nepřekonatelné skoky v niveletě, zachovává si celoroční průtok a je proto vhodná i pro migraci ryb a mihulí, které překážky zdolávají proplouváním. Konstrukce komůrkového skluzu se sestává z tůň oddělených balvany a valouny, mezi kterými jsou ponechány mezery pro proplutí. Rychlosti proudění v komůrkovém skluzu by měly odpovídat plovacím schopnostem místní ichtyofauny. TNV752322 (2003) vyžaduje, aby byl pro každý zamýšlený projekt vypracován biologický průzkum lokality, pro optimalizaci požadavků na budoucí migrační zařízení. Požadavky na průtokové rychlosti v profilu jsou pro největší rychlost u dna $0,2m.s^{-1}$ a střední rychlost proudění $0,5m.s^{-1}$.

Obtokové kanály

Obtokové kanály jsou nejvhodnějším řešením především pro zajištění prostupnosti vyšších příčných objektů, jako jsou stupně a přehrážky. V podstatě se jedná o výstavbu souběžného koryta s trvalým průtokem. Jeho parametry musí zcela odpovídat nárokům na přírodní koryto MVT. Sklon bočních svahů se doporučuje 1:0,7 až 1:0,8. Průběh koryta je vhodné členit vložением přiměřeně velkých valounů a balvanů. Spodní vstup do zařízení musí být z podstupňového vývaru, nebo bezprostředně z prostoru pod migrační bariérou. Horní výstup musí migrantům umožňovat bezproblémové opuštění zařízení. Objekt musí být technicky zabezpečen proti zvýšeným průtokům. Základní technické parametry obtokového kanálu jsou:

Šířka dna má být nejméně 0,5 m; nejmenší hloubka tůň má být 0,3 m u vod pstruhových a 0,5 u vod mimopstruhových; v migračním zařízení má být široká variabilita proudění, maximální průtoky mají odpovídat nejméně výkonným zástupcům cílové skupiny migrujících živočichů; rychlost u dna nemá překračovat $0,2m.s^{-1}$; podélný sklon dna má být 1:15 pro vody pstruhové a 1:20 pro vody mimopstruhové; výškový rozdíl hladin má být maximálně 0,20 m u pstruhových vod a 0,15 u mimopstruhových vod.

hových. Uvedené zásady orientačně platí i pro jiné typy migračních zařízení. Obtokový kanál může být tvořen i pomístně prosvětleným korytem s přírodním charakterem dna TNV752322 (2003) .

Peřejnaté sekce, balvanité rampy

Balvanité rampy jsou v řadě případů nevhodná přírodní řešení pro migraci v malých vodních tocích. TNV752322 (2003) je doporučuje na tocích od 5 m šířky. **Peřejnaté sekce s parametry balvanitého skluzu** v provedení po celé šířce toku jsou nevhodné pro méně vodné toky, jelikož je těžké zajistit její průchodnost v období nižších průtokových stavů. Sklon peřejí má být 1:20. Peřejnaté sekce se doporučují pro stanoviště s malými rozměry příčného profilu koryta a nižším skokem v niveletě hladiny. Naopak pro větší spády lépe vyhovují skluzy (TNV752322, 2003).

3.2.2. Rybí přechody

RP jsou zařízení, která mají rybám a jiným vodním živočichům umožnit přeplavat překážku v toku. Musí umožnit migraci co nejširšího druhového a velikostního spektra a zajistit průchod podstatné části migrujících jedinců (Hartvich, 1997).

Umístění vstupu do přechodu

Rybí přechod má být umístěn tak, aby byl pro migrující biotu snadno přístupný a bylo možno zajistit jeho rychlou lokalizaci rybami a nedocházelo tak k jejich nepřiměřenému zdržování. Vstup do přechodu je nutno uspořádat tak aby vznikal dostatečně silný, tzv. **vábící proud**, a návrh musí uvážit nejfrekventovanější trasy, kterými ryby připlouvají k příčné překážce. Pouhé rozvlnění hladiny nemá dostatečný vábící účinek. Vstup do přechodu se většinou buduje při pobřežní linii. Pokud to situace vyžaduje, je třeba zajistit RP po obou stranách toku. Důvody pro realizaci RP po obou stranách příčné překážky mohou být např. široké řečiště, migrační cesty po obou stranách řeky, nebo potřeba budování technicky odlišně řešených RP, např. při výskytu skupin migrujících živočichů s odlišnými nároky na parametry zařízení (TNV752321, 1997).

Výstup z rybího přechodu

Při návrhu výstupu do horní vody je třeba brát na zřetel, že ryby po opuštění RP vstupují do nového prostředí a výstup proto má být řešen tak, aby nezpůsobil jejich

dezorientaci. Napojení RP na horní vodu lze podle normy TNV752321 (1997) řešit např. naklápěcí přepážkou, kloubem spojenou se dnem, kterou lze zároveň regulovat množství vody protékající migračním zařízením.

3.2.3. Technické typy rybích přechodů

Žlabový rybí přechod se svislými šterbinami

Tento přechod je tvořen nakloněným žlabem s vestavěnými příčkami, či výstupky specifických tvarů. Podélný sklon žlabu je obvykle 10% (TNV752321, 1997). Na základě nejnovějších poznatků je tento šterbinový přechod považován za nevhodnější typ technického přechodu (Just et al., 2005). Parametry tohoto přechodu se doporučují (TNV752321, 1997):

požadavky	losos	ostatní druhy
šířka žlabu	1,8 m	1,2 m
šířka šterbin	0,30 m	0,15 m až 0,17 m
vzdálenost mezi příčkami	2,75 m až 3,0 m	1,9 m
hloubka voda	0,75 m	0,5 m
odpočívací nádržky po	10 m až 15 m	5 m až 10 m

Denilův rybí přechod

Denilův rybí přechod je tvořen korytem s přepážkami, které mohou se dnem svírat úhel až 45°. Přepážky jsou umístěny blízko u sebe. U strmého Denilova přechodu mohou být přepážky nakloněny proti proudu vody i vůči postranicím. Tento typ RP je velmi náchylný k zanášení splaveninami. Je vhodný pro pstruha a větší ryby s dobrými plavacími schopnostmi, které dokáží překonat šroubovitě proudění. Odpočívací nádržky se navrhují stejně jako u předchozího typu. Doporučované parametry tohoto přechodu (TNV752321, 1997):

požadavky	losos	ostatní druhy
šířka žlabu	min. 0,8 m	min 0,6 m
podélný sklon	15% až 25%	10% až 15%
hloubka voda	min. 0,9 m	min. 0,6 m

Komůrkový rybí přechod

Komůrkový přechod je tvořen z řady za sebou umístěných komůrek, které jsou od sebe odděleny přepážkami s otvory, které umožňují průchod některých druhů ryb a u menších objektů sloužících k odvodnění komůrek. Aby nedocházelo k rozkolísání hladin v případě ucpání spodního otvoru, měly by mít přepážky i horní, přepadový výřez. Sklon se doporučuje 10%. Odpočívací nádržky se navrhují po 5 - 7 komůrkách a jejich objem má být alespoň 4x větší, než je objem jednotlivých komůrek. Tento typ přechodu je považován za stavebně a finančně nenáročný a je hydrologicky adaptabilní. Parametry (TNV752321, 1997):

požadavek	losos	ostatní druhy
šířka žlabu	1,5 m až 2,0 m	1 m až 1,5 m (pro pstruha ě 0,5 m)
délka komůrek	2,5 m až 3,0 m	1,4 m až 2,0 m
rozdíl hladin mezi kom.	max. 0,3 m	max. 0,2 m

Propustkové rybí přechody

Uplatňují se např. při křížení potoku s komunikacemi. Podélný sklon se doporučuje 0,5% až 5%. Zvýšení hloubky, snížení střední rychlosti proudění a zdrsnění dna propustku se provádí pomocí přehrážek a výstupků.

Kanálové rybí přechody

Kanálový RP je poměrně účinná varianta, která umožňuje migraci přes překážku relativně velkému počtu ryb. Kanál by měl být asi 2 m široký, se sklonitostí okolo 1% a hloubkou 0,6 m pro běžné druhy ryb a minimálně 1,2 m pro lososa. Odpočívací nádržky by měly být po 80 m až 100 m. Na dno kanálu se ukládají balvany o průměru 0,5 m ve vzdálenosti asi 2 m od sebe(TNV752321, 1997).

3.3. Zařízení pro poproudové migrace

Na poproudové migrace přes překážky bývá často poněkud zapomínáno. U mnoho druhů ryb se tento typ migrace týká pouze jejich vývojových, popř. juvenilních stádií, která úspěšně, či méně úspěšně, projdou popustí, přepadem, či turbínou hydroelektrárny. Musíme ale myslet i na druhy, které podnikají reprodukční migrace vícekrát za život a na migrujících amphidromní ryby. Výzkumu a optimalizaci migračních

zařízení pro migraci po proudu je věnováno mnohem méně pozornosti, než výzkumu protiproudových migrací (Jungwirth et al., 1998).

3.3.1. Mechanické zábrany a zabezpečení

Česlové stěny

Česlové stěny jsou zábrany, které jsou zkonstruovány z podélně přikládaných neohybných prutů, které mají za úkol oddělit ryby a předměty, větší než je světlá mezera mezi pruty, od protékající vody. Odolnost prutů proti deformaci a prolomení je vyžadována zejména z důvodu rezistence proti průniku ryb a větších předmětů při větších průtocích. Jako kompenzaci malé světlé mezery mezi jednotlivými pruty je nutno zvětšit plochu česlové stěny tak, aby byl zachován potřebný průtok.

V omezených prostorách se doporučuje sestavit stěny např. do tvaru „V“, „U“, nebo naklopením soustavy česlové stěny šikmo k přitékajícímu proudu (Hartvich – Dvořák, 2002).

Louver

Louver je podobné zařízení jako česlové stěny. Pruty ze železné pásoviny jsou však skloněny v úhlu 15° ke směru proudění. Instalují se obvykle v místech bočního odběru vody a vznikly pro usměrňování poproudové migrace smoltů amerických lososů. Pro použití při reprodukčních migracích úhoře se však tyto zábrany neosvědčily (Hartvich – Dvořák, 2002).

Wedge – Wire – Screen

Wedge – Wire – Screen je zvláštní typ stěny, konstruované z prutů lichoběžníkovitého profilu, které jsou otočeny širší stranou proti proudění. Celá sestava svírá se dnem úhel 18° – 20°. Ryby jsou naváděny do sběrného žlabu odkud putují do obtokového kanálu (Hartvich – Dvořák, 2002).

Ochranné filtry

Jedna z nejjednodušších a zároveň neúčinnějších variant, jak ochránit ryby a zařízení proti poškození. Dříve se často používaly účinné filtry štěrkové a pískové. V současné době vyhovují filtry s vyměnitelnými kazetami, které mají větší výkonnost (Hartvich – Dvořák, 2002).

Síťové sestavy

Síťové zábrany jsou různě uspořádané konstrukce potažené sakovinou s různě velkými oky. Konstrukce bývají pohyblivé a jejich čištění je zajištěno vysokotlakými tryskami. Časté jsou bubnové síťové filtry, a zábrany kónického tvaru, které jsou velmi účinné. Ryby bývají splachovány proudem vody, popř. vynášeny lopatkami připevněnými na rotujících částech oddělovače a směřovány dalším zařízením mimo technologický odběr vody (Hartvich – Dvořák, 2002).

Oddělování ryb pomocí turbulentního proudění

Tato technologie využívá odstředivé síly při průchodu vody formovaným naváděcím potrubím turbíny. Proud vody prochází „kolenem“ přívodu a ryby jsou oddělovány na vnější straně ohybu trubky, odkud putují do tzv. bypassu. Vnější strana ohybu uvnitř potrubí může být před ústím bypassu opatřena různými naváděcími klapkami, které zvyšují účinnost (Hartvich – Dvořák, 2002).

Gerhardův přesmyk

Gerhardův přesmyk využívá dvou, k sobě vzájemně nakloněných žlabů, do kterých jsou ryby směřovány pomocí česel, navádějících ryby ke vstupu u dna. Turbína je umístěna pod ohybem žlabů a voda je k ní přiváděna ze zúžených perforovaných sekcí prvního žlabu, který svírá se dnem sklon $22,5^\circ$. Ryby jsou oddělovány a odváděny druhým žlabem se sklonem 45° . Toto zařízení bylo navrženo především k ochraně migrujících úhořů (Hartvich – Dvořák, 2002).

3.4. Náhony a přivaděče

Využití náhonů je ve spojitosti s využitím energie toku spojeno zejména s derivačním schématem zásobování vodního stroje vodou. Derivací rozumíme odebrání vody z původního koryta řeky, její přivedení k objektu vodního stroje přivaděčem a navrácení odpadním vedením zpět do koryta řeky. Derivační schémata jsou následující:

- **Beztlakové** Voda se přivádí a odvádí otevřeným korytem.
- **Beztlakově - tlakové** Přivaděč je beztlakový a k vodnímu stroji je voda vedena tlakovým potrubím. Soustava může obsahovat vyrovnávací, či regulační komoru.

- **Tlakové** Voda je přiváděna tlakovou soustavou. Soustava může obsahovat vyrovnávací, či regulační komoru.

Derivace otevřeným kanálem Pokud je derivace vedena podél toku otevřeným kanálem, jedná se o beztlakové schéma vodní elektrárny a mluvíme o tzv. *kanálově vodní elektrárně*. Technickými součástmi náhonů jsou:

- **Vtokový objekt** Těchto objektů existuje velké množství typů. Mohou využívat příčného proudění vody v řece, mohou být oboustranné, jednostranné, odebírat ze dna, či v oblouku řeky. Výběr vhodného objektu je jedním z prvků, které významně ovlivňují výsledný objem získané energie.
- **Vtokový práh** Slouží k omezení vniku dnových splavenin do náhonu a následně i do vodního stroje.
- **Norná clona** Často je osazena česlemi. Zabraňuje vniknutí hrubých plavených předmětů do objektu náhonu.
- **Usazovací prostor** Jedná se o prohloubený prostor za vtokovým prahem. Měl by být dobře přístupný pro technické prostředky používané při odtěžování usazeného materiálu. Může být opatřen i proplachovacím kanálem, který odvádí usazeniny zpět do koryta řeky.
- **Regulační uzávěr** Regulační uzávěr se umísťuje za vtokový práh a reguluje průběh průtoku a hladin v náhonu. Nejčastěji se navrhuje stavidlový uzávěr.

Optimální rychlost proudění Při navrhování parametrů kanálu je třeba volit *střední rychlost proudění* tak, aby se pohybovala v intervalu mezi maximální a minimální přípustnou rychlostí a byla hospodářsky výhodná. U opevněných kanálů se maximální rychlost proudění může pohybovat výrazně přes $3,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Rychlosti pod $0,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ nejsou doporučovány z důvodu zanášení kanálu, jeho zarůstání rostlinami a rychlému zamrznání (Prof. Ing. Pavel Gabriel – Ing. Jitka Kučerová, 2000). Autoři uvádí vyšší maximální rychlosti proudění v náhonu / korytě, než doporučují jiní autoři. Například Kovář (1988)) uvádí údaje striktně podložené výpočty optimálních nevymílacích a unášecích rychlostí, které se u neopevněných koryt pohybují kolem $0,2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. V závislosti na namáhání koryta je třeba kanály odpovídajícím způsobem chránit proti destrukci.

4. Charakteristika studovaného území

4.1. Geografické umístění lokality

Zájmové území se nachází na pomezí Litovelského Pomoraví a Českomoravské Vrchoviny, v k.ú. obce Vranová Lhota, okres Svitavy. Vranová Lhota je obklopena rozlehlými lesy přírodního parku Bohdalov - Hartinkov. Administrativně spadá do působnosti Moravské Třebové, obce s tzv. rozšířenou působností a je též členem regionu Moravskotřebovsko a Jevíčko.

4.2. Klimatická oblast

Studované území spadá do mírně teplé oblasti MT11, která je charakterizována dlouhým teplým létem s 50-70 letními dny a poměrně krátkou, na srážky chudší zimou (viz tabulka 4.1) (Quitt, 1970). Z hlediska typologie krajiny se jedná o typ 3M15 - Krajinu zaříznutých údolí.

4.3. Geologické a pedologické údaje

Geologicky se lokalita nachází v okrsku Bouzovské vrchoviny, která je podcelkem Zábřežské vrchoviny a součástí Jesenické oblasti. Oblast náleží do Hercynského systému, provincie Česká vrchovina a subprovincie Krkonoško-jesenická soustava. Podloží je charakterizováno zvrásněnými paleozoickými a nemetamorfovanými horninami - břidlice, droby, vápence. Severní částí lokality prochází zlom, na který navazuje oblast s výskytem protozoických hornin s různě silným varilským zpracováním - břidlice, fility, svory až pararuly (Anonymus, 2013). Z pedologického hlediska je území ovlivněno činností vodního toku a lze tedy na pozemcích nalézt fluvizem, konkrétně flu-

Tabulka 4.1.: Klimatické charakteristiky oblasti

Charakteristika / Klimatická oblast	MT11
Počet letních dnů	40-50
Počet dnů s teplotou alespoň 10 °C	140-160
Počet mrazových dnů	110-130
Počet ledových dnů	30-40
Průměrná teplota v lednu	-2 až -3
Průměrná teplota v červenci	17-18
Průměrná teplota v dubnu	7-8
Průměrná teplota v říjnu	7-8
Průměrný počet dnů se srážkou alespoň 1 mm	90-100
Srážkový úhrn ve vegetačním období	350-400
Srážkový úhrn v zimním období	200-250
Počet dnů se sněhovou pokrývkou	50-60
Počet oblačných dnů	120-150
Počet jasných dnů	40-50

vizem glejovou. V některých částech zkoumaného území obsahuje půdní profil štěrkové a písečné vrstvy. Překryté původní koryto řeky působí jako drenážní vrstva a je třeba při návrhu vodohospodářských opatření počítat s výskytem preferenčních cest proudění podzemní vody.

4.4. Hydrologické charakteristiky

Třebůvka je pravostranný přítok Moravy, do které ústí pod Mohelnicí (ř.km 259,60, 244,72 m n.m.). Nejvýznamnějším přítokem je Jevíčka (23,11 km). Třebůvka pramení v Podorlické pahorkatině u Křenova v nadmořské výšce 458,46 m n.m. Přehledná mapa povodí Třebůvky je v příloze B.4.

Podrobná hydrologická data s M-denními průtoky jsou k nahlédnutí v příloze A.1. ČHMÚ data poskytl ve druhé třídě přesnosti. Hydrologické poměry v lokalitě mohou být v budoucnu ovlivněny realizací kanálu Odra-Dunaj-Labe, jehož navrhovaná trasa prochází v těsné blízkosti zájmového území.

Tabulka 4.2.: Hydrologické údaje (ČHMÚ, 2013)

Vodní tok: Třebůvka	
Číslo hydrologického pořadí	4-10-02-1040
Členění toku podle GRAVELIA	III. řád
Správce povodí	Povodí Moravy a.s.
Celková délka toku	48,23 km
Plocha povodí	579,75 km ²
Profil: Třebůvka nad Maratovským potokem	
Plocha povodí A	444,66 km ²
Dlouhodobá průměrná výška srážek na povodí P_a	690mm
Dlouhodobý průměrný průtok Q_a	2,13 m ³ .s ⁻¹

4.5. Biologické aspekty

Po levém břehu toku prochází lokální biokoridor. Jedná se o nesouvislé porosty dřevin, které Územní plán obce Vranová Lhota doporučuje doplnit (Anonymus, 2006). Oblast spadá do působnosti Správy CHKO Moravský kras.

4.5.1. Ryby

Nepříliš variabilní podmínky toku procházejícího intravilánem obce, na který zkoumaná lokalita navazuje, vytváří útočiště spíše pro adultní stádia ryb. V zájmovém úseku byla naopak zaznamenána zvýšená abundance a vyšší variabilita věkové skladby obsádky ryb. V navazujícím úseku se věková skladba obsádky opět mění ve prospěch vyšších věkových kategorií a byl zaznamenán nárůst zastoupení druhů ryb menšího vzrůstu, jako je např. hrouzek obecný (*Gobio gobio*), nebo ježdík obecný (*Gymnocephalus cernuus*). Výsledky ichtyologického průzkumu jsou k nahlédnutí v tabulce 5.2.

4.5.2. Doprovodné porosty

Vhledem k protipovodňovému statusu ochranných hrází, nejsou břehové linie hlavního toku lemovány žádnými porosty dřevin. Vnitřní (návodní) strana hrází je udržována jako TTP a je v péči Povodí Moravy s.p. Části mlýnských pozemků, které nejsou v přímém dosahu povodňových stavů, jsou porostlé náletem olše lepkavé (*Alnus glutinosa*) a vrb (*Salix sp.*). Část pozemku je využívána jako extenzivní zahrada s koseným travním porostem a několika ovocnými stromy. Slepé rameno odděluje od hlavního toku proti-

povodňová hráz a jeho břehový porost tvoří vzrostlé olše.

4.6. Historie

Zájmové území se nachází v k.ú. obce Vranová Lhota, okres Svitavy. Jedná se komplex panského mlýna s přílehlými pozemky. Mlýn byl zřízen počátkem 16. století Maximiliánem Ferdinandem Drahovským z Pěňčína a až do druhé poloviny 18. století byl v rukou vrchnosti. Od roku 1788 postupně vystřídal několik majitelů.

Zásadním přelom pro fungování mlýnu znamenala 50. a 60. léta 20. století, kdy byl v majetku pí. Fišnarové. Spolu se změnami systému národního hospodářství došlo postupně k omezení a následně i zákazu činnosti podnikání. Majitelka nebyla nadále schopna financovat nutnou údržbu technických částí. Došlo k postupnému chátrání vybavení, včetně vzdouvacího objektu. Z tohoto důvodu vznikl návrh na převedení objektu jezu na stát. Převod jezu jeho technický stav nevyřešil, jez už nebyl obnoven a náhon byl postupně zasypáván. Mlýn byl v majetku rodiny Fišnarů od roku 1889 až do devadesátých let 20.století. Od roku 2011 je jeho majitelem Jiří Šimek a vranovský mlýn prochází kompletní rekonstrukcí obytné i technické části.

5. Metodika

5.1. Získání geodetických dat a jejich úprava

Jako geodetický základ, tj. jako výchozí body pro připojení měření, byly použity nové měřické body, které byly stabilizovány dočasným způsobem a zaměřeny metodou GNSS - RTK (CZEPOS) v říjnu 2012 pomocí GPS přijímače Leica GRX1200 s anténou ATC1230GG. Veškeré zaměření bylo provedeno metodou elektronické tachymetrie (polární metodou) pomocí kalibrované totální stanice TOPCON-GTS210/GTS310. Při měření, byla dodržena všechna předepsaná pravidla a přesnosti. Bylo provedeno polohové i výškové zaměření pro potřeby následných projektových prací. Z naměřených geometrických parametrů byl proveden výpočet souřadnic S-JTSK ve výpočetním programu GROMA v.8.

Výstup

- Soubor zaměřených bodů ve formátu pro import do AutoCAD.

5.2. Vytvoření dynamického 3D modelu terénu

Cílem této části práce bylo vytvořit 3D model terénu, ve kterém by bylo možné relativně jednoduchým a rychlým způsobem měnit kompletní návrhové parametry a který by bylo možné použít pro další analýzy spojené s budoucí realizací projektu.

Vstup

- Naměřené body transformované do strukturovaného souboru

Výstup

- Digitální model terénu ve formátu .tif

- Dynamický 3D model území včetně návrhových opatření

5.2.1. Programové vybavení

Ke zpracování 3D modelu byla použita studentská verze programu AutoCAD® Civil 3D® 2012 (dále jen Civil 3D), která je v rámci projektu firmy Autodesk **Education Centre** poskytována zdarma s omezenou licenční dobou studentům technických a grafických oborů (<http://www.autodesk.com/education/student-software>). Vzhledem ke specifikům výkresů dokumentace pro vodohospodářské účely (dle ČSN 01 3469) byla v projektu využita speciální Vodohospodářská šablona (Falber, 2012), rovněž v úpravě pro studentské účely. Civil 3D je efektivní nástroj, umožňující komplexní plánování v oblasti krajinných úprav, urbanismu, stavebnictví a v dalších oborech. Díky mnoha funkcím, zaměřeným na návrh liniových staveb, maximalizuje přesnost a efektivitu práce, což přes počáteční vysoké požadavky na studium ovládnání programu přináší významné usnadnění při vytváření projektové dokumentace. Pokročilé možnosti, včetně animací, nastavení povrchů, zeměpisných a klimatických kritérií, vytváření rozpočtů atd. umožňují prezentaci výsledků na vysoké úrovni.

5.2.2. Import naměřených dat

Civil 3D umožňuje import naměřených dat v několika formátech. Dialog importu nabízí výběr metody rozpoznání formátu dat a nastavení projekce. Import dat proběhl ze strukturovaného souboru .txt, vygenerovaného ze zpracovaných dat zaměřených totální stanicí.

5.2.3. Úprava původního terénu

Z importovaných geodetických dat byl vytvořen povrch TIN, který je možno dále upravovat několika způsoby a je to jeden ze základních prvků s kterými Civil 3D pracuje. Výhodou práce s povrchy v Civil 3D je možnost jejich následného matematického zpracování, včetně výpočtů kubatur výkopových prací a jejich navázání na rozpočtářské funkce programu. Pomocí modifikace spojnic trojúhelníkové sítě povrchu a povinných hran byl upraven stávající terén. Povinné hrany jsou důležitou součástí modelu pro správné vykreslení liniových objektů. Tyto 3D linie byly odvozeny z terénního průzkumu a zpřesňují výslednou modelaci břehových linií, technických objektů, nivelety dna apod. Postupnou úpravou spojnic TIN bylo z terénu odstraněno těleso černé

skládky na trase budoucího náhonu, upraven svah na jihozápadní straně pozemku a korigován objekt uložení bývalého vodního stroje.

Takto upravený povrch byl použit jako základní pracovní povrch pro další kroky v konstrukci dynamického 3D modelu.

5.2.4. Vytvoření objektů pro vymodelování nového terénu

V této části projektu byly namodelovány objekty úpravy. Principem modelace objektů v Civil 3D je vytvoření jejich dílčích 3D povrchů a následné "vlození" těchto povrchů do základního pracovního povrchu reprezentujícího terén zájmového území. Parametry objektů lze modifikovat a tím se modifikuje i základní terén území.

Trasy

Pomocí nástroje *Trasy* byly v půdorysu výkresu zakresleny návrhové trasy náhonu, liniového opatření pro úpravu koryta Třebůvky a linie (osa) vzdouvacího objektu. S trasami lze následně dále pracovat a navazovat na ně objekty a funkce.

Profily

Pro každou trasu byl vygenerován a zobrazen podélný profil odvozený z pracovního povrchu. Do samotného zobrazení profilů byly následně zakresleny nové návrhové linie. Návrhovými liniemi lze následně kdykoliv libovolně horizontálně pohybovat a měnit jejich tvar a tím i tvar výsledného terénu.

Vzorové příčné řezy

Před vykreslením koridorů byly nadefinovány jejich příčné řezy. Civil 3D nabízí rozsáhlou knihovnu vzorových příčných řezů, která obsahuje i několik předdefinovaných řezů kanálů, příkopů a odvodňovacích prohlubní. Po výběru a vykreslení vzorového příčného řezu se otevře nabídka s úpravou parametrů příčného řezu. Tyto parametry lze, stejně jako parametry návrhových linií, kdykoliv později upravovat a tím měnit i vzhled výsledného terénu. Součástí nastavení parametrů příčných řezů je i tloušťka výplňového materiálu (např. pro návrh opevnění břehů nebo těsnící vrstvy stěn náhonu).

Koridory

Po vyvolání nástroje *Koridor* program postupně vyzve k zadání tří komponent, které byly nadefinovány v předchozích krocích. Trasa určuje půdorysné vedení, profil (jeho nová návrhová linie) výškové umístění dna a vzorový příčný řez formuje tvar tělesa koridoru.

Zemní těleso

K namodelování tůň byla použita funkce *Zemní těleso*. Procedura se liší od modelace koridorů. Pro modelaci zemního tělesa bylo třeba nejdříve vytvořit jeho půdorys pomocí návrhové line, nebo použít již existující prvek výkresu. V případě modelace tůň pro potřeby projektu byla použita zvektorizovaná vrstva katastrální mapy se zobrazeným půdorysem původního slepého ramene Třebůvky. Vrstva ve formátu .shp byla předpřipravena v programu ArcGIS a importována do výkresu Civil 3D. Po označení půdorysu tělesa program vyzve k zadání sklonu stěn, kóty dna, nebo kóty vrcholu objektu (záporné, nebo kladné číslo, nebo nadmořská výška). Vykreslený objekt lze následně použít pro další analýzy, nebo jako prvek modelu terénu.

Dílčí povrchy

Ze všech vytvořených koridorů a zemního tělesa byly vygenerovány následující povrchy:

- Povrch dna a stěn náhonu
- Povrch dna a stěn kynety v hlavním korytě
- Povrch dna a stěn zásobovací strouhy tůň
- Povrch tělesa vzdouvacího objektu
- Povrch dna a stěn tůň

Tyto povrchy byly vloženy do základního povrchu terénu, který po překreslení (přebudování) reprezentuje dynamický model navrženého terénu. Návrhové parametry jednotlivých objektů lze měnit modifikací profilů a návrhových linií.

Výsledný model byl (s nastavenou koordinací projekce) vyexportován z Civil 3D do digitálního výškového modelu (DEM) ve formátu .tif .

5.3. Příprava geometrických dat pro HEC-Ras

Vstup

- Digitální model terénu ve formátu .tif

Výstup

- Soubor geometrických dat ve formátu GIS2RAS

5.3.1. Programové vybavení

Základním programovým vybavením této části zpracování dat byl produkt společnosti ESRI - program ArcGIS, verze 9.2, v distribuci pod studentskou licenci. K tomuto programu byla připojena instalace programu HecGeo-Ras (U.S. Army Corps of Engineers), což je implementace grafického editoru programu HEC-Ras pro použití v prostředí programu ArcGIS. Po instalaci tohoto modulu dovoluje ArcGIS vytváření geometrických struktur říčních systémů s využitím všech stávajících nástrojů a funkcí programu.

Výsledný soubor GIS2RAS může být následně importován do nativního prostředí HEC-Ras včetně popisných a zejména výškových dat. Lišta HECGeo-Ras je přehledně uspořádána a intuitivně provede uživatele všemi kroky.

5.3.2. Import dat terénu

Po otevření nového mapového souboru .mdx přes nabídku *ApUtilities* byl jako podklad pro vytvoření geometrických dat použit soubor .tif, vyexportovaný v předchozím kroku z programu Civil 3D. Proběhlo nastavení projekce vrstev (S-JTSK Krovak EastNorth) a klasifikace podkladové vrstvy .tif, pro přehledné zobrazení elevací a depresí terénu.

5.3.3. Soubor GIS2RAS

Prvním z kroků konstrukce souboru GIS2RAS je zaregistrování podkladového .tif (jako GRID) do HECGeo-Ras pomocí nabídky *Layer setup* a vytvoření povinných vrstev výkresu. Povinné vrstvy výkresu jsou:

- Osa, nebo osy vodního toku (*Stream centerline*)
- Linie příčných řezů (*XS Cut lines*)

- 3D Linie příčných řezů (*3D XS Cut lines*), které jsou odvozeny z předchozí vrstvy a podkladového .tif obrazu.

V projektu bylo využito i nepovinných vrstev, které následně minimalizovaly nutnost zdlouhavého nastavování parametrů pro výpočty v HEC-Ras.

Stream Centerline

Osa vodního toku je kreslena ve směru proudění a v případě rozvětvené říční soustavy je nutno se ujistit, že jsou jednotlivé linie toků vzájemně propojeny (pomůže nastavení přichytávání k objektům - *snapping*). Nad podkladovým .tif obrazem byla vytvořena osa hlavního koryta Třebůvky a ta byla následně převedena do 3D linie, obsahující výšková data.

XS Cut Lines

Linie příčných řezů musí být zakresleny tak, aby po přiřazení výškových dat co nejlépe charakterizovaly zájmové území. Zvláštní pozornost při jejich trasování je třeba věnovat místům s významnou změnou výšek a okolí budoucích vodohospodářských objektů. Jeden z příčných řezů byl veden osou vzdouvacího objektu a tento řez byl později modelován při optimalizaci průtokových poměrů v prostředí HEC-Ras. Navržené linie byly převedeny do 3D linií *3D XS Cut lines*.

Landuse

Landuse je polygonová vrstva, v jejíž atributové tabulce lze nastavit charakteristiky jednotlivých polygonů, respektive jednotlivých území, překrytých polygony. Základní atributová tabulka této vrstvy, kromě jiného, obsahuje pole pro vyplnění kódu / druhu pozemku a jeho hodnoty n - Manningova součinitele drsnosti. Tato hodnota je při exportu přiřazena jednotlivým příčným řezům přesně tak, jak řezy protínají polygony vrstvy.

Bank lines

Vrstva bank lines definuje oblasti obvyklého proudění v korytě řeky a mimo koryto.

Flow Path Centerlines

Tato vrstva definuje proudění mimo hlavní koryto řeky a napomáhá při trasování linií příčných řezů.

Levees

Levees jsou linie určující výšku hladiny do které se voda "nesmí začít rozlévat" do okolního terénu. Jedná se o jakési spojnice profilů - bariéry rozlivu.

Export dat

Po dokončení všech úkonů byla vrstvám přiřazena geometrická data z podkladového .tif obrazu (podnabídky záložky *Ras geometry*) a byl vyexportován soubor s geometrickými daty (podnabídky záložky *Extract GIS data*).

5.4. Výpočet modelu v HEC-Ras

Vstup

- Soubor geometrických dat ve formátu GIS2RAS

Výstup

- Grafický výstup zobrazující proudění vody navrhovanou terénní úpravou
- Datový výstup průtoků

5.4.1. Programové vybavení

Program pro modelování ustáleného a neustáleného proudění HEC-RAS 4.1.0 (Department of The Army Corps of Engineers Institute for Water Resources Hydrologic Engineering Center, USA), který je volně k dispozici na stránkách institutu.

5.4.2. Import a nastavení geometrických dat

Po založení nového projektu bylo otevřeno okno pro vkládání geometrických dat (*Enter/Edit Geometric data*). Byla načtena geometrická data připravená pomocí programu HecGeo-RAS. Program se dotazuje na nastavení jednotek (SI). Po potvrzení nabídky jsou do grafického editoru načtena kompletní data obsahující linie toků, přednastavené příčné řezy včetně zavedených hodnot Manningova součinitele a břehových linií. Přesnost vykreslení profilů závisí na rozlišení podkladového obrazu .tif použitého při vytváření geometrie v HecGeo-Ras. Tento obraz byl generován s přesností 2 cm a

výsledné profily tedy byly renderovány s počtem od 350 do 3500 bodů. Jelikož HeC-RAS verze 4.1.0 neumožňuje při výpočtu zpracovávat data na profilech vykreslených s více než 500 body, je nutno v některých případech provést korekci / zjednodušení profilů. Hec-RAS obsahuje tzv. *Cross section points filter*, pomocí kterého byla provedena redukce počtu bodů na 350 pro každý profil. Operaci lze provést hromadně.

Pomocí editoru příčných řezů lze jednotlivé profily zobrazit a opravit případné nepřesnosti rozsahu hodnot n . Ve stejném editoru pak lze upravovat samotnou geometrii řezů, což byla jedna z možností jak přenastavit základní rozměry jezu, pokud by vznikl požadavek na korekci návrhových parametrů.

Inline structures Další možností jak namodelovat proudění přes příčné objekty je funkce *Inline Structures*, kterou jsem použil pro vytvoření hradítka s propustkem pro spodní plnění vodního kola. Propustku (gate) lze v editoru průtoků nastavit míru plnění pro každý jednotlivý průtok.

5.4.3. Vložení hydrologických dat

Po kontrole a úpravě geometrie byla vložena hydrologická data *Steady flow data* - vstup pro výpočet ustáleného proudění. V záložce této nabídky byly nastaveny požadované průtoky a pořadí / propojení úseků soustavy. Pro modelování chování soustavy při různých průtocích byly zvoleny hodnoty uvedené v tabulce 5.1.

Tabulka 5.1.: Hodnoty průtoků, vstupujících do modelu

Označení	Průtok [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]
1. Návrhový průtok soustavy Q_{210d}	1,40
2. Nízký průtok Q_{330d}	0,637
3. Vysoký průtok Q_{30d}	4,53
4. Padesátiletý průtok Q_{50}	99,6
5. Stoletý průtok Q_{100}	123

Pro prezentaci výsledků byly použity průtoky Q_{210d} a Q_{30d} . Výsledky výpočtů jsou k nahlédnutí v Příloze E.

5.5. Biologický průzkum

V říjnu 2012 proběhl v rámci optimalizace návrhových kritérií ichtyologický průzkum, který reprezentuje složení obsádky v době průzkumu. V navazujících úsecích byly zaznamenány rozdíly ve složení obsádky, proto byly v zájmovém úseku odchycené ryby hodnoceny i podle věku. Data jsou orientační, průzkum provedený v jiném ročním období a při jiných průtokových podmínkách může vykazovat odlišné výsledky. Žádné ohrožené druhy ryb (a mihulí) nebyly zaznamenány.

Tabulka 5.2.: Výsledky ichtyologického průzkumu

Druh	Kusů	Adultní [%]	Zastoupení [%]
Jelec tloušť (<i>Leuciscus cephalus</i>)	125	8	53
Jelec proudník (<i>Leuciscus leuciscus</i>)	68	15	28
Okoun říční (<i>Perca fluviatilis</i>)	5	20	2
Plotice obecná (<i>Rutilus rutilus</i>)	4	100	2
Pstruh obecný f. potoční (<i>Salmo trutta m. f.</i>)	2	100	1
Hrouzek obecný (<i>Gobio gobio</i>)	34	50	14
Celkem	238	49	100

5.6. Stanovení sanačního průtoku

Pro potřeby využití energie vodního toku, pro pohon vodního stroje, byl stanoven sanační průtok v hlavním korytě Třebůvky. Stanovení minimálního zůstatkového průtoku bylo provedeno dle Metodického pokynu odboru ochrany vod Ministerstva životního prostředí ke stanovení hodnot minimálních zůstatkových průtoků ve vodních tocích. Byla použita data M-denních průtoků za období 1931-1980, která na základě oficiální žádosti poskytl ČHMÚ.

Tabulka 5.3.: Stanovení hodnot sanačního průtoku

Průtok Q_{355d}	Sanační průtok
do $0,05 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	Q_{330d}
$0,05 - 0,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$(Q_{330d} + Q_{355d}) \cdot 0,5$
$0,51 - 5,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	Q_{355d}
nad $5,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$(Q_{355d} + Q_{364d}) \cdot 0,5$

Výpočet $Q_{355d} = 0,430 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, $Q_{330d} = 0,637 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

$MZP = (Q_{355d} + Q_{330d}) \cdot 0,5$

$MZP = 0,534 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

Sanační průtok byl stanoven dle Metodického pokynu MŽP (MŽP-ČR, 1997)

6. Současný stav

6.1. Hlavní tok

Vlivem opatření v minulých letech došlo k zahloubení hlavního koryta řeky Třebůvky a devastaci vzdouvacího objektu, který zajišťoval potřebný objem vody vodnímu stroji. Zájmový úsek se od vedlejších odlišuje vyšším spádem (0,26% oproti 0,20%). V horní části navazuje na napřímený a ohrázený úsek procházející cca 0,5 km intravilánem, který je na dvou místech přerušen nízkými jízky z kamenné rovnaniny. Ohrázení pokračuje i zkoumaným územím a je na km 1,25 až km 1,45 úpravy sníženo na původní úroveň okolního terénu z důvodu optimalizace rozlivu vody při povodňových stavech. Přibližně 350 m pod zájmovým úsekem koryto řeky opouští obec a vzhled toku získává přirozenější charakter. Řeka dále pokračuje několik kilometrů údolní nivou se střídajícími se loukami a lesními porosty.

V podélném profilu toku lze na dvou místech rozeznat pozůstatky kamenných hrázek a v místě přerušení protipovodňových hrází se na dně řeky nachází dva betonové panely. Jinak je dno řeky tvořeno sěrčkem, bez nánosů usazenin. Břehy jsou cca do úrovně Q_1 opevněny lomovým kamenem.

6.2. Náhon

V současné době není náhon napojen na hlavní koryto toku a je v neprovozuschopném stavu. Z objektu náhonu zůstala zachována podélná hráz, betonový základ pro usazení vodního stroje v těsné návaznosti na mlýn a prohlubeň vývaru, která je nyní plněna pouze průsakem spodní vody. V místě historického vtoku je náhon zasypán navážkou sutě ze sousedních pozemků (v majetku obce) a došlo i k terénním zásahům - navršení zeminy při budování nedalekého sportovního hřiště, při sanaci okolních pozemků a realizaci protipovodňových opatření. Ilustrační foto lze nalézt v příloze B.2.

Odpadní část náhonu pod vývarem vodního stroje se nedochovala a rovněž zde došlo k terénním změnám. Část pozemku, na kterém byl trasován původní odtok, změnila majitele a není součástí zájmového území. Zbývající části pozemku v dosahu zamýšlené nové trasy odpadní části náhonu jsou podmáčené.

Svah na jihozápadní straně území, nad náhonem, je opevněn kamennou rovinou, která je pomístně rozbořena a sesunuta po svahu.

6.3. Okolní pozemky

Kromě části náhonu zasypané navážkou, parcel zasahujících pod současné koryto Třebůvky a slepého ramene, je celý pozemek využíván jako kosená louka s trvalým travním porostem. Výhledově mohou být pozemky využity k pasení, nebo jako zahrada venkovského typu.

Slepé rameno Třebůvky má hloubku vodního sloupce přibližně 0,55 m, mocnost nánosů není známa. Břehové porosty jsou v dobrém stavu. Stav a propustnost dna nejsou známy, ale lze předpokládat průsaky spodní vody ze svahu nad mlýnem a určitou provázanost stavu hladiny s vodním režimem hlavního toku.

7. Návrh opatření

7.1. Úpravy na hlavním toku

7.1.1. Vzduvací objekt

Vzdouvací objekt je nejdůležitějším technickým prvkem projektu. Obnovuje funkci mlýnské soustavy a umožňuje odběr vody pro pohon vodního kola. Výška přelivné hrany je navržena na kótu 286,10 m n.m. Celková šířka hrany jezu je 9 m včetně přelivu. Šířka hrany přelivu je 2 m a výška - hloubka výřezu je 0,28 m. Rozměry přelivu byly stanoveny tak, aby zajistily požadovaný sanační průtok.

7.1.2. Úprava úseku ovlivněného sníženým průtokem

Realizace projektu obnovy funkce mlýnského náhonu, s využitím vody pro získání energie, je významným zásahem do stávajícího vodního režimu dotčeného úseku. Snížený průtok bude ovlivňovat hydraulické poměry v korytě řeky přibližně 200 až 250 dnů v roce.

V úseku od vzdouvacího objektu (km 0,29 až 2,11) je navržen složený profil říčního dna s kynetou vedenou oblouky ve stávajícím dně Třebůvky. Profil kynety je lichoběžníkový s hloubkou vody přibližně 30 cm.

Vytěžený materiál bude rozmístěn podél břehové linie tak, aby tvořil nízkoúzemí bermu. Kapacita kynety je záměrně dimenzována na nižší průtok, než je hodnota předpokládaného (sanačního) průtoku. Rozliv vody do okolních nerovností ve dně a částí bermy vytvoří mělčiny s pomalejším prouděním a teplejší vodou, které za současného stavu v úseku chybí. Takto vytvořené niky poskytnou útočiště juvenilním stádiím ryb a obojživelníků, poslouží jako stanoviště pro vlhkomilnou floru využívající prostředí přibřežních biotopů a celkovělepší prostředí pro biotu vyžadující příčnou zonaci toku.

Dalším benefitem úpravy je podpora migrace drobných živočichů

podél břehové linie toku a zlepšení ekologického potenciálu úseku.

7.1.3. Migrační zařízení

Vzhledem k nutnosti zajistit stálý sanační průtok přes těleso vzdouvacího objektu a k dispozičním podmínkám, nabízí se jako vhodné řešení balvanitá rampa napojená na přeliv jezu. Přeliv je dimenzován na sanační průtok. Nad tento návrhový průtok je voda odváděna do náhonu mlýnu a přebytečná kapacita přes přelivnou hranu jezu hlavním korytem řeky.

Vzhledem k převažujícímu výskytu nelososovitých druhů ryb a tendenci juvenilních stádií osidlovat zájmový úsek, byla zvolena přísnější návrhová kritéria. Průměrný sklon rampy je 1:20 a její délka je 2 x 6 m. Jednotlivé balvany budou uloženy v betonové výplni tak, aby tvořili oddělené komůrky a místa s pomalu proudící vodou. Kameny budou zajištěny cementovou maltou proti posunu. Pro migrační zařízení nesmí být použit lomový kámen s ostrými hranami (TNV752322, 2003). Aby byla zajištěna průchodnost i pro druhy ryb, které neumí překonávat překážky skokem, musí být zajištěna prostupnost bariéry i mezerami mezi kameny. Maximální možná výška vzedmutí hladiny jednou řadou kamenů je 0,15 m.

Mezi dvěma šestimetrovými úseky bude část s pomalejší vodou, sloužící pro odpočinek ryb, při překonávání překážky. V horní části rampa navazuje na výřez přelivu jezu a dolní část přechází v kynetu. Výřez jezu zajišťuje stálý průtok migračním zařízením a přechod přímo v kynetu dostatečný vábící účinek.

Sklon rampy a maximální nepřerušovaná délka migračního koridoru vychází z doporučených parametrů metodiky TNV752322 (2003).

7.2. Náhon

7.2.1. Technické parametry náhonu

Při návrhu nové trasy náhonu bylo přihlíženo k optimalizaci trasy s ohledem na vlastnickou strukturu pozemků řešeného území. Parametry náhonu byly navrženy pro průtok $0,85 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, který je, při zachování sanačního průtoku v původním korytě řeky, garantován 210 dní v roce. Základní regulační součástí hydrologického režimu v náhonu je hrazení s propustkem nade dnem náhonu, které bude zajišťovat spodní plnění vodního kola. Propustek bude vhodným způsobem regulovat hladinu vody v náhonu a množství

vody odebírané z hlavního toku. Jelikož se propustek nachází pod úrovní hrany jezu, je třeba zajistit spolehlivý způsob omezení průtoku náhonem v případě průtokových stavů ohrožujících zachování sanačního průtoku v řece. Náhon je navržen s následujícími parametry:

Tabulka 7.1.: Návrhové parametry náhonu

Název parametru	Návrh
Šířka ve dně	4 m
Sklo břehů	1:1
Podélný sklon přivaděče	0,18 ‰
Podélný sklon odpadního kanálu	0,25 ‰
Kóta dna na vtoku do náhonu	285,50 m n.m.
Kóta dna na odtoku z náhonu	284,80 m n.m.
Rychlost proudění	0,2 m ³ .s ⁻¹ až 0,35 m ³ .s ⁻¹

Přivaděč

Horní část náhonu je navrhována jako zemní kopaný kanál bez opevnění. Rychlosti proudění by se měly pohybovat od 0,2 m³.s⁻¹ až 0,35 m³.s⁻¹. Vtok do náhonu bude opatřen vtokovým prahem a musí být dořešen návrh vtokového objektu, který by nenarušoval ochrannou funkci protipovodňové hráze, přes kterou náhon prochází. V případě potřeby bude nutno břehy lokálně zpevnit kamennou rovnaninou, či jiným přírodně blízkým patřením (haťové plůtky apod.). Kanál bude opatřen nepropustnou vrstvou (jíl), aby nedocházelo ke ztrátám průsakem.

Odpadní kanál

Spodní část náhonu bude mít stejný příčný profil. Vzhledem k vyšší kinetické energii vody po průchodu vodním kolem, je třeba namáhané části náhonu opevnit. Těsnicí vrstva není žádoucí. Zaústění odpadního kanálu zpět do řeky průchodem přes ochrannou hráz je opět nutné technicky dořešit.

7.3. Revitalizace slepého ramene

Součástí navrhovaných opatření je revitalizace slepého ramene Třebůvky, které bude přetvořeno na průtočnou tůň. Břehové porosty se upraví tak, aby nezasahovaly do re-

tenčního prostoru a umožňovaly snadný přístup k vodě. Návrh počítá se zachováním stávajících porostů olší, které stíní hladinu a tvoří spolu s vodní plochou esteticky hodnotný celek.

Tůň bude plněna prokysličenou odpadní vodou čerpanou vodním kolem z vývaru pod technickým tělesem vodního stroje. Pro překonání převýšení lze využít některého z jednoduchých principů gravitačního čerpání vodním kolem. Řešení samospádem by nezajistilo dostatečnou hloubku vody v tůni. Lze zároveň předpokládat, že zahloubený odpadní kanál sníží hladinu podzemní vody na přilehlém pozemku a tůň by mohla trpět nedostatkem vody.

V případě požadavku na využití k chovu ryb, a nebude-li to vázáno vnějšími omezeními (např. podmínkami při udělování dotací apod.) lze tůň (rybník¹) osadit vypouštěcím zařízením (dřevěný dvouřadý požerák, 30x30 cm).

¹Obecná definice rybníku je "vypustitelná umělá vodní nádrž sloužící k chovu ryb". Jelikož bude tůň vytvořena z původního slepého ramene a nemusí mít technicky řešenou hráz, pravděpodobně by nespádala ani do obecnější definice Malé vodní nádrže.

8. Diskuze

V diplomové práci byly posuzovány možnosti realizace obnovy činnosti historického mlýnu ve Vranové Lhotě, v údolí řeky Třebůvky. Vzhledem k tomu, že všechny součásti mlýnské soustavy byly v době zpracování práce nefunkční, bylo nutné pojmout tuto práci v širším pohledu a ověřit, zda je vůbec projekt obnovy funkce mlýnu reálný. Významnou překážkou se jevily v minulosti realizované technické úpravy hlavního toku Třebůvky a její zahloubení do okolního terénu.

Byl vypracován digitální 3D model území, který byl upraven návrhem vyrovnání terénu a odstraněním těles naveženého materiálu. Pomocí série úprav modelu terénu do něj byly zakresleny všechny prvky zamýšlených úpravy. Předpříprava terénu tímto způsobem byla zvolena zejména z důvodu možnosti jeho následných úprav.

Výsledný model terénu pak byl analyzován v hydraulickém softwaru a porovnán se vstupními požadavky. Analýza těchto dat prokázala možnost realizace projektu a byl doporučen způsob realizace jeho základních součástí. Celkový postup prací dovo-lil otestovat použitelnost a efektivnost jednotlivých počítačových aplikací a posloup-nost jejich použití při řešení této problematiky. Nevýhodou použitých aplikací je velká časová náročnost pro studium jejich ovládání a funkcí. Po překlenutí počátečních obtíží ovšem nabízí velmi širokou škálu funkcí použitelných pro projektování v oblasti kra-jinného inženýrství.

Kromě navrhovaných nutných technických částí bylo doporučeno i několik opatření k udržení a vylepšení ekologické variability zkoumaného území. Byl zhodnocen stav pozemků mlýnu, jejichž charakter dobře zapadá do venkovského pojetí využití prostoru v zastavěných územích. Zajímavým prvkem je slepé rameno Třebůvky, které je možno využít jako lokální biocentrum, nebo i (po úpravách) jako malou vodní nádrž pro chov ryb.

Bylo by vhodné přehodnotit účinnost protipovodňových hrází a zvážit zrušení vnějšího valu, která zabraňuje rozlivu řeky do široké údolní nivy Třebůvky. Při testování hydraulického modelu lokality bylo dosaženo horní hrany hrází již při průtocích Q_{10} . Povodí Moravy s.p. již přistoupilo k úpravě této části valu a prohrábkou umožnilo částečný rozliv. Využívání pozemku mezi mlýnem a Třebůvkou jako extenzivní zahrady podbízí rovněž úvahu, zda by nebylo výhodné i vnitřní protipovodňový val zrušit a ze zahrady tím otevřít výhled na řeku, případně celou údolní nivu. Při vhodném opatření a terénní úpravě by jako zábrana proniknutí vody do intravilánu obce mohl sloužit svah za technickou budovou mlýnu a samotný objekt mlýnu, jehož některé části byly v minulosti běžně zaplavovány.

Otazník do obnovy mlýnu vnáší kanál Dunaj-Odra-Labe, jehož projekt se v poslední době, i přes velké rozpory v názorech odborné veřejnosti, opět dostává do popředí zájmu některých skupin. Trasa tohoto projektu prochází v těsné blízkosti zájmového území a lze předpokládat, že by v případě realizace prakticky od základu změnila průtokové poměry v nivě Třebůvky. Přes velký časový horizont, v kterém by mohla mít realizace DOL vliv na zkoumanou lokalitu, je třeba při investování do revitalizace mlýnu počítat i s tímto faktorem.

9. Závěr

Vyhodnocení výsledků diplomové práce vedlo k následujícím závěrům:

- Podaří-li se vyřešit právní náležitosti a projekt finančně podložit, je obnova funkce náhonu možná. Navržené parametry náhonu se jeví jako dostačující a pro vodní stroj budou poskytovat dostatečný přísun vody minimálně po 210 dnů v roce.
- Pokud se nepodaří vyjednat odsazení, nebo reorganizaci hrází, bude zásadním problémem technické řešení překonání protipovodňových hrází a zabezpečení udržení jejich funkce ochrany intravilánu obce před povodněmi.
- Realizace jezu je možná na vlastním pozemku situovaném pod stávajícím korytem řeky. Jez bude plnit funkci vzdouvacího objektu pro zásobování náhonu vodou a jeho koruna bude řešena tak, aby byl zajištěn stálý sanační průtok korytem řeky.
- Navržená opatření adaptace koryta řeky na snížený průtoklepší příčnou zónaci jeho břehů a vytvoří vodním živočichům a rostlinám cenná stanoviště, které současné koryto řeky postrádá.
- Jez bude zprůchodněn přírodě blízkým migračním zařízením, které neporuší migrační cesty současné obsádky říčního biotopu.
- Slepé rameno bude možné napájet vodou z náhonu. Nabízí se několik variant jeho využití, od ryze ekologického přístupu, po rybochovné zařízení. Je významným estetickým prvkem pozemku.
- Posloupnost použitých grafických a analytických programů umožňuje zpracování dat, návrh opatření a jejich následné ověření. Při zvládnutí ovládnání pokročilých funkcí jednotlivých programů lze s jejich pomocí efektivně vytvářet projektovou dokumentaci na vysoké grafické úrovni a s vysokou mírou přesnosti.

Literatura

ANONYMUS. *Mapové podklady WMS - Geoportal* [online]. 2013. [cit. 10. 10. 2013].
Dostupné z: <http://geoportal.gov.cz/web/guest/wms/>.

ANONYMUS. *Uzemní plán obce Vranová Lhota*. Brno, 2006.

ANONYMUS. *Zákon o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon) 254/2001, Sb.* [online]. 2001. [cit. 10. 11. 2013]. Dostupné z: <http://www.env.cz>.

FALBER, M. *Vodařská šablona pro AutoCAD Civil 3D*. Praha, 2012.

HARTVICH, P. *Hlavní typy rybích přechodů a jejich biotechnické funkce*. Vodňany :
Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický ve Vodňanech, 1997. ISBN 80-85887-17-7.

HARTVICH, P. – DVOŘÁK, P. *Zařízení k usměrnění poproudových migrací ryb*.
Vodňany : Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický ve Vodňanech, 2002. ISBN 80-85887-36-3.

JUNGWIRTH, M. – SCHMUTZ, S. – WEISS, S. *Fish migration and fish bypasses*.
Oxford : Fishing News Books, 1998. ISBN 0-85238-253-7.

JUST, T. et al. *Vodohospodářské revitalizace a jejich uplatnění v ochraně před povodněmi*. Praha : ZO ČSOP Hořovicko, Ekologické služby s.r.o., AOPK ČR, MŽP ČR, 2005. ISBN 80-239-6351-1.

KOVÁŘ, P. *Úpravy toků*. Praha : Zemědělská univerzita v Praze, 1988.

KRÁLOVÁ, H. *Řeky pro život - revitalizace řek a péče o nivní biotopy*. Brno : Veronica, 2001. ISBN 80-238-8939-7.

LINHARTOVÁ, M. I. et al. *Charakteristiky vodních toků a povodí ČR*. Praha :
Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka, 2006. ISBN 80-85900-62-9.

MŽP-ČR. *Metodický pokyn odboru ochrany vod Ministerstva životního prostředí ke stanovení hodnot minimálních zůstatkových průtoků ve vodních tocích*. Praha, 1997.

PROF. ING. PAVEL GABRIEL, D. – ING. JITKA KUČEROVÁ, C. *Navrhování vodních elektráren*. Praha : Vydavatelství ČVUT, 2000. ISBN 80-01-02214-5.

QUITT, E. *Mapa klimatických oblastí ČSSR*. Brno : Kartografické nakladatelství pro Geografický ústav ČSAV a Kartografické nakladatelství Praha, 1970. ISBN 29-647-70.

TNV752321. *Odvětvová technická norma vodního hospodářství - Rybí přechody*. Praha, 1997.

TNV752322. *Odvětvová technická norma vodního hospodářství - Zařízení pro migraci ryb a dalších vodních živočichů přes překážky v malých vodních tocích*. Praha, 2003.

ČHMÚ. *Hydrologické údaje povrchových vod, Profil: Třebůvka nad Maratovským potokem*, 2013.

Tato práce byla vytvořena v sázecím systému L^AT_EX, s využitím formátování bibliografie pomocí B_IB_TE_X

%BibTeX kód pro citaci této práce:

```
@mastersthesis{BPstyblo,  
  author = "Karel St{\'}{y}}blo",  
  title = "Revitalivace pozemků panského mlýna Vranová Lhota s ohledem na  
  type = "Diplomová práce",  
  school = "Česká Zemědělská Univerzita v Praze",  
  address = "Praha",  
  month = "květen",  
  year = "2013"}
```

A. Přílohy - data

VÁŠ DOPIS ZNAČKY/ZE DNE

NAŠE ZNAČKA

VYŘIZUJE/LINKA

OSTRAVA

VĚC

Hydrologické údaje povrchových vod

Na Vaši žádost ze dne 7. 3. 2013 Vám zasíláme požadované základní hydrologické údaje podle ČSN 75 1400 pro

vodní tok: **Třebůvka**,
číslo hydrologického pořadí: **4-10-02-1040**,
profil: **Třebůvka nad Maratovským potokem**.

															Třída	
1.	Plocha povodí A [km ²]													444.66	
2.	Dlouhodobá průměrná roční výška srážek na povodí P _a [mm]													690	
3.	Dlouhodobý průměrný průtok Q _a [m ³ .s ⁻¹]													2.13	II.
4.	M-denní průtoky Q _{Md} [m ³ .s ⁻¹]															
	M30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	355	364			
	4.53	3.31	2.66	2.22	1.89	1.62	1.40	1.19	1.01	0.829	0.637	0.430	0.271			II.
5.	N-leté průtoky Q _N [m ³ .s ⁻¹]															
	N	1	2	5	10	20	50	100								
		18.0	26.7	42.0	56.4	73.2	99.6	123								II.

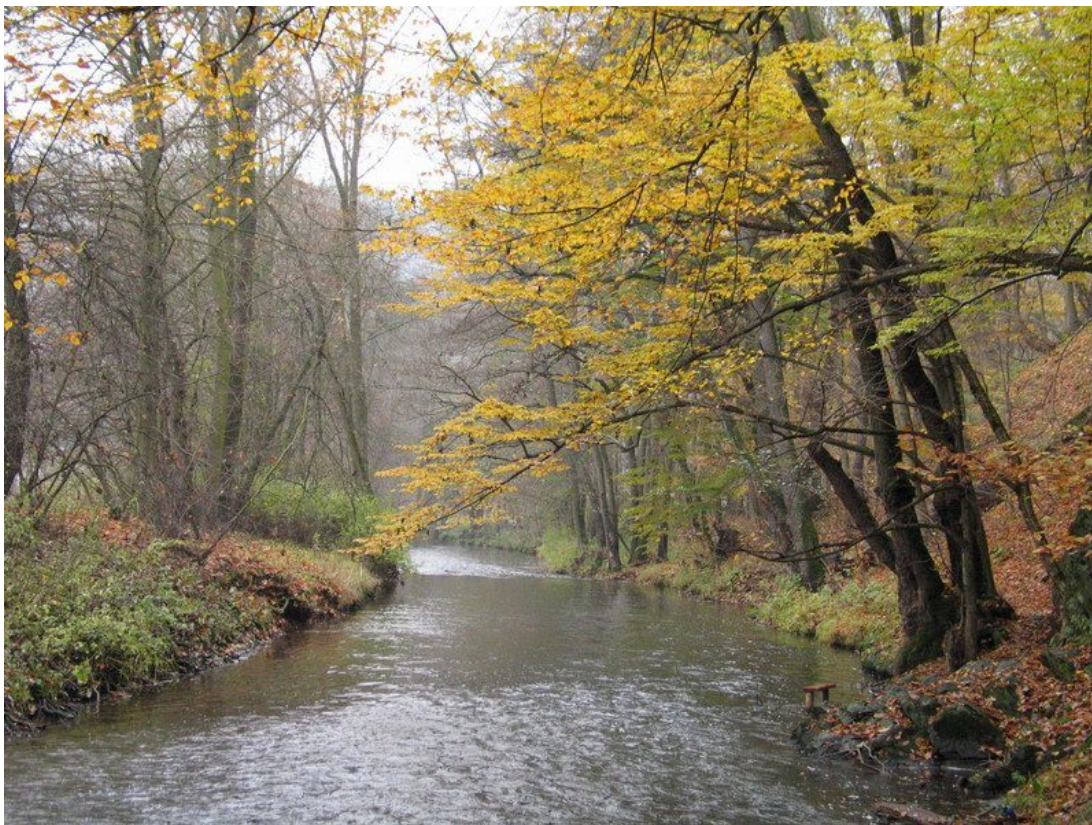
Doplňující informace:

Hydrologické údaje jsou zpracovávány a poskytovány na základě pozorovaných hodnot, které charakterizují odtokové poměry území. Plošně se vyrovnávají v síti vodních toků za vyloučení vlivu výrazného prokazatelného ovlivnění. Údaje o dlouhodobé průměrné roční výšce srážek na povodí, dlouhodobém průměrném průtoku a M-denních průtocích byly stanoveny za reprezentativní období 1931 – 1980. N-leté průtoky byly odvozeny za maximální období pozorování. Způsob a rozsah místního ovlivnění není znám.

Doporučujeme Vám ověřit platnost námi poskytnutých hydrologických údajů povrchových vod po pěti letech ode dne jejich vydání.

Příloha A.1.: Hydrologické charakteristiky

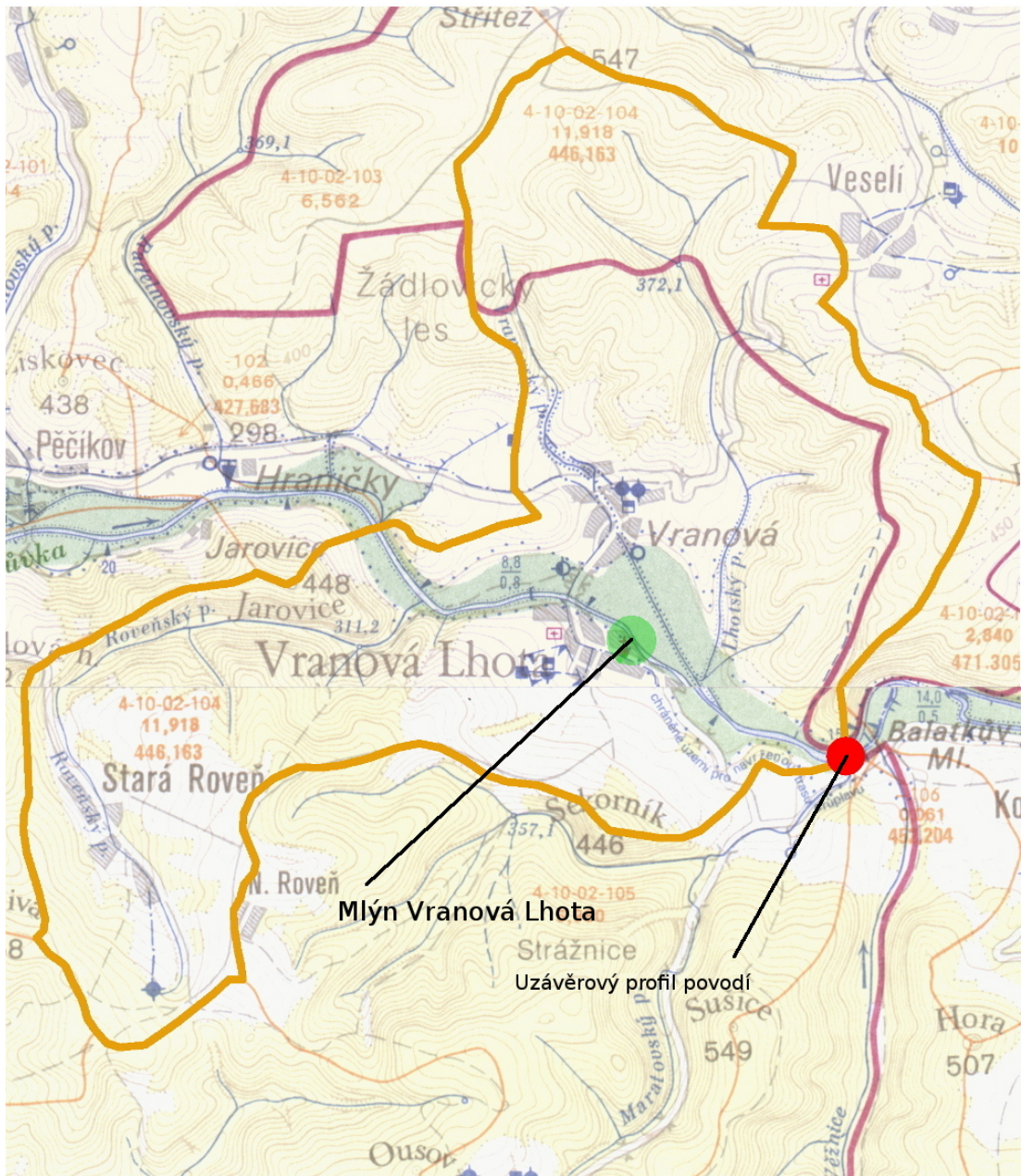
B. Přílohy - obrázky



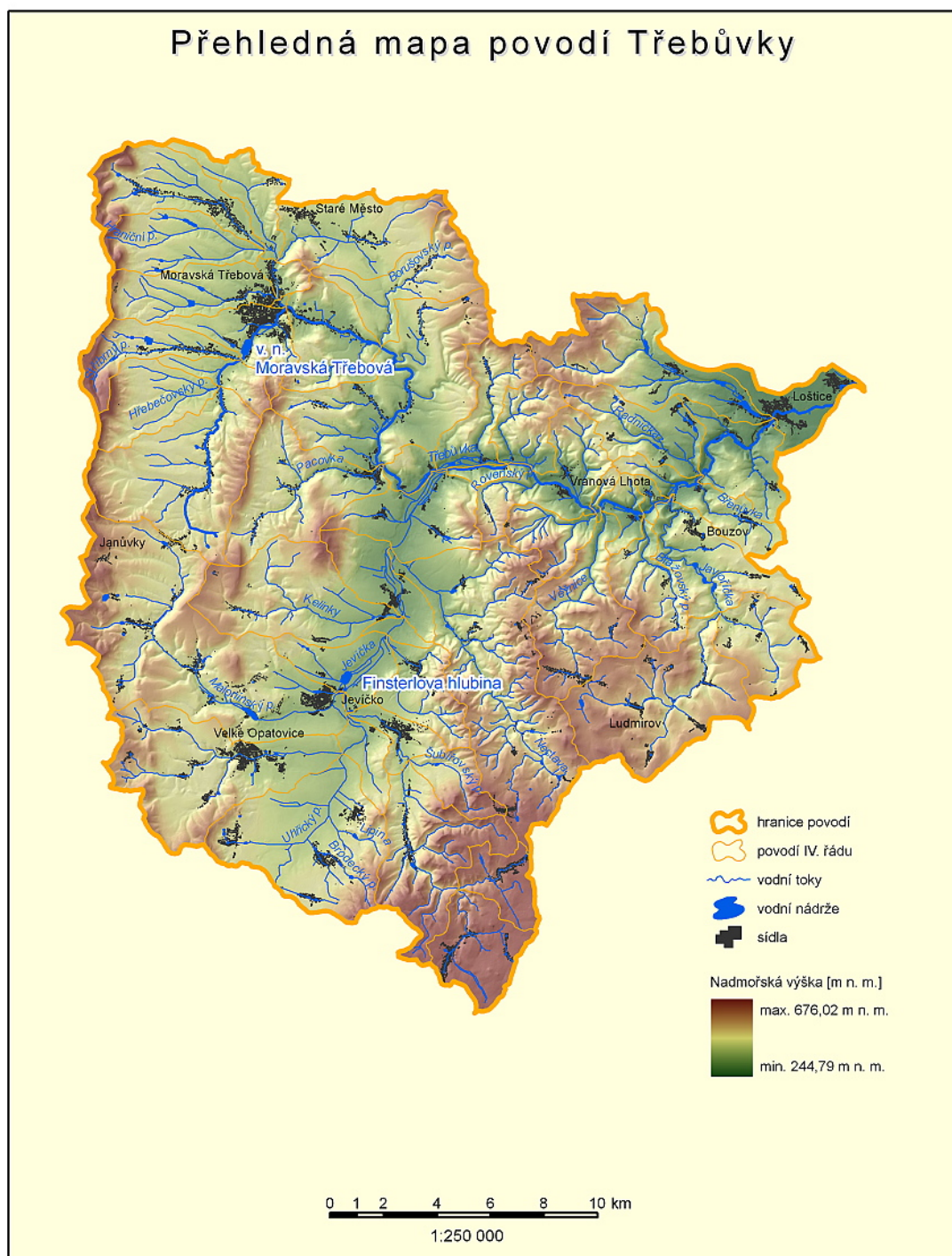
Příloha B.1.: Třebůvka: Přirozený úsek koryta



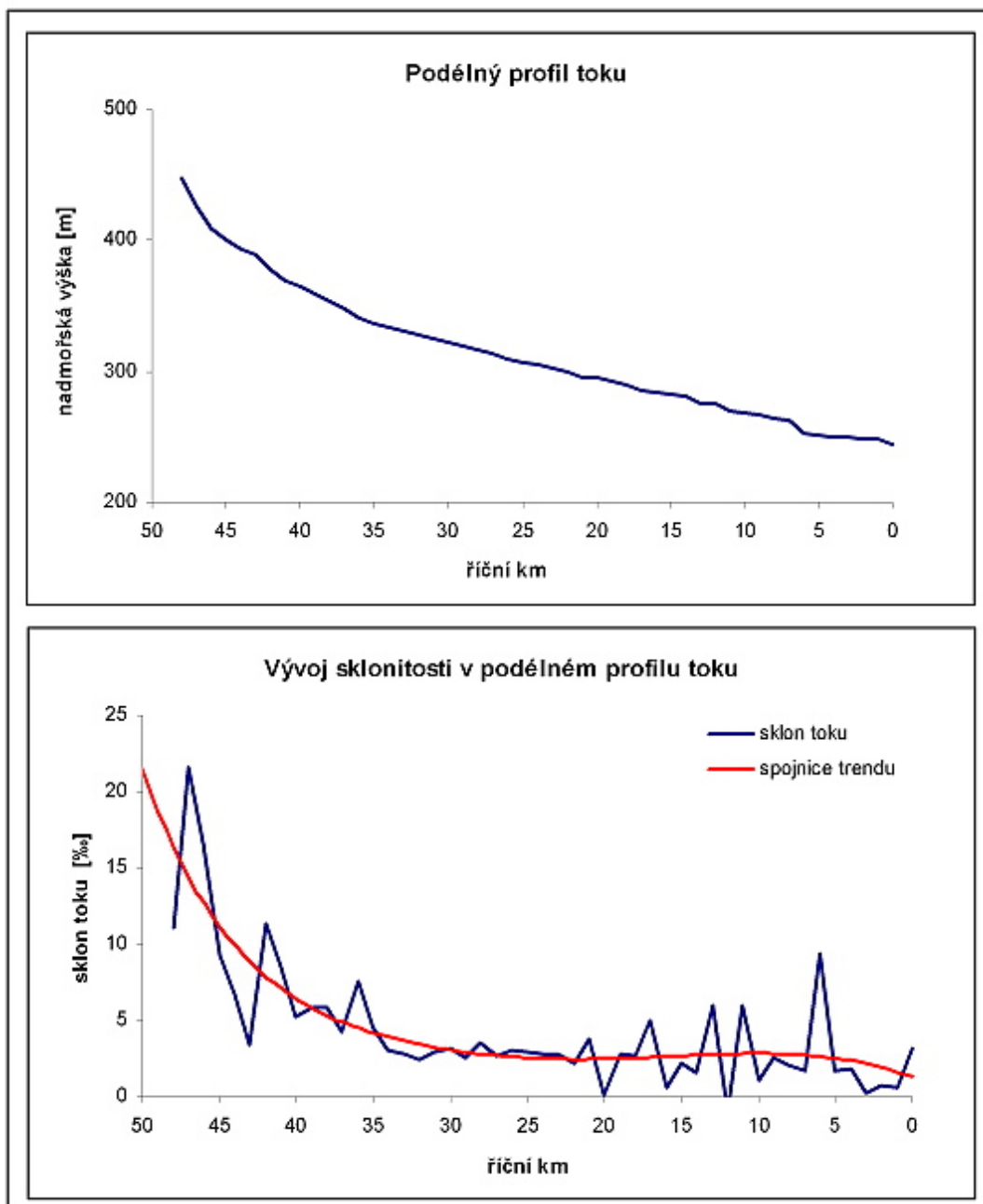
Příloha B.2.: Současný stav tělesa uložení vodního stroje a náhonu. V pozadí je vidět čerstvě zrekonstruovaná protipovodňová hráz. Pohled z jihu



Příloha B.3.: Hydrologické povodí Třebůvky nad Maratovským potokem



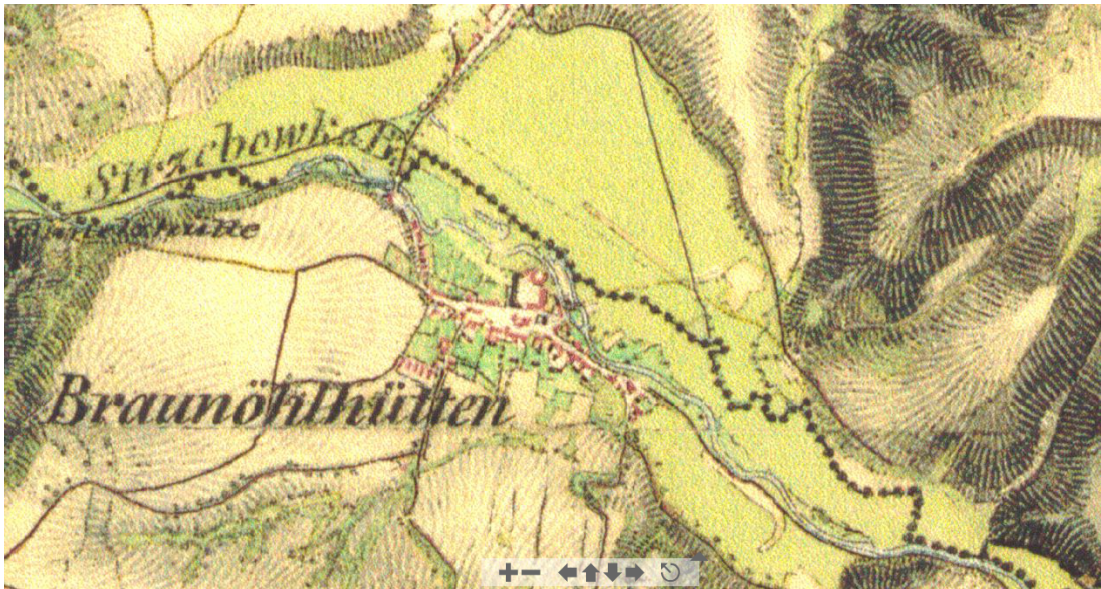
Příloha B.4.: Přehledné zobrazení povodí Třebůvky (Linhartová et al., 2006)



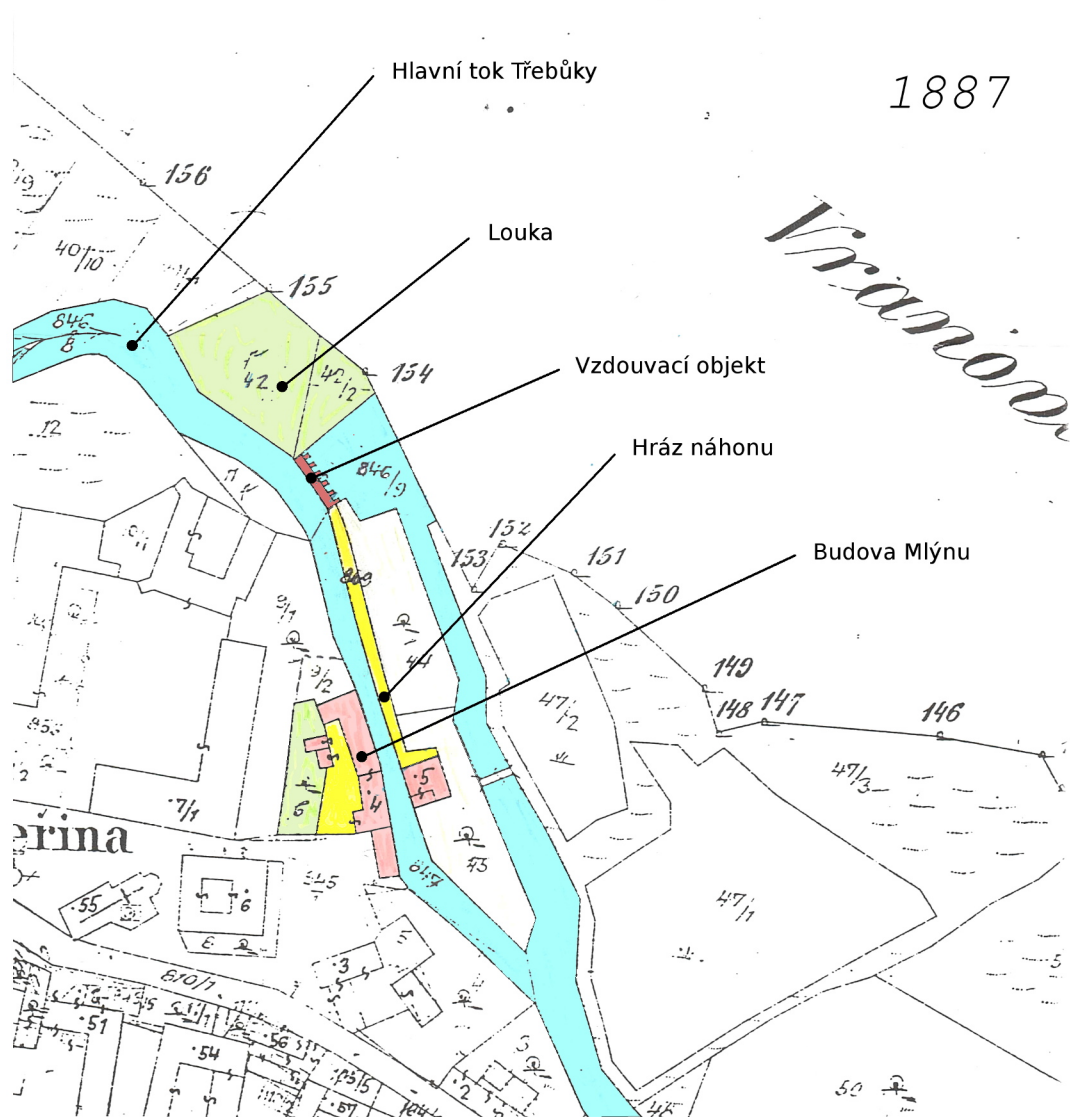
Příloha B.5.: Přehledné zobrazení povodí Třebůvky (Linhartová et al., 2006)



Příloha B.6.: Zájmová oblast, 1. Vojenské mapování



Příloha B.7.: Zájmová oblast, 2. Vojenské mapování



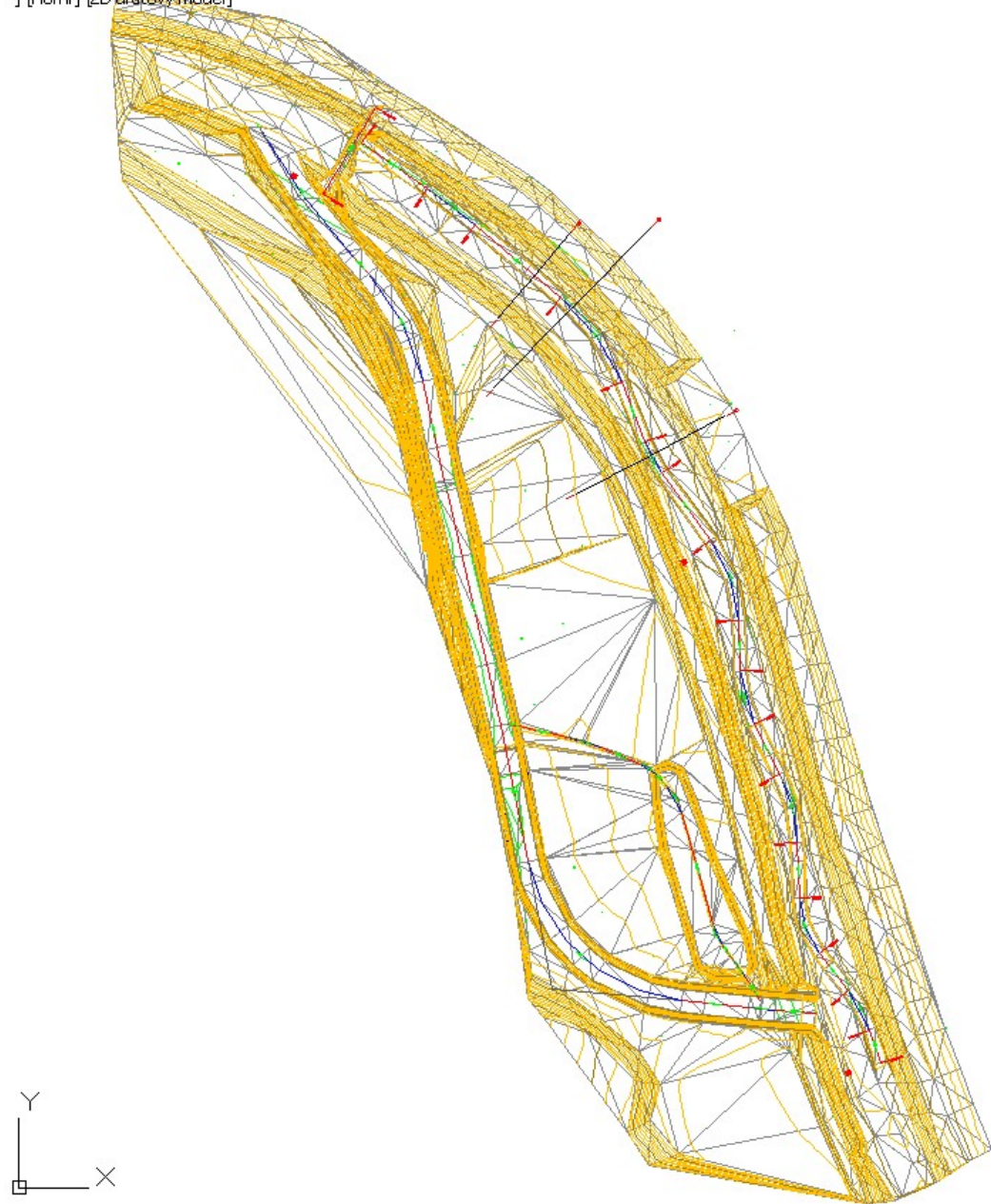
Příloha B.8.: Zájmová oblast, Pozemkový katastr

C. Přílohy - AutoCAD Civil 3D

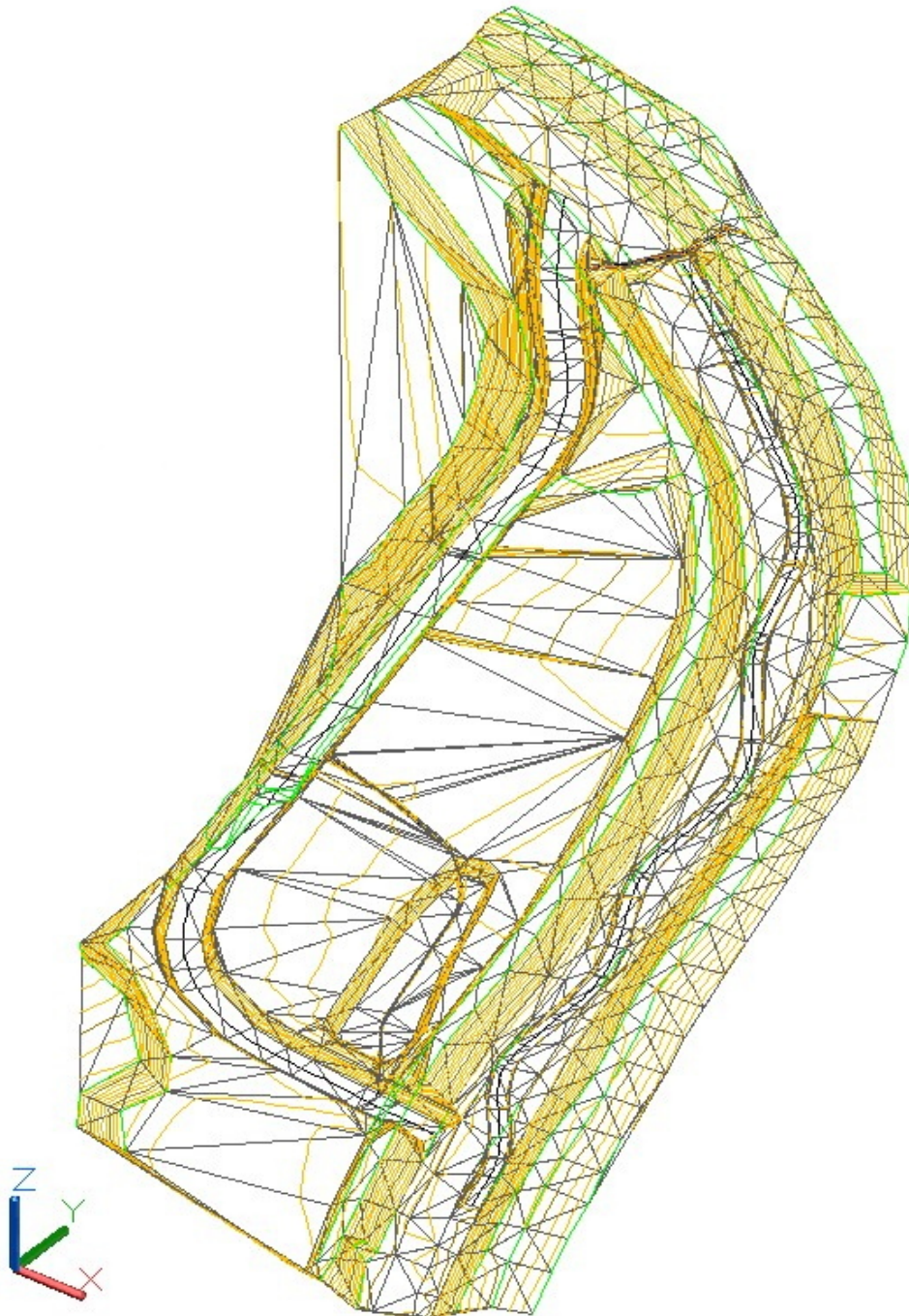


Příloha C.1.: AutoCAD Civil 3D: Celkový pohled situaci před úpravami

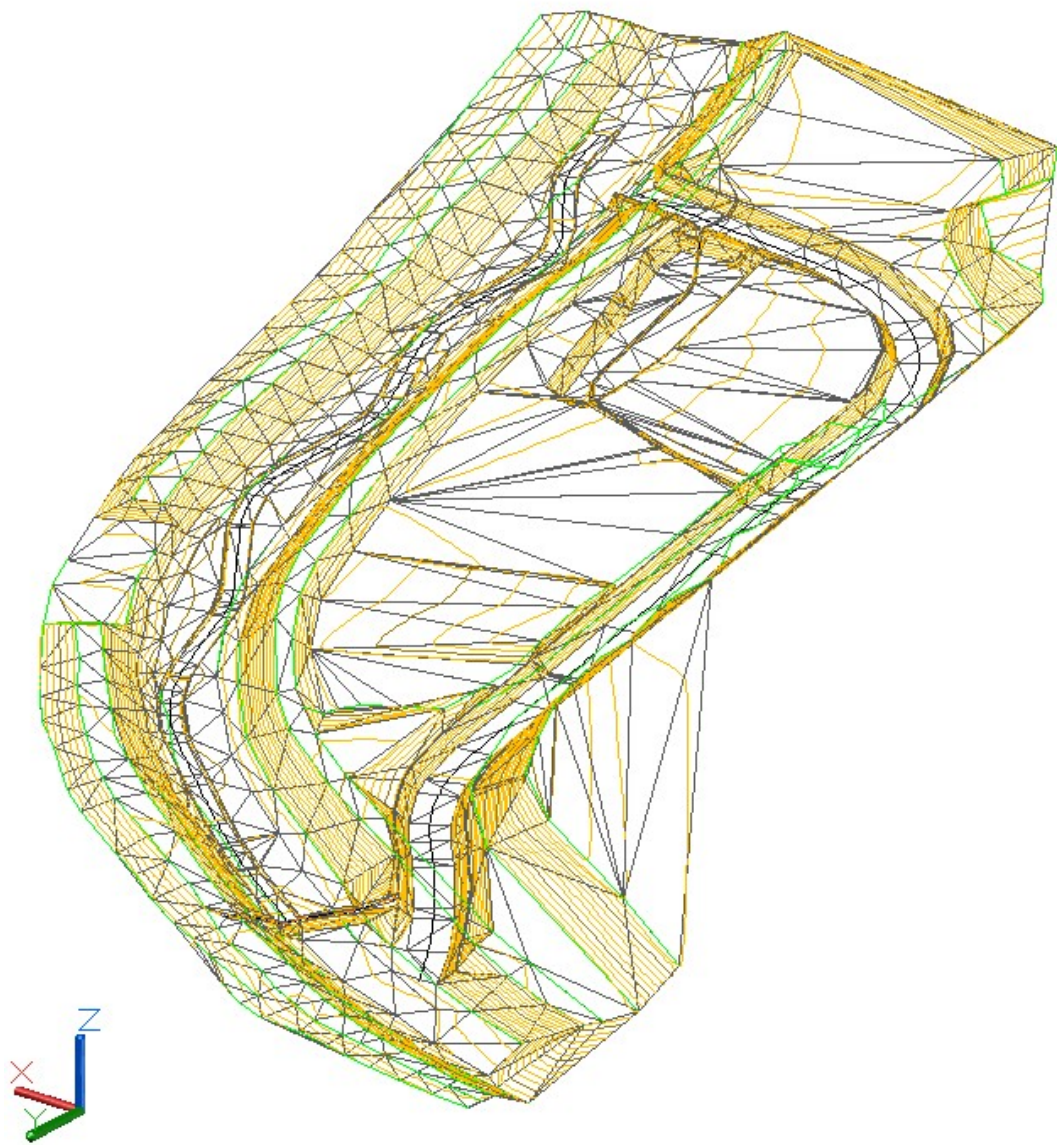
-] [Horní] [2D drátový model]



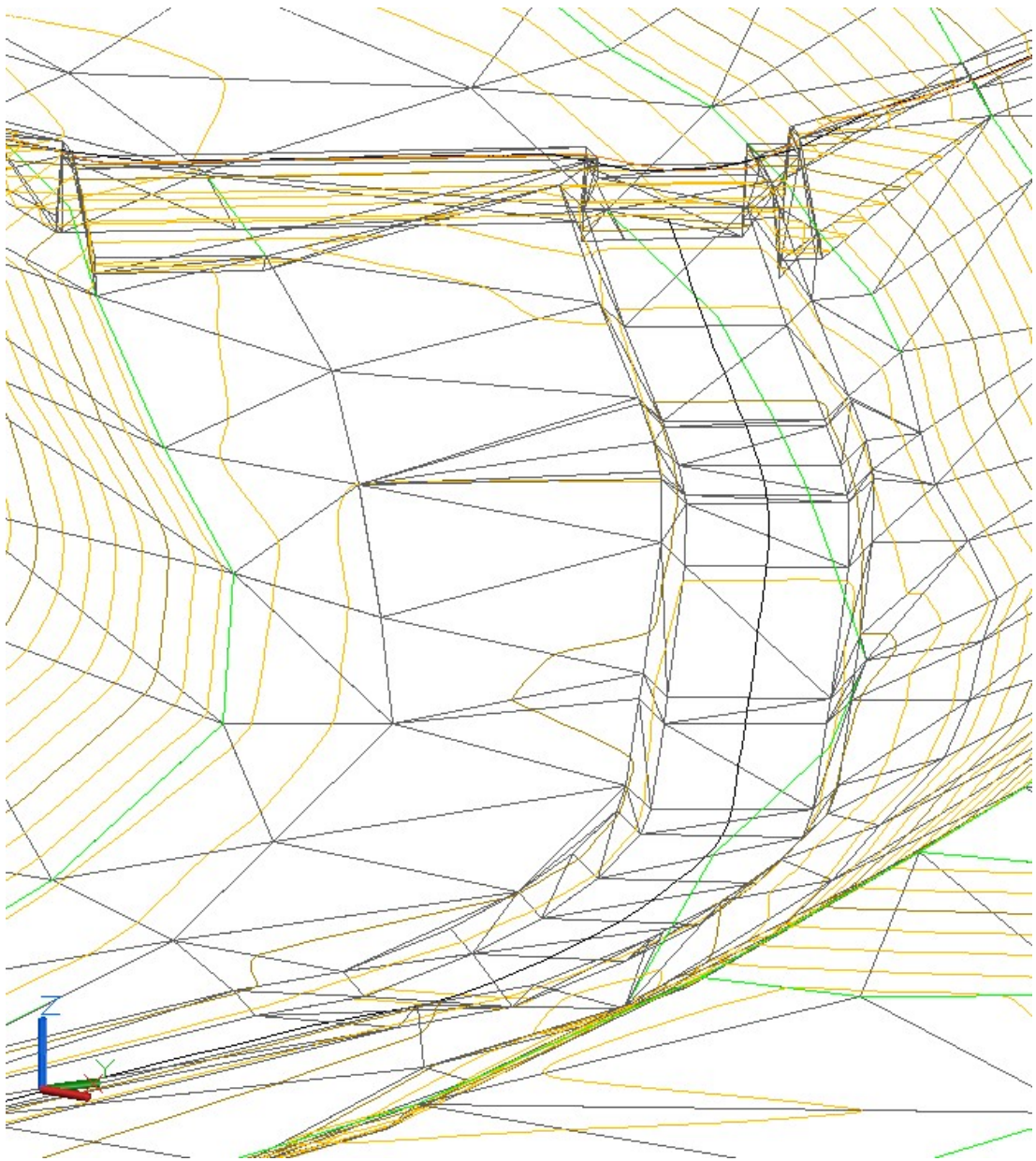
Příloha C.2.: AutoCAD Civil 3D: Celkový pohled na upravený terén, návrhové linie a stopy příčných řezů



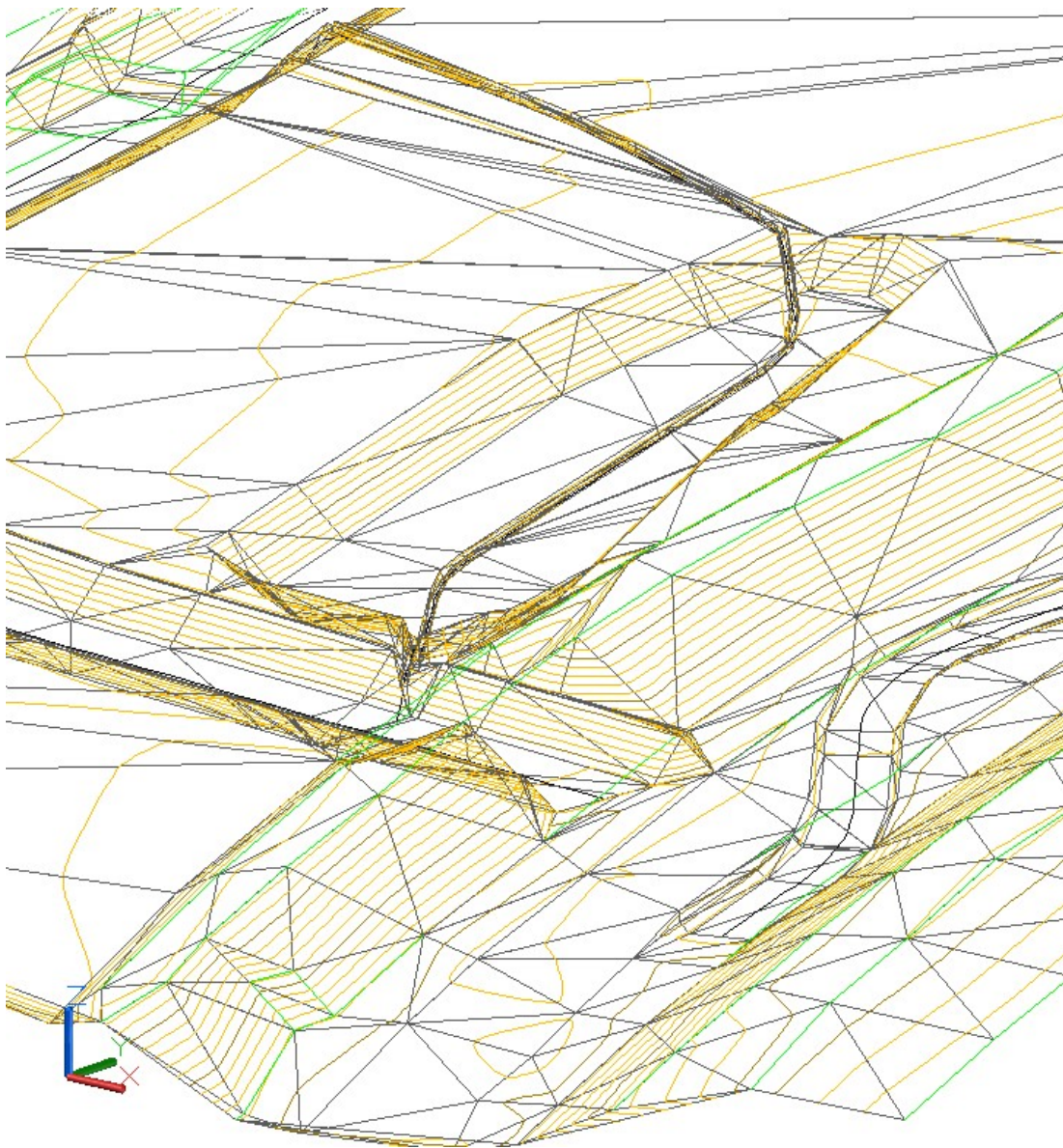
Příloha C.3.: AutoCAD Civil 3D: Perspektivní pohled na území z jihovýchodní strany



Příloha C.4.: AutoCAD Civil 3D: Perspektivní pohled na území ze severozápadní strany

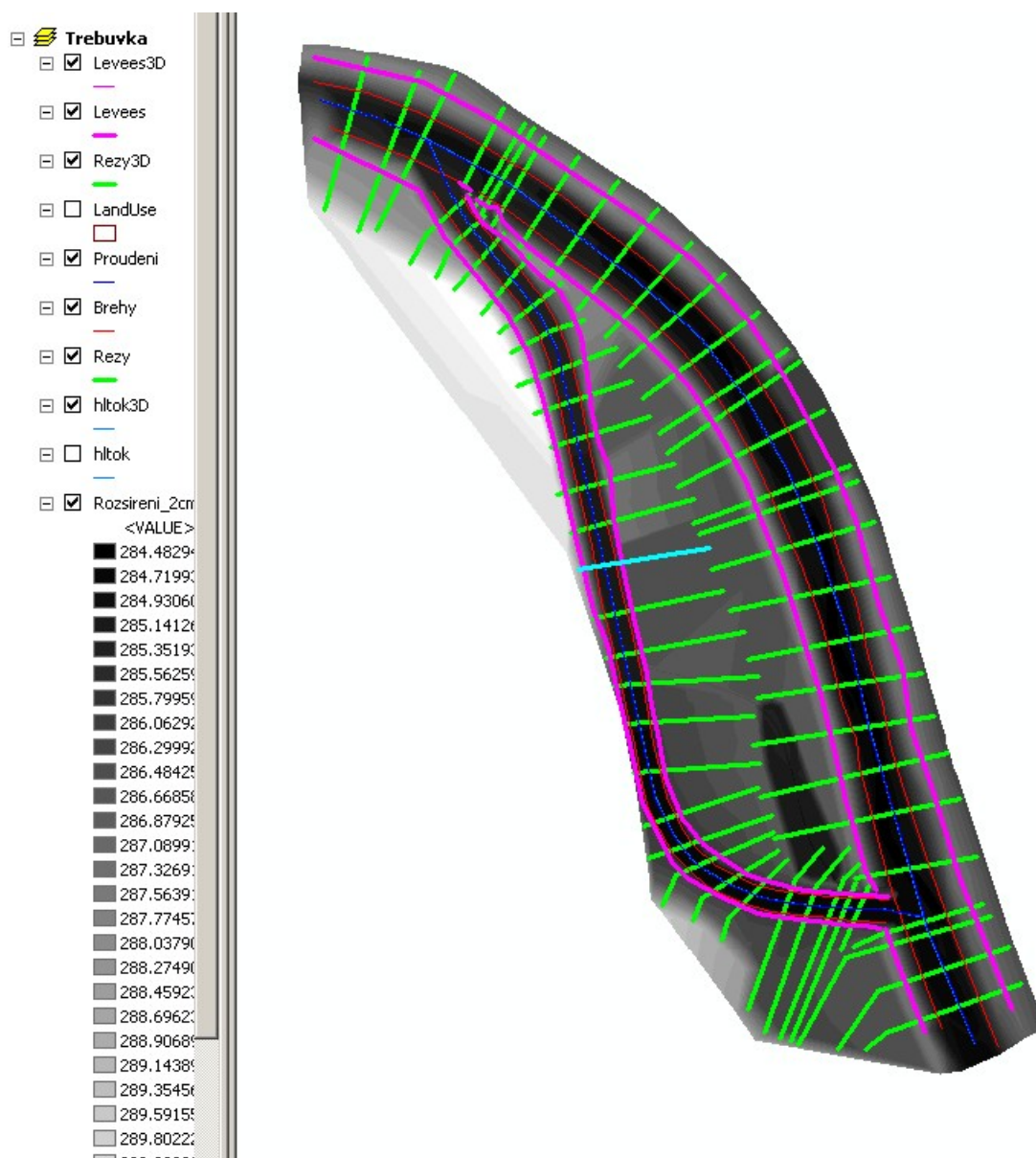


Příloha C.5.: AutoCAD Civil 3D: Perspektivní pohled na jez a základ balvanité rampy



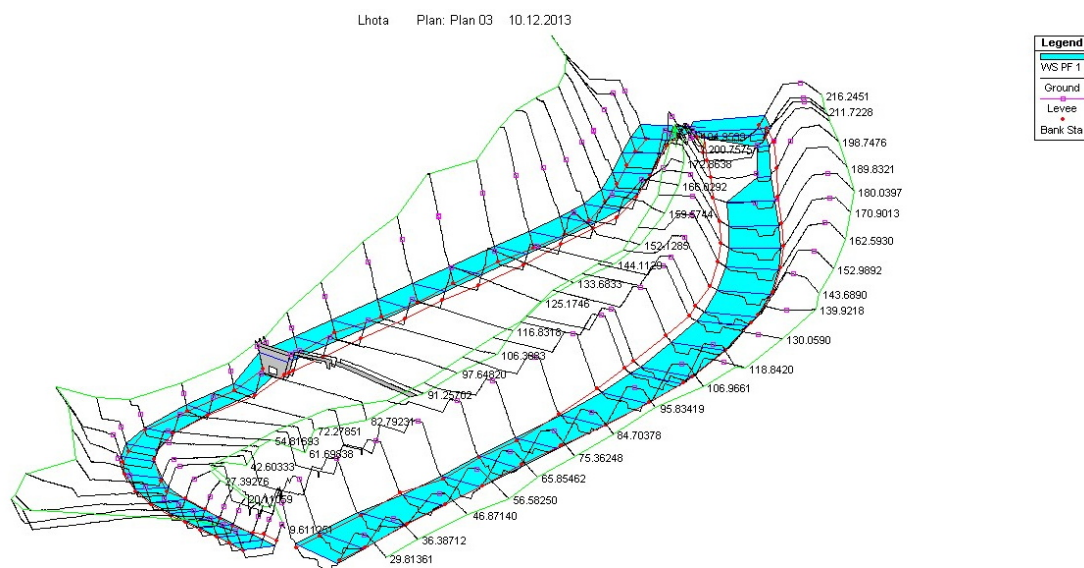
Příloha C.6.: AutoCAD Civil 3D: Perspektivní pohled na rybníček a zaústění odpadního kanálu zpět do hlavního toku

D. Přílohy - ArcGIS HECGeo-RAS

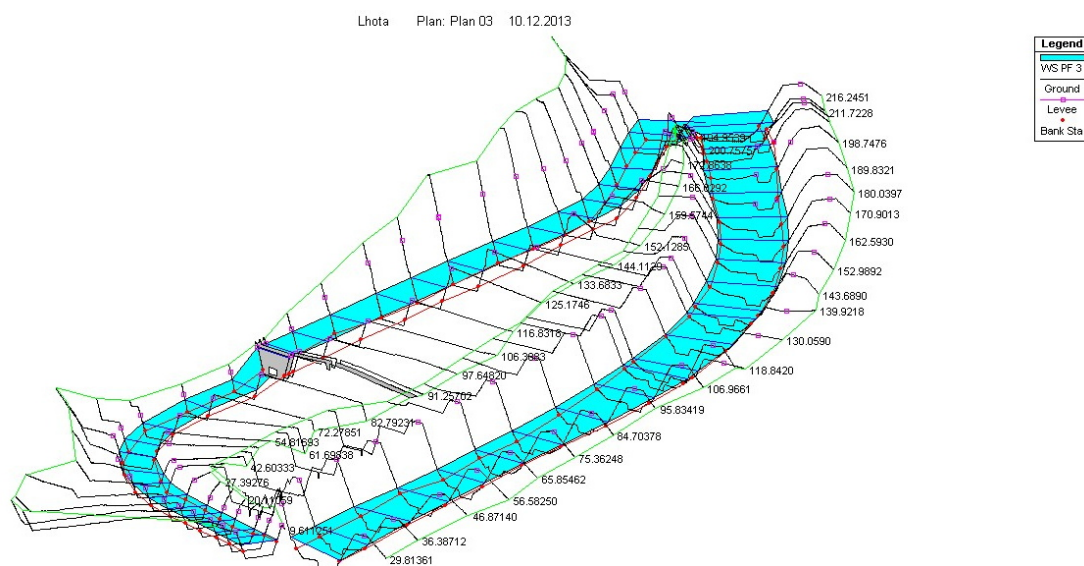


Příloha D.1.: ArcGIS HECGeo-RAS: Celkový pohled na situaci před exportem GIS2RAS souboru

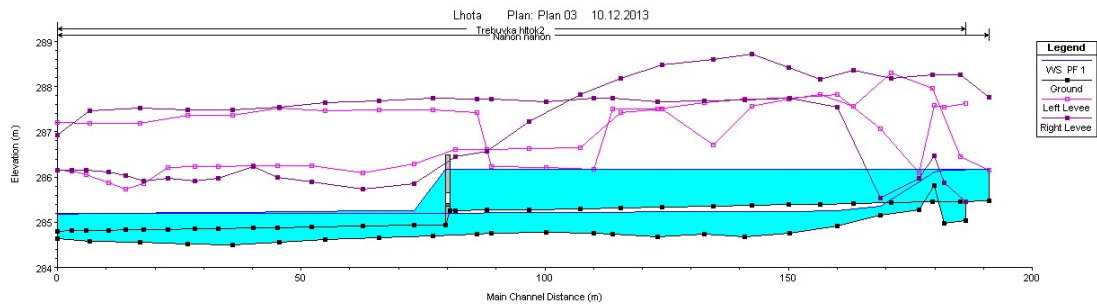
E. Přílohy - Výstupy z HEC-RAS



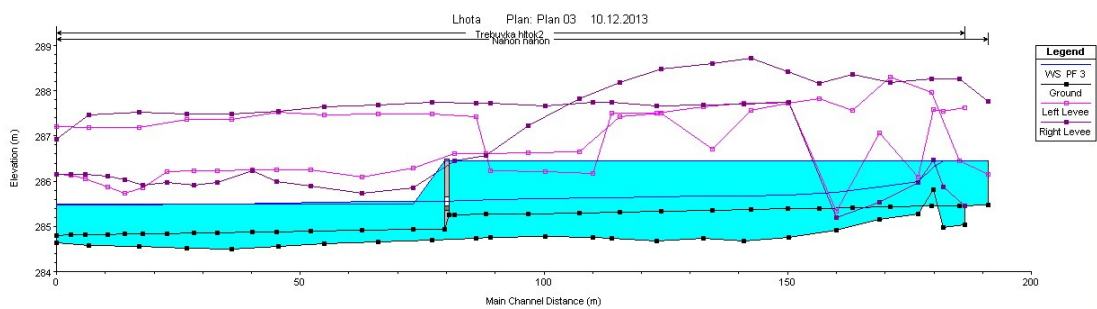
Příloha E.1.: HEC-RAS: Průtok Q_{210d} , celková situace



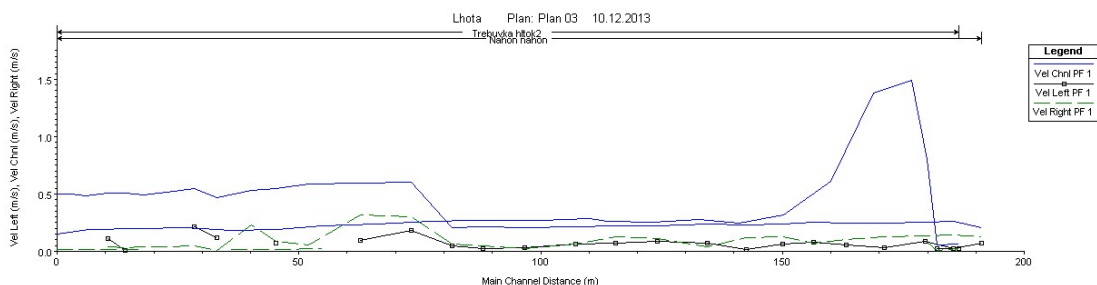
Příloha E.2.: HEC-RAS: Průtok Q_{30d} , celková situace



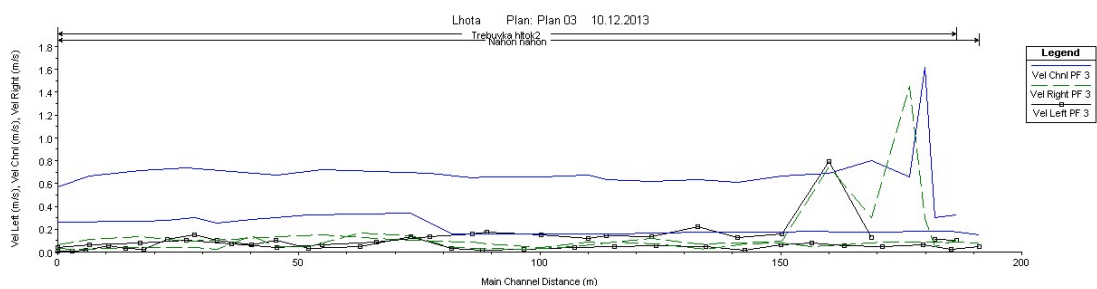
Příloha E.3.: HEC-RAS: Průtok Q_{210d} , průběh hladin



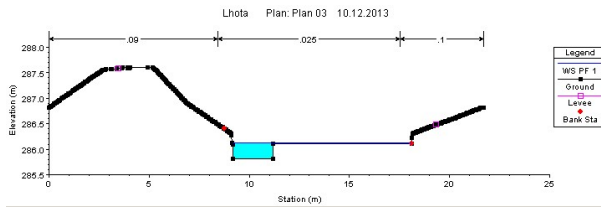
Příloha E.4.: HEC-RAS: Průtok Q_{30d} , průběh hladin



Příloha E.5.: HEC-RAS: Průtok Q_{210d} , rychlostní charakteristika úseků

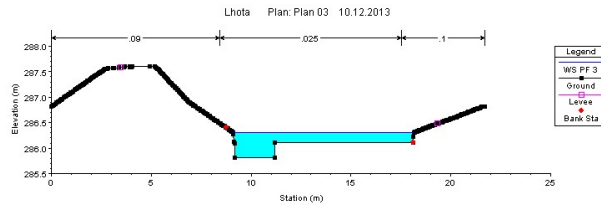


Příloha E.6.: HEC-RAS: Průtok Q_{30d} , rychlostní charakteristika úseků



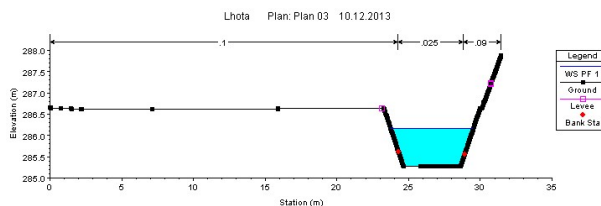
E.G. Elev (m)	286.15	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.00	Vel. m/Val	0.026	0.025	0.100
W.S. Elev (m)	286.15	Reach Len. (m)	15.00	1.97	15.00
Cut W.S. (m)	286.16	Flow Area (m ²)	0.18	9.04	1.37
E.G. Slope (m/m)	0.000002	Area (m ²)	0.18	9.04	1.37
Q Total (m ³ /s)	0.95	Flow (m ³ /s)	0.00	0.93	0.01
Top Width (m)	11.81	Top Width (m)	0.76	9.94	2.21
Vel Total (m/s)	0.05	Avg Vel (m/s)	0.02	0.06	0.01
Max Chl Dpth (m)	1.18	Hyd. Depth (m)	0.23	1.02	0.62
Conv. Total (m ³ /s)	370.3	Conv. (m ³ /s)	2.6	256.6	9.2
Length Wld (m)	2.18	Wetted Per (m)	0.90	9.10	2.82
Min Ch El (m)	284.97	Shear (N/m ²)	0.00	0.02	0.01
Alpha	1.25	Shear Power (N/m.s)	958.51	145.95	911.11
Fictn Loss (m)	0.00	Cum Volume (1000 m ³)	0.00	0.41	0.01
C & E Loss (m)	0.00	Dum SA (1000 m ²)	0.01	1.31	0.06

Příloha E.7.: HEC-RAS: Průtok Q_{210d} , profil jezu



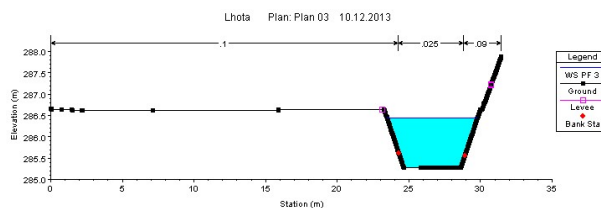
E.G. Elev (m)	286.45	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.00	Vel. m/Val	0.030	0.025	0.100
W.S. Elev (m)	286.44	Reach Len. (m)	15.00	1.97	15.00
Cut W.S. (m)	286.37	Flow Area (m ²)	0.47	11.60	2.08
E.G. Slope (m/m)	0.000002	Area (m ²)	0.47	11.60	2.08
Q Total (m ³ /s)	3.68	Flow (m ³ /s)	0.05	3.52	0.10
Top Width (m)	12.79	Top Width (m)	1.25	8.84	2.70
Vel Total (m/s)	0.26	Avg Vel (m/s)	0.11	0.30	0.05
Max Chl Dpth (m)	1.47	Hyd. Depth (m)	0.37	1.31	0.77
Conv. Total (m ³ /s)	567.4	Conv. (m ³ /s)	8.2	543.2	16.0
Length Wld (m)	2.30	Wetted Per (m)	1.48	9.10	3.09
Min Ch El (m)	284.97	Shear (N/m ²)	0.13	0.53	0.28
Alpha	1.31	Shear Power (N/m.s)	958.51	145.95	911.11
Fictn Loss (m)	0.00	Cum Volume (1000 m ³)	0.03	1.02	0.06
C & E Loss (m)	0.01	Dum SA (1000 m ²)	0.18	1.58	0.22

Příloha E.8.: HEC-RAS: Průtok Q_{30d} , profil jezu



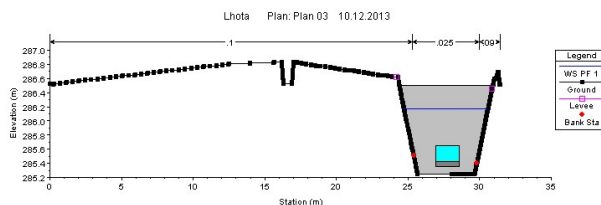
E.G. Elev (m)	286.17	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.00	Vel. m/Val	0.066	0.027	0.090
W.S. Elev (m)	286.17	Reach Len. (m)	15.00	8.74	15.00
Cut W.S. (m)	285.44	Flow Area (m ²)	0.15	4.02	0.19
E.G. Slope (m/m)	0.000042	Area (m ²)	0.15	4.02	0.19
Q Total (m ³ /s)	0.95	Flow (m ³ /s)	0.00	0.94	0.00
Top Width (m)	5.79	Top Width (m)	0.95	4.62	0.62
Vel Total (m/s)	0.18	Avg Vel (m/s)	0.03	0.21	0.03
Max Chl Dpth (m)	0.89	Hyd. Depth (m)	0.27	0.87	0.36
Conv. Total (m ³ /s)	131.5	Conv. (m ³ /s)	0.7	130.1	0.8
Length Wld (m)	8.84	Wetted Per (m)	0.78	4.87	0.87
Min Ch El (m)	285.28	Shear (N/m ²)	0.08	0.34	0.09
Alpha	1.14	Shear Power (N/m.s)	1895.75	1106.94	1471.77
Fictn Loss (m)	0.00	Cum Volume (1000 m ³)	0.01	0.22	0.01
C & E Loss (m)	0.00	Dum SA (1000 m ²)	0.03	0.45	0.06

Příloha E.9.: HEC-RAS: Průtok Q_{210d} , profil horní části náhonu



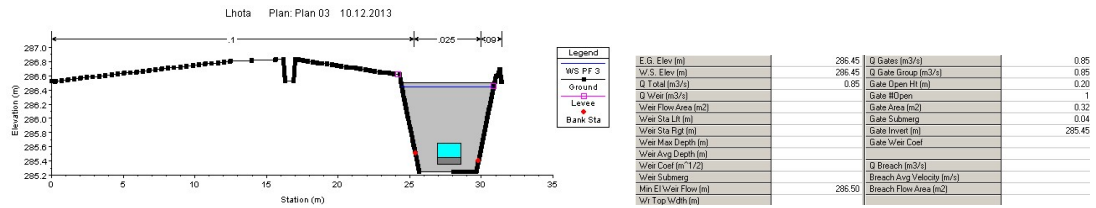
E.G. Elev (m)	286.45	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.00	Vel. m/Val	0.075	0.027	0.090
W.S. Elev (m)	286.45	Reach Len. (m)	15.00	8.74	15.00
Cut W.S. (m)	285.44	Flow Area (m ²)	0.34	5.29	0.39
E.G. Slope (m/m)	0.000016	Area (m ²)	0.34	5.29	0.39
Q Total (m ³ /s)	0.85	Flow (m ³ /s)	0.01	0.83	0.01
Top Width (m)	6.33	Top Width (m)	0.82	4.62	0.89
Vel Total (m/s)	0.14	Avg Vel (m/s)	0.02	0.16	0.02
Max Chl Dpth (m)	1.17	Hyd. Depth (m)	0.41	1.15	0.44
Conv. Total (m ³ /s)	209.4	Conv. (m ³ /s)	1.8	205.6	2.0
Length Wld (m)	8.89	Wetted Per (m)	1.17	4.87	1.26
Min Ch El (m)	285.38	Shear (N/m ²)	0.06	0.19	0.06
Alpha	1.23	Shear Power (N/m.s)	1505.75	1106.94	1471.77
Fictn Loss (m)	0.00	Cum Volume (1000 m ³)	0.02	0.36	0.04
C & E Loss (m)	0.00	Dum SA (1000 m ²)	0.09	0.45	0.12

Příloha E.10.: HEC-RAS: Průtok Q_{30d} , profil horní části náhonu

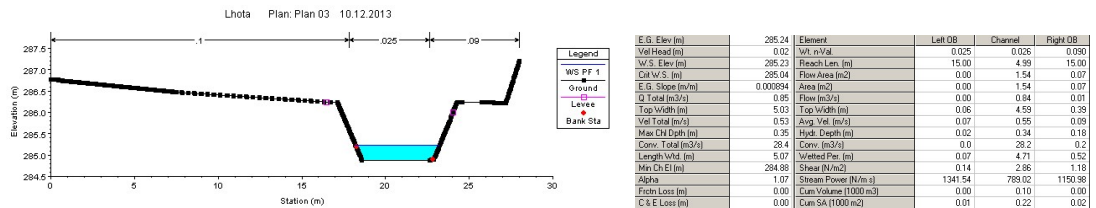


E.G. Elev (m)	286.17	Q Gates (m ³ /s)	0.85
W.S. Elev (m)	286.17	Q Gate Group (m ³ /s)	0.85
Q Total (m ³ /s)	0.85	Gate Open Ht (m)	0.23
Q Wld (m ³ /s)		Gate Wldpen	1
Wld Flow Area (m ²)		Gate Area (m ²)	0.37
Wld Sta LR (m)		Gate Submg	
Wld Sta Rgt (m)		Gate Invert (m)	285.42
Wld Max Depth (m)		Gate Wldpen	
Wld Avg Depth (m)		Q Breach (m ³ /s)	
Wld Coef (m ^{-1/2})		Breach Avg Velocity (m/s)	
Min El Wld Flow (m)	286.50	Breach Flow Area (m ²)	
Wld Top Width (m)			

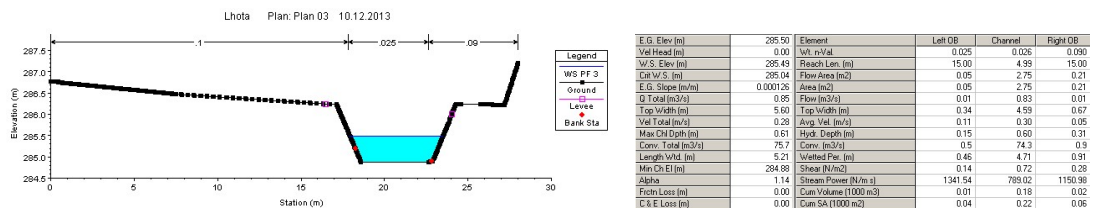
Příloha E.11.: HEC-RAS: Průtok Q_{210d} , profil hrádítka před vodním kolem



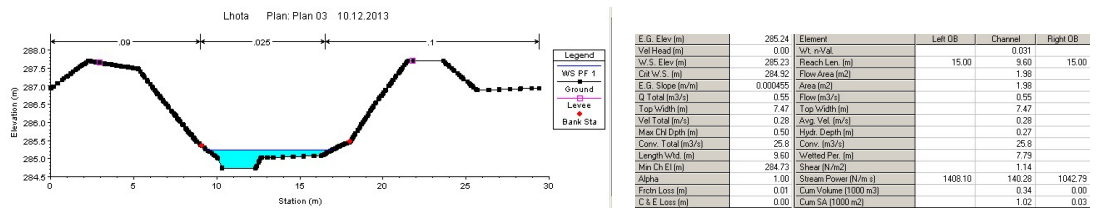
Príloha E.12.: HEC-RAS: Prútok Q_{30d} , profil hradítka pred vodním kolom



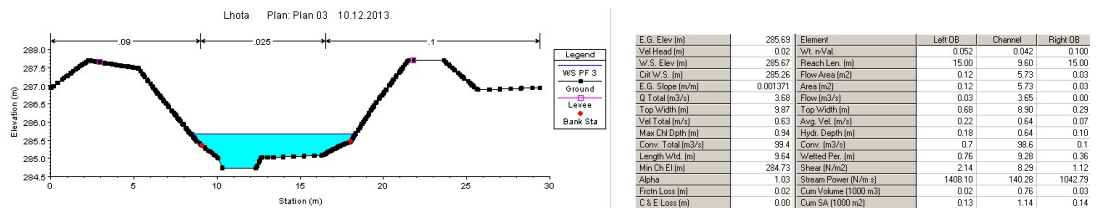
Príloha E.13.: HEC-RAS: Prútok Q_{210d} , profil odpadního kanálu



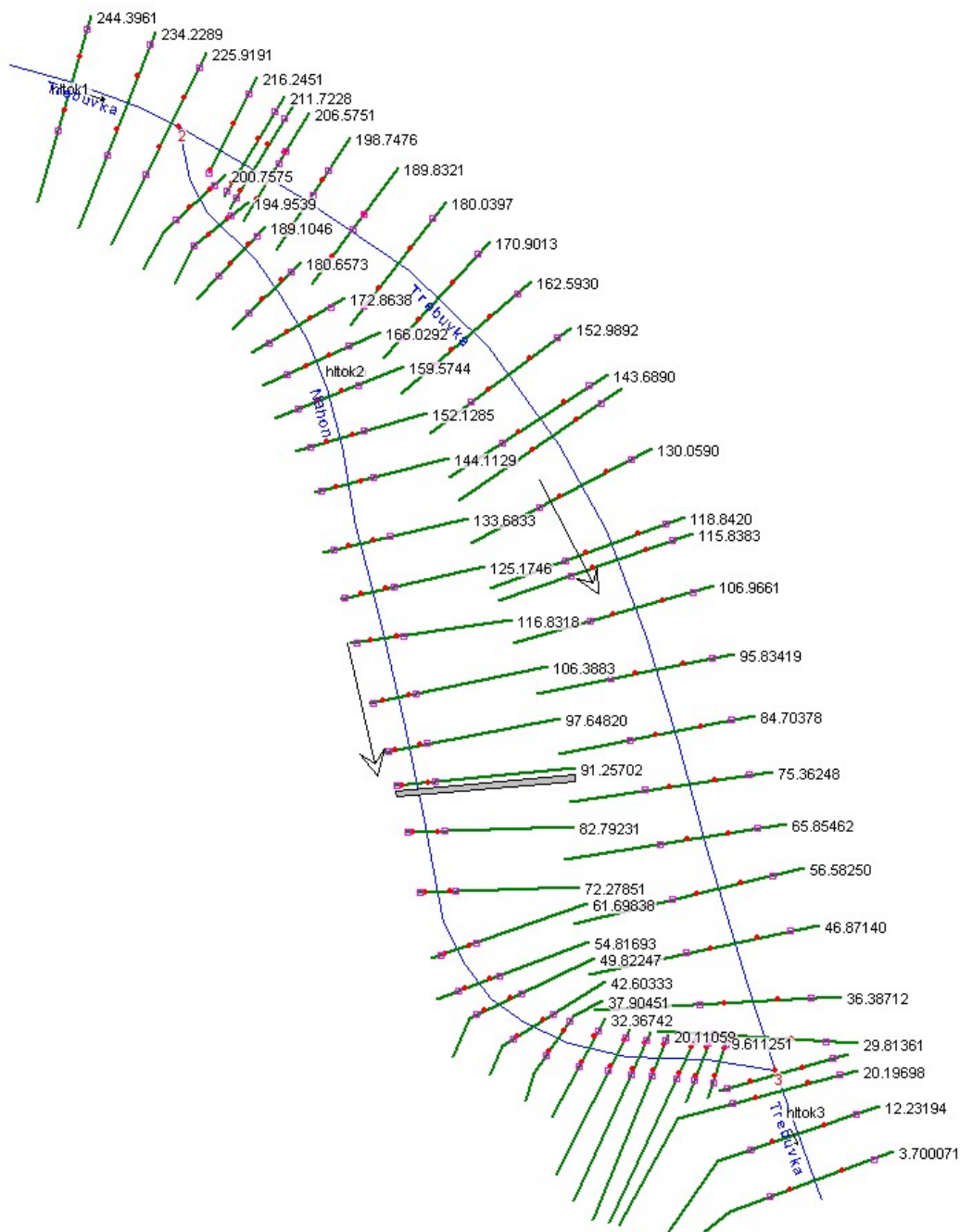
Príloha E.14.: HEC-RAS: Prútok Q_{30d} , profil odpadního kanálu



Príloha E.15.: HEC-RAS: Prútok Q_{210d} , profil úseku pod jezem



Príloha E.16.: HEC-RAS: Prútok Q_{30d} , profil úseku pod jezem



Příloha E.17.: HEC-RAS: Okno nastavení geometrie soustavy