

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

Katedra biotechnických úprav krajiny



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Studie rozšíření koryta Vltavy v úseku Žalov – Husinec

Vypracovala: Bc. Miroslava Jansová

Vedoucí práce: prof. Ing. Pavel Kovář, DrSc.

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra biotechnických úprav krajiny

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Jansová Miroslava

Voda v krajině

Název práce

Studie rozšíření koryta Vltavy v úseku Žalov – Husinec

Anglický název

Study on extending the Vltava river bed in the section Žalov - Husinec

Cíle práce

Na základě zadání vypracuje diplomant projekt rozšíření koryta Vltavy v úseku Žalov – Husinec v km 35,1 – 36,0 o délce 0,9 km. Cílem práce bude seznámení se se zájmovým územím, návrh projektu rozšíření koryta, podrobné posouzení se stávající situací. Na závěr bude tato studie porovnávat návrh projektu s odlišnou návrhovou situací zpracovanou pro tento úsek. Konečné vyhodnocení obou řešení bude změněné na úsek úpravy v ř. km 35.5 - 36.0, z nichž bude vybrán projekt vhodnější k realizaci.

Metodika

Průvodní zpráva - popis prvního a druhého návrhu rozšíření koryta Vltavy v úseku km 35,5 - 36,0, vzájemné posouzení a vybrání optimálního řešení pro realizaci. Grafické práce - původní a návrhová situace, podélný profil, příčné řezy ve dvou návrzích, vzorový příčný řez a fotodokumentace řešeného území.

Harmonogram zpracování

III. - VIII. získání a zpracování podkladů z terénu, excerptce literatury a její utřídění

IX. - XI. koncept DP včetně výpočtů a hodnocení jednotlivých návrhů

XII. - II. čístopis DP

IV/2014 - odevzdání DP

Rozsah textové části

100 stran včetně grafických a tabulkových příloh

Klíčová slova

Rozšíření koryta, úprava vodního toku, opevnění vodního toku

Doporučené zdroje informací

JUSTT., 2009: Renaturace a revitalizace vodních toků. Agricultural Research Council, s.r.o., Praha,

JUSTT., 2010: Přírodě blízké úpravy vodních toků. Ochrana přírody

MAREŠ, K., 1997: Úpravy toků, ČVUT, Praha

NOVÁK L., IBLOVÁ M., ŠKOPEK V., 1986: Vegetace v úpravách vodních toků a nádrží. Nakladatelství technické literatury, Praha, 243 s

Povodí Vltavy, státní podnik, 2003: Souhrnná zpráva o povodni v srpnu 2002. Praha,

Povodí Vltavy, státní podnik, 2009: Plán oblasti povodí Horní Vltavy.

KOVÁŘ, P., 1988: Úpravy toků, skriptum VŠZ Praha

Podklady Povodí Vltavy

Předpisy, normy, směrnice, zákony

Vedoucí práce

Kovář Pavel, prof. Ing., DrSc.

Konzultant práce

Ing. Jana Černožorská, Povodí Vltavy

Elektronicky schváleno dne 23.4.2014

prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 23.4.2014

prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.

Děkan fakulty

Prohlášení

„Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně pod vedením prof. Ing. Pavla Kováře, DrSc., a že jsem uvedla všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpala.“

V Praze 23.4.2014

.....

Poděkování

Tímto děkuji panu prof. Ing. Pavlovi Kovářovi, DrSc. za odborné vedení a rady při zpracování diplomové práce. Dále děkuji panu Ing. Františkovi Křovákovi, CSc. za pomoc při práci v programu HEC –RAS a povodí Vltavy, především pak panu Ing. Janu Pretlovi, MBA a paní Ing. Janě Černoohorské za spolupráci a data poskytnuté pro vypracování této práce.

Abstrakt:

Tato diplomová práce se zabývá návrhem a posouzením rozšíření koryta Vltavy v úseku Žalov – Husinec v říčním km 35.1 – 36.0. Vzhledem k zúžení pravého břehu, je tento úsek kritický pro průchod povodňových vod. V rámci práce byl vytvořen kompletní projekt s průvodní zprávou a výkresy, které byly zpracovány v programu AutoCAD a nadstavbovém modulu AutoPen. Pro stanovení a porovnání záplavových území byl využit program HEC-RAS 4.0. Mapa záplavového území byla vypracována v programu ArcGIS. Povodňové průtoky byly stanoveny pro Q_5 , Q_{20} a Q_{100} . Práce nastiňuje důvody úprav toků, zabývá se legislativou v České republice a specifikuje samotný tok. Dále posuzuje návrhovou situaci s dalším projektem vypracovaným pro tento úsek. Na závěr porovnává obě návrhové varianty vzhledem k části úseku úpravy v říčním km 35.5 – 36.0.

Klíčová slova: rozšíření koryta, úprava vodního toku, opevnění vodního toku

Abstract:

This thesis follows up suggestion and judgement of expanding Vltava trough at river section Žalov – Husinec at 35.1 – 36.0 km. Due to narrowing the right river bank this section is critical for flood water's flow. Within the thesis a complete project with concomitant report and drawings, created with AutoCAD including Autopen add-on. HEC-RAS 4.0. was used for determination and comparsion of flood areas. The map of flood area was developed in ArcGIS. Flood troughs were layed down for Q_5 , Q_{20} a Q_{100} . The thesis is outlining reasons of flow adjustments, legislation in Czech Republic and specifies the flow itself. It also judges suggestions with another project developed for this section. In conclusion it compares both suggestion variants due to adjustment in river section at 35.5 – 36.0 km.

Keywords: extending of water course, stream modification, river bank reinforcement

OBSAH

1. Úvod.....	9
2. Cíl práce.....	10
3. Metodika práce.....	11
4. Úpravy vodních toků.....	13
4.1. Revitalizace vodních toků	13
4.2. Ochrana před povodněmi na vodních tocích.....	15
4.3. Zlepšení plavebních podmínek na toku.....	17
5. Legislativa.....	19
5.1. Rámcová směrnice o vodách.....	19
5.2. Státní správa vodního hospodářství.....	20
5.3. Vodní právo v České Republice.....	21
5.4. Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách.....	21
5.5. Program revitalizace říčních systémů.....	22
5.6. Vodní doprava.....	23
5.6.1. Zákon č. 114/1995 Sb. o vnitrozemské plavbě.....	23
5.6.2. Vyhláška č. 222/1995 o vodních cestách.....	24
6. Specifikace toku.....	26
6.1. Historický vývoj toku.....	26
6.2. Současná situace na toku.....	27
6.3. Plánování a navrhování změny toku do budoucna	29
7. Průvodní zpráva.....	31
7.1. Vymezení zájmového území a vodního toku v tomto území.....	31
7.2. Vodní dílo Klecany.....	33
7.3. Přírodní charakteristiky území	35
7.3.1. Klimatické poměry.....	35
7.3.2. Hydrologické poměry.....	36
7.3.3. Geologické, pedologické a hydrogeologické poměry.....	37
7.3.4. Geotechnické poměry a vytěžitelnost zemin.....	40
7.4. Územní plán obce Husinec.....	41
7.5. Povodňový plán obce Husinec.....	43
7.6. Povodňové situace v zájmovém území.....	44
7.7. Vlastnické poměry a popis pozemků.....	45
8. Úprava toku v úseku Žalov – Husinec ř. km 35.1 – 36.0.....	47
8.1. Důvody k rozšíření koryta v úseku Žalov – Husinec	47
8.2. Popis úpravy úplné rozšíření koryta v úseku Žalov – Husinec.....	48
8.3. Popis úpravy se začleněnými ostrovy v úseku Žalov – Husinec	51
8.4. Použití programů k návrhu situace a příčných profilů.....	53
8.4.1. Práce v programu AutoCAD.....	53
8.4.2. Práce s nadstavbovým modulem AutoPEN.....	54

9. Stanovení záplavy.....	55
9.1. Matematické modely.....	55
9.2. Říční hydraulika, druhy proudění.....	56
9.2.1. Druhy proudění.....	57
9.2.1.1. Druhy proudění v závislosti na čase.....	57
9.2.1.2. Druhy proudění dle způsobu pohybu.....	60
9.2.1.3. Proudění říční, kritické a bystřinné.....	61
9.2.2. Hydraulický výpočet rovnoměrného proudění v otevřených korytech.....	63
9.3. Stanovení záplavy s použitím programu HEC – RAS.....	64
9.3.1. Program HEC – RAS.....	65
9.3.2. Modelování v programu HEC – RAS.....	66
9.3.3. Interpretace výsledků vytvořených programem HEC – RAS.....	68
9.4. Stanovení záplavy s využitím mapových nástrojů GIS.....	69
9.4.1. Program ArcGIS.....	69
9.4.2. Práce s programem ArcGIS.....	70
9.4.3. Mapový výstup.....	71
10. Posouzení obou návrhových úprav.....	73
10.1. Porovnání obou návrhových situací	73
10.2. Porovnání v návrhových situací v úseku ř. km 35.5 – 36.0.....	75
11. Diskuze.....	77
12. Závěr.....	79
13. Zdroje a použitá literatura.....	81
14. Přílohy	
14.1. Příloha modelování v programu HEC – RAS.....	84
14.2. Fotodokumentace.....	99
14.3. Výkresová příloha	
1. Současná situace řešeného území (1:2500)	
2. Návrhová situace řešeného území (1:2500)	
3. Podélný profil korytem Vltavy (1:1000/1:100)	
4. Příčné řezy – současné situace (1:1000/1:100)	
5. Příčné řezy – návrhové situace (1:1000/1:100)	
6. Vzorový příčný řez (1:100)	

1. Úvod

Úpravy vodních toků slouží ke zlepšení jejich funkcí a k ochraně před nežádoucími účinky vody ve volné krajině a v zástavbě. Zahrnují veškerá opatření sloužící k předcházení a zamezení škod při povodních na životech i majetku obyvatel a na životním prostředí. Provádí se především systematickou prevencí, zvyšováním retenční schopnosti povodí a ovlivňováním průběhu povodní.

V současné době dochází k rozmanitému využívání povrchových i podpovrchových vodních zdrojů. Lidská činnost využívá vodní toky jako zdroje pitné vody, zdroje vody pro zemědělství i průmysl a současně pro odvedení dešťových a v některých případech i splaškových vod. Zároveň jsou však vodní toky vyhledávány stále častěji pro rekreaci a slouží jako důležité dopravní tepny.

Nevhodné využívání povrchových a podzemních vod, současně s nevhodnými technickými úpravami ve 20. století, ovlivňuje negativně vodní režim a dochází k radikálnímu zhoršení kvality těchto vod. Cenné říční, potoční a mokřadní biotopy byly poškozeny a výrazně se zhoršily samočisticí procesy toků, období sucha je střídáno povodňovými stavy a zemědělské půdy podléhají degradaci.

V současné době jsou povodně jedním z hlavních důvodů pro úpravy toků. Snížení rizika povodní je však možné dosáhnout jen komplexními zásahy v povodí toku. Ochranu území před zaplavením lze výrazně zlepšit snížením a zpomalením odtoku z povodí. Toho lze docílit díky přirozené obnově povodňového rozlivu v úsecích mimo zastavěná území a následnému zpomalení průběhu povodňové vlny. Dalším účelem vodních úprav je zlepšení vsakování srážkových vod do půdy, snížení vodní eroze a zabránění degradace půdy.

V oblasti dolní Vltavy byla státním podnikem Povodí Vltavy vymezena riziková oblast v úseku Štěchovice - Mělník. Pro tuto oblast je zpracována koncepční studie protipovodňových opatření. Z analýz vyplynulo vymezení zastavěných území nechráněných nebo nedostatečně chráněných před povodněmi. Celkový počet lokalit, které jsou před povodněmi nechráněné nebo nedostatečně chráněné, činí 51 a počet ohrožených obyvatel je 26 400. Některá opatření byla již realizována, jiná jsou teprve ve fázi příprav.

Jedním z míst v této lokalitě, která nejsou chráněna protipovodňovým opatřením, je právě obec Husinec – Řež. V tomto místě vodního toku v říčním km 35.1 – 36.0. se nachází plavební úžina, která radikálně zužuje tok a narušuje tak hladký průběh povodňových vln. Tato práce se zabývá právě rozšířením koryta Vltavy v tomto úseku, přičemž hlavním požadavkem bylo vypracování projektu, který by napomohl snazšímu průběhu povodňových vln a zhodnotil lodní dopravu v tomto úseku vzhledem k navazujícímu vodnímu dílu Klecany.

2. Cíl práce

Cílem práce je zpracování studie rozšíření koryta toku Vltavy v úseku Žalov – Husinec.

V rámci této studie je vypracován projekt s cílem snížení povodňového rizika a posouzení lodní dopravy v tomto úseku v návaznosti na plavební komoru Klecany. Projekt navrhne odstranění zužující části pravého břehu koryta a tento návrh bude posuzován vzhledem k původní situaci. Projekt bude obsahovat průvodní zprávu a výkresovou přílohu. Stanovení záplavových čar bude stanoveno pomocí matematických modelů. Pro určení výšek hladin povodňových průtoků v příčných profilech bude využit program HEC- RAS. Tyto výšky budou poté zaneseny do mapy pomocí programu ArcGIS.

Dále se tato studie zaměří na porovnání této návrhové úpravy s úpravou, kterou vypracovala Bc. Magdaléna Vytisková.

Na závěr této studie dojde k porovnání obou návrhových variant v části upravovaného úseku, a to v říčním km 35.5 – 36.0 u Klecanského jezu na horním toku úpravy.

Interpretované výsledky mohou pomoci s budoucí realizací projektu na tomto úseku.

3. Metodika práce

Prvním krokem pro vypracování této práce bylo kontaktování povodí Vltavy, které zadalo požadavky na rozšíření koryta Vltavy v úseku Žalov – Husinec. K rozšíření tohoto úseku řeky Vltavy by mělo dojít především kvůli problémům, které zde vznikají při povodních. Dalším problémem bylo posouzení lodní dopravy v tomto úseku, který navazuje na plavební komoru. Povodí poskytlo podklady, zabývající se touto problematikou a podklady, které byly vyhotoveny přímo pro tuto úpravu.

Mezi podklady poskytnuté povodím Vltavy patří:

- Projekt Rozšíření koryta Vltavy pod Modřanským jezem
- Studie srážkoodtokových poměrů Vltavy v úseku Klecany – Mělník
- Inženýrskogeologický průzkum pro protipovodňové opatření v úseku Žalov – Husinec
- Geodetické podklady koryta Vltavy získané parníkem Valentýnem II.
- Legislativa týkající se lodní plavby

Dalším krokem bylo získání dalších podkladů:

- Geodetické podklady od ČÚZK
- Hydrologické údaje od ČHMÚ
- Plán širších vztahů obce Husinec
- Územní plán obce Husinec
- Povodňový plán obce Husinec
- Historické podklady z archivu města Klecany
- Průzkum terénu přímo na místě a fotodokumentace
- Fotodokumentace daného úseku
- Další potřebná legislativa

Poté byla shromážděna odborná literatura zabývající se touto problematikou a po jejím prostudování byla vytvořena průvodní zpráva, výkresová příloha a příloha modelování v programu HEC - RAS.

Nejprve byla zpracována část týkající se současné situace:

- Průvodní zpráva
- Současná situace řešeného území
- Podélný profil korytem Vltavy
- Příčné řezy současného profilu
- Současné průtokové poměry v programu HEC – RAS
- Vykreslení záplavových čar v programu ArcMap

Dále byly vytvořeny dva zcela odlišné projekty na rozšíření koryta v tomto úseku. Tato práce se zaměřila na úplné rozšíření koryta, což znamená celkové odtěžení zeminy tak, aby koryto mělo podobné rozměry jako koryto v navazujících částech řečiště a zúžení tak nadále netvořilo žádné překážky v toku. Druhý projekt se naopak zaměřil jen na odtěžení části zeminy v toku, čímž nechal vzniknout ostrovům.

Část této práce týkající se úplného rozšíření koryta obsahuje:

- Návrhovou situaci řešeného území
- Příčné řezy upraveného profilu
- Vzorový příčný řez
- Upravené průtokové poměry v programu HEC – RAS

Na závěr této práce byla sepsaná rešerše, která obsahuje pasáže týkající se dotčeného řečiště, revitalizacemi, úpravami vodních toků vyvolanými povodňovými situacemi a lodní dopravou, popisem využitých programů a legislativy týkající se vodních toků. Nejdůležitější částí rešerše je však porovnání této úpravy se současnou situací a s úpravou se začleněnými ostrovy a posouzení obou variant v jedné části úpravy, a to v úseku říčního km 35,5 – 36,0.

4. Úpravy vodních toků

Jedním z hlavních důvodů pro úpravy toků v současné době je snížení a zpomalení povrchového odtoku z povodí a zabránění vzniku častých povodní. Dalším účelem vodních úprav z hydrologického pohledu je zlepšení vsakování srážkových vod do půdy, snížení vodní eroze a zabránění degradace půdy. Na českých řekách se dále provádí protipovodňová opatření a úpravy pro zlepšení plavebních podmínek na toku, zatímco na menších vodních tocích se provádí především revitalizace a renaturalizace vodních toků, které byly poškozeny necitelnými zásahy prováděných na vodních tocích v 70. a 80. letech minulého století. [12, 15]

První úpravy vodních toků začaly vznikat již ve 12. století. Od té doby se toky upravují neustále. Na tocích docházelo k budování jezů, stupňů a náhonů, přičemž málokteré údolí v naší krajině zůstalo, stavbou jezů a náhonů neovlivněno. Ve středověku začalo docházet také k napřimování toků a úpravám jejich podélných profilů. Důvodem bylo nejen plavení dřeva, ale také vodní doprava. Vyvrcholením zásahů do vodních toků byla 70. a 80. léta. Při melioračních úpravách byly vodní toky napřimovány, rozšiřovány či zatrubňovány. Dále docházelo k prohlubování koryt a jejich opevňování nevhodnými způsoby jako betonovými deskami a polovegetačními tvárnicemi. [10]

Tyto nevhodné zásahy na vodních tocích vyvolávají revitalizace. Cílem revitalizačních zásahů je obnovení přirozeného vodního biotopu, biodiverzity a tím i přirozené funkce ekosystému.

4.1. Revitalizace vodních toků

Při úpravách vodních toků je důležitý komplexní pohled na vodní tok a celé jeho povodí. Úpravy mohou mít technický charakter, biologický charakter či kombinaci obou, což je v současné době považováno za nejúčinnější opatření. Revitalizace mají poměrně krátkou historii, celosvětově se rozvíjejí zhruba od 70. let dvacátého století jako součást snah o obnovu narušené krajiny. Revitalizací vodních toků se rozumí vodohospodářská činnost směřující k obnově přirozených tvarů a funkcí vodních toků a jejich niv. Hlavní snahou je návrat vodních toků k přirozenému stavu nebo co největší přiblížení se k tomuto stavu. Revitalizace vodních toků by měla vycházet ze znalostí procesů probíhajících v povodí a měla by být prováděna ve vztahu ke konkrétním podmínkám vodního toku i navazujícího terestrického prostředí. [3,11]

Mezi nejdůležitější efekty revitalizací se řadí zadržování vody v krajině. Ke zdržení vody by mělo docházet především v nivách, v mokřadech a v samotných korytech vodních toků. Nadměrné odvodňování zemědělské půdy a odvodňování mokřadů negativně ovlivnilo malý vodní oběh, čímž došlo ke zvýšené rozkolísanosti srážkových poměrů. Půda v sobě zadržuje méně vody, dochází k menšímu výparu a mění se mikroklima v okolí vodních toků a mokřadů. Odvodněná půda rychle ztrácí velký podíl organických látek, které mají schopnost jímat a držet v sobě vodu. Změnou půdních vlastností se snižuje retenční schopnost půdy, dochází k jejímu přehřívání, erozi a degradaci při přívalových srážkách. Dochází k narušení distribuce srážkových vod, odnosu splavenin s vysokým obsahem živin a následnému zanášení koryt a nádrží. Mělká přírodě blízká koryta odvodňují nivy menší měrou než koryta technicky upravená, revitalizace tedy mohou přispívat k lepšímu zadržování vody v nivách a k obnově nivních biotopů. S tím souvisí obnovování přirozeného zamokření území, což omezuje mineralizaci půd, jejich erozi, odnos a následnou degradaci. Z hlediska kolísání průtoků během roku dochází k vyrovnání odtokových poměrů, což pozitivně ovlivňuje dopady sucha. Prodloužením délky koryta a zmírněním podélného sklonu, se zpomaluje a zeslabuje průběh povodní, zejména tzv. bleskových povodní. K tlumení průběhu velkých vod napomáhá také rozliv vody v nivách, což zpomaluje postup povodňových vod. [10, 13, 21]

Se ztrátou podélné a příčné členitosti koryta a se zkrácením doby odtoku vody z povodí se zhoršily podmínky pro přirozené samočištění vody. Negativním důsledkem jsou i v tomto případě již zmiňované splachy půdy a živin do recipientu a eutrofizace. Prodloužením trasy toku se podporují samočisticí procesy a tím se zlepšuje kvalita vody. S přírodě blízkými tvary dochází ke zpomalení proudění, čímž se zvyšuje aktuální zásoba vody v korytě a zlepšuje se samočisticí efekt vodního toku. Odnos unášených látek se snižuje, neboť dochází k sedimentaci v inundačním území. [10,21,27]

Součástí revitalizačních opatření je také obnovení oboustranné migrační prostupnosti toků, což napomáhá oživení koryt jako přírodních stanovišť. Příčné stavby lze zprůchodnit pomocí rybích přechodů. K oživení koryt také přispívá i obnova doprovodných potočních nebo říčních pásů v nivách. Oživení koryt tak napomáhá k obnově vodních, mokřadních a na ně navazujících biotopů s výskytem mnoha vzácných a zvláště chráněných druhů rostlin a živočichů. [12]

Předlohou pro revitalizace jsou zachované přirozené úseky vodních toků. Revitalizované koryto vodního toku by pak mělo mít přiměřeně malou kapacitu a velké vody by se měli rozlévat do niv toků. Toky by měly mít mírný podélný sklon. Zmírnění podélného sklonu koryta a prodloužení délky trasy je dosaženo zvlněním koryta a vzniku meandrů. V revitalizacích se používají pro stabilizaci a členění koryt

příčné objekty. Za vhodné je možno považovat klády a další dřevěné prvky v úrovni dna jako kamenné pásy, jednotlivé balvany a kamenité či balvanité skluzy. Koryto nemá být v příčném profilu geometricky pravidelné, prizmatické. Jako vhodný příčný profil koryta je pro technicky revitalizované drobné vodní toky tvar mělké, ploché mísy se sklonem svahů nanejvýše 1 : 3 a mírnějším. V obloucích má mít nesymetrický tvar, s maximální hloubkou a strmějším svahem u konkávního břehu, s bermou a plošším svahem u břehu konvexního. Při rekonstrukci je podstatné znát i chronologický vývoj krajiny, např. situovat meandry do míst, kde se v minulosti již vyskytovaly. Revitalizované koryto lze stabilizovat kamenným pohozem, záhozem či nesouvislými kamennými formacemi. Další možností stabilizace je drnování, rohože z rostlinných materiálů, vrbové válce a založení břehových porostů. [10, 28]

Důraz je kladen na vytvoření podmínek pro relativně přirozený vývoj toku. Revitalizace se snaží obnovit přírodní procesy, a dobře revitalizovaný tok se postupně dostane do přirozené rovnováhy a nemusí se dále udržovat.

4.2 Ochrana před povodněmi na vodních tocích

Povodněmi se dle zákona č. 254/2001 sb. o vodách rozumí přechodné výrazné zvýšení hladiny vodního toku či jiných povrchových vod, při kterém hrozí vylití vody z koryta nebo voda zaplavuje území a může dojít ke škodám. K povodním dochází i za stavu, kdy voda z určitého území nemůže dočasně přirozeným způsobem odtékat nebo je odtok vody nedostačující. Povodeň může být způsobena přirozenými jevy nebo umělými vlivy, dělí se tak na dva typy, na povodně přirozené a povodně zvláštní. [50]

Tvar povodňové vlny je ovlivněn plochou a povrchem povodí, výškovou členitostí, tvarem říční sítě a geomorfologickými charakteristikami koryta. Nivy toků, které se při povodních nachází určitou dobu pod vodou (povodňové či záplavové území) jsou důležité svou zasakovací funkcí. Dochází zde k silné infiltraci vod do aluviálního prostoru, kde vznikají zásoby, které jsou vodárenským zdrojem pro člověka a v období sucha jsou zásobárnou pro samotné vodní toky. Voda se zasakováním do půdy zároveň filtruje a tím se navíc v nivě zachytí alespoň část látek, které by jinak odnesla povodeň pryč. [10, 18]

Za nejničivější povodeň na území České republiky lze považovat povodeň z roku 2002. Spolu s povodněmi na Moravě v roce 1997 patří k nejtěžším přírodním katastrofám moderní české historie. Některé údaje uvádí, že se jednalo zhruba o pětisetletou vodu. Za normálního stavu protéká Prahou 122 m³/s, při povodních v roce 2002 to bylo 5 700 m³. Povodeň způsobila škody ve výši 27 miliard korun a

bylo nutné evakuovat desítky tisíc obyvatel. Příčinou záplav byly nadprůměrné srážky, které v první srážkové vlně zasáhly jih Čech, v druhé srážkové vlně se vyskytovaly již na většině území České Republiky. Již při první srážkové vlně došlo ke značnému nasycení půdy, naplnění koryt a retenčních nádrží. Například Vltavská kaskáda zachytila poměrně velkou část povodňové vlny z první srážkové epizody, na druhou srážkovou epizodu již přehradu nestačily. Ke znatelnému zploštění povodňové vlny Vltavy došlo až v Polabské nížině. Nicméně ani to nestačilo a velká voda zasáhla i města dále na severu Čech a v Německu. Tato povodeň vyvolala značnou diskuzi o nedostatečných protipovodňových opatřeních. [24]

Přírozenou povodní je míněna povodeň způsobená přírodními jevy. Přírodní povodně vznikají při déletrvajících vydatných dešťových srážkách, po náhlém tání, nebezpečném chodu ledů a vzniku nebezpečných ledových zácep a nápěchů nebo při dosažení směrodatného limitu vodního stavu a jeho stoupající tendenci. [50]

Přírozené povodně lze rozdělit do několika hlavních typů:

- zimní a jarní povodně způsobené táním sněhové pokrývky, popřípadě v kombinaci s dešťovými srážkami; tyto povodně se vyskytují nejvíce na podhorských tocích a postupují dále i v nížinných úsecích velkých toků;
- letní povodně způsobené dlouhotrvajícími regionálními dešti, vyskytují se zpravidla na všech tocích v zasaženém území, obvykle s výraznými důsledky na středních a větších tocích;
- letní povodně způsobené krátkodobými srážkami velké intenzity zasahujícími poměrně malá území. Mohou se vyskytovat kdekoli na malých tocích a nelze se proti nim prakticky bránit, tzv. bleskové povodně;
- zimní povodně způsobené ledovými jevy na tocích i při relativně menších průtocích, vyskytují se v úsecích náchylných ke vzniku ledových nápěchů a zácep;

Přírozená povodeň může být také ovlivněna mimořádnými příčinami, například problémy s ucpáním profilů propustků či nahromadění plavenin na mostní pilíře. Kritickými místy jsou mosty a lávky. [50]

Dalším druhem povodní jsou povodně zvláštní, které jsou způsobeny umělými vlivy, a to především protržením vodního díla či komplikacím při jeho stavbě. Jedná se především o vodní díla vzdouvající vodu. Příčin k protržení hráze může být mnoho, nejčastěji se jedná o technickou havárii na díle, ať se jedná o narušení vzdouvacího tělesa, porušení hradících konstrukcí výpustných zařízení, selháním řídicích systémů hradících systémů nebo nesprávném řešení kritických situací. Možné jsou však také poruchy způsobené zemětřesením, leteckou katastrofou, válečným konfliktem nebo teroristickým útokem. [50]

Ochranu území před zaplavením lze výrazně zlepšit snížením odtoku z povodí. Toho je možno z části dosáhnout komplexními zásahy v povodí toku,

například revitalizačními opatřeními snižujícími rychlost odtoku vody z krajiny, zlepšením vsakovací kapacity povrchu území, vytvořením nových nebo lepším využitím stávajících akumulčních prostorů, výstavbou suchých poldrů atd. [10,17]

Jako trvalé prvky protipovodňové ochrany v územích ohrožených povodní je možno použít uvedené konstrukce a úpravy stávajících objektů:

- vybudování ochranných zemních hrází, nebo zvýšení stávajících hrází
- zvýšení koruny stávajících nábrežních zdí
- vybudování trvalých zařízení ve formě spodní stavby pro montáž mobilního hrazení, toto řešení je nezbytné v místech přechodu linie ochrany přes komunikace, nebo v místech architektonicky exponovaných
- kombinace předchozích, například montáž mobilních prvků na nízké trvalé betonové zdi

V návrzích technických prvků protipovodňové ochrany je nutno zohlednit geologické podmínky v podloží navrhovaných objektů, a to jak z hlediska propustnosti, tak z hlediska statiky navržených konstrukcí. Použití těchto technických prvků je podmíněno architektonickým posouzením. U mobilních prvků také musí být zohledněn čas potřebný pro montáž. [17]

4.3. Zlepšení plavebních podmínek na toku

K úpravě vodních toků dochází již od 12. století. Již od středověku tak byly vodní toky napřimovány a upravovány tak, aby na nich byla možná plavba. Tam kde to bylo možné, dále vznikaly průplavy a plavební kanály. Plavbu na vodních tocích umožňuje také výstavba plavebních komor a výtahů v místech, kde dochází ke vzdutí hladiny, které nelze při plavbě jinak překonat.

Vodní cesty v ČR se dělí na sledované vodní cesty a ostatní, přičemž sledované vodní cesty se dále dělí na vodní cesty dopravně významné, které se z hlediska jejich využívání pro provozování vodní dopravy člení na vodní cesty využívané a vodní cesty využitelné. [50, 55]

Vodní cesty využívané jsou:

- vodní tok Labe od říčního km 973,5 (Kunětice) po říční km 951,2 (nadjezí zdymadla Přelouč), a od říčního km 949,1 (2,080 km od osy jezu Přelouč) po říční km 726,6 (státní hranice se Spolkovou republikou Německo), včetně plavební dráhy vymezené na vodní ploše Velké Žernoseky plavebními znaky,

- vodní tok Vltava od říčního km 91,5 (Třebenice) po soutok s vodním tokem Labe, včetně výústní části vodního toku Berounky po přístav Radotín, a od říčního km 239,6 (České Budějovice) po říční km 91,5 (Třebenice) jen pro plavidla o nosnosti do 300 tun,
- vodní tok Moravy od ústí vodního toku Bečvy po soutok s vodním tokem Dyje, včetně průplavu Otrokovice - Rohatec.

Rozměry plavebních cest nám udává Vyhláška MD č. 222/1995 o vodních cestách, plavebním provozu, přístavech, společné havárii a dopravě nebezpečných věcí. Ta nám udává přesné rozměry šířky vodního toku, jeho hloubku či minimální zakřivení oblouku podle klasifikace vodního toku. [53]

5. Legislativa

Veškeré zásahy týkající se vodních zdrojů podléhají vodnímu právu. Vodní právo je souborem norem, které regulují ochranu vod a vodních ekosystémů, stanovují podmínky jejich hospodářského využití, předepisují zajištění bezpečnosti vodních děl a vytváření podmínek pro snižování nepříznivých účinků povodní a sucha. Jako ústřední vodoprávní úřad odpovídá, za výkon státní správy ve smyslu vodního zákona a zákona o vodovodech a kanalizacích, ministerstvo zemědělství. Ministerstvo zemědělství také zajišťuje správu státních podniků Povodí Vltavy, Povodí Moravy, Povodí Labe, Povodí Ohře, Povodí Odry a státního podniku Lesy ČR a správu vodních toků a vodních děl ve vlastnictví státu. [38]

5.1. Rámcová směrnice o vodách

Rámcová směrnice vodní politiky (2000/60/ES) Evropské unie vznikla dne 23. října 2000 a představuje nejvýznamnější a prozatím nejucelenější právní úpravu pro oblast vodního hospodářství, přičemž se vztahuje na veškeré vodstvo. V současnosti je Rámcová směrnice vodní politiky doplněna několika dceřinými směrnicemi a provázána se Směrnicí o zvládnání povodňových rizik (2007/60/ES).

Důvodem jejího vzniku je sjednocení stávající ochrany vod uvnitř Společenství a prosazování integrované péče o životní prostředí nezávisle na národních hranicích, což vyžaduje úzkou mezinárodní spolupráci v mezinárodních povodích. Povodí České Republiky začlenila, do náplně své práce principy a úkoly stanovené Rámcovou směrnicí vodní politiky, již na konci minulého století.

Hlavním cílem této rámcové směrnice je do roku 2015 nejen zabránit jakémukoli zhoršení stavu vodních útvarů, ale uvést veškeré vodní toky v rámci EU do dobrého stavu. Její snahou je chránit a zlepšit stav vodních ekosystémů a přilehlých mokřadů, zaměřuje se na podporu udržitelného užívání vod a snaží se přispívat ke zmírnění následků záplav a suchých období. Veškeré vodní toky by tak měli být podrobeny důkladnému monitoringu, přičemž na základě zjištěných výsledků a jejich vyhodnocení je třeba navrhovat opatření směřující k dobrému stavu vod. [35, 58]

5.2. Státní správa vodního hospodářství

Jak již bylo řečeno, tak jednu z hlavních úloh ve správě vodních toků vykonává Ministerstvo zemědělství. Důležitou roli však hraje také Ministerstvo životního prostředí, které je ústředním orgánem státní správy pro ochranu přirozené akumulace vod, ochranu vodních zdrojů a ochranu jakosti podzemních a povrchových vod, ochranu přírody a krajiny, a veškerých činností, které by mohly mít důsledky na životní prostředí.

Státní správa ve vodním hospodářství je organizována jako třístupňová. Na nejvyšších místech jsou právě ministerstva, přičemž se jedná o správu ústřední, pod ně spadají krajské úřady a krajská správa a nejnižší je obecní správa, což je správa obecních úřadů a obecních úřadů obcí s rozšířenou působností.

Mezi činnosti vodoprávních úřadů jsou činnosti na ochranu povrchové i podzemní vody, hospodárné využívání vodních zdrojů, dohled nad bezpečností vodních děl, ochrana vodních ekosystémů a snižování nepříznivých účinků sucha a povodní.

Vodní toky se dělí na významné vodní toky a drobné. Správu významných vodních toků zajišťují státní podniky Povodí. Těchto podniků je celkem pět, jedná se o Povodí Vltavy, Povodí Moravy, Povodí Labe, Povodí Ohře, Povodí Odry. Správu drobných vodních toků nebo jejich ucelených úseků vykonávají obce, kterými drobné vodní toky protékají.

Správou vodních toků se rozumí dle vodního zákona povinnost sledovat stav koryt vodních toků a pobřežních pozemků, pečovat o koryta vodních toků, zejména udržovat koryta vodních toků ve stavu, starat se o břehové porosty, připravovat a zajišťovat úpravy koryt vodních toků, oznamovat příslušnému vodoprávnímu úřadu závažné závady, které zjistí na vodním toku a současně navrhnout opatření k nápravě. Dalšími povinnostmi jsou provoz a údržba vodních děl, udržovat splavnost využívaných dopravně významných vodních cest a označovat a vytyčovat plavební dráhu na vodních cestách, řídit a ovlivňovat podle komplexního manipulačního řádu hospodaření s vodami v soustavě vodních nádrží, spolupracovat při zneškodňování havárií v povodí a další povinnosti vyplývající z vyhlášky Ministerstva zemědělství. [55, 56]

5.3. Vodní právo v České republice

Vodní právo je v České republice především definováno tzv. Vodním zákonem č. 254/2001 Sb. Dále však existuje mnoho podzákoných předpisů a metodických pokynů, které vydává Ministerstvo životního prostředí a Ministerstvo zemědělství týkajících se vod, ve kterých jsou upřesněna paragrafová ustanovení zákonů.

Mezi příklady právních norem lze zmínit:

- vyhláška MZe č. 333/2003 Sb., kterou se stanoví seznam významných vodních toků a způsob provádění činností souvisejících se správou vodních toků
- vyhláška MZe č. 471/2001 Sb., o technicko-bezpečnostním dohledu nad vodními díly
- vyhláška MZe č. 390/2004 Sb., o oblastech povodí;
- Metodický pokyn MŽP k zabezpečení hlásné a předpovědní povodňové služby

Další právní předpisy týkající se vodního hospodářství jsou:

- zákon č. 305/2000 Sb., o povodích;
- zákon č. 114/1995 Sb., o vnitrozemské plavbě, ve znění zákona č.358/1999;
- zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon);
- zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, ve znění pozdějších předpisů;
- povodňový plán ČR – základní dokument pro ústřední řízení povodňové ochrany v ČR zpracováváný MŽP na základě zákona č. 254/2001 Sb., o vodách;

5.4. Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách (tzv. Vodní zákon)

Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách (tzv. Vodní zákon) byl schválen 28.6.2001 a nabyl účinnosti 1.1.2002. Tento zákon byl novelizován ve Sbírce zákonů dne 21.5.2010 pod číslem 150 a účinnosti nabyl 1.8.2010.

Účelem tohoto zákona je chránit povrchové a podzemní vody, stanovit podmínky pro hospodárné využívání vodních zdrojů a pro zachování i zlepšení jakosti povrchových a podzemních vod, vytvořit podmínky pro snižování nepříznivých účinků povodní a sucha a zajistit bezpečnost vodních děl v souladu s

právem Evropských společenství. Účelem tohoto zákona je též přispívat k zajištění zásobování obyvatelstva pitnou vodou a k ochraně vodních ekosystémů.

Zákon upravuje právní vztahy k povrchovým a podzemním vodám, vztahy fyzických a právnických osob k využívání povrchových a podzemních vod, jakož i vztahy k pozemkům a stavbám, s nimiž výskyt těchto vod přímo souvisí, a to v zájmu zajištění trvale udržitelného užívání těchto vod, bezpečnosti vodních děl a ochrany před účinky povodní a sucha. [50]

U vodního zákona dochází k průběžné novelizaci. V roce 2010 proběhla nejaktuálnější novela obsažena ve sbírce zákonů č.150/2010 Sb., s účinností od 1.8.2010. Obsahuje změny, které vyšly najevo až uvedením zákona do praxe. Novela zpřesňuje problematické pojmy, zjednodušuje řízení a ruší některé povinnosti, které se ukázaly být nadbytečné. Novela také reaguje na požadavky evropské legislativy. Konečné změny obsahují 200 novelizačních úprav a dotýkají se všech částí vodního zákona. [6]

Vodní zákon se nejvíce střetává se stavebním zákonem č. 183/2006 sb., kdy je nutné při činnostech týkajících se vodních zdrojů povolení vodoprávního úřadu.

5.5. Program revitalizace říčních systémů

V České republice byl v roce 1992 spuštěn Program revitalizace říčních systémů (PRŘS) finančně podporovaný ze státního rozpočtu a metodicky řízený Ministerstvem životního prostředí ČR. Hlavním cílem tohoto programu je především náprava vodního režimu krajiny a uvedení koryt vodních toků do původních stavů. Program nabízí možnosti opatření, která povedou k udržení a zvyšování biologické rozmanitosti, zlepšení vodních poměrů a zajistí ochranu přírodních hodnot.

Situace, ve kterých lze využít program revitalizace říčních systémů jsou revitalizace obnovující přirozené funkce vodních toků, revitalizace retenční schopnosti krajiny, revitalizace prvků systému ekologické stability vázaných na vodní režim a odstraňování příčných překážek na vodních tocích. Snahou programu je dále navýšení retenční schopnosti krajiny, odbahňování rybníků a rekonstrukce jejich technických prvků nebo výstavba a obnova čistíren odpadních vod a kanalizace.

Aktivní působení Programu revitalizace říčních systémů skončilo v roce 2007. Od roku 2007 byl vytvořen prostor pro shodná opatření v evropských programech a existuje tedy možnost žádat podporu na tento typ akcí z Operačního programu Životní prostředí a Programu rozvoje venkova. [42]

5.6. Vodní doprava

Dozor nad záležitostmi vnitrozemské správy vykonává Státní plavební správa, která zabezpečuje rozvoj vodní dopravy na tocích a plynulý provoz. Při úpravách a údržbě vodních toků vydává souhlasy ke stavbám na vodních cestách, provozuje přístavy a kontroluje plavbu na tocích. Státní Plavební Správa má pravomoc vydávat a odjímat lodní listiny, dozorovat způsobilosti plavidel, kdy provádí jejich cejchování a vede evidenci. [47]

Plavba v České republice spadá pod mnoho zákonů a vyhlášek, které upravují užívání vodního toku a určují podmínky jeho splavnění. Mezi nejdůležitější patří:

- Zákon č. 254/2001 sb. O vodách, tzv. vodní zákon
- Zákon č. 114/1995 sb. o vnitrozemské plavbě
- Vyhláška č.223/1995 Sb., o způsobilosti plavidel k provozu na vnitrozemských vodních cestách
- Vyhláška č.224/1995 Sb., o způsobilosti osob k vedení a obsluze plavidel
- Vyhláška č.84/2000 Sb., o způsobilosti osob k provozování vnitrozemské vodní dopravy pro cizí potřeby
- Vyhláška č.222/1995 Sb., o vodních cestách, plavebním provozu v přístavech, společné havárii a dopravě nebezpečných věcí

5.6.1. Zákon č. 114/1995 Sb. o vnitrozemské plavbě

Vnitrozemskými vodními cestami (dále jen "vodní cesty") jsou míněny vodní toky a jiné vodní plochy, na kterých je možno provozovat plavbu. [47]

Vodní cesty se dělí na:

- sledované vodní cesty
 - vodní cesty dopravně významné (pro významnou národní a nadnárodní plavbu)
 - vodní cesty účelové (pro pouze rekreační plavbu a vodní dopravu místního významu)
- ostatní vodní cesty

Vodní cesty dopravně významné se z hlediska jejich využívání pro provozování vodní dopravy dále člení na vodní cesty využívané a vodní cesty využitelné.

Vodní cesty využívané jsou:

- a) vodní tok Labe
- b) vodní tok Vltavy
- c) vodní tok Moravy

Vodní cestu spravuje její vlastník nebo správce (dále jen "správce vodní cesty"), který je povinen spravovat sledované vodní cesty tak, aby bylo zajištěno bezpečné provozování plavby, a řádně je značit plavebními znaky. Stavby na sledované vodní cestě lze zřizovat jen se souhlasem plavebního úřadu a za podmínek jím stanovených.

Mezi součásti vodních cest patří opevnění břehů, plavební mosty, plavební znaky na hladině či březích, na mostech a na jiných objektech a zařízeních, která křížují vodní cesty a kilometráž vodní cesty. Dále jezy a ostatní vzdouvací zařízení, plavební komory, lodní zdvihadla. Pro lodě jsou k dispozici nábrežní zdi a vyvazovací zařízení přístavů, vyvazovací a vodící zařízení, velíny a jiná zařízení a objekty definované zákonem. [47, 50]

5.6.2. Vyhláška č. 222/1995 o vodních cestách

Vodní cesty v České republice se zařazují do tříd podle klasifikace vnitrozemských vodních cest, která stanovuje pro jaké největší plavidlo (dále jen "návrhové plavidlo") jsou na vodní cestě podmínky k jeho bezpečnému a plynulému provozu. [53]

Rozměry plavební dráhy dle zákona jsou:

a) nejmenší šířka přímé plavební dráhy v hloubce odpovídající ponoru návrhového plavidla

1. v řece

- pro klasifikační tř. 0.10 m,
- pro klasifikační tř. I.20 m,
- pro klasifikační tř. IV., Va., Vb.50 m,

2. v průplavu

- pro klasifikační tř. 0. 6 m,
- pro klasifikační tř. IV., Va., Vb.40 m,

b) nejmenší plavební hloubka u nových a nově upravovaných vodních cest :

- pro klasifikační tř.0. 1,20 m + bezpečnostní vzdálenost dna plavidla nade dnem vodní cesty
- pro klasifikační tř. I.2,20 m + bezpečnostní vzdálenost dna plavidla nade dnem vodní cesty
- pro klasifikační tř. IV., Va., Vb.....2,80 m + bezpečnostní vzdálenost dna plavidla nade dnem vodní cesty

Bezpečnostní vzdálenost dna plavidla nade dnem vodní cesty činí:

1. v řece

- pro klasifikační tř. 0.nejméně 0,30 m
- pro klasifikační tř. I., IV., Va., Vb.nejméně 0,50 m

2. v průplavu

- pro klasifikační tř. 0.nejméně 0,30 m
- pro klasifikační tř. IV., Va., Vb.nejméně 1,00 m

c) nejmenší poloměr zakřivení plavební dráhy

- pro klasifikační tř. I. 400 m,
- pro klasifikační tř. IV., Va. 650 m,
- pro klasifikační tř. Vb. 800 m.

6. Specifikace toku

Řeka Vltava je se svými 430 km nejdelší řekou v České Republice. Plocha jejího povodí činí 28 090 km², z toho 27 006,7 km² připadá na české území. K větším přítokům Vltavy v průběhu celého jejího toku patří kromě mnoha menších říček a potoků řeky Malše, Lužnice, Otava, Sázava, a Berounka. Vltava protéká městy jako Český Krumlov, České Budějovice a Praha. U města Mělník se Vltava v nadmořské výšce 156 m n. m. vlévá do Labe, jež po průtoku Německem ústí do Severního moře. Ačkoli je v místě soutoku Vltava mohutnější a její tok je proti Labi delší, nese řeka dále jméno Labe.

Vltava má dvě pramenné větve, přičemž za hlavní z nich je považována tzv. Teplá Vltava, jež pramení na Šumavě, na východním úbočí Černé Hory, v nadmořské výšce 1 172 m n. m. Prvních několik kilometrů se říčka nazývá Černý potok, pod obcí Borová Lada pak přebírá název Teplá Vltava. Ta se ještě na Šumavě stéká se Studenou Vltavou, která pramení na druhé straně hranic v Bavorsku. Od soutoku obou hlavních pramenů se řeka jmenuje Vltava. Na Vltavě je vybudováno několik vodních děl, která se dohromady nazývají Vltavská kaskáda.

6.1. Historický vývoj toku

Plavba na Vltavě byla provozována od pradávna, podle některých historických pramenů již v sedmém století. První skutečně prokazatelný záznam pochází z první poloviny 14. století, a popisuje plavbu vorů po Vltavě. Tehdy již byla voroplavba plně rozvinuta. Dřevo sloužilo jako základní stavební materiál a také bylo hlavním zdrojem energie. Plavení probíhalo zpočátku volně, postupem doby přešlo ve voroplavbu, při níž byly klády uspořádány a svázané vedle sebe v tabule o šířce několika metrů. Spojením těchto tabulí za sebou pak vznikl pramen, jehož délka dosahovala mnoha desítek metrů. Vory se používaly i k přepravě dalšího zboží, např. soli, písku, štěrku, kamene a dokonce i výrobků šumavských skláren. [13, 43]

Voroplavba ve své původní podobě na Vltavě fungovala až do počátku 20. století, kdy byla utlumena I. světovou válkou. Definitivní konec plavení vorů po Vltavě do Prahy pak přinesla výstavba přehrad. Dokončením Slapské přehrad se vodní cesta natrvalo uzavřela.

Se zlepšením plavebních podmínek na Vltavě se od 16. století začala rozvíjet i dálková lodní doprava. Skutečný rozvoj plavby parníků však nastal na Vltavě až v první polovině 19. století, po regulačních a splavňovacích pracích. První parníky se v Praze na Vltavě objevily na začátku 2. poloviny 19. století. Osobní lodní doprava dosáhla velké obliby a rychle se rozvíjela. Parníky zajišťovaly spojení Praha - Slapy a

některé z nich zajížděly až do Drážďan. Díky obrovskému zájmu cestujících byly v té době stavěny i velkokapacitní parníky, některé až pro 800 osob. Tento příznivý trend trval prakticky až do začátku 30. let 20. století, kdy byl utlumen v souvislosti s nástupem hospodářské krize.

Na konci války nastává nová éra ve vývoji úprav střední Vltavy. Odborníci té doby došli k závěru, že je nutno vybudovat co největší vodní díla, která by akumulovala velké zásoby vody pro jejich další hospodářské využití a zlepšení vodohospodářských poměrů na Vltavě i dolním Labi. Z diskusí tehdy vyplynulo dnešní řešení největších vodních staveb na Vltavě, jako jsou přehrady Slapy a Orlík na střední Vltavě a Lipno na horní Vltavě. Při výstavbě Slapské přehrady došlo k přelomu v otázce plavby, která do té doby byla hlavním důvodem úprav na toku.

Se stavbou prvního stupně budoucí Vltavské kaskády bylo započato až v r. 1930, jednalo se o jez s plavební komorou u Vraného nad Vltavou, který byl dokončen roku 1935. V letech 1937 – 1945 následovala přehrada u Štěchovic, dále vodní dílo Slapy v letech 1949 – 1955, a následně několik stupňů, budovaných téměř současně: Lipno I a Lipno II (1952 – 1959), největší přehrada v zemi Orlík (1956 – 1966) a její vyrovnávací stupeň Kamýk nad Vltavou (1956 – 1966).

Nejnovějšími stupni Vltavské kaskády vybudovanými v letech 1986 – 1991 jsou vodní díla Hněvkovice a Kořensko. Po vybudování jaderné elektrárny Temelín bylo nutné zabezpečit technologickou vodu výstavbou nádrže na Vltavě. S ohledem na výrazné změny průtoku pod vodním díla Hněvkovice způsobované provozem vodní elektrárny bylo pod soutokem Lužnice s Vltavou vybudováno vodní dílo Kořensko. Jeho účelem je především stabilizace hladiny vody v Týně nad Vltavou. [13, 43]

6.2. Současná situace na toku

Vodní hospodaření na Vltavě umožňuje ovlivnit i splavnost Labe pod Mělníkem. V současné době má osobní lodní doprava na Vltavě charakter spíše turistický. Některé lodě stále jezdí na pravidelných linkách, které lze považovat za součást městské dopravy. Největší oblibě se však samozřejmě těší výletní plavby z Prahy na Slapy či z Prahy do Mělníka, a také okružní vyhlídkové plavby Prahou. Výletní a vyhlídkové plavby pak nabízejí provozovatelé osobní lodní dopravy i na umělých vodních plochách, vytvořených výstavbou přehrad Vltavské kaskády - na Lipně, na Orlíku a na Slapech. [42]

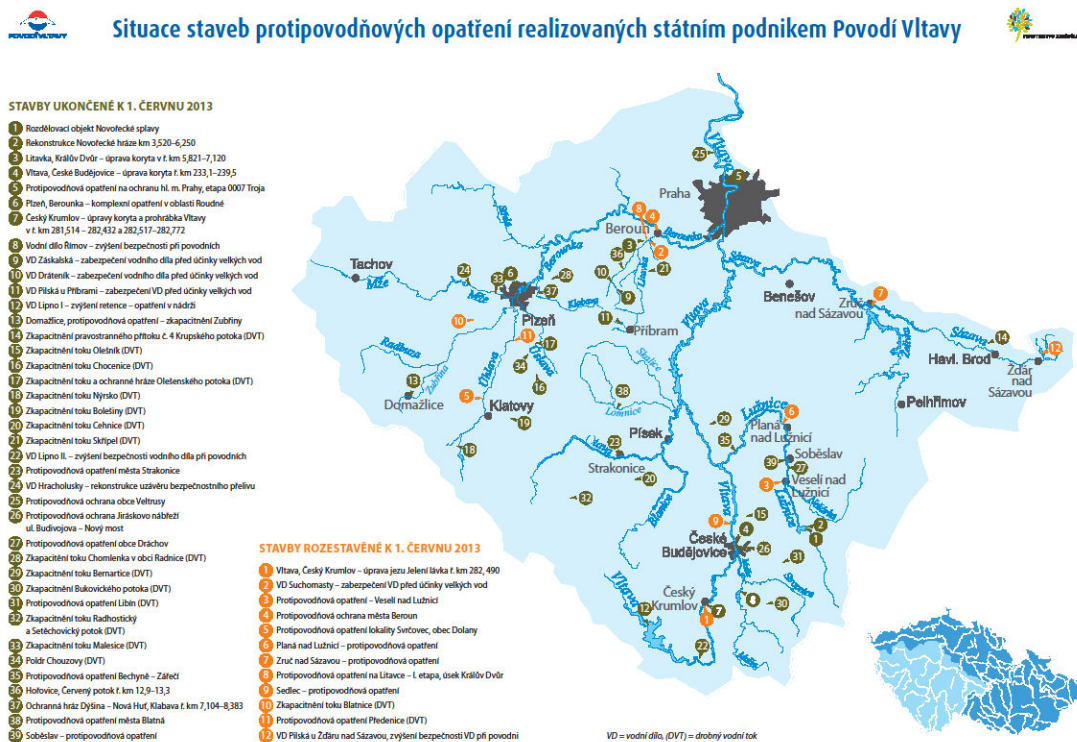
Zásadním krokem pro budoucí využití vltavské vodní cesty se stal projekt na splavnění Horní Vltavy v úseku České Budějovice po Hlubokou nad Vltavou, projekt je spolufinancován z Evropského fondu pro regionální rozvoj prostřednictvím

Operačního programu Doprava. V rámci projektu bylo realizováno několik konkrétních staveb, které umožňují rekreační plavbu v 33 km dlouhém úseku mezi Českými Budějovicemi a Týnem nad Vltavou. Realizace projektu zajistila plavební hloubky 1,6 m po celé délce, modernizaci jezů, stavby plavebních komor (jez Hněvkovice, hráz VD Hněvkovice, jez v Hluboké nad Vltavou a Českém Vrbném) a výstavbu koncového přístaviště Lannova loděnice. Vltava se tak plavebně napojila na nádrž vodního díla Orlická a tím se zároveň rozšířil turistický potenciál celého území v okolí přehradního jezera a řeky až do Českých Budějovic. Poslední práce by měly být dokončeny během roku 2014. [26, 42]

Dalším velkým problémem současné doby jsou protipovodňová opatření na toku. Během povodní v roce 2002 se stalo zřejmým, že Vltavská kaskáda není schopná zadržet tak velké množství vody. Velká pozornost se tak soustředí na manipulační řád Vltavské kaskády během povodňových situací. Kaskáda byla vybudována z hlediska povodňové ochrany tak, že může zadržet maximálně 20letou vodu. Při větších povodňových stavech napomáhá získávání času na přípravu na povodeň, na budování protipovodňových opatření a zavírání protipovodňových vrat na dolním toku Vltavy. Hlavním účelem Vltavské kaskády je výroba elektrické energie a vedlejšími přínosy je splavnění některých částí Vltavy, stabilizace hladiny pro odběr vody k průmyslovým účelům i pro výrobu pitné vody, vytvoření nových rekreačních míst. I proto se po povodni v roce 2002 pozornost soustředí především na různá opatření v zájmu zvýšení retenčního účinku v rámci celého povodí. [24,42]

V letech 2007 – 2013 se uskutečnil dotační Program podpory prevence před povodněmi, jehož cílem bylo snížení povodňových rizik v záplavových územích vodních toků. Program se zaměřuje na podporu opatření podél vodních toků, podporu zvyšování bezpečnosti vodních děl, zadržování vody v suchých nádržích na drobných vodních tocích, podporu vymezení záplavových území a studii odtokových poměrů povrchovou vodou. [42]

Obrázek č.1: Situace protipovodňových opatření v územní působnosti Povodí Vltavy



Zdroj: <http://www.pvl.cz>

6.3. Plánování a navrhované změny toku do budoucna

Plánování v oblasti vod je soustavná koncepční činnost, kterou zajišťuje stát, a to prostřednictvím pořizování Plánů hlavních povodí České republiky a Plánů oblastí povodí. Povodí Vltavy je pořizovatelem plánu v oblasti povodí Horní Vltavy, Dolní Vltavy a Berounky. Státní podnik Povodí Vltavy tyto plány zpracovává ve spolupráci s dotčenými Krajskými úřady, s Magistrátem hlavního města Prahy a ústředními vodoprávními úřady. Návrh Plánu oblasti povodí Vltavy je sestaven pro první šestileté plánovací období na léta 2010 až 2015.

V plánech bývají nejprve popisné informace o oblasti povodí, vymezení útvarů povrchových a podzemních vod a dále je zde provedena jejich typologie a kategorizace. Plány se dále zabývají monitoringem a hodnocením stavu povodí, posuzují úroveň ochrany před extrémními hydrologickými situacemi, jako jsou povodně a sucha, a hodnotí antropogenní vlivy na kvalitu vod. Další část se zabývá dopadem navržených opatření na stav vod a hodnotí úspěšnost navržených opatření. Na závěr se provádí ekonomická analýza.

Analitická řešení se zaměřují na hlubší charakterizaci a analýzu některých specifických oblastí povodí. Jedná se o srážko-odtokové poměry, typy a druhy povodní, variačního rozpětí hydrologických poměrů, splaveninového a plaveninového režimu. Analyzovány jsou i poměry zemědělských meliorací a plošný výskyt míst s urychleným odtokem a nedostatečnou mírou akumulace vody a následné poměry vodní eroze a plošné eroze. Na omezení plošné eroze bude především nutno zaměřit komplexní pozemkové úpravy, které mohou vést ke zlepšení současného stavu.

Celková zabezpečenost a stupeň ochrany před povodněmi jsou opatřeními navrhována tak, aby podle druhu osídlení skýtala před povodněmi ochranu u rozptýlené zástavby alespoň před vodou dvacetiletou, u středních měst padesátiletou a u soustředěné zástavby velkých měst, průmyslu a historických center před vodou stoletou. Se zvyšováním současné zabezpečenosti zemědělských pozemků před povodněmi se v nadcházejícím plánovacím období nepočítá. [25, 26, 42]

7. Průvodní zpráva

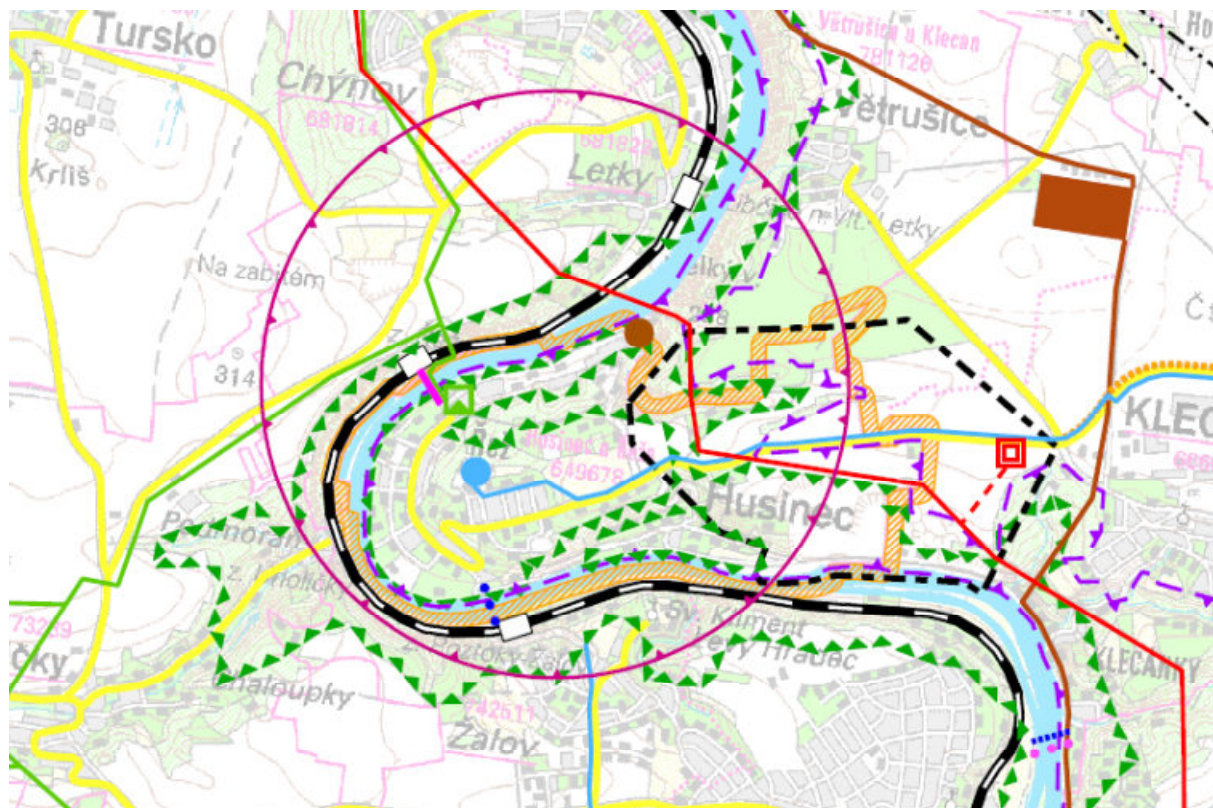
7.1. Vymezení zájmového území a vodního toku v tomto území

Obec Husinec se nachází v meandru Vltavy, a to na pravém břehu, severně od Prahy, Klecan a Roztok asi patnáct kilometrů od centra Prahy. Katastrální plocha obce je 2,98 km². Obec má dvě místní části, Husinec a Řež, které dohromady tvoří jediné katastrální území Husinec u Řeže. Místní část Husinec leží východně od Řeže. Většina zástavby obce Husinec i její obecní úřad jsou dnes na území Řeže. Obec má vypracován územní plán, strategický plán obce a povodňový plán obce s protipovodňovými opatřeními. [39, 40]

Zájmové území studie leží v oblasti dolního toku Vltavy mezi Mělníkem a Klecanami, ve výšce úrovně dna 152 – 170 m.n.m. Průměrný sklon podélného profilu údolí je 0,45 ‰. Hustota osídlení v úseku od Prahy po ústí do Labe dosahuje hodnoty 209 obyvatel/km². V horním úseku mezi Klecanami a Kralupami nad Vltavou je údolí řeky hluboké a sevřené, zaříznuté do algonkických břidlic se skalnatými, z části zalesněnými stráněmi. Záplavové území je zde poměrně úzké. Pod Kralupami se údolí začíná rozvírat nejprve vpravo v oblasti Veltrus a posléze řeka vstupuje na rozsáhlá rovinatá území Mělnické kotliny, tvořené aluviálními náplavami, kde se vlévá do Labe. Toto rovinaté území je charakterizováno značně širokými rozlivy až do vzdálenosti několika kilometrů od koryta. Zájmové území leží v dolním toku Vltavy pod všemi vodními díly Vltavské kaskády a průtoky v tomto území jsou ovlivněny manipulací v těchto vodních dílech. V zájmovém úseku nemá Vltava žádné významné přítoky. Významnými toky, které přitékají nad zájmovou oblastí, jsou Berounka a Sázava. Při povodních mohou svým průtokem významně ovlivňovat průtokové poměry v Praze a níže po toku. [4, 8]

Úprava rozšíření koryta Vltavy se nachází na pravobřežní části nivy přibližně jeden km pod Klecanským jezem a navazuje bezprostředně na plavební komoru, která je viditelná v příčném profilu číslo PF10. V oblasti, ve které dochází ke stavebním úpravám, nejsou žádné inženýrské sítě, ani sítě křížující tok či jakékoli další skutečnosti, které by tento projekt nějak komplikovaly.

Obrázek č.2: Výkres širších vztahů obce Husinec



stav	návrh	rezerva	
			hranice řešeného území
			dálnice
			silnice I. třídy
			silnice II. třídy
			silnice III. třídy
			železnice se stanicí, zastávkou
			vysokorychlostní železniční trať
			letišťe
			ochranná pásma letišťe
			letišťe - izofona 60 dB
			regionální biocentrum (RBC)
			regionální biokoridor (RBK)
			přírodní park Dolní Povltaví
			chráněné ložiskové území
			ochranné pásmo reaktoru
			vodní plochy
			přívaz
			most
			vedení VVN, transformovna
			plynovod VTL, regulační stanice
			ropovod a produktovod
			vodovodní přívaděš, vodojem
			čistírna odpadních vod
			odpadové hospodářství
			nadregionální biocentrum (NRBC) - schematický zakres
			nadregionální biokoridor (NRBK)
			ochranná zóna NRBC

Zdroj: <http://www.husinec-rez.cz>

7.2. Vodní dílo Klecany

Hlavním účelem stavby Klecanského jezu je zajištění plavebních podmínek, stabilizace minimální hladiny, spádových poměrů a využití hydroenergetického potenciálu. Jez se nalézá na 37,080 říčním kilometru a na 36,080 říčním kilometru jsou vybudovány dvě plavební komory.

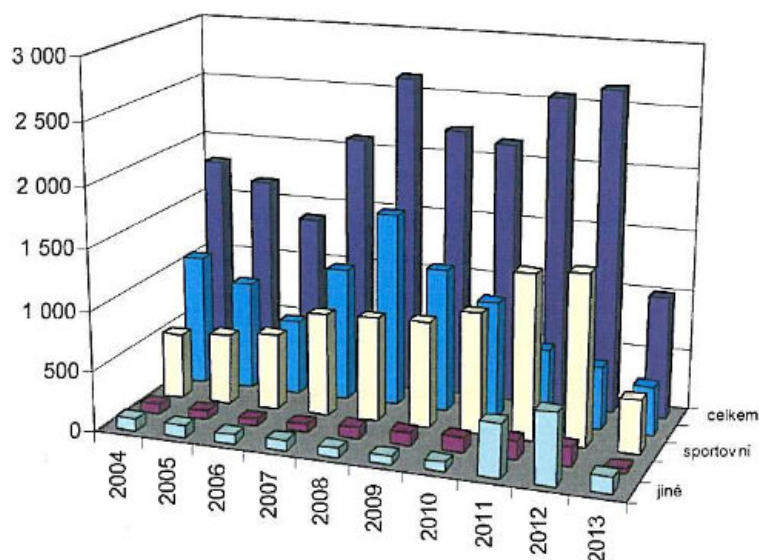
Užitná délka samotného jezu je 147m a skládá se ze tří hradících polí o max. výšce 3,3m. Klapky polí jsou ocelové a duté konstrukce podpírané dvěma hydraulickými válci. Zatopená plocha jezové zdrže dosahuje až 88 ha, kdy je průměrná hloubka 3m a šířka toku 160m. Kapacita jezu je 650 m³. Nominální vzdutá hladina Klecanského jezu se pohybuje do průtoku 400 m³.s⁻¹ na kótě 175,00 m n. m., pokud dojde k překročení průtoku a klapky se sklopí, dosahuje kóta výšky 174,70 m.n.m. s tolerancí +20 cm, -10 cm. Přepadová energie se tlumí ve vývaru o délce 12,40 m a kótě dna 169,55 m.n.m. Při pravém břehu je vystavěna malá vodní elektrárna, která je osazena dvěma turbínami typu SemiKaplan HydrohromSSK o maximální hltnosti 21 m³/s a maximálním výkonu 482 kW. Průměr oběžného kola je 2300 mm a dosahuje 125 otaček/min. Tento typ turbíny se nejčastěji osazuje do malospádových vodních elektráren.

Plavební kanál Zdymadla Klecany – Roztoky byl vystavěn při levém břehu a má délku 950 m, jeho šířka ve dně dosahuje 20m a plavební hloubka 2,5m. Pomocí plavebních komor je překonáván výškový rozdíl 3,9 m. K poslední rekonstrukci komor došlo ke konci 80. let, kdy získali současnou podobu. Komory jsou vybaveny svislými stěnami z ocelových štětovic a horní vzpěrná vrata jsou osazena hydraulicky ovládanou klapkou. Užitná délka malé komory je 58,50 metrů. Malá plavební komora má svislé stěny ze žlutých kvádrů a odlážděné dno. Velká komora byla vystavěna z larsenových štětových stěn, které jsou zaberaněny do dna a v horní části zakotveny. Stěny komor jsou opatřeny žebříky a na korunách mají vázací pacholata. Plněny a prázdněny jsou dlouhými obtokovými kanály s vyústěním ve štětové stěně nade dnem. Komory mohou být využity k převodu velkých vod od Q=800 m³/s. Doba plnění celé plavební komory sahá téměř k 9 min, doba prázdnění k 8min. Na levém břehu plavebních komor je umístěn velín, z něž se ovládají vrata a uzávěry plavebních komor. [4, 8, 63]

Ročně skrz vodní dílo Klecany propluje alespoň tisíc lodí ročně. Během roku 2012 to bylo až 2654 lodí. Většina lodí je nákladních nebo sportovních, vidí se zde ale i lodě osobní a další typy lodí. Graf s přesným počtem lodí je zobrazen níže.

Graf č.1: Znárodnění počtu proplavených lodí v letech 2004 - 2013

PK Roztoky - počet proplavených lodí 2004-2013



	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
□ jiné	101	100	77	83	73	68	78	438	576	133
■ osobní	78	79	55	66	94	106	122	152	159	43
□ sportovní	543	582	630	845	861	873	992	1357	1401	437
■ nákladní	1086	902	614	1103	1604	1186	960	614	518	398
■ celkem	1808	1663	1376	2097	2632	2233	2152	2561	2654	1011

Zdroj: www.pvl.cz

7.3. Přírodní charakteristiky území

7.3.1. Klimatické poměry

Z klimatického hlediska leží podle Quitta zájmové území v teplé klimatické oblasti T4. Teplá klimatická oblast má velmi dlouhé léto, které je velmi teplé a velmi suché. Přejídné období je velmi krátké, s teplým jarem a podzimem, zima je krátká, mírně teplá a suchá až velmi suchá s velmi krátkým trváním sněhové pokrývky.

Tabulka č.1: Charakteristika klimatické oblasti podle Quitta

Charakteristiky klimatické oblasti	T 4
Počet letních dnů	60 - 70
Počet dnů s prům. tepl. 10 ° C a více	170 - 180
Počet mrazových dnů	100 - 110
Počet ledových dnů	30 - 40
Průměrná teplota v lednu	- 2 až -3
Průměrná teplota v červenci	19 - 20
Průměrná teplota v dubnu	9 – 10
Průměrná teplota v říjnu	9 - 10
Prům. počet dnů se srážkami 1 mm a více	80 - 90
Srážkový úhrn ve vegetačním období	300 - 350
Srážkový úhrn v zimním období	200 - 300
Počet dnů se sněhovou pokrývkou	40 - 50
Počet dnů zamračených	110 - 120
Počet dnů jasných	50 - 60

Zdroj: Quitt: *Klimatické oblasti Česko-slovenska*, 1971

7.3.2. Hydrologické poměry

Český hydrometeorologický ústav poskytuje celou řadu pozorovaných i odvozených dat.

Hydrologické pořadí v České republice je systém hydrologické rajonizace stanoven vyhláškou Ministerstva zemědělství č. 292/2002 Sb., o oblastech povodí.

N-leté průtoky (Q_N) patří mezi základní standardní hydrologické údaje povrchových vod. N-letý průtok je takový, který je dosažen nebo překročen v dlouhodobém průměru jednou za N-let.

M-denní průtoky patří dle normy ČSN 75 1400 „Hydrologické údaje povrchových vod“ mezi základní hydrologické údaje a pro libovolný profil říční sítě jsou poskytovány Českým hydrometeorologickým ústavem (ČHMÚ). Hodnoty M-denních průtoků jsou dle zákona 254/2001 Sb. a související Vyhlášky MZe 432/2001 Sb. nutné jako doklad pro vydání povolení k nakládání s povrchovými nebo podzemními vodami. [50]

Tabulka č.2: Hydrologické údaje povodí

Vodní tok	V l t a v a		
Číslo hydrologického pořadí	1 - 12 - 02 - 0170		
Profil	jez Klecany – pod plavební komorou		
Plocha povodí A	27 288,03	km ²	

Dlouhodobá průměrná roční výška srážek na povodí P_a	660	Mm	
Dlouhodobý průměrný průtok Q_a	149	m ³ .s ⁻¹	třída II.

M-denní průtoky Q_{Md}													m ³ .s ⁻¹	
30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	355	364	tř	
335	232	180	147	122	103	87,4	73,9	61,9	50,7	40	40	40	II.	

N-leté průtoky Q_N								m ³ .s ⁻¹
1	2	5	10	20	50	100	třída	
866	1230	1780	2250	2750	3470	4060	II.	

Zdroj: ČHMÚ

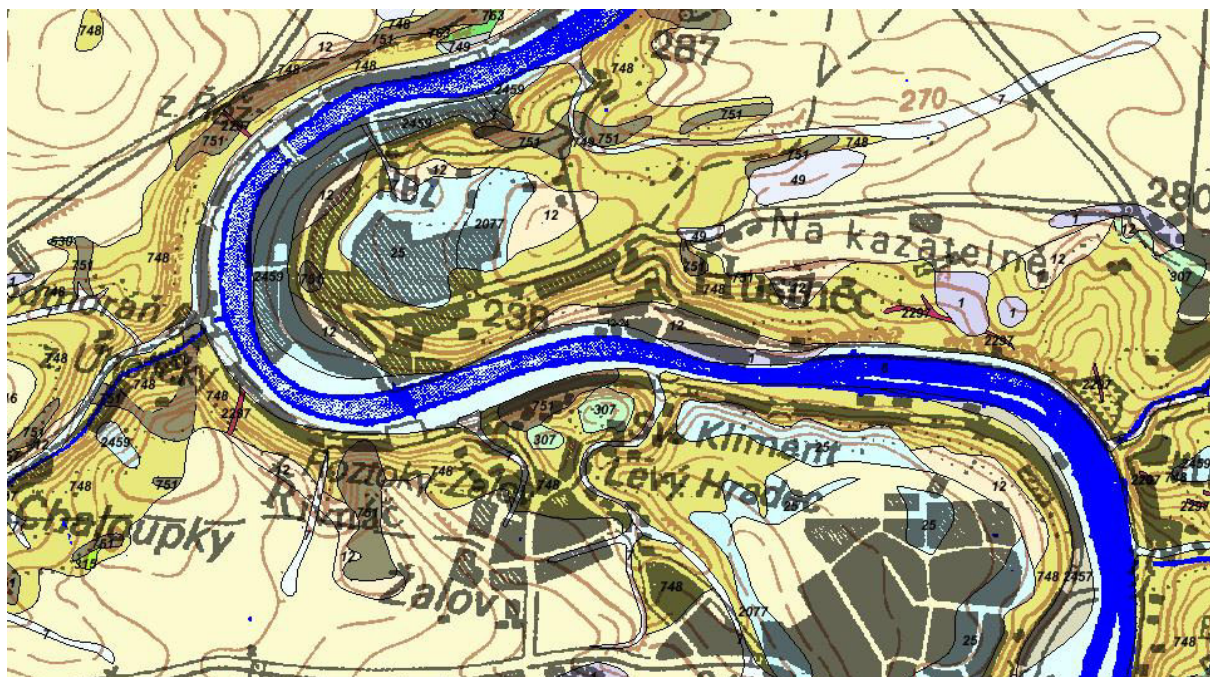
7.3.3. Geologické, pedologické a hydrogeologické poměry

Zájmové území je součástí údolní nivy řeky Vltavy, při jižním okraji obce Husinec. Předkvartérní podklad tvoří břidlice, prachovce a droby kralupsko-zbraslavské skupiny hornin z období mladšího proterozoika.

Právě droba je těžena v lomu severně od zájmového území. Je dosti odolná proti mechanickému zvětrávání. Při svém povrchu je však značně rozpukána a rozpadlá do úlomků. Těžené kamenivo se drtí dle frakcí a používá se jako zásypový materiál, štěrkodrtě i lomový kámen.

Bazální polohu kvartérního pokryvu tvoří fluviální náplavy Vltavy z pleistocenního období (starší část čtvrtohor). Je to převážně písčitoštěrkovitá zemina s malou příměsí jemnozrnných zemin. Písčité štěrky (štěrků > 50 %), resp. štěrky s příměsí písků, jsou převážně špatně zrněné. Dosahují mocnosti > 4,50 m. [30, 34]

Obrázek č. 3: Geologická mapa zájmového území



NEOPROTEROZOIKUM

droby, prachovce [ID: 748]
 Eratém: proterozoikum, Útvar: neoproterozoikum, Skupina: kralupsko-zbraslavská skupina, Horniny: droba, prachovec, Typ hornin: sediment zpevněný, Poznámka: skluzové sedimenty, Soustava: Český masív - krystalinikum a prevariské paleozoikum, Oblast: střeodočeská oblast (bohemikum), Region: Barrandián, Jednotka: proterozoikum Barrandienu, Subjednotka: kralupsko-zbraslavská skupina

KENOZOIKUM

KVARTÉR

nívný sediment [ID: 6]
 Eratém: kenozoikum, Útvar: kvartér, Oddělení: holocén, Horniny: hlína, písek, štěrk, Typ hornin: sediment nezpevněný, Zrnitost: hlína, písek, štěrk, Poznámka: inundovaný za vyšších vodních stavů, Soustava: Český masív - pokryvné útvary a postvariské magmatity, Oblast: kvartér

MEZOZOIKUM

KŘÍDA

písečité slínovce až jílovce spongilitické, místy silicifikované (opuky) [ID: 307]
 Eratém: mezozoikum, Útvar: křída, Oddělení: křída svrchní, Stupeň: turon, Podstupeň: turon spodní, turon střední, Souvrství: bělohorské, Poznámka: pásmo IIIb, Horniny: slínovec písečný, jílovec spongilitický, Typ hornin: sediment zpevněný, Poznámka: spongilitický, silicifikovaný, Soustava: Český masív - pokryvné útvary a postvariské magmatity, Oblast: křída, Region: Česká křídová pánev, Jednotka: vítkovo-berounský vývoj, orlicko-žďárský vývoj

KENOZOIKUM

KVARTÉR

písek, štěrk [ID: 2077]
 Eratém: kenozoikum, Útvar: kvartér, Oddělení: pleistocén, Suboddělení: pleistocén střední, Stupeň: gүнz, Poznámka: Gүнz nižší, Horniny: písek, štěrk, Typ hornin: sediment nezpevněný, Mineralogické složení: pestré, Zrnitost: písek, štěrk, Soustava: Český masív - pokryvné útvary a postvariské magmatity, Oblast: kvartér

KENOZOIKUM

KVARTÉR

píščito-hlinitý až hlinito-písečný sediment [ID: 12]
 Eratém: kenozoikum, Útvar: kvartér, Horniny: píščito-hlinitý až hlinito-písečný sediment, Typ hornin: sediment nezpevněný, Mineralogické složení: pestré, Zrnitost: píščito-hlinitý až hlinito-písečný, Barva: různá, Poznámka: často polygenetické, Soustava: Český masív - pokryvné útvary a postvariské magmatity, Oblast: kvartér

KENOZOIKUM

KVARTÉR

spraš a sprašová hlína [ID: 16]
 Eratém: kenozoikum, Útvar: kvartér, Oddělení: pleistocén, Suboddělení: pleistocén svrchní, Horniny: spraš, sprašová hlína, Typ hornin: sediment nezpevněný, Mineralogické složení: křemen + příměsi + CaCO₃, Barva: okrová, Poznámka: místy klastická příměs, Soustava: Český masív - pokryvné útvary a postvariské magmatity, Oblast: kvartér

Zdroj: www.geology.cz

Z důvodu odstranění pravé části břehu koryta, byl v tomto místě vytvořen inženýrsko-geologický průzkum. Průzkum se zaměřil na zjištění těžitelnosti zemin, stanovení zrnitosti zemin a posouzení možnosti druhotného využití těžených materiálů. Mimo původních hornin, je zde také popsán materiál navezený do jámy vzniklé při povodních v roce 2002.

Obrázek č.4: Protipovodňové opatření v k.ú. Husinec



Zdroj: Závěrečná zpráva – Inženýrsko-geologického průzkumu protipovodňového opatření v Husinci

Podle inženýrsko-geologického průzkumu tvoří kvartérní pokryv navážky v mocnosti 1,85 m (HUJV 3) až 3,20 m (HUJV 1). Navážky jsou tvořeny netříděným lomovým kamenem (úprava stávajícího terénu po poslední povodni v roce 2002), různě přemístěné povodňové náplavy (opět při úpravě terénu po povodni) charakteru hlinitých jemných až středních písků s hojnou organickou příměsí a cca 6 – 7000 m³ kmenů stromů, jimiž byla po povodni zavezena prohlubeň, která vznikla vodní erozí řeky při nadlimitních průtocích vody. Tato prohlubeň (dle pamětníků) je někde mezi vrty HUJV 2 a 3, a její rozměry jámy jsou: délka cca 100 metrů, šířka cca 40 metrů a hloubka vymletí 1,5 – 2,5 m.

Pod tímto recentním komplexem zemin a organické hmoty, jsou holocenní povodňové hlíny (silty) v mocnosti 0,4 m (HUJV 3) až 0,7 m (HUJV 2). Při povodni byly místy tyto hlíny odplaveny a následně nahrazeny navážkami.

Souvislá zvodeň podzemní vody je vázána na průlinové prostředí pleistocenních písčitých štěrků. Zvodeň má volnou hladinu, která přímo koresponduje se stavem vody v řece. Místy je hladina stlačována málo propustnou polohou holocenních povodňových hlin. Průzkumnými pracemi bylo naraženo na hladinu v hloubce 2 m (HUJV 2) až 3 m (HUJV 1), ustálila se v hloubce 2,0 m (HUJV 2) až 2,85 m (HUJV 1). [30]

7.3.4. Geotechnické poměry a vytěžitelnost zemin

Jednotlivé druhy zemin, zjištěné průzkumnými vrtvy, byly zařazeny do tříd a posouzeny jejich kvalitativní znaky dle ČSN 73 1001. Na základě zatřídění dle ČSN 73 3050 lze posoudit poměry těžitelnosti zemin.

Z provedených vrtů plyne:

- mocnost navážek kolísá v rozmezí 1,80 m (HUJV 3) až 3,20 (HUJV 1)
- navážky jsou tvořeny převážně netříděným lomovým kamenem a z lomových výsypků z nedalekého lomu. Velmi podřadně pak z hlinitých materiálů.
- pod navážkami jsou povodňové hlíny v mocnosti 0,40 m (HUJV 3) až 0,7 (HUJV 2)
- hlíny (silty) jsou nasyceny vodou. Mají převážně konzistenci měkkou
- pod povodňovými hlinami jsou fluviální písčité štěrky a štěrky s příměsí písku a místy i s jemnozrnnými zeminami
- štěrky mají velikost do 10 cm, ojediněle i větší (do 30 cm)
- v území vrtů HUJV 1 a 2 budou v hloubce ≥ 5 m těženy sutě tmavých drob s častějšími kameny o velikosti > 10 cm

Těžitelnost zemin

Při odtěžování pravého břehu doporučujeme navážky a povodňové hlíny odtěžit cca 0,1 m nad hladinu podzemní vody.

V této etáži lze předpokládat:

- Odtěžení dřevní hmoty (kmenů stromů v rozsahu 6 – 7 tisíc metrů krychlových v ceně nakládky
- Odtěžení kamenitých navážek a hlin v průměrné mocnosti 2,30 m

Z 85 %	ve třídě	3	dle ČSN 73 3050
Z 15 %	ve třídě	5	dle ČSN 73 3050

- Odtěžení povodňových hlin v průměrné mocnosti 0,5 m ve třídě 2.

Druhou etáž bude tvořit těžba písčitých štěrků a štěrků (těženo z vody) ve třídě 3. do hloubky cca 5 m (od stávajícího povrchu území), hlouběji pak těžba sutí ve třídě 5.

Využitelnost zemin

1). Zeminy z I. Etáže:

- Kamenitý materiál s nevýraznými polohami hlín - Při těžbě na jeden záběr dojde k promísení zemin, lze využít do násypů i aktivní zóny a zpevněných ploch, zásypů podzemních vedení i násypů, jež budou tvořit základovou půdu drobných objektů – zemina však musí být zhutněna
- Povodňové hlíny selektivně odtěžené nelze využít. Smíšené s kamenitou zeminou bude kamenitá zemina znehodnocena.
- Dřevní hmota (bude-li očištěna) bude využitelná pouze podrcením na štěp do spaloven

2). Zeminy z II.etáže

- Jsou využitelné v plném rozsahu do betonových směsí (po granulaci a eventuálním podrcení), konstrukcí vozovek, zpevněných ploch, pod podlahami i jako sanační zeminy apod. [30]

7.4. Územní plán obce Husinec

Dne 1.7.2010 došlo k nabití účinnosti aktuálního Územního plánu obce Husinec.

Území spadá do hydrologických pořadí:

- Vltava (Klecanský potok), ČHP 1-12-02-017
- Vltava (bezejmenná vodoteč), ČHP 1-12-02-019

V zájmovém území je nutné umožnit správě toku péči o koryta vodních toků v jejich manipulačním pásmu, které je v šířce 10 m podél toku. Dále se v manipulačním pásmu musí udržovat zóna nezastavěného území. Pokud bude správce vodního toku při výkonu správy vodního toku požadovat pro nezbytný

přístup k vodnímu toku užívání pozemků sousedících s korytem vodního toku, pak po předchozím projednání s vlastníky pozemků může jejich pozemků užívat.

Nezbytná je rovněž ochrana území před ohrožením velkými vodami. Uplatňuje se formou vymezení zaplavovaných území toků. V řešeném území bylo vymezeno zaplavované území Vltavy při průtocích Q_{100} , Q_{50} , Q_{10} .

Na plochách nacházejících se v zaplavovaném území budou zřizovány stavby pouze takové, které v případě záplav nebudou bránit odtoku jako parkoviště, koncová plocha pro obnovu přívozu, sportovní plocha a plocha sloužící pro rozšíření Vltavy. Dle územního plánu je zde již počítáno s rozšířením koryta pro snížení povodňových rizik.

V řešeném území se eviduje zóna zasažení v případě vzniku mimořádných událostí. Řešené území je ohrožováno zvláštní povodní při protržení hráze vodohospodářského díla Orlík. Rozsah zátopy není znám. Vzhledem k tomu, že obec Husinec je situována na břehu Vltavy, není možno zabránit ohrožení části stávající zástavby při zvláštní povodni.

Obec má zpracovaný povodňový plán a vlastní povodňový plán má zpracován Ústav jaderného výzkumu a.s. Řež. Obec má také vytvořený evakuační plán v případě ohrožení.

V místní části Řež v oblasti sídliště je částečně vybudována oddílná gravitační kanalizační síť. Odpadní vody jsou touto kanalizací odváděny na ČOV v areálu ÚJV (mimo řešené území). Kal z ČOV je odtud je vypouštěn na kalová pole. Ostatní obyvatelé Řeže a obyvatelé Husince mají odpadní vody akumulované v bezodtokových odpadních jímkách, které jsou vyváženy na ČOV ÚJV Řež. Do budoucna bude provedena dostavba nové kanalizační sítě. Dešťové vody jsou částečně odváděny dešťovou kanalizací a částečně systémem příkopů, struh a propustků do místní vodoteče.

Územní systém ekologické stability krajiny (dále jen "systém ekologické stability" dle zákona č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny je vzájemně propojený soubor přirozených i pozměněných, avšak přírodě blízkých ekosystémů, které udržují přírodní rovnováhu. Hlavními cíli ÚSES je zachování přirozeného geofundu krajiny, udržení a podpora biodiverzity a vytvoření ekologicky stabilních území. Řešená oblast se nalézá v nadregionálním biocentru NRCB 2001 Údolí Vltavy. Jedná se o významné krajinné celky. Zahrnuje pouze přírodní plochy bez zastavěného území. Je zde cíl nechat přirozenou sukcesí a chránit toto území od turistické devastace. V území se dále uplatňuje krátký úsek lokálního biokoridoru LBK 10 V Lobči a lokální biocentrum LBC 13 V Lobči. [40]

7.5. Povodňový plán obce Husinec

Povodňový plán řeší opatření potřebná pro včasný a ověřený přenos informací o možnosti povodňového nebezpečí. Tyto informace následně vedou k přerušení provozní a jiné činnosti, pro zmírnění povodňových škod, pro provedení včasné evakuace, a tím zabránění zejména ztrát na lidských životech, ke kterým by mohlo dojít zaplavením části obce Husinec – Řež velkými vodami.

Obec Husinec – Řež je poměrně značně ohrožena, včetně některých komerčních objektů, a to z 99,5% Vltavy. Částečné ohrožení je z bezejmenných drobných vodotečí ve správě obce Husinec – Řež. Řídicím vodočtem pro ochranu části správního území je limnigraf Praha – Malá Chuchle.

Hodnoty hladin velkých vod jsou stanoveny pouze na Vltavě a to pro průtoky o velikosti Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{2002} . Povodeň 08/2002 byla pro sledovaný profil hodnocena jako povodeň cca Q_{500} . Z hlediska možnosti výskytu zimních tzv. "ledových" povodní, způsobených ledovými jevy většinou při relativně nízkém průtoku není obec prakticky ohrožena. Obec je také ohrožena povodněmi způsobené porušením hrází vodních děl (zejména Orlík, Slapy a vodního díla Švihov). Pro hodnocení povodňové ochrany nelze pominout vliv nádrží celé Vltavské kaskády na transformaci jednotlivých povodní, a tím zvýšení ochrany území obce Husinec. Je nutné při tom ovšem upozornit, že tento ochranný vliv se projevuje při povodni do hodnoty maximálně cca Q_{10} .

Pro zatápění některých objektů v územním celku obce Husinec jsou rozhodující hladiny nad Dolanským (Libčice) a pod Klecanským jezem, v ř.km. cca 37,08 – 27,370. Nominální hladina Klecanského jezu „0“ má do průtoku $400 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ kótu 175,00 m n. m. s tolerancí +20 cm, -10 cm, od průtoku $400 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ výše kótu 174,70 m n. m. s tolerancí +20 cm, -10 cm. Nominální hladina Dolanského jezu „0“ má kótu 172,10 m n. m. s tolerancí +10 cm, -30 cm. Toto ustanovení platí do vyčerpání kapacity jezů (vyhrazení), u jezu Klecany cca $650 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, u jezu Dolany cca $1100 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

Rozsah opatření prováděných při řízení ochrany před povodněmi se vyjadřuje třemi stupni povodňové aktivity, přičemž stupni povodňové aktivity se rozumí míra povodňového nebezpečí vázaná na směrodatné limity, jimiž jsou zpravidla: srážky, vodní stavy nebo průtoky v hlásných profilech na vodních tocích.

1. první stupeň (stav bdělosti) nastává při nebezpečí přirozené povodně a zaniká, pominou-li příčiny takového nebezpečí. Vyžaduje věnovat zvýšenou pozornost vodnímu toku nebo jinému zdroji povodňového nebezpečí, zahajuje činnost hlásná a hlídková služba.

2. druhý stupeň (stav pohotovosti) se vyhláší v případě, že nebezpečí přirozené povodně přerůstá v povodeň. Vyhláší se také při překročení mezních hodnot sledovaných jevů a skutečností na vodních dílech z hlediska jeho bezpečnosti. Aktivizují se povodňové orgány a další účastníci ochrany před povodněmi, uvádějí se do pohotovosti prostředky na zabezpečovací práce, provádějí se opatření ke zmírnění průběhu povodně podle povodňového plánu.

3. třetí stupeň (stav ohrožení) se vyhláší při nebezpečí vzniku škod většího rozsahu, ohrožení životů a majetku v záplavovém území. Vyhláší se také při dosažení kritických hodnot sledovaných jevů a skutečností na vodních dílech z hlediska jeho bezpečnosti současně se zahájením nouzových opatření. Provádějí se zabezpečovací a podle potřeby záchranné práce nebo evakuace.

Dne 18.3.2014 proběhla v obci Husinec u Řeže povodňová prohlídka břehu v katastrálním území Husinec u Řeže. Během průběhu povodně v červnu 2013 byly zjištěny nepřesnosti v záplavovém plánu, neboť u záplavového území Q_{100} v části obce bylo zaplaveno významně širší území s obytnými domy, než bylo předpokládáno v povodňovém plánu. Příčinou může být chybné zaměření profilu území. Dokumentace byla předána Povodí Vltavy. V současné době jsou připravovány nové podklady pro vyhlášení aktualizace záplavových území, které by měly být přesnější a uvedené nesrovnalosti by měly vyřešit. V návaznosti na jejich stanovení příslušným vodoprávním úřadem je třeba následně aktualizovat povodňový plán obce. [39]

7.6. Povodňové situace v zájmovém území

K vybřežení vody dochází již při průtocích $700 - 800 \text{ m}^3/\text{s}$, ta však nepůsobí značné škody. Nebezpečný průtok nastává od Q_5 , kdy průtok dosahuje cca $1600 \text{ m}^3/\text{s}$. Při povodni v letech 2002 došlo dokonce k zatopení lomu situovanému před obcí.

V záplavovém území se nachází 46 domů, 20 chat a 90 trvale žijících obyvatel. V období sezóny se počet zvýší cca 110 -150. Byla vyčíslena kvantifikace možných škod při průtocích Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{2002} . Vyčíslení škody bylo provedeno v korunách na jednotku zaplavené plochy. Jako podklad posloužily záznamy ze škod při povodni roku 2002. Dále došlo k výpočtu počtu ohrožených osob při jednotlivých průtocích. Tato kalkulace vychází z údajů z roku 2001 o počtu obyvatel od českého statistického úřadu, kdy v obci bydlelo 852 obyvatel. Škoda při jednotlivých průtocích je $120 \text{ Kč}/\text{m}^2$. [8]

Jak již bylo zmíněno, Státní podniky Povodí vypracovávají Povodňové plány. Z hlediska škod a důležitosti předpokládá povodňový plán v úseku Vltavy, který prochází obcí Husinec tyto typy přirozených povodní v pořadí:

1. letní povodně způsobené dlouhotrvající dešti
2. zimní a jarní povodně
3. letní povodně způsobené krátkodobými dešti
4. zimní povodně, způsobené ledovými jevy

Z hlediska zvláštních povodní by se na zájmovém území obce Husinec mohly vyskytnout povodně způsobené narušením vzdouvacího tělesa vodního díla, poruchou hradících konstrukcí výpustných zařízení vodních děl nebo selhání řídicích systémů hradících konstrukcí. [8, 39]

Tabulka č.3: Škody způsobené povodněmi v obci katastrálním územím Husinec u Řeže

	Škoda [mil/Kč]	zaplavená zastavěná plocha [m ²]	Počet osob ohrožených při průtoku
Q5	4.11	34100	30
Q20	7.21	59900	53
Q100	12.7	100200	89
Q2002	41	340500	90

Zdroj: DHI Hydroinform, 2005: Studie srážkoodtokových poměrů v úseku Mělník - Klecany

7.7. Vlastnické poměry a popis pozemků

Pozemky vybrané k úpravě se nachází v aktivní záplavové zóně. Dělí se na pozemky přímo dotčené stavbou a pozemky s ní sousedící. Převažují zde ostatní plochy se způsobem využitím neplodných půd a dobývacího prostoru. V oblasti Husinec se nalézají ložiska stavebního kamene se stanovenými dobývacími prostory a chráněným ložiskovým územím. Kamenolom v námi dotčeném území s číslem DP 700075 ve správě Lom Klecany s.r.o., je využíván k těžbě drceného kameniva. Přímo dotčené pozemky jsou dle katastru nemovitostí majetek České Republiky a ve správě Povodí Vltavy. Největší část pozemků sousedících má ve vlastnictví obec Husinec a Lom Klecany s.r.o. Zbylé menší sousední pozemky patří soukromým osobám.

Tabulka č.4: Pozemky sousedící a dotčené stavbou, jejich druh a způsob využití

Pozemky	č.p.	druh pozemku	způsob využití
dotčené: k.ú. Husinec u Řeže	490/2	ostatní plocha	neploďná půda
	490/3	vodní plocha	koryto vodního toku přirozené nebo upravené
	490/12	vodní plocha	koryto vodního toku přirozené nebo upravené
sousedící: k.ú. Husinec u Řeže	59/1	ostatní plocha	dobývací prostor
	57/1	ostatní plocha trvalý travní porost	dobývací prostor
	55/2	porost	
	54/2	ostatní plocha	neploďná půda
	54/1	ostatní plocha	neploďná půda
	53	ostatní plocha	neploďná půda
	46	ostatní plocha	neploďná půda
	45	ostatní plocha	neploďná půda
	38	ostatní plocha	manipulační plocha
	37/3	ostatní plocha	neploďná půda
	37/1	ostatní plocha	neploďná půda
59/2	ostatní plocha	dobývací prostor	

Zdroj: Katastrální úřad

8. Úprava toku v úseku Žalov – Husinec v ř. km 35.1 – 36.0

Tato práce se zabývá rozšířením koryta Vltavy v úseku Žalov – Husinec v říčním km 35.1 – 36. Tento úsek je součástí Studie odtokových poměrů v úseku Mělník – Klecany. Jedná se o komplexní studii, jejímiž hlavními cíly bylo zmapování současného stavu území s ohledem na srážkoodtokové poměry, posouzení povodňových rizik, shromáždění informací o všech prováděných či plánovaných aktivitách v záplavovém území a posouzení jejich agregovaného vlivu na odtokové poměry Vltavy. Mezi připravovaná protipovodňová opatření patří rozšíření plavební úžiny Husinec v ř.km 35.1 – 36.0, která tvoří zúžený profil vodního toku. Tato práce se zabývá právě korekcí pravého břehu, zahrnující rozšíření koryta včetně prohrábky dna koryta řeky. Rozšíření koryta v tomto úseku je součástí protipovodňových opatření a zlepšení odtokových podmínek. Studie předpokládá zlepšení odtokových podmínek při průtocích nižších než Q_{20} . Zlepšení podmínek se skutečně projeví až po uskutečnění všech návrhových opatření na dolní Vltavě.

8.1. Protipovodňová opatření jako důvody k rozšíření koryta v úseku Žalov – Husinec

Hlavními cíli studie odtokových poměrů bylo zmapování a zhodnocení stavu odtokových poměrů v příslušném povodí a definování míst omezujících průtočnost. Pro posouzení potencionálních škod v územích ohrožených povodněmi byly kontaktovány i obce, které bývají povodněmi dotčeny, na jejichž základě proběhlo vymezení zastavěných území nechráněných nebo nedostatečně chráněných před povodněmi, kvantifikace osob a majetku ohrožených povodněmi. Pomocí hydrologických modelů došlo ke stanovení hodnot povodňových průtoků a kvantifikaci možných škod při selhání současných protipovodňových opatření. Na závěr analýzy je popis protipovodňových opatření navržených v územních plánech obcí, stanovení zásad a limitů pro přípravu a realizaci protipovodňových opatření pro území ohrožená povodněmi a pro příslušné části povodí.

V zájmovém území oblasti studie nejsou žádné významné retenční objemy. V celém úseku je koryto kanalizované a vyrovnané bez meandrů. V horním úseku mezi Klecanami a Kralupami nad Vltavou jsou inundační území malá a přirozená retenční kapacita toku je velmi nízká. Teprve v dolní části pod dálničním mostem D8 se území otevírá do široké rovinaté oblasti Mělnické kotliny a rozlivy zde mohou dosáhnout až několika kilometrů. Toto území je již z hlediska retence významné. Voda z této oblasti odtéká pouze úzkým hrdlem Labe v Mělníku čímž v okolí soutoku Vltavy a Labe vzniká poměrně rozsáhlá přirozená retenční nádrž.

Průtočná kapacita koryta v zájmovém území je v jednotlivých zdržích dána především kapacitou jezových objektů. K vyběření dochází teprve při průtoku 700 – 800 m³.s⁻¹. Při tomto průtoku však voda ještě nezpůsobuje škody. Nebezpečný průtok po celé délce zájmového území je přibližně od Q₅, kdy dokonce dochází k přelívání některých ochranných hrází v dolní části toku.

Na závěr lze protipovodňová opatření v úseku Klecany – Mělník rozdělit do dvou skupin. První jsou již realizovaná protipovodňová opatření jako uzavření podjezdů v době povodňového nebezpečí v Roztokách a Libčicích nad Vltavou, a dále ochrana protipovodňovými hrázemi v obcích jako Veltrusy, Všestudy-Dušníky, Dědibaby-Bukol-Kozárovice, Kozárovice-Oupor, Nad Lužcem, Pod Lužcem, Tlmoiva pod Lužcem, Zelčín – Vrbno, Pod Vrbnem, Hausmannova, Na Mrkvici-Hořinská. V druhé skupině jsou opatření navrhovaná, a to v různých fázích přípravy, od návrhů zapracovaných do územních plánů obcí po již zpracované projektové dokumentace. Jedná se o úpravu plavební úžiny Husinec a prohrádku dna v tomto úseku, uzavření dalších podjezdů pod tratí v Libčicích, korekci břehu a prohrádku v Chvatěrubech, protipovodňovou ochranu na obou březích města Kralupy nad Vltavou, ochranu zámku a zámeckého parku zámku Veltrusy, rekonstrukci zdymadla Miřejovice, korekci levého břehu u Starých Ouholic a protipovodňovou ochranu Zálezlic u Hořína. Samostatnou činností je průběžné zajišťování průtočné kapacity záplavových území prováděním pravidelnou provozní údržbou břehových porostů. [4, 8]

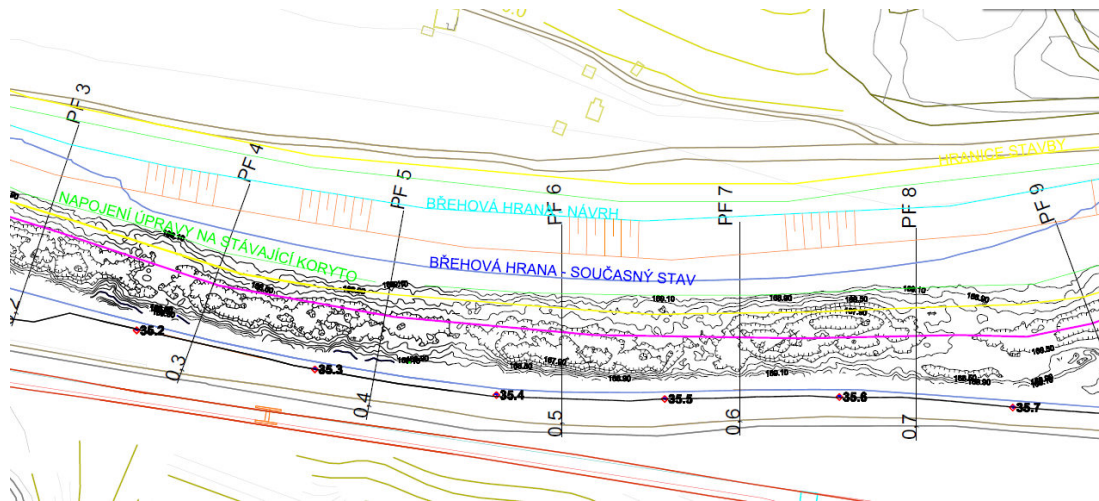
8.2. Popis úpravy úplného rozšíření koryta Vltavy v úseku Žalov – Husinec

Tato práce se zabývá projektem úplného rozšíření koryta v úseku říčního km 35.1 – 36.0. Úprava se úzce situuje na pravý břeh koryta Vltavy a nedochází tak k úpravě podélného profilu. Tato úprava je zaměřila na veškeré odstranění zeminy a úplné rozšíření koryta tak, aby v těchto místech docházelo k plynulému průchodu povodňových vod.

Nejprve byla vytvořena nová břehová čára. Koryto v úseku před úpravou a po úpravě má šířku přibližně 90 m. Odstranění části břehu je situované do míst tak, aby napojení úpravy na stávající břehy bylo plynulé, a šířka koryta byla v místě úpravy podobná jako v navazujících úsecích. Návrhová situace počítá s rozšířením koryta v PF 9 na 135m a postupným zužováním na 92 metrů u PF 1. Počáteční rozšíření koryta je způsobené navazující plavební komorou Klecany, která vyúsťuje právě zhruba na 0,85 km této úpravy. Rizikovým místem vzhledem k provádění velkých vod byl v původní situaci profil PF 5 – PF 6, neboť právě v tomto místě se projevoval vliv PF 4, který je se svými 64 metry nejužším místem úpravy, což

způsobovalo přehlcení kapacity koryta, a docházelo zde ke vzduť hladiny proti proudu toku. Navrhovaná opatření by měla sloužit k hladkému průtoku vod a ochránit tak co nejúčinněji zastavěnou část obce.

Obrázek č. 5: Návrhová situace s úplným rozšířením



Výkres č.2: Návrhová situace. Vytvořeno v programu AutoCAD

K upravené břehové čáře byly vytvořeny svahy břehů o šířce 20 m. Samotné svahy mají sklon 1:4 – 1:8. Svahy začínají na kótě dna 169.5 m. n. m. a končí na kótě 172 – 174.5 m. n. m. Výška svahů je tak přibližně 2,5 – 5 metrů. Na horní části úpravy je nový břeh na kótě 174 m. n. m. u příčného profilu PF 7 a PF 5 dokonce na 174.5 m. n. m. Teprve od PF 3 po PF 1 dochází ke snižování na 172 m.n.m. V místech, kde se střetává původní terén s terénem upraveným, vzniká čára napojení na stávající terén a ve vodním toku čára napojení na stávající dno. V okolí této úpravy během prací vznikne hranice stavby, ta je důležitá především ve vodním toku, kde během stavby vznikne štetovnicová stěna. Tato stěna by měla vzniknout co nejbližší ke břehům, aby nebránila průchodu vod ani lodní dopravě.

Jedná se o úpravu zaměřenou úzce na pravý břeh tak, aniž by byl upravován podélný profil. Podélný profil v tomto místě je průběžně upravován Povodím Vltavy, které zde v rámci zlepšení odtokových podmínek plánuje prohrádku koryta dna.

Příčný profil vodního toku má přibližně pravidelný miskovitý tvar. Příčný profil byl rozšířen od příčného profilu PF 2 po PF 10. PF 9 byl oproti původnímu korytu rozšířen o 25 metrů ze 110 m na 135 m. Nejužší místo původní situace bylo mezi profily PF 4 a PF 5, kde po úpravě došlo k rozšíření z původních 64 metrů na 94 – 97 metrů. Na dolní části úpravy, upravený břeh plynule přechází v původní, a tok se zde v PF 1 zužuje na 92 metrů.

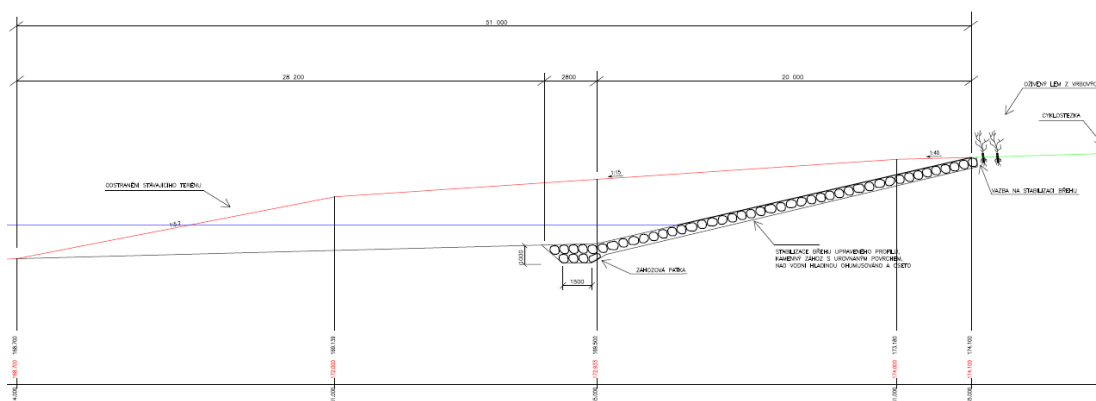
Pro stabilizaci břehu upraveného profilu je použit kamenný zához a pro stabilizaci paty svahu záhozová patka. Lomový kámen je materiál nejužívanější pro

pohozy a záhozy dna i břehů a pro stabilizační paty. Lomový kámen lze získat z nedalekého lomu Klecany. Vzhledem k tomu, že zároveň se svahy bylo v některých místech upravené i dno koryta toku, byla volena záhozová patka zapuštěná, která má za účel chránit svah proti zdeformování tvaru břehů. Svah břehu je zpevněn záhozem s urovnaným povrchem, nad hladinou průměrného průtoku je svah ohumusován a oset. Vazba na stabilizaci břehu je oživena lemem z vrbových řízků.

Osázení břehů vrbovými řízků by mělo být prováděno ve dvou řadách ve sponu 30 cm. Použité řízků by měli být použity z kvalitních prutů a keřovitě rostoucích druhů vrb. Řízků je nutno vložit do otvoru ve směru růstu pupenů. Prut by měl po zasazení vyčnívat 5 – 10cm nad terén.

Při osetí se nejprve na rozrušený urovnaný svah uloží vrstva humusu. Vrstva humusu, by měla být vysoká asi 5 -15cm. Následný výsev se provede ručně a to nejlépe v termínu od počátku dubna do konce srpna. Semena je potřeba do půdy zapravit zaválením. V prvních měsících je dle možností důležitá závlhka a přihnojení. Z hlediska zabránění nežádoucího rozvoje plevelů je nutná jedna až dvě odplevelovací seče po cca 8 – 12 týdnech od výsevu. Samotná ochranná funkce porostu pak působí nejdříve za 2 – 3 měsíce od výsevu, přičemž ochranou funkcí osevu je míněno zpevnění půdního povrchu a zabránění vzniku půdní eroze. K souvislému zatopení během vegetačního období by nemělo dojít po dobu delší než 14 až 21 dnů. [13, 21, 28]

Obrázek č. 6: Vzorový příčný řez



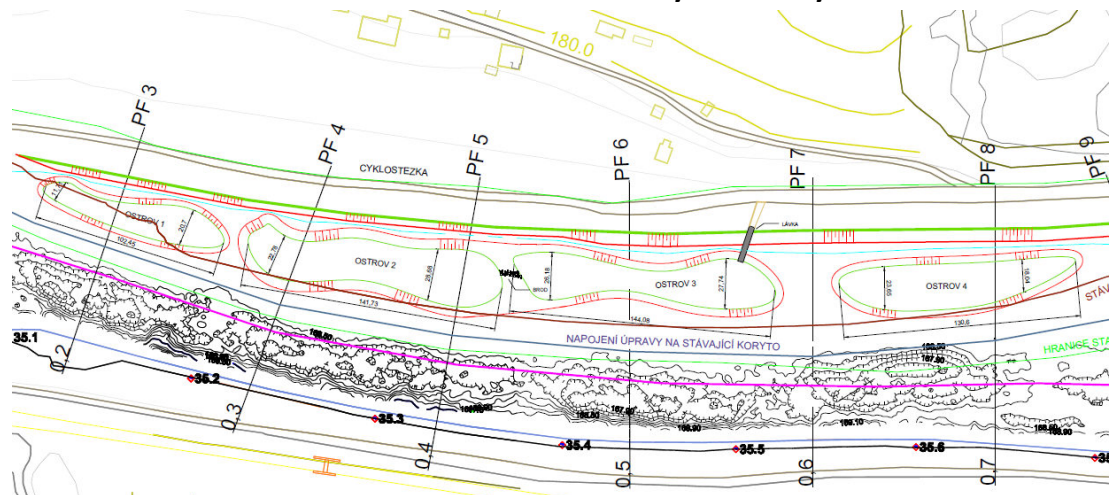
Výkres č. 6: Vzorový příčný řez. Vytvořeno v programu AutoCAD

8.3. Popis úpravy se začleněnými ostrovy v úseku Žalov - Husinec

Projekt úpravy koryta se začleněnými ostrovy byl zpracován Bc. Magdalénou Vytiskovou. Úprava probíhá na říčním kilometru 35.1 – 36.0. Jedná se o odtěžení části pravého břehu zužujícího příčný profil koryta. Podélný profil koryta zůstane nepozměněn, jelikož úprava se soustředí úzce jen na pravý břeh, přičemž úpravy budou hladce napojeny na stávající koryto.

V této návrhové situaci však nebyl odtěžen celý pravý břeh, ale z jeho části byly vytvořeny čtyři ostrovy. Ostrovy jsou navrženy ve vhodném hydraulickém tvaru. Při formování ostrovů došlo ke sražení části terénu, tak že při průchodu vyšších povodňových průtoků dojde k jejich zaplavení a nebudou nijak narušovat průchod povodňových vln. Nadmořská výška ostrovů je cca 171 m.n.m. Ostrovy č. 3 a č. 2 budou přístupné pro pěší. Na ostrov č. 3 vede pěší lávka. Ostrov č. 2 a č.3 je spojen brodem s mělčinou. Ostrovy od břehu odděluje boční koryto. Hloubka bočního koryta je kolem jednoho metru a umožňuje vznik různých biotopů, jeho šířka je proměnná zhruba od čtyř do pěti metrů. Ostrovy jsou různých velikostí, délka prvního ostrova je 102 metrů a šířka je od 12 do 22 metrů, délka druhého ostrova je 142 metrů a šířka je 23 – 29 metrů, délka třetího ostrova je 144 metrů a šířka je přibližně 15 až 27 metrů a poslední ostrov je o délce 131 metrů a šířce přibližně 18 až 23 metrů. Svahy toku jsou v místech mezi hlavním tokem a ostrovy mírné ve sklonech 1:4 – 1:6. [29]

Obrázek č. 7: Návrhová situace se začleněnými ostrovy



Zdroj: Vytisková M.: Diplomová práce

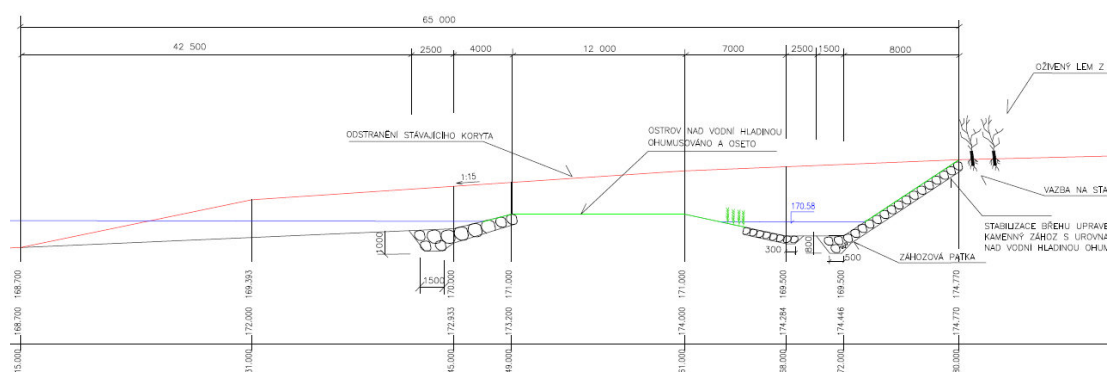
Jak již bylo řečeno, tak úprava se soustředila úzce na pravý břeh a nedošlo tudíž k pozměnění podélného profilu toku. Dno koryta toku by mělo, v rámci dalších protipovodňových opatření v tomto úseku, podstoupit prohrádku.

Ačkoli ostrovy zůstávají v místech původního břehu, koryto se rozšiřuje, neboť v rámci návrhu vzniklo koryto boční. Celkově je tak koryto rozšířeno

v nejužším úseku u PF 3 – PF 4 z 62 metrů na 93 – 97 metrů. Největší rozšíření však úprava skýtá v horní části, kde se tok rozšiřuje u PF 9 až na 133 metrů, což je způsobeno napojením plavebního díla Klecany na tento úsek. Ve střední části úpravy je koryto rozšířeno na 119 metrů, potom se pomalu zužuje a napojuje se na stávající břehy.

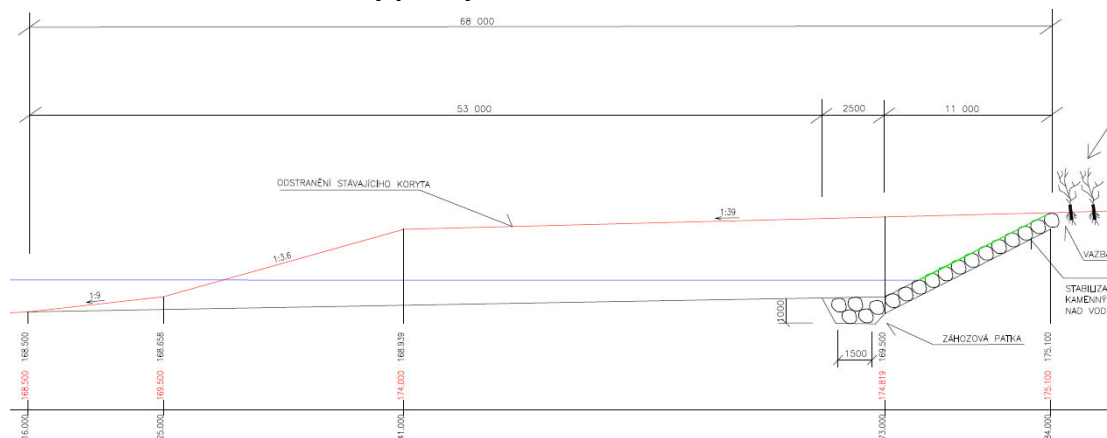
Opevnění břehů je ošetřeno kamenným záhozem. Hlavní koryto je opevněno záhozem z lomového kamene s urovnaným povrchem, nad hladinou průměrných průtoků je ohumusováno a oseto. Konec kamenného záhozu na rozhraní bočního koryta a břehů je oživen vrbovými řízký. Osety budou břehové hrany nad výškou průměrné hladiny vody i vzniklé ostrovy. Stabilitu břehů na rozhraní ostrovů a hlavního koryta zabezpečuje záhozová patka. Paty svahu bočního koryta budou opevněny kamenným záhozem z lomového kamene menších rozměrů. Svahy ostrovů v sublitorálním pásmu budou doplněny vegetací z rákosin. [12, 28]

Obrázek č. 8: Vzorový příčný řez s ostrovem



Zdroj: Vytisková M.:Diplomová práce

Obrázek č. 9: Vzorový příčný řez



Zdroj: Vytisková M.:Diplomová práce

8.4. Použití programů k návrhu situace a příčných profilů

Pro vypracování výkresové přílohy této práce bylo využito několik programů. Hlavním programem, který k tomu byl využit je program AutoCAD, přičemž byla také použita také nadstavba AutoCADu AutoPEN, která byla následně v AutoCADu doupřavena.

8.4.1. Práce v programu AutoCAD

AutoCAD je software pro 2D a 3D projektování a konstruování, vyvinutý firmou Autodesk. Na jádru Autodesk byla vyvinuta sada profesních aplikací určených pro CAD v oblasti strojírenské konstrukce, stavební projekce a architektury, mapování a terénních úprav.

V naší práci jsme použily program AutoCAD Civil 3D, což je výkonná integrovaná aplikace pro modelování a efektivnější projektování v oblastech: doprava a liniové stavby, projekty obytných a obchodních zón, práce s krajinou, potrubí, kanály, skládky odpadu, rekultivace, sanace, těžbu nerostných surovin a další druhy inženýrských projektů. Aplikace nabízí rozsáhlou paletu funkcí pro práci s bodovým polem, 3D modelem terénu, zpracovává vrstevnice, svahy, profily, kubatury, úpravy parcel, analýzy sklonu, návrhy dešťové a splaškové kanalizace, 3D vizualizace a další.

Program Auto CAD byl použit na vytvoření situace, a to jak návrhové, tak i původní. Na vytvoření situace byla použita data vrstevnicového pole od ČÚZK, která jsme propojily s geodetickými daty získaných od povodí. Tím vznikla vrstevnicová mapa vodního toku a nejbližšího okolí. Výkres byl omezen oříznutím jen na naše zájmové území. Ve výkresu byla vytvořena osa toku a kolmo na ni zakresleny příčné profily vzdálené 100 metrů od sebe. V mapě je znázorněn vodní tok, domy a chaty, železnice i kamenolom a k těmto objektům je vytvořena legenda.

Z původní situace poté vycházel návrh úpravy. Pomocí nástrojů AutoCADu byla nakreslena nová břehová čára a nové svahy. Dále byla vynesena čára hranice stavby a hranice napojení úpravy na stávající terén. V situaci je pro ilustraci zanesena i čára původního terénu. Na závěr byla opět vynesena legenda.

8.4.2. Práce s nadstavbovým modulem AutoPEN

Pro vytvoření podélného profilu a příčných profilů byla použita nadstavba AutoCadu AutoPEN. Nadstavba AutoPEN urychluje práci při navrhování a výpočtech kanalizací, vodovodů, plynovodů, komunikací a vodních toků. Software AutoPEN byl vytvořen společností SoliCAD a spolupracuje s programy jako AutoCAD a ProgeCAD. AutoPen se dělí na několik modulů, z nichž má každý svůj specifický účel a možnosti. Jedná se o výpočet kubatur odstraněné zeminy, návrh vodovodní či kanalizační sítě a jejich podélných a příčných profilů.

V případě této práce byl použit modul Podélný profil vodní toky, který je určen k sestavení výkresu podélného profilu vodního toku včetně příčných řezů. Jeho jednoduchost v tvorbě profilů spočívá v tom, že do tabulky „trasa“ jsou zadány parametry koryta, které jsou programem následně vykresleny.

9. Stanovení záplavy

Pro stanovení záplavy v řešeném úseku byly využity matematické modely, konkrétně program HEC-RAS, ve kterém byly stanoveny výšky záplavy v příčných řezech pro jednotlivé průtoky. Tyto výšky hladin byly aplikovány do programu ArcGIS, kde byly vykresleny pomocí nástrojů aplikovaných na model terénu, čímž nám vznikla mapa záplavového území.

9.1. Matematické modely

Matematické modely jsou pouhým zjednodušením hydrologického či jiného procesu a jeho výsledné simulace jsou vždy zatíženy nějakou chybou. Model je v zásadě zmenšená realita, převedená do formy, kterou můžeme pochopit.

Pro modelaci kulminačních povodňových průtoků se používají především jednorozměrné modely. Jednorozměrné modely povodňových situací umožňují stanovení podélných profilů hladin podél osy toku při těchto průtocích. Lze je využít při modelování ustáleného i neustáleného proudění v otevřených korytech s přilehlým inundačním územím menšího rozsahu a pravidelného tvaru. Jejich výhodou je jednoduchost, neboť pro popis proudového pole potřebují pouze jednu souřadnici. Modely mají malé nároky na vstupní data a rychlosti. Vzhledem k tomu je lze snadno aplikovat na relativně dlouhé úseky vodních toků.

Pro modelování říčního proudění v jedné dimenzi jsou nejčastěji využívány Saint-Venantovy rovnice, odvozené Saint Venantem roku 1871, které zjednodušují Navier-Stokesovy rovnice. Saint-Venantovy rovnice, reprezentující zákon zachování hmotnosti a momentovou bilanci. Pokud počítáme s ustáleným prouděním, Saint-Venantovy rovnice se redukuje na nelineární diferenciální rovnici a tím dochází k jejich zjednodušení. Mezi podmínky zjednodušení modelu patří malý sklon dna. Dále se jedná o nestlačitelné vazké kapaliny, a rychlost proudění je pouze horizontální a konstantně prochází přes celou plochu příčného řezu. [5,20]

Saint-Venantovy rovnice lze psát ve tvaru:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial(UQ)}{\partial x} + gA \left(\frac{\partial h}{\partial x} - S_0 \right) + gAS_f = 0 \quad (2)$$

kde:

Q - průtok ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)

A - průtočná plocha příčného řezu (m^2)

$U=Q/A$ - střední průřezová rychlost ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)

h - hloubka vody (m)

S_0 - sklon dna (-),

S_f - sklon čáry energie (-)

g - gravitační zrychlení ($\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$)

9.2. Říční hydraulika, druhy proudění

Při navrhování různých geometrických tvarů koryt potřebujeme znát rychlost, průtok, sklon a rozměry koryta. Obvykle se vychází z rovnice kontinuity a konsumpční křivky. Pro umělá koryta se navrhují pravidelné průtočné průřezy, nejčastěji lichoběžníkového tvaru. Avšak současným trendem při navrhování úprav jsou tvary koryt blízké přírodě. Příčný profil tak bývá různorodý s různými nepravidelnostmi.

Při návrhu nového říčního profilu je snahou dodržet podmínku 210-ti denní vody (Q_{210d}), podle které by se mělo dodržet to, že při průtoku Q_{210d} by rychlost proudění neměla klesnout pod $0,4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ a hloubka vody by neměla být nižší než 0,4 m. Důvodem nutnosti dodržení parametrů podmínky 210-ti denní vody je především snaha zabránit nadměrnému prohřívání vody v toku v letním období, nadměrnému zarůstání říčního koryta ve vegetačním období a s tím spojeného nadměrného usazování materiálu a živin transportovaných vodou.

9.2.1. Druhy proudění

Proudění je pohyb tekutiny, při kterém se částice tekutiny pohybují svým neuspořádaným pohybem a zároveň se posouvají ve směru proudění.

Dělení proudění:

1. Podle závislosti na čase:

- ustálené (stacionární)
- neustálené (nestacionární)

Při ustáleném (stacionárním) proudění jsou veličiny kapaliny v daném místě kapaliny na čase nezávislé. Rychlost proudění kapaliny v daném bodě se v čase nemění. Při neustáleném (nestacionárním) proudění jsou veličiny kapaliny v daném místě kapaliny na čase závislé. Rychlost proudění kapaliny v daném bodě se může měnit v čase. [23]

2. Podle způsobu pohybu:

- laminární proudění
- turbulentní proudění

Při laminárním proudění jsou dráhy jednotlivých částic kapaliny navzájem rovnoběžné. Částice se pohybují ve vzájemně rovnoběžných vrstvách, aniž by se jednotlivé vrstvy mísily. Při turbulentním proudění částice přecházejí mezi různými vrstvami kapaliny, čímž dochází k promíchávání jednotlivých vrstev kapaliny.[23]

3. Proudění v otevřeném korytě:

- bystřinné
- říční
- kritické

9.2.1.1. Druhy proudění podle závislosti na čase

V přírodě se v zásadě setkáváme pouze s průtokem neustáleným, tedy v čase proměnným. Často však lze pro kratší časový interval, v zásadě v délce několika dní, v přírodě považovat proudění za ustálené a nerovnoměrné.

Tabulka č.5: Rozdělení proudění v závislosti na čase

Proudění	Neustálené	Ustálené	
		Nerovnoměrné	Rovnoměrné
Průtok	$Q = f(t, x)$	$Q = \text{konst.}$	$Q = \text{konst.}$
Průřezová rychlost	$v = f(t, x)$	$v = f(x)$	$v = \text{konst.}$
Poznámka	vlny v korytě	neprizmatické koryto	prizmatické koryto

Kde:

Q – objemový průtok korytem

v – střední průřezová rychlost v příčném profilu koryta

t – čas

x – vzdálenost podél délky koryta

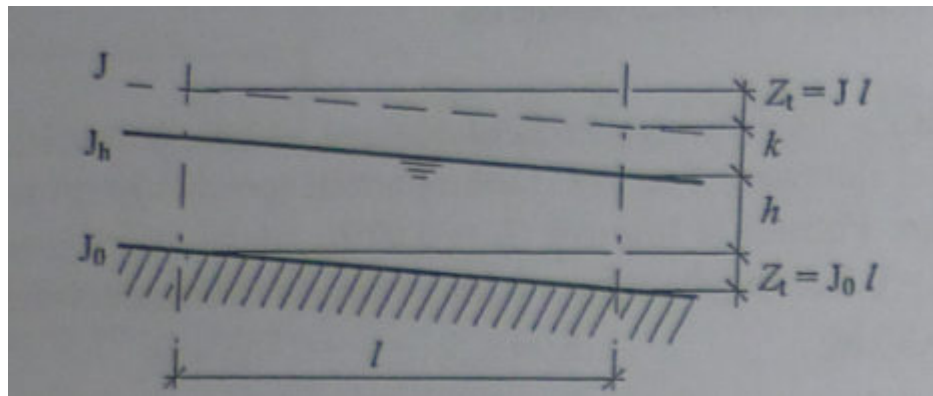
1. Ustálené proudění

Ustálené proudění se dělí na rovnoměrné a nerovnoměrné. V přírodě se ustálené rovnoměrné proudění v korytech s volnou hladinou vyskytuje velmi zřídka. Při tomto proudění je podélný sklon stejný jako sklon hladiny a sklon čáry energie. Nerovnoměrné proudění vzniká v korytech, ve kterých se mění tvar průřezu nebo jejich sklon. [14, 23]

1.1. Ustálené proudění rovnoměrné

Rovnoměrné proudění vzniká v dlouhých, přímých prizmatických korytech. Přičemž prizmatické koryto je koryto, jehož průtočný průměr se po délce nemění. To znamená, že je tvar průřezu, drsnost omočeného obvodu, a sklon dna po celé délce koryta konstantní, ale mění se jejich podélný sklon. Při tomto proudění vznikají ztráty energie třením a místní ztráty se zanedbávají. S výjimkou dostatečně dlouhých prizmatických koryt s konstantním sklonem a drsností po celé délce (tedy v zásadě u umělých kanálů), se s rovnoměrným prouděním prakticky nelze setkat. [14, 23, 37]

Obrázek č.10: Podélný řez korytem za rovnoměrného proudění



Zdroj: Havlík V., Marešová I.,: *Hydraulika*. ČVÚT. 1995

Čára energie, vodní hladina a dno koryta jsou rovnoběžné, takže $J_h = J = J_0$. Kde J je sklon čáry energie, J_h je sklon hladiny a J_0 je sklon dna.

Pro čáru energie tedy platí:

$$J = J_0 = J_h = Z_t/l$$

(3)

1.2. Ustálené proudění nerovnoměrné

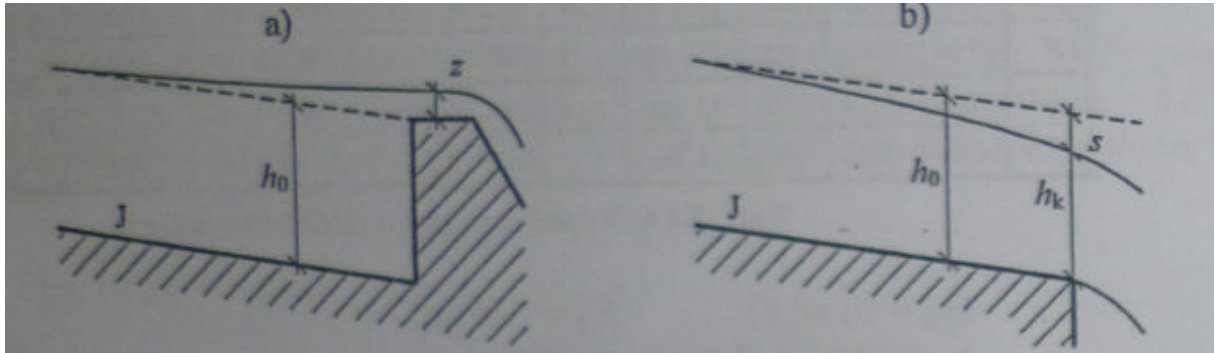
Proudění nerovnoměrné má konstantní průtok v čase i prostoru, avšak ostatní parametry koryta a proudění jsou po délce koryta proměnné. Nerovnoměrné proudění vzniká v prismatických i neprismatických korytech. V prismatických korytech vzniká tam, kde se mění sklon dna, drsnost koryta, ve dně koryta jsou vytvořeny stupně, nebo je ve vodním toku překážka. A v neprismatických korytech v místech, kde se koryto zužuje či naopak rozšiřuje. V přirozených vodních tocích se velikost profilů mění, a proto v nich hladina bývá tvořena jako sled křivek vzduť. Jen někdy lze průtok přirozeným tokem v pravidelných úsecích považovat za rovnoměrný, jedná se především o krátké úseky. Při tomto proudění dochází ve směru pohybu vody ke ztrátám. Ztráty třením vznikají o stěny vedení a mezi jednotlivými proudovými vlákny a ztráty místní vznikají změnami průtočných průřezů.

Pokud otevřeným prismatickým korytem o sklonu J protéká rovnoměrně stálý průtok s konstantní hloubkou a :

1. Postaví-li se do proudu překážka (jez, mostní pilíř, atd.) vzedne se hladina o výšku z . Hladina vytvoří v podélném profilu křivku vzduť, přičemž sklon hladiny je vždy menší než sklon dna. Křivka vzduť se blíží asymptoticky původní nevzduté hladině. (obrázek č. 11 A)

2. Vzniknou-li v některém místě koryta podmínky pro pohyb menší hloubkou než h_0 (stupeň ve dně, rozšíření, zúžení koryta, atd.), hladina se sníží o výšku s . Hladina vytvoří křivku snížení, přičemž sklon hladiny je vždy větší než sklon dna. Křivka snížení v určité vzdálenosti splyne s původní hladinou. (obrázek č.11 B)

Obrázek č.11: Nerovnoměrné proudění



Zdroj: Pech P: Příklady hydraulika

9.2.1.2. Druhy proudění podle způsobu pohybu

Laminární proudění je takové proudění viskózní kapaliny, při kterém jsou proudnice rovnoběžné a nemísí se. Částice kapaliny se pohybují ve vzájemně rovnoběžných vrstvách, které se vzájemně nepromíchávají. Odtud také laminární neboli vrstevnaté proudění. Zatímco při turbulentním pohybu částice přecházejí mezi různými vrstvami kapaliny, čímž dochází k promíchávání jednotlivých vrstev kapaliny. Jednotlivé částice kapaliny se pohybují po drahách nepravidelných, a rychlost v daném bodě kapaliny je v čase proměnná. Mezi oběma hranicemi je tzv. přechodná oblast pohybu. Základním kritériem režimu proudění je Reynoldsovo číslo.

Reynoldsovo číslo pro uzavřené profily se počítá:

$$Re = \frac{v_s d}{\nu} \quad (4)$$

kde:

v_s – střední průřezová rychlost ($m \cdot s^{-1}$)

d – hydraulický průměr trubice (m)

ν – kinematická viskozita ($m^2 \cdot s^{-1}$)

Reynoldsovo číslo pro otevřená koryta se počítá:

$$Re = \frac{vs \cdot h_s}{\nu}$$

(5)

kde:

vs – střední průřezová rychlost ($m \cdot s^{-1}$)

d – hydraulický průměr trubice (m)

ν – kinematická viskozita ($m^2 \cdot s^{-1}$)

Horní hranice laminárního pohybu pro otevřená koryta odpovídá podmínce $Re = 580$. Pro $Re = 580 - 3450$ je proudění přechodné. Plně rozvinutý turbulentní pohyb lze pro koryta uvažovat při $Re > 3450$. V praktických případech proudění s volnou hladinou se obvykle setkáváme s prouděním plně turbulentním. [1, 7, 16]

9.2.1.3. Proudění říční, kritické a bystrinné

V otevřených korytech se lze setkat s několika význačnými režimy proudění z hlediska energie, které se zásadně odlišují svými vlastnostmi. Uvažujme mechanickou energii E proudu vztaženou k nejnižšímu bodu příčného profilu.

Potom bude:

$$E_d = y + \frac{\alpha \cdot v^2}{2g} = y + \frac{\alpha \cdot Q^2}{2gS^2}$$

(6)

kdy:

E_d – energetická výška průřezu (měrná energie)

$E_d = f(y)$ při $Q = \text{konst.}$

g – gravitační zrychlení ($m \cdot s^{-2}$)

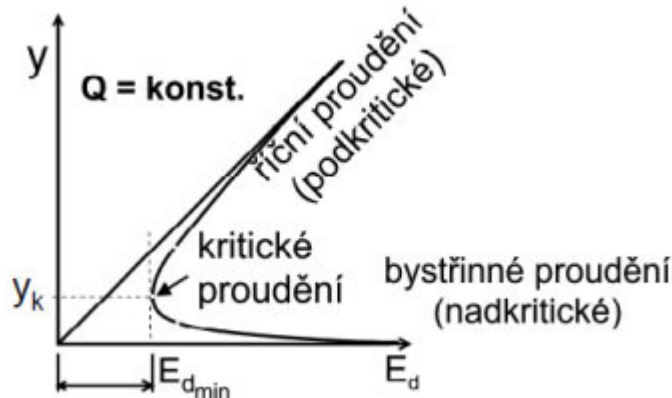
α – Coriolisovo číslo (-)

Q – průtok ($m^3 \cdot s^{-1}$)

A – průtočná plocha (m^2)

Vyneseme-li pro dané $Q = \text{konst.}$ závislost $E = f(y)$, získáme křivku, která je pro daný příčný profil jedinečná a má pro jistou hloubku y_k minimum energie. Hloubka y_k se nazývá kritická hloubka a představuje rozhraní mezi pohybem říčním (též podkritickým) a bystřinným (nadkritickým).

Obrázek č. 12: Křivka říčního, kritického a bystřinného proudění



Zdroj: Pech P.: *Hydraulika příklady*

Je-li hloubka větší než hloubka kritická, proudění se nazývá říční. Je-li hloubka nižší než kritická hloubka, proudění je bystřinné. Bystřinné proudění tedy charakterizuje malá hloubka a velká rychlost a říční proudění naopak větší hloubka a menší rychlost. Při říčním proudění je rychlost vody menší než kritická, tedy menší než rychlost šíření vln, které proto mohou postupovat po hladině směrem po proudu i proti němu. Naopak při bystřinném proudění nemůže vlna postupovat proti proudu.

Přechod z říčního do bystřinného proudění se tak odehrává plynule, zatímco přechod z bystřinného do říčního proudění vytváří tzv. vodní skok. Jestliže nastane rychlá změna v hloubce proudu z vyšší hladiny na hladinu nižší, nastává tzv. hydraulický propad. Na druhou stranu, stoupne-li rychle hladina z nižší úrovně na vyšší nastává tzv. hydraulický (vodní) skok, který se projevuje turbulencemi. A je vždy provázen značnou ztrátou energie.

Pro určení druhu proudění lze použít Froudovo číslo tzv. Froudovo kritérium, které je definováno jako:

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gl}} \quad (7)$$

kde:

v - střední průřezová rychlost ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)

l - charakteristická délka (m)

Pokud se $Fr = 1$, jedná se o kritický pohyb. Zatímco $Fr < 1$ značí pohyb říční a $Fr > 1$ je charakteristický pro pohyb bystřinný.

V přírodě se zpravidla setkáváme s pohybem říčním, i toky o velkém gradientu jsou za běžných průtoků zpravidla globálně charakterizovány Froudovým číslem menším než 1, i když lokálně k bystřinnému proudění dochází. Na druhou stranu v umělých kanálech a zejména na skluzech se lze s bystřinným prouděním dosti často setkat, podobně i za vysokých, povodňových průtoků v tocích vyšších gradientů. [16, 23]

9.2.2. Hydraulický výpočet rovnoměrného proudění v otevřených korytech

Při úpravě toku lze pro zjednodušení předpokládat rovnoměrné ustálené proudění, neboť se z hlediska návrhu i posouzení jedná o nejjednodušší stav. Pro daný profil na závěr vytvoříme konsumpční křivku, ze které pak odečítáme průtoky při daných výškách. [7, 18, 19, 23]

Při výpočtu navrhování koryt se vychází z rovnice kontinuity. Rovnice kontinuity, často nazývaná také rovnice spojitosti, vyjadřuje obecný fyzikální zákon o zachování hmotnosti. A je definována jako:

$$Q = S \cdot v = \text{konst.} \tag{8}$$

kde:

Q – průtok ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)

S – plocha průtočného průřezu (m^2)

v – střední rychlost v průtočném průřezu ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)

Průtok je tedy ve všech průřezech průtočného průřezu konstantní.

$$S_1 v_1 = S_2 v_2 = \text{konst.} \tag{9}$$

Při vlastním výpočtu většinou vycházíme z Chézyho rovnice:

$$v = c \sqrt{RI} \text{ (m} \cdot \text{s}^{-1}\text{)} \tag{10}$$

kde:

v - rychlost proudění (střední profilová) ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)

C - Chézyho součinitel ($\text{m}^{0,5}\cdot\text{s}^{-1}$)

R - hydraulický poloměr (m)

I - podélný sklon dna(-)

Stanovení hydraulického poloměru:

$$R = \frac{S}{O} \text{ (m)} \quad (11)$$

kde:

S – obsah (m^2)

O – omočený obvod (m)

Výpočet Chézyho součinitele „C“ dle Manninga :

$$c = \frac{1}{n} R^{1/6} \quad (12)$$

kde:

R - hydraulický poloměr (m)

n - drsnost dna a břehů (-)

9.3. Stanovení záplavy s použitím programu HEC – RAS

Pro stanovení výšky záplavy byl využit program HEC-RAS. V programu byly posuzovány průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} , ale byl také využit pro stanovení výšky průměrného průtoky $Q_{\text{průměrné}}$. Objemy těchto průtoků byly poskytnuty ČHMÚ. Veškeré výsledky práce v tomto programu jsou obsaženy v příloze č. 14.1. Čáry záplavy byly stanoveny jak pro původní situaci, tak pro situaci po úpravě s úplným rozšířením. V příloze lze vidět porovnání těchto situací, porovnání jejich podélných profilů, porovnání grafů konsumpční křivky, porovnání profilů v XYZ perspektivě a porovnání příčných profilů PF 1 – PF1 0. Na závěr byla vytvořena tabulka, ve které jsou zaznamenány přesné výsledky, ze kterých je patrné snížení hladin průtoků po úpravách. [2, 33, 36]

9.3.1. Program HEC – RAS

Hydraulický výpočetní systém HEC (Hydraulic Engineering Center) vyvíjí již od roku 1964 společnost USACE (U.S. Army Corps of Engineers). Softwarová část River Analysis System (RAS) je určena pro komplexní modelování povrchových vodních toků. Mezi nejranější softwarové balíčky vyvinuté touto společností byly HEC - 1 pro hydrologii povodí, HEC – 2 pro hydrauliku řek a HEC - 3 pro analýzu nádrží. Nová generace zástupců je např. HEC-HMS pro výpočet srážkoodtokových poměrů.

Pro stanovení záplavy v této práci byl použit program HEC – RAS. HEC - RAS (River Analysis System) patří k softwarům, které umožňují vytváření jednodimenzionálních hydraulických výpočtů ustáleného a neustáleného proudění pro umělé kanály i přirozená koryta. Tento software navíc umožňuje analýzu pohybu říčních sedimentů, transportu znečištění a analýzu kvality vody, např. modelování změn teploty proudící vody.

Program HEC – RAS umožňuje výpočty objektů na toku, příčných i podélných staveb. Umožňuje numerickou simulaci stromových sítí nebo okružních říčních systémů. Výsledky hydraulických simulací modelu HEC-RAS je možné využít jako vstupy do dalších produktů vyvinuté dílnou HEC. V současné době lze také výstupy zobrazit v programu ArcMap, a to pomocí aplikace GeoRas. [2, 33]

Základní výpočetní postup je založen na řešení energetické rovnice:

$$H = Z + Y + \frac{\alpha V^2}{2g} \quad (13)$$

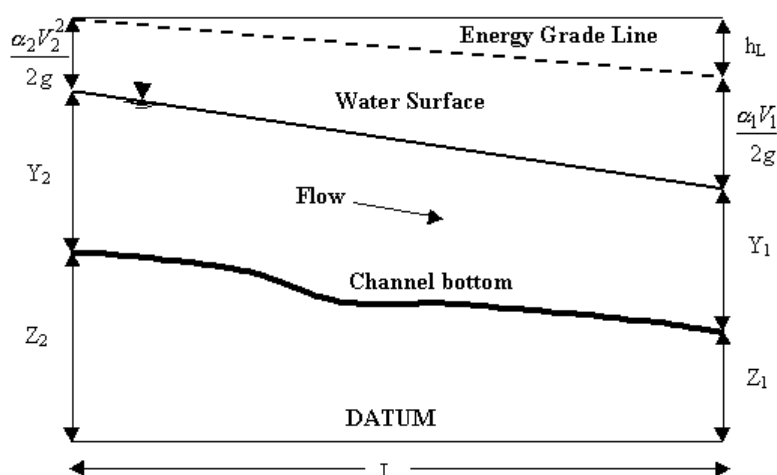
kde:

H - celková energie v daném místě podél potoka

Z + Y - součet potenciální energie

$\alpha V^2/2g$ - kinetická energie

Obrázek č. 13: Schéma základního výpočetního postupu v programu HEC-RAS



Zdroj: Brunner, G. W., 2010: HEC RAS River Analysis System User's Manual

9.3.2. Modelování v programu HEC – RAS

Sestavování modelu průběhu záplavy proběhlo v softwaru HEC RAS verze 4.1.0, přičemž prvním krokem bylo přenastavení počítače. Týkalo se změny oddělovače desetinných míst u čárky na tečku a změny formátu roku, měsíce a dne.

Nejprve byl vytvořen nový projekt s koncovkou .prj v hlavním panelu, kde také byly přenastaveny jednotky na metrický systém. Dalším krokem byla přes funkci *Geometric Data* vykreslena osa toku, pro kterou byl jako podklad užit výkres původní situace. Vzhledem k tomu, že v projektu nedošlo ke změně podélného profilu, byl tento podklad využit i pro modelování průtoku pro situaci úpravy. Z tohoto výkresu byly v programu AutoCad Civil3D 2013 odečteny souřadnice jednotlivých příčných profilů, které byly následovně aplikovány při samotné tvorbě příčných profilů v záložce *Cross Section*.

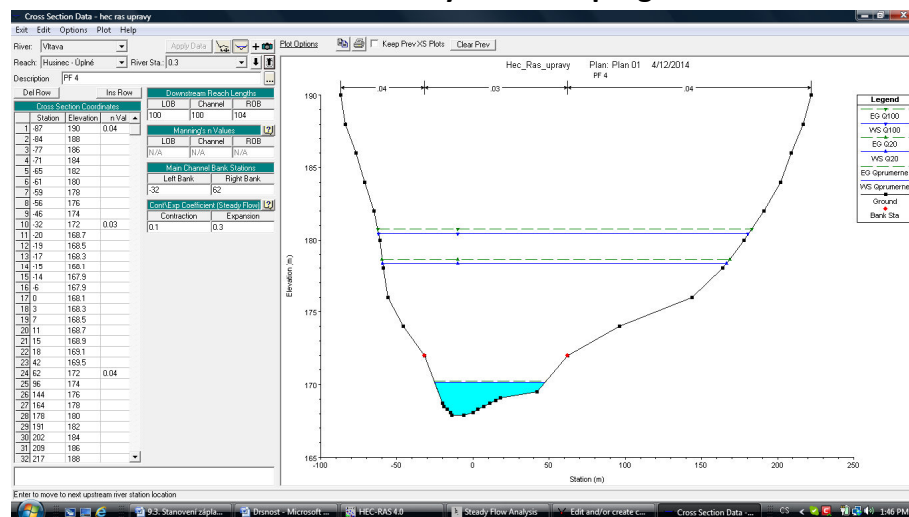
V tabulce *Cross section Coordinates* byly jednotlivé profily pojmenovány a ostaničeny. Staničení probíhalo proti proudu toku. Vzájemná vzdálenost příčných profilů v ose koryta je po 100 m a jsou pojmenovány PF 1 -10. Každému příčnému profilu pak byly dány souřadnice v podobě vzdálenosti od osy koryta toku a nadmořská výška.

Pro hydraulický výpočet byl přidán k jednotlivým souřadnicím sloupeček *Horizontal Variation in n Value* s drsností dle Manninga. Pro inundační území byla použita drsnost 0.04 jako pro pastviny bez keřů s vysokou travou podle tabulky Manningových drsnostních součinitelů pro otevřená koryta a inundace přirozených

vodních toků. Průměrná drsnost pro pastviny bez keřů s vysokou travou je 0.035, v projektu byla záměrně navýšena na 0.04, neboť ve větších vzdálenostech od toku se bodově vyskytují překážky v podobě křovin, osamocených stromů či drátěného oplocení. Pro samotné koryto řečiště byla stanovena drsnost 0.03 pro velké vodní toky (se šířkou záplavy při povodni > 30 m) bez balvanů a keřů.

Do políček *Downstream reach length* byly vyplněny vzdálenosti osy koryta, levého a pravého břehu od nejbližšího profilu s nižším staničením. Tyto vzdálenosti byly opět měřeny z mapy trasy Vltavy od Povodí Vltavy v programu AutoCad Civil3D 2013. Posledním parametrem byly vyplněny vzdálenosti břehů od osy toku, která byla zvolena na nulové kótě v záložce *Main channel bank stations*.

Obrázek č. 14: Tabulka Cross section vytvořená v programu HEC – RAS



Příloha č.14.1: Vytvořeno programem HEC-RAS pro úpravu s úplným rozšířením pro PF 4

V modelu pro původní situaci byl pro vytvoření dalších příčných profilů využit nástroj *XS Interpolation*, kde byly nastaveny vzdálenosti jednotlivých příčných profilů po 20m pro lepší interpretaci výsledků.

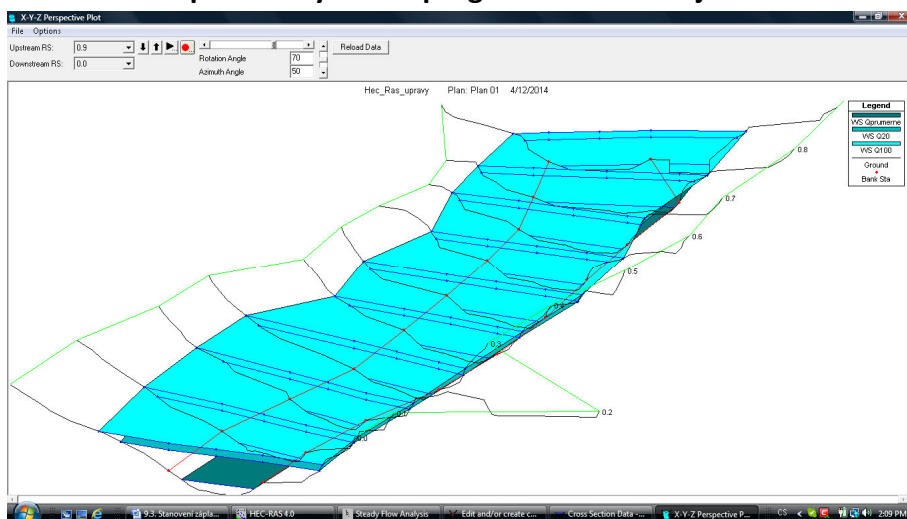
Hodnoty průtoků byly vloženy do tabulky pomocí nástroje *Enter/Edit steady flow data*. Nejprve byl zadán počet vkládaných povodňových průtoků, které byly následně zadány do tabulky. Pro přehlednost byly upraveny jejich názvy *Options /Edit profile names* na Q_5, Q_{20}, Q_{100} .

Před samotným výpočtem musí být zadány okrajové podmínky pomocí nástroje *Reach boundary conditions*. V tabulce, která se otevře, je na výběr několik variant pro určení horní a dolní okrajové podmínky. Za horní okrajovou podmínku

poslouží zadané průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} . Za dolní okrajovou podmínku (*downstream*), byla v případě této práce, zvolena *Normal depth*, což je sklon dna. Průměrný sklon dna v upravovaném úseku je 3‰. Tato hodnota byla odečtena z podélného profilu.

Výpočet pro ustálené proudění se nastavuje pomocí funkce *Perform a steady flow simulation*. V otevřeném okně se nastaví data, se kterými má program počítat. Poté je zde volba nastavení charakteru proudění *Flow regime*. Jsou zde tři možnosti nastavení. První je proudění říční (*subcritical*), dále proudění bystrinné (*supercritical*) a nakonec proudění smíšené (*mixed*). V našem případě bylo využito proudění říční. Následně po nastavení všech parametrů, pomocí tlačítka *Compute*, proběhne výpočet. Výsledky průběhu hladin pak lze reprezentovat dle našeho výběru, od konsumpční křivky po příčné profily či 3D model.

Obrázek č.15: Interpretace výsledků programu HEC –RAS jako 3D model



Příloha č.14.1: Vytvořeno programem HEC-RAS pro úpravu s úplným rozšířením

9.3.3. Interpretace výsledků vytvořených programem HEC – RAS

V programu HEC-RAS byla vymodelována současná situace a situace po úpravě – s úplným rozšířením. Na závěr byly tyto dvě situace porovnány ještě se situací se začleněnými ostrovy. Výsledky těchto porovnaní jsou obsaženy v příloze 14.1.

Nejprve si lze v příloze 14.1. povšimnout již pozměněné situace, kdy původní zúžení bylo při úpravě s úplným rozšířením rozšířeno, tak aby kulminační průtoky snáze protékly, bez jakýchkoli překážek. Při porovnání podélných profilů graficky znázorněných v příloze či porovnání konsumpčních křivek není na první pohled

rozdíl výšek hladin patrný. Nejpřesněji lze výšku hladin posoudit z tabulky v příloze č.14.1.

Při porovnání ve 3D modelu, nebo-li XYZ perspektivy, si lze povšimnout změn v daných profilech. Na prvním obrázku je situace před úpravou s úzkým říčním profilem a čitelně vykresleným zúžením. Na druhém obrázku je již zobrazena situace s úplným rozšířením, kde je rozšířené dno koryta s mírnými svahy navazujícími na břeh.

Příčné profily se mění až od PF 2 po PF 10. Modrá hladina sahá po kulminační průtok Q_5 , kulminační průtoky Q_{20} a Q_{100} jsou nad ním znázorněny modrými čarami. Nejpřesnější porovnání výsledků je v tabulce průtoků všech variant. Již u průměrných průtoků je patrný největší pokles hladiny u situace s úplným rozšířením, a to až o 22 cm na horním úseku toku v porovnání se současnou situací. Nutno podotknout že v příčném profilu PF1 se hladina původní situace i upravené situace téměř shoduje.

U kulminačního pětiletého průtoky Q_5 se výška hladin snižuje u úpravy s úplným rozšířením a to až o 34 cm u PF10. U dvacetiletého průtoky Q_{20} se u PF 10 snižuje hladina o 25 cm oproti původní situaci. Nejvyšší rozdíl je při průtocích Q_{100} v PF 10 o 42 cm oproti původní situaci a u PF 1 až o 17 cm.

9.4. Stanovení záplavy s využitím mapových nástrojů GIS

GIS (Geografický informační systém) je systém, který umožňuje ukládání, analyzování a práci s prostorovými daty. Je zaměřený na sběr, ukládání, správu, analýzu, syntézu a prezentaci prostorových dat pro potřeby popisu, analýzy, modelování a simulace okolního světa.

Geografický informační systém obsahuje mnoho softwarů, které mají své využití ve spoustě odvětvích. Pro tuto práci byl využit program ArcGIS, do kterého byl vložen digitální model terénu, získaný od ČÚZK. Do tohoto modelu byly zadány výšky hladin jednotlivých kulminačních průtoků, a ty byly pomocí programových nástrojů vykresleny. Výsledná mapa je prezentována níže.

9.4.1. Program ArcGIS

ArcGIS For desktop je program od firmy ESRI, určený pro využití stávajících dat, tvorbu nových dat GIS a pro jejich správu a editaci. Součástí ArcGIS jsou nástroje ArcMap, ArcCatalog a ArcToolBox. Data, mapy, symboly, uživatelské nástroje, výstupní sestavy a metadata lze vzájemně sdílet a předávat mezi produkty ArcGIS Desktop a v rámci nich mezi aplikacemi ArcMap, ArcCatalog a ArcToolbox.

ArcMap je centrální aplikace v ArcGIS Desktop, která je využívána pro všechny mapově orientované úlohy. ArcMap umožňuje vytvářet mapy, zobrazovat data, provádět nejrůznější analýzy, vytvářet mapové kompozice a výsledné mapy tisknout.

ArcCatalog je nástroj, který pomáhá všechna data organizovat a spravovat. Obsahuje nástroje pro vyhledávání a prohlížení geografických datových sad, tvorbu a prohlížení metadat, tvorbu nových dat, a napomáhá zařazení správného geografického systému k jednotlivým datům.

ArcToolbox je aplikace využívána pro analýzy map. Obsahující nástroje pro konverzi dat, transformaci mezi souřadnicovými systémy a nástroje pro prostorovou analýzu (geoprocessing). [9,22, 32, 44]

9.4.2. Práce s programem ArcGIS

Prvním úkonem v programu ArcGis je vytvoření nového projektu a nastavení relativních cest. Od ČÚZK byla získána data 3D modelu. Tato data musela být nejprve načtena do programu. Data modelu byla poskytnuta ve formátu s koncovkou .xyz. Pro načtení dat v tomto formátu tak byl použit nástroj ze sady *3D Analyst tools/conversion /from feature class /feature class Z to ASCII*. Po otevření tabulky *Feature Class Z to ASCII*, byl zadán do políčka *Output Feature Class Type: POINT*. Vzniklý rastr byl však vytvořen v bodové podobě bez souřadnice Z, která musela být tímto vytvořena: *3D analyst tools/3D Features /Add Z information*. Z těchto dat byl nakonec vytvořen DTM model: *3D analyst tools/raster interpolation/IDW (souřadnice Z - Z)*.

Přes vytvořený model terénu byla položena mapa území, která díky DTM podkladu dostala plastický nádech. Tato mapa slouží pro lepší orientaci v prostoru.

Pomocí nástrojů v Toolboxu byly zadány výšky hladin jednotlivých kulminačních průtoků: *Spatial Analyst Tools/Math/Logical/Equal To*. Po vzniku rastrových vrstev s jednotlivými průtoky je nutné tyto rastrové vrstvy převést do vektorového formátu, což bylo vyřešeno novými vektorovými vrstvami a zakreslením čar průtoků přímo do mapy. Výsledná mapa je prezentována níže.

9.4.3. Mapový výstup

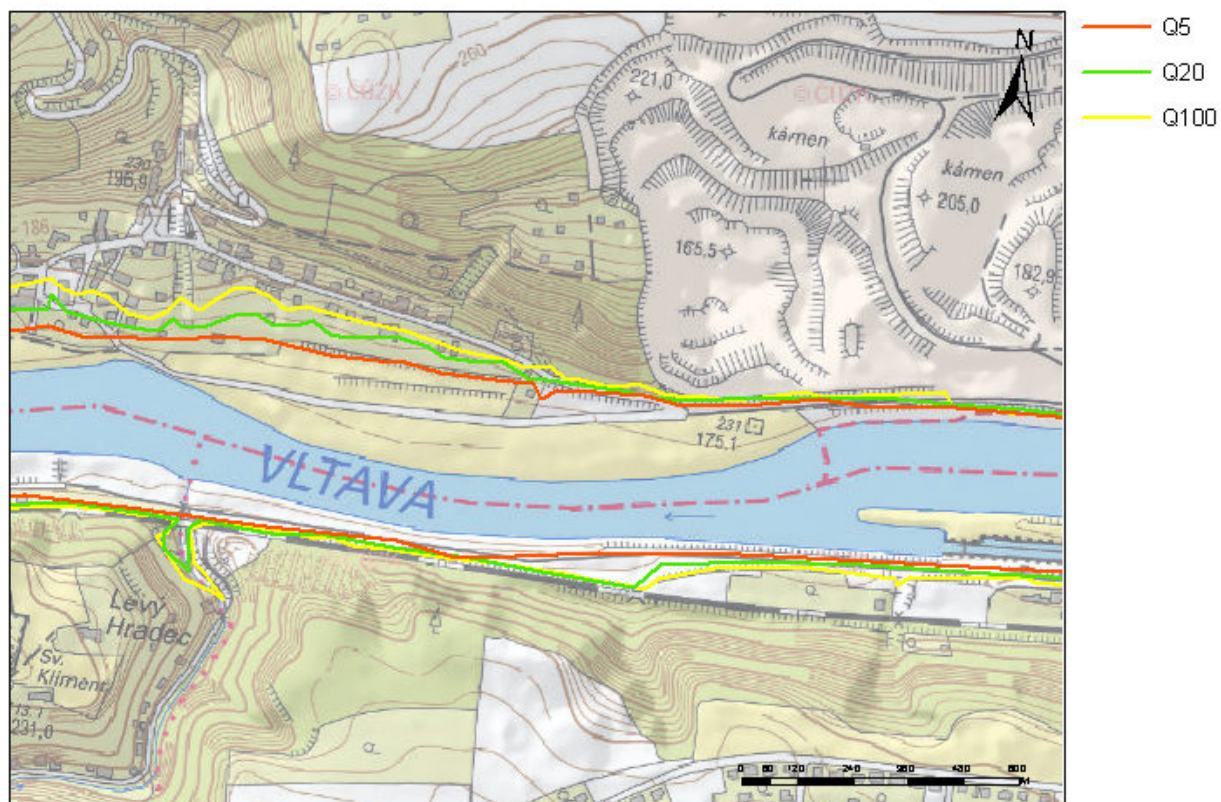
V mapovém výstupu je mapa zájmového území, do které byly zakresleny čáry dosahu hladin jednotlivých kulminačních průtoků. Nejvyšší kulminační průtok znázorněný v mapě je průtok Q_{100} .

Jak je patrné z mapy, tak již pětiletá voda zaplavuje některé objekty, nejvyšší škody však napáchá voda stoletá. Stoletá voda se rozlévá až za lomem, který se nachází před obcí Husinec a je směřována přímo do obce. Ve spodní části obce se nachází především chatařská kolonie, z které některé chaty zůstaly chátrat po povodni v roce 2002. V horní části však zaplavuje stoletá voda i některé domy a silnice. Jak je dále patrné, tak stoletá voda nezaplavuje lom, který se nachází na pravém břehu řeky. Tento lom byl zaplaven až 500letou vodou, naposledy při povodních v roce 2002.

Na levém břehu Vltavy není rozliv jednotlivých průtoků tolik odlišný, neboť je tam vyšší sklon terénu, který je způsoben železničním násypem.

V mapě jsou však zobrazeny pouze průtoky současné situace, neboť výšky hladin kulminačních průtoků po úpravě toku nejsou natolik odlišné, aby to bylo z této mapy patrné. Dalším důvodem je to, že rozlišení rastru není natolik přesné. Rozlišení našeho modelu je půl metru, což není dostatečné rozlišení pro zobrazení rozdílů hladin po úpravě. Přesné rozdíly hladin jsou tak zobrazeny v tabulce, kterou obsahuje příloha č. 14.1.

Obrázek č. 16: Mapa rozlivu průtoků Q5, Q20 a Q100 v zájmovém území



Vytvořeno programem ArcMap

10. Posouzení obou návrhových úprav úseku v říčním km

35.1 – 36.0

Součástí této práce je posouzení obou možných navrhovaných situací. Jedná se o posouzení situace s úplným rozšířením toku se situací, kde vznikly ostrovy. Tyto úpravy byly společně posuzovány zejména z hlediska povodňových průtoků. Toto posouzení nám nejlépe poskytlo modelování průtoků v programu HEC-RAS. Práce se dále snaží porovnat velikosti rozšíření koryta v příčných profilech, změny podélného profilu a změny situace původního pravého břehu, také srovnává zvolené druhy opevnění. Samotné zhodnocení výhod a nevýhod obou variant je obsaženo v diskuzi této práce.

Mimo posouzení navrhovaných situací jako takových je v této práci posuzován vliv obou úprav na část této úpravy. Tato práce se zabývá úsekem v říčním kilometru 35,5 – 36,0, což je v horní části úpravy toku, a to od příčného profilu PF 5 – PF10.

10.1. Porovnání obou úprav, návrhové situace s úplným rozšířením a návrhové situace se začleněnými ostrovy

Návrhové situace se od sebe zásadně liší, přičemž situace úplného rozšíření upravuje koryto tak, že nevznikají žádné překážky v průtoku, a samotné kulminační průtoky tak snáze protékají. Šířka koryta se zvyšuje až na 135 metrů a v místě nejvyššího zúžení na 94 metrů oproti původní situaci. Úprava rozšiřuje dno koryta, které pak mírným svahem navazuje na břeh. Úprava se začleněnými ostrovy namísto úplného odstranění původního břehu tohoto břehu využije pro vznik čtyř různě velkých ostrovů. Úprava se začleněnými ostrovy rozšiřuje stávající koryto více než úprava s úplným rozšířením. A to až na 134 metrů, a místě nejvyššího zúžení na 119 až 97 metrů oproti stávající situaci. Začleněné ostrovy zůstaly v místech původního terénu, ačkoli z nich byla část terénu sražena a jsou tedy nižší než původní terén, čímž umožňují hladší průchod vod, než tomu bylo doposud. Ostrovy od sebe oddělují úzké kanály a od břehu boční koryto.

Obě úpravy se vyvarovaly změně podélného sklonu toku, neboť se úzce soustředily na pravý břeh a nedostaly se tak až k ose toku. Původní profil pak bude dále upraven plánovanou prohrábkou, pro zlepšení průtokových poměrů v těchto místech toku.

V porovnání příčných profilů v příloze č. 14.1. si lze povšimnout, že na druhém příčném profilu PF2 je na všech profilech vidět téměř stejný příčný řez,

zásadní změna nastává u PF 3 - PF 6 a PF 8, kde je znázorněný u úpravy se začleněnými ostrovy právě ostrov, zatímco v profilech s úplným rozšířením zmizely veškeré překážky v průtoku. U návrhové situace s ostrovy zřejmé, že nedošlo k rozšíření příčných profilů v hlavním korytě. Zajímavé je porovnání příčných profilů, kde příčné řezy neprochází ostrovy, a tak je u PF 7 a PF 9 vidět, že situace se začleněnými ostrovy je ve skutečnosti širší, než situace s úplným rozšířením. V PF 5 situace s ostrovy dosahuje šířky koryta 119 metrů oproti 97 metrům u situace s úplným rozšířením.

Sklony svahů jsou mírnější u situace s úplným rozšířením, kde mají břehy sklony 1:4 – 1:8. Situace se začleněnými ostrovy má sklony svahů na rozhraní ostrovů a hlavního koryta toku ve sklonu 1:4 – 1:6.

Opevnění břehů je v obou návrzích podobné, jedná se o kamenný zához z lomového kamene, ohumusování a osetí nad průměrnou výškou hladiny. Dno toku je v místech napojení na svahy břehů ošetřeno zapuštěnou záhozovou patou svahu. Navázání úpravy na terén je osázeno vrbovými proutky. Zatímco u úplného rozšíření je opevnění břehů v celém místě úpravy stejné, u návrhu se začleněnými ostrovy dochází ke změnám, kde je u opevnění břehů mezi ostrovy a hlavním korytem použit k záhozu lomový kámen větších rozměrů oproti korytu bočnímu. Stejně tak je rozdíl ve velikostech záhozových patek. Hlavním pozornost bude pak upřena na pevnění čela čtvrtého ostrova, který čelí hlavnímu náporu vod na horním toku, a je tak nejvíce ohroženým místem úpravy.

Při porovnání podélných profilů graficky znázorněných v příloze č. 14.1 není na první pohled patrný rozdíl výšek hladin průtoků po úpravách. Nej přesněji lze změny výšky hladin posoudit v tabulce průtoků všech variant (příloha č. 14.1). U kulminačního pětiletého průtoku Q_5 se výška hladin snižuje nejvýše u úpravy s úplným rozšířením. Na horním úseku toku u PF 10 se snížení hladin u obou úprav liší o jeden cm, hladiny obou průtoků se snížily asi o 35 cm oproti původní situaci. Hladina průtoku je však v situaci se začleněnými ostrovy u dalších profilů vyšší než u úpravy s úplným rozšířením, maximálně však o pět cm. Podobnou situaci lze pozorovat i u dvacetiletého průtoku Q_{20} , kde se u PF 10 snižuje u obou úprav hladina o 25 cm oproti původní situaci. V tomto případě dochází dokonce k jevu, kdy u PF 1 je hladina, u situace se začleněnými ostrovy vyšší než u původní situace. Nejvyšší rozdíl v průtocích je u průtoku stoletého, opět se u obou upravovaných situací snižuje průtok u PF 10 o 42 cm oproti původní situaci. Nejvyšší pokles hladiny je patrný opět u úplného rozšíření, kdy se i u PF 1 snižuje hladina o 17 cm, zatímco u úpravy se začleněnými ostrovy se u PF 1 snižuje hladina oproti původní situaci jen o 10 cm.

Ačkoli se průtok v zásadě u nejnižší položeného příčného profilu PF 1 ve všech situacích téměř shoduje, je u upravovaných situací odstraněno navýšení hladiny, které vzniká v původní situaci zhruba u šestého příčného profilu ve všech kulminačních průtocích. Výška hladin se zde zvedá i o několik cm, neboť zde vzniká hrdlo, které propustí jen část vody, a zvedá tak hladinu výše proti proudu toku.

10.2. Porovnání návrhových situací v úseku říčního km 35,5 – 36,0

Součástí této práce je porovnání části z celkové úpravy. Jedná se o půlkilometrový úsek v říčním km 35,5 – 3,0 definovaný profily PF 5 po PF 10. Pro snadnější interpretaci výsledků byly příčné profily v obou návrhových situacích (tj. situace s úplným rozšířením i situace se začleněnými ostrovy) umístěny ve stejných místech tak, aby při posuzování jednotlivých úseků bylo sjednocené staničení.

Tato část úseku se nachází v blízkosti plavebních komor a vodního díla Klecany. Jedná se o horní část upravovaného úseku, která je z celé úpravy nejvíce ohrožována povodňovými průtoky. Tyto průtoky mohou mít za následek vymílání břehů a poškozování jejich opevnění.

Situace se začleněnými ostrovy obsahuje v tomto úseku dva ostrovy, a to ostrov č. 3 a č. 4. Zároveň se zde nachází konec ostrova č. 2 a brod spojující tento ostrov s ostrovem č. 3. Situace s úplným rozšířením odstraňuje veškeré překážky v toku. Břehové svahy se plynule rozšiřují na šířku 20 metrů, jejich svahy jsou v poměrech 1:4 – 1:7 a navazují na stávající terén ve výškách 174.0 – 174.5 m.n.m. U situace s ostrovy jsou sklony svahů v místech hlavního toku a ostrovů ve sklonech 1:3,5 – 1:7. Šířky svahů ostrovů jsou proměnné jen minimálně. Proměnlivá je ale šířka bočního koryta. Svahy břehů hlavního toku končí v nadmořské výšce 171 m.n.m, což je výška ostrovů. Napojení bočního koryta na terén se zvyšuje ze 172 m.n.m. po 175 m.n.m. po proudu toku.

Podélný profil toku není pozměňován ani jediným návrhem. Oba návrhy počítají se stejnou hloubkou dna v místech založení kamenné paty svahu.

Příčné profily situace s ostrovy se v tomto úseku na rozhraní ostrovů a hlavního toku nemění oproti stávající situaci, terén se ale na místě ostrovů snižuje zhruba o metr oproti stávající situaci. Boční koryto v návaznosti na stávající terén je však umístěno dále od osy toku než koryto s úplným rozšířením. U PF 9 počítají obě úpravy s rozšířením toku na šířku na 133 – 135 metrů. U PF 8 navrhuje obě situace stejné rozšíření toku na 117 metrů, od tohoto profilu se však již návrhy liší. Šířka koryta toku se u úpravy s úplným rozšířením snižuje, u PF 5 na 97 metrů oproti situaci s ostrovy se 117 metry.

Opevnění břehů je v obou návrzích podobné, jedná se o kamenný zához z lomového kamene a záhozovou patku, ohumusování a osetí nad průměrnou výškou hladiny. Navázání úpravy na terén je osázeno vrbovými proutky. Zatímco u úplného rozšíření je opevnění břehů v celém místě úpravy stejné, u návrhu se začleněnými ostrovy dochází ke změnám velikosti kamenných záhozů. Čelu čtvrtého z ostrovů by měla být upřena zvláštní pozornost, například vysokým záhozem, neboť je nejvíce zasažen povodňovými vlnami a vším co s sebou přináší.

Z hlediska snížení hladiny povodňových průtoků není v tomto úseku rozdíl poklesu hladin u návrhu úplného rozšíření ani u návrhu s ostrovy. V příčných řezech dochází u PF 10 ke stejnému poklesu u PF 5 je snížení hladiny u úplného rozšíření vyšší o 5 – 10 cm oproti situaci se začleněnými ostrovy. Obě situace vyřešily pokles hladin způsobený zahlcením koryta v tomto úseku a snížily hladinu protiproudu toku.

11. Diskuze

Návrh úpravy koryta v úseku Žalov – Husinec byl navržen ve dvou možných variantách. Tato práce má za úkol porovnat tyto varianty vzhledem k povodňovým průtokům, vyzdvihnout jejich klady a upozornit na zápory. Diskuze se snaží zhodnotit vliv obou návrhových situací vzhledem k průchodu povodňových průtoků a vlivu úprav na vodní dopravu. Posuzuje opevnění úprav, stavební hledisko a následné údržbové práce. Na závěr se práce věnuje posouzení úprav z estetického hlediska a začlenění do krajiny.

Vzhledem k povodňovým průtokům napomáhá úprava s úplným rozšířením snížení hladiny v tomto úseku nejvíce. Ovšem obě úpravy odstranily problémový úsek u PF6, kde docházelo k ucpání koryta a zvyšování hladiny proti proudu toku. Ačkoli mají ostrovy vhodný hydraulický tvar, při průchodu velkých vod by mohlo dojít k jejich vymílání a usazování splavenin na nevhodných místech. Také by mohlo dojít k poškození opevnění či ucpání bočního koryta, neboť svahy jsou zde strmější a ostrovy jsou jako překážka v toku náchylnější na průtoky.

Z hlediska plavby lodí je úplné rozšíření koryta žádoucí, nejen kvůli rozšířené lodní plavbě v tomto úseku, ale především pro kotvení lodí před plavebními komorami. Úprava se začleněnými ostrovy také rozšiřuje dno hlavního koryta, i když oproti úpravě s úplným rozšířením jen minimálně. V zásadě je tak i úprava s ostrovy lepší pro splavnost toku než situace stávající. Oba návrhy vyhovují minimální šířce toku pro plavbu v tomto úseku.

Výhodou úplného rozšíření jsou dlouhé svahy s mírným sklonem, přičemž jejich stabilita a odolnost proti povodňovým průtokům je větší než u návrhu s ostrovy. Výhodou je také neměnnost druhu opevnění po celé délce úpravy. Oproti tomu u situace s ostrovy je větší nárok na výstavbu opevnění, osetí a dalšího příslušenství jako výstavba lávky a vytvoření brodu. Problém by také mohl být při samotném tvarování ostrovů.

Jednou z hlavních výhod situace se začleněnými ostrovy je fakt, že nebude potřeba odtěžit celou část břehu, což snižuje rozsah zemních prací a tím i cenu. Oproti tomu při úpravě se začleněnými ostrovy dojde k úplnému rozrušení a vytěžení břehů, kdy bude nutné veškeré zeminy odvést a zpracovat.

Oproti tomu je situace s ostrovy náročnější na dodatečné údržbové práce. Při návrhu této situace vznikne boční koryto, které bude náročnější na údržbu vzhledem zanášení a kucpávání plaveninami. Ostrovy se budou hůře uklízet po povodňových průtocích. Přístup na ostrovy je zajištěn lávkou a brodem, ale ostrovy č. 1 a 4. nejsou z břehu suchou nohou přístupné.

Výhodou situace s ostrovy je podpora vytvoření přírodního biotopu v sublitorálním pásmu. Ostrovy oživí také krajinný ráz této oblasti. Dále mohou sloužit k rekreačním účelům. Oproti tomu situace s úplným rozšířením, odstraní plavební úžinu a břehy hladce napojí na břehy stávající, přispěje tak k monotónnosti vodního toku. Tím nepodporuje vznik nových biotopu.

Dle mého názoru je pro tuto úpravu lepší variantou úprava s úplným rozšířením, stejně jako pro úpravu mnou posuzované části úpravy v říčním km 35.5 – 36.0. Tato varianta je totiž výhodnější z hlediska hlavního cíle úpravy, a to snazšího provedení povodňových vod a snazšího proplavení lodí je lepší úprava s úplným rozšířením. Situace se začleněnými ostrovy by však mohla zaujmout investora vzhledem k nižší ceně zemních prací nebo zlepšení krajinného rázu. Konečné rozhodnutí tak bude na investorovery stavby.

12. Závěr

Na závěr bych chtěla podotknout, že protipovodňová opatření v podobě rozšíření toku v říčním km 35.1 – 36.0 v úseku Žalov Husinec jsou skutečně potřebná. Vzhledem k povodňovým průtokům napomůže úprava zlepšení odtokových podmínek a snížení hladiny kulminačních průtoků. Po zvážení všech výsledků a analýz je patrné snížení průtoků povodňových vod, a to u Q_{100} téměř o půl metru na horním úseku úpravy.

Bohužel ani úprava pravého břehu v tomto úseku nedokáže ochránit obec Husinec úplně. Veškerá protipovodňová opatření na horním toku dokážou tuto obec ochránit před povodněmi jen do přibližně Q_{20} . Problematika celého tohoto úseku je především v tom, že tok je veden jen úzkým profilem v údolí a nejsou zde žádné rozlivné plochy ani jiné retenční objemy, a tak je zde přirozená retenční kapacita velmi nízká. Významným faktorem při povodních v tomto území je souběh povodňových vln z Vltavy a jejích přítoků. Zásadní vliv na povodňové průtoky má Vltavská kaskáda, která však není sama schopná vyšší průtoky pojmout. Obecně lze říci, že povodně v zájmovém území nevznikají v této oblasti ale vždy v horních částech toku. Zlepšení podmínek se skutečně projeví až po uskutečnění všech opatření navrhovaných nejen v tomto úseku, ale především v horní části toku. Důležitá je také správa toku, která musí zajistit potřebnou údržbu v tomto úseku, jako je úprava vegetace, úklid okolí toku po povodni a prohrábky dna koryta.

V rámci této studie byl vypracován projekt s cílem snížení povodňového rizika a posouzení lodní dopravy v tomto úseku v návaznosti na plavební komoru Klecany. Návrhový projekt se zaměřil na odstranění části pravého břehu, čímž došlo k odstranění nežádoucího zúžení na toku. V rámci projektu byla zpracována průvodní zpráva a výkresová část na základě podkladů, které jsou uvedeny níže. Stanovení záplavových čar bylo stanoveno pomocí matematických modelů. Pro určení výšek hladin povodňových průtoků v příčných profilech byl využit program HEC-RAS. Mapa záplavových čar byla vykreslena v programu ArcGIS.

Dále se tato studie zaměřila na porovnání tohoto projektu s úpravou, kterou vypracovala Bc. Magdaléna Vytisková. Vyhodnocení kladů a záporů obou variant a jejich následné posouzení je obsaženo v diskuzi.

Na závěr této studie došlo k porovnání obou návrhových variant v části upravovaného úseku, a to v říčním km 35.5 – 36.0 u Klecanského jezu na horním toku úpravy. Interpretované výsledky této studie by měly pomoci s budoucí realizací projektu na tomto úseku.

V rámci vypracování této práce byly použity hydrologické modely. Modelování průtoků na toku nemusí být úplně přesné, neboť model HEC-RAS patří mezi jednodimenzionální model, který zjednodušuje přírodní poměry a využívá pouze jednu souřadnici. Model pak zvláště v takto krátkém úseku nemusí zahrnovat veškeré přírodní jevy, které zde mohou nastat. Dalším problémovým faktorem může být nepřesné zaměření toku a jeho okolí, které se projevilo při posledních povodních v roce 2013, a na jejichž základě je v současné době přepracováván povodňový plán obce Husinec – Řež.

13. Zdroje a použitá literatura

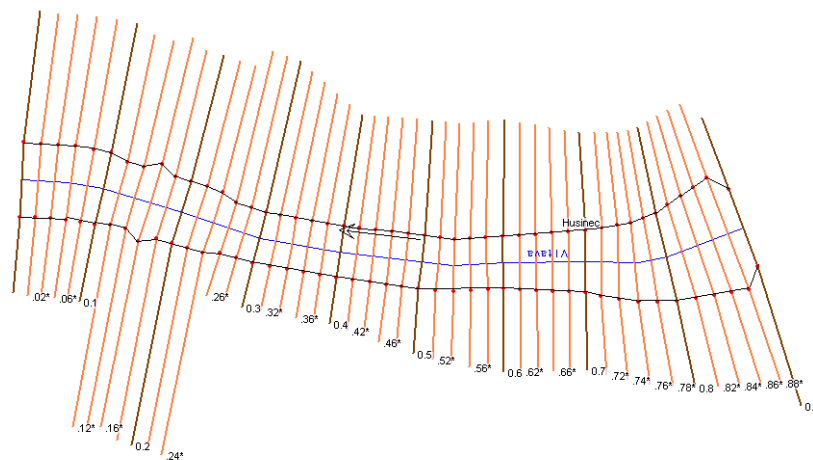
1. **Boor, B., 1968:** Hydraulika pro vodohospodářské stavby. Praha
2. **Brunner, G. W., 2010:** HEC RAS River Analysis System User's Manual. US
3. **Cílek, V., Kender, J., 2004.:** Voda v krajině: kniha o krajinotvorných programech. Consult, Praha
4. **DHI Hydroinform, 2005:** Studie odtokových poměrů Vltavy v úseku Klecany – Mělník. Praha
5. **Ford, D., Pingel, N., Devires, J. J., 2008:** Hydrologic Modeling System
6. **Horáček, Z., 2013:** Vodní zákon: s podrobným komentářem po velké novele stavebního zákona k 1.1:2013. Sondy, Praha.
7. **Hrádek, F., Kuřík, P., 2008:** Hydrologie. Skripta ČZU, Praha
8. **Hydroprojekt, 2005:** Riziková analýza v úseku Klecany – Mělník. Praha
9. **Jedlička, J., Štych, P., 2007:** Hydrologické modelování v programu ArcGIS, Praha
10. **Just, T., 2005:** Vodohospodářské revitalizace a jejich uplatnění v ochraně před povodněmi. ZO ČSOP, Hořovicko
11. **Just, T., 2009:** Renaturace a revitalizace vodních toků. Agricultural Research Council, Praha
12. **Just, T., 2010:** Přírodě blízké úpravy vodních toků. Ochrana přírody, Praha
13. **Just, T., 2012:** K ekologicky orientované správě vodních toků: Samovolné denaturace technicky upravených koryt a jejich využití. Vodní hospodářství, Ročník. 62/4, str. 142 – 146
14. **Kolář, V., 1966:** Hydraulika, Praha
15. **Kovář, P., 1988:** Úpravy toků, skriptum VŠZ, Praha
16. **Kunštátský, J., Patočka, C., 1971:** Základy hydrauliky a hydrologie pro inženýrské konstrukce a dopravní stavby, Praha
17. **Mareš, K., 1997:** Úpravy toků, ČVUT, Praha
18. **Mareš, K., 1985:** Úpravy toků: Navrhování koryt. Ediční středisko ČVÚT, Praha
19. **Milerski, R., 2005:** Vodohospodářské stavby. Akademické nakladatelství CERM, Brno
20. **Mujamar, P., 2001:** Flood Wave Propagation. The Saint Venant Equations. Department of civil Engineering, Indian Institute of Science, Bangalore
21. **Novák, L., Ibllová, M., Škopek, V., 1986:** Vegetace v úpravách vodních toků a nádrží. Nakladatelství technické literatury, Praha
22. **Oršulák, T., 2010:** 3D Modelování a virtuální realita, Ústí nad Labem
23. **Pech, P., Roub, R., 2003.:** Hydraulika, příklady. ČZÚ v Praze, LF, Praha
24. **Povodí Vltavy, státní podnik, 2003:** Souhrnná zpráva o povodni v srpnu 2002, Praha
25. **Povodí Vltavy, státní podnik, 2009:** Plán oblasti povodí Dolní Vltavy, Praha

- 26. Povodí Vltavy, státní podnik, 2009:** Plán oblasti povodí Horní Vltavy, Praha
- 27. Šlezinger, M., 2010:** Revitalizace toků: příspěvek k problematice úprav vodních toků. VUTIUM, Brno
- 28. Šlezinger, M., 2011:** Břehová abraze – možnosti stabilizace břehů. Mendelova univerzita, Brno
- 29. Vytisková, M., 2014:** Diplomová práce – Studie rozšíření koryta Vltavy v úseku Žalov – Husinec. ČZU, Praha
- 30. Zeman-Ingeo, Praha, 2008:** Závěrečná zpráva inženýrskogeologického průzkumu pro protipovodňové opatření – zvýšení kapacity koryta Vltavy ř. km 35,1 – 35,8 pro obec Husinec. Praha
- 31. Anonym, 2013:** Historie splavnění Vltavy: Online: <http://budejovicepraha.cz>, citováno 10.4.2013
- 32. ArcData Praha, 2012:** Co je GIS?: Online: <http://www.arcdata.cz>, citováno 10.2.2013
- 33. Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center, 2013:** Hec-Ras info, Online: <http://www.hec.usace.army.mil>, citováno 20.12.2013
- 34. Česká geologická služba, 2013:** Online: <http://www.geology.cz>, citováno 1.2.2014
- 35. Evropská komise, 2002: Rámcová směrnice o vodách. Online:** <http://ec.europa.eu/environment/pubs/pdf/factsheets/wfd/cs.pdf>, citováno 20.3.2014
- 36. Jeníček, M., 2010:** Modelování hydrologických procesů. Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, Praha. Online: hydro.natur.cuni.cz, citováno 4.4.2014
- 37. Jeníček, M., 2011:** Přehled srážko-odtokových modelů. UK, Praha
Online: hydro.natur.cuni.cz, citováno 4.4.2014
- 38. Ministerstvo zemědělství, 2014:** Online: <http://eagri.cz/public/web/mze/voda/>, citováno 1.3.2014
- 39. Oficiální stránky obce Husinec, 2014:** Povodňový plán obce. Online: <http://www.husinec-rez.cz/obec-727b/povodnovy-plan-obce-husinec/>, citováno 15.3.2014
- 40. Oficiální stránky obce Husinec, 2014:** Územní plán obce. Online: <http://www.husinec-rez.cz/obec-727b/uzemni-plan-obce/>, citováno 15.3.2014
- 41. Havlík, A., 2014: Vodní toky.**
Online: http://hydraulika.fsv.cvut.cz/Vin/ke_stazeni/Vodni_toky.pdf, citován 20.3.2014
- 42. Oficiální stránky povodí Vltavy, 2014.** Online: <http://www.pvl.cz>, citován 21.2.2014

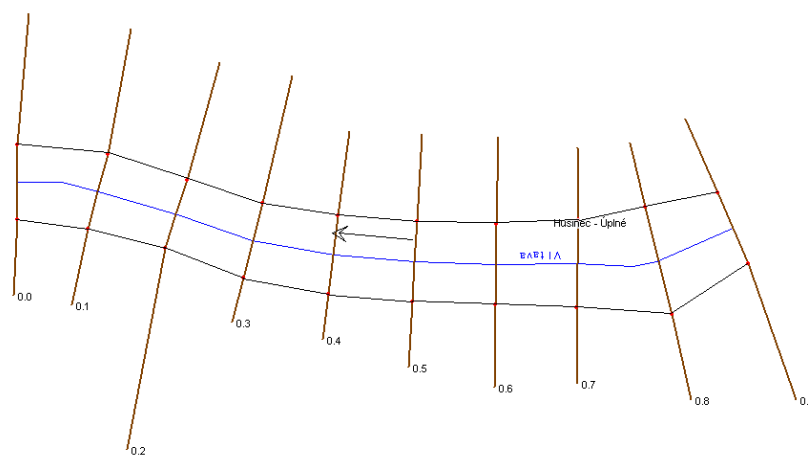
- 43. On-line tourist guide, 2014:** Historie vodní dopravy. Online:
<http://www.visitvltava.cz/cz/historie-vodni-dopravy-na-vltave/>, citováno
5.4.2014
- 44. Rapant, P., 2002:** Úvod do geografických informačních systémů, Ostrava.
Online: <http://gis.vsb.cz/publikace/ugis>, citováno 29.12.2013
- 45.** zákon č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí,
46. zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, ve znění pozdějších
předpisů,
47. zákon č. 114/1995 Sb., o vnitrozemské plavbě, ve znění zákona č.358/1999,
48. zákon č. 17/1992 Sb., o životním prostředí,
49. zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební
zákon),
50. zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon),
51. zákon č. 305/2000 Sb., o povodích,
- 52.** vyhláška č. 24/2011 Sb., o plánech povodí a plánech pro zvládnutí
povodňových rizik
53. vyhláška č. 222/1995 Sb., o vodních cestách, plavebním provozu v
přístavech, společné havárii a dopravě nebezpečných věcí,
54. vyhláška č. 236/2002 Sb., o způsobu a rozsahu zpracovávání návrhu a
stanovování záplavových území,
55. vyhláška č. 333/2003 Sb., kterou se stanoví seznam významných vodních
toků a způsob provádění činností souvisejících se správou vodních toků
56. vyhláška č. 471/2001 Sb., o technicko-bezpečnostním dohledu nad vodními
díly
- 57.** povodňový plán ČR – základní dokument pro ústřední řízení povodňové
ochrany v ČR zpracováváný MŽP na základě zákona č. 254/2001 Sb., o
vodách;
58. Rámcová směrnice Rady EU č. 2000/60/ES
- 59.** ČSN 75 0110 Vodní hospodářství. Terminologie hydrologie a hydrogeologie
60. ČSN 75 1400 Hydrologické údaje povrchových vod
61. ČSN 75 2101 Ekologizace úprav vodních toků
62. ČSN 01 3469 Výkresy hydrotech. a hydroenerg. staveb – stavební část
(Normy, 2012)
63. TNV 75 2910 Manipulační řády vodních děl na vodních tocích
64. TNV 75 2103 Úpravy řek
65. TNV 75 2102 Úpravy toků

14.1. Příloha modelování v programu HEC – RAS

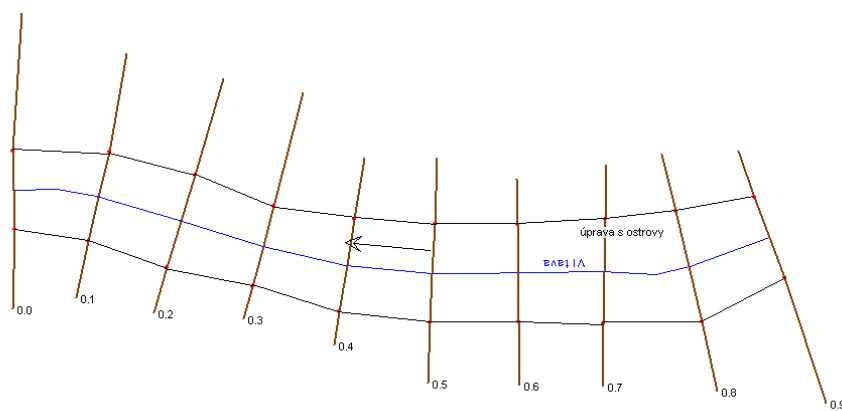
Porovnání situace před úpravou a po úpravě:



Situace před úpravou

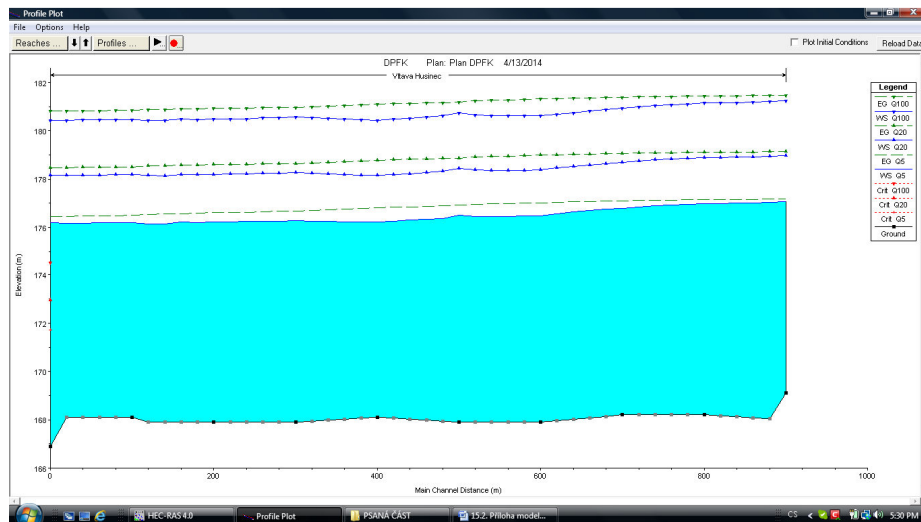


Situace po úpravě – úplné rozšíření

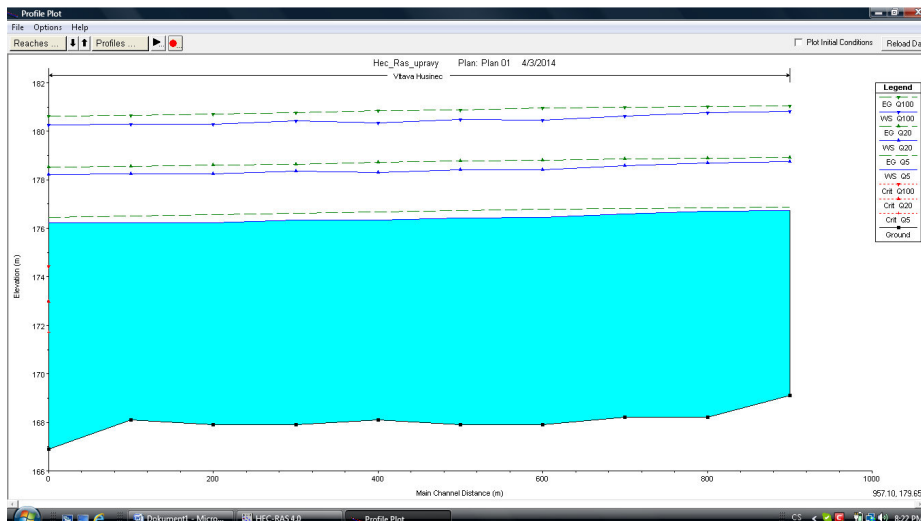


Situace po úpravě – se začleněnými ostrovy

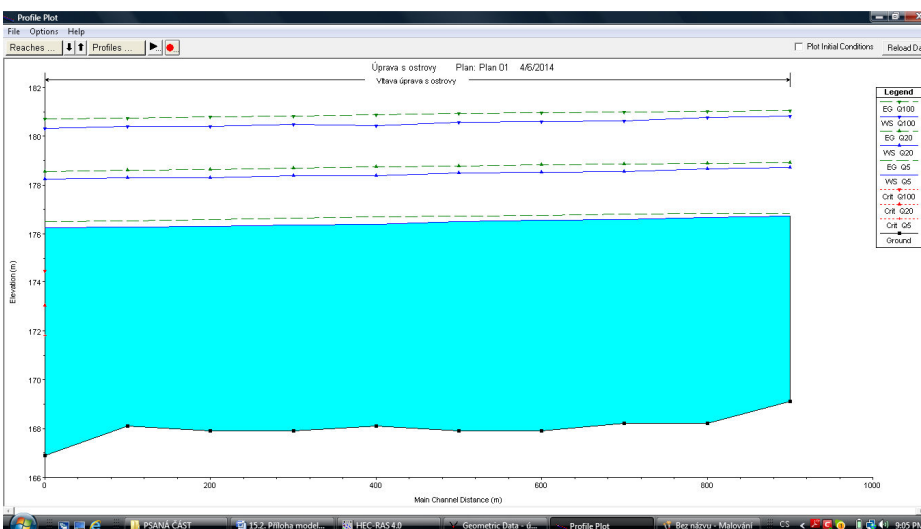
Porovnání podélných profilů před úpravou a po úpravě:



Podélný profil před úpravou

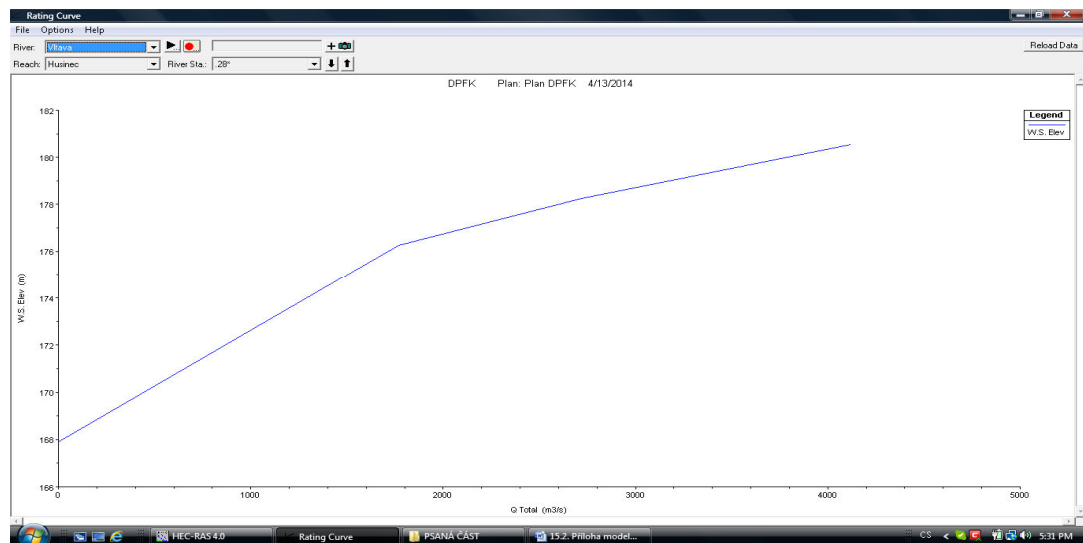


Podélný profil po úpravě – úplné rozšíření

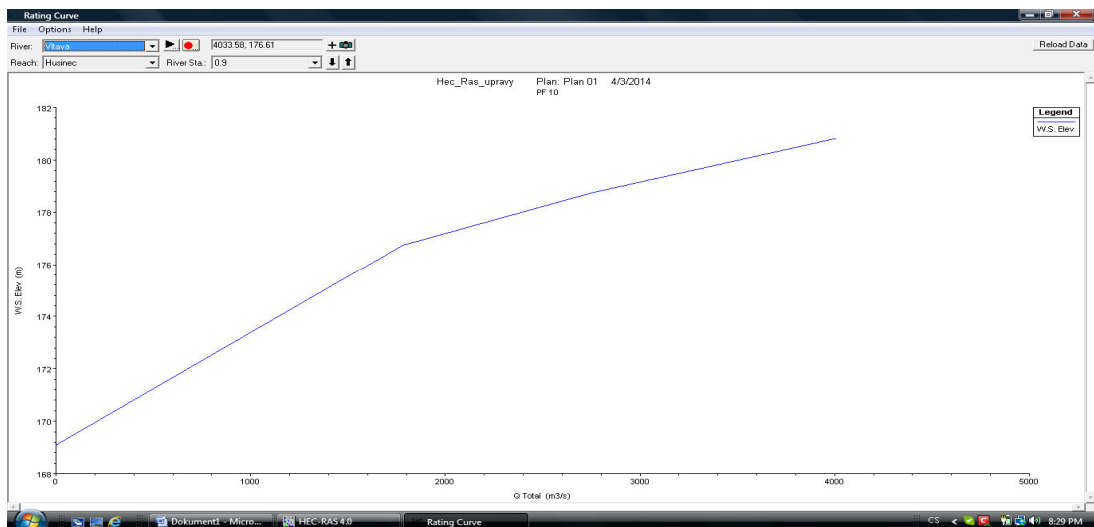


Podélný profil po úpravě – se začleněnými ostrovy

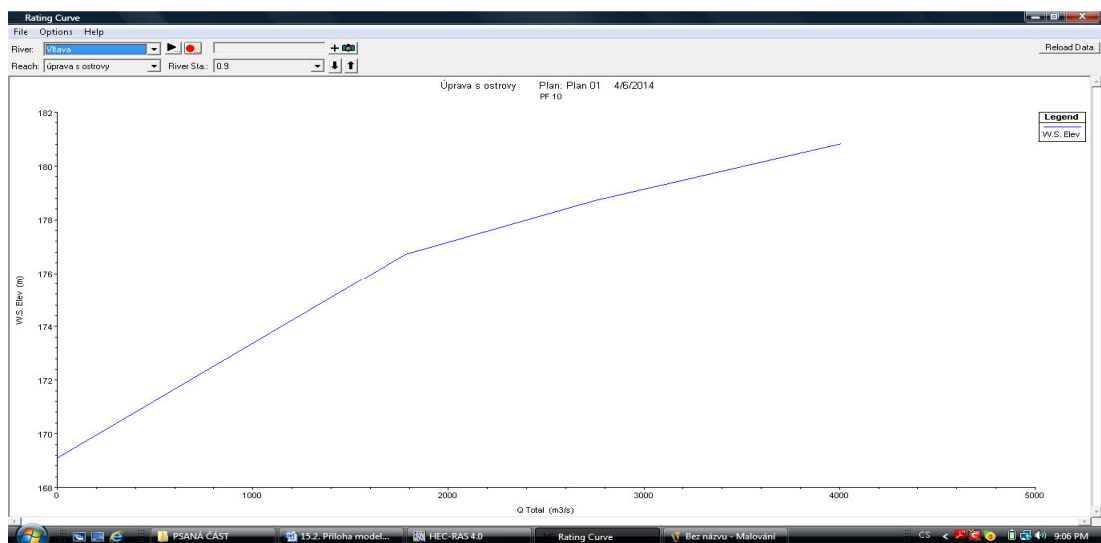
Graf porovnání konsumpčních křivek před úpravou a po úpravě:



Graf konsumpční křivky před úpravou

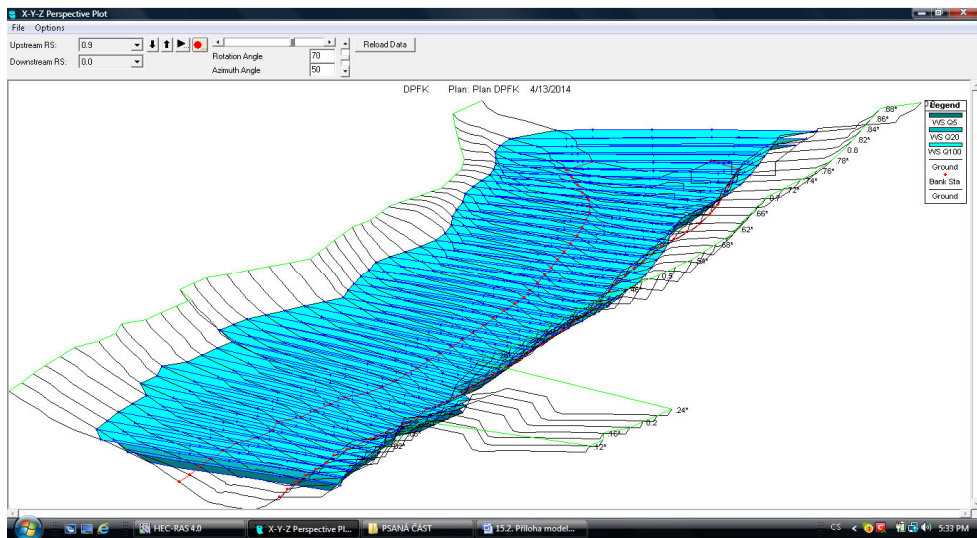


Graf konsumpční křivky po úpravě – úplné rozšíření

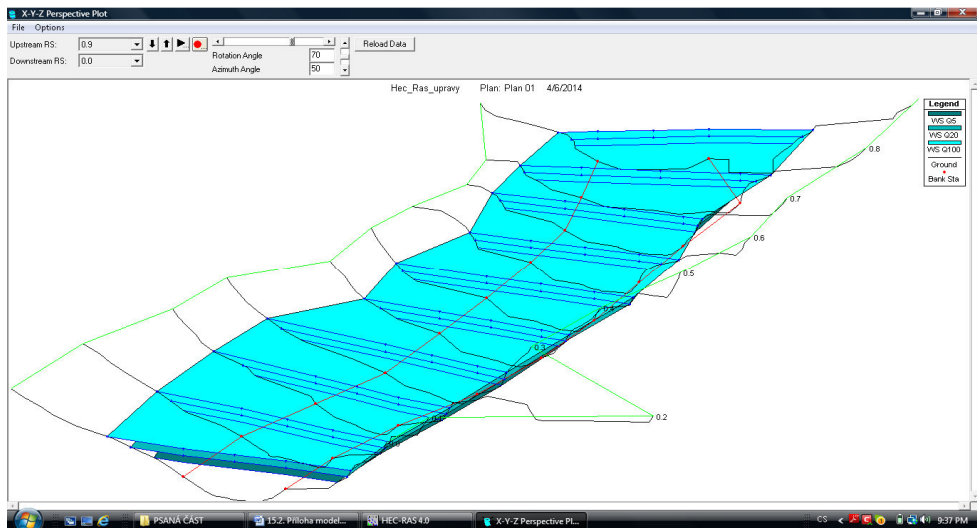


Graf konsumpční křivky po úpravě – se začleněnými ostrovy

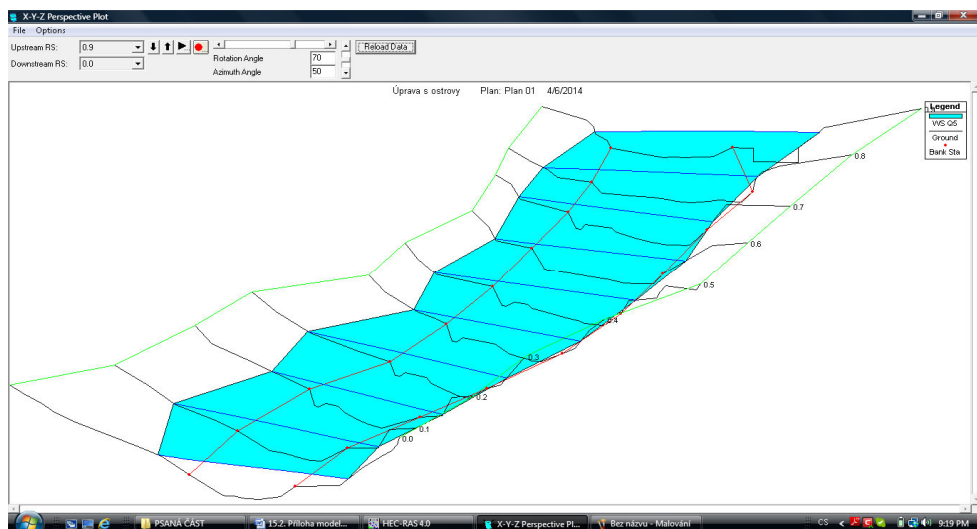
Porovnání profilů v XYZ perspektivě



Situace před úpravou



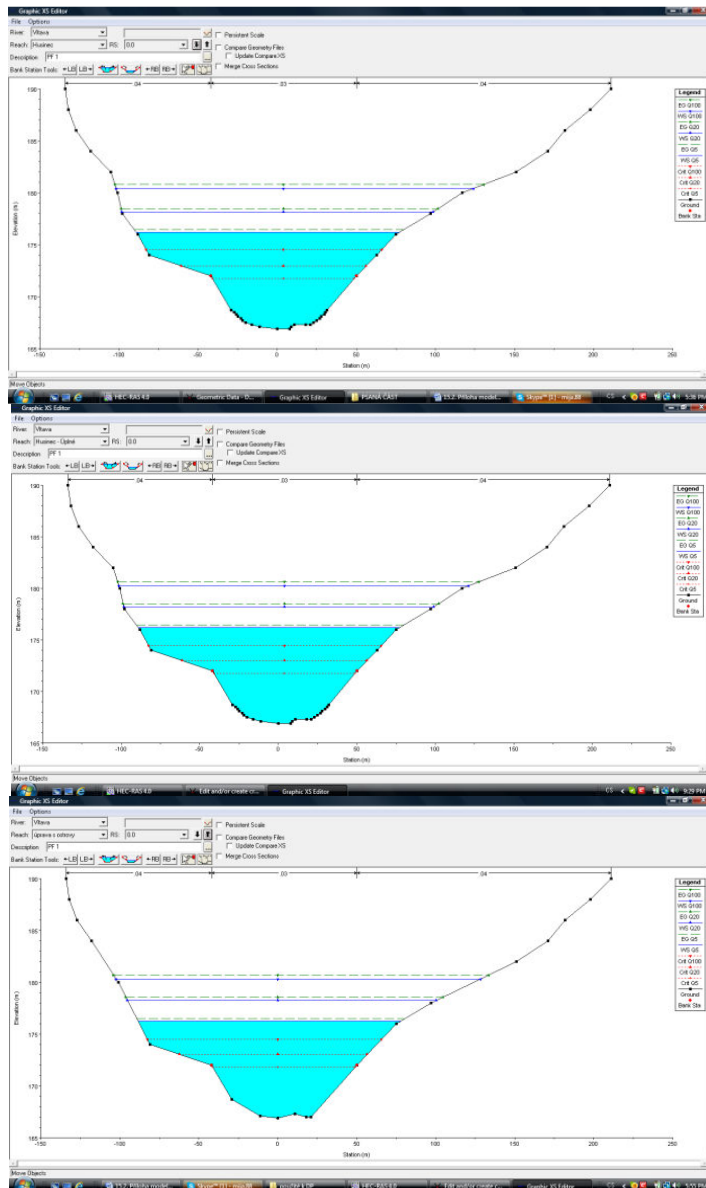
Situace po úpravě – úplné rozšíření



Situace po úpravě – se začleněnými ostrovy

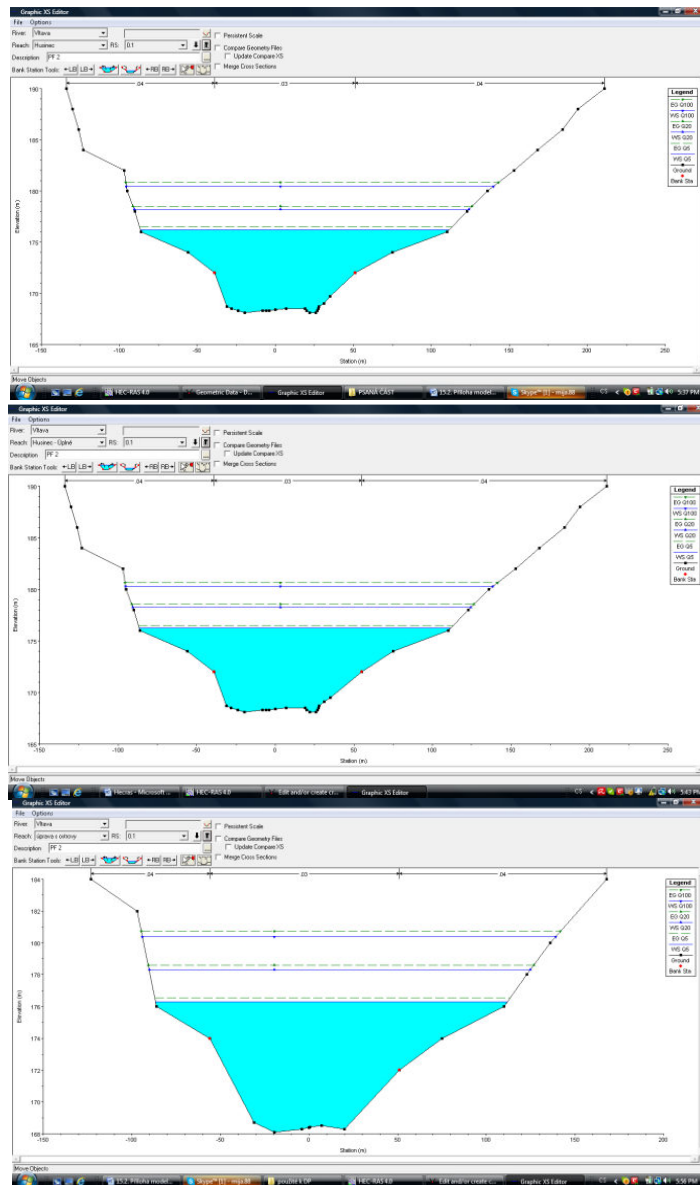
Porovnání příčných profilů před úpravou a po úpravě:

PF1 km 0.000



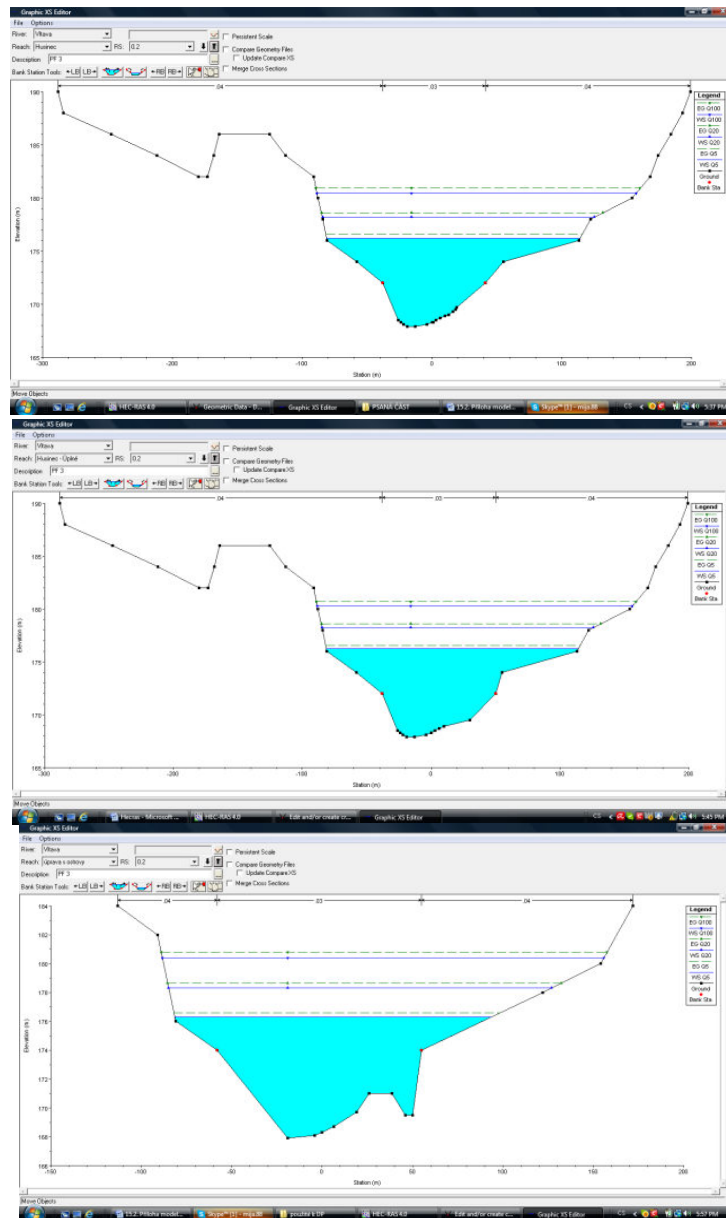
Příčný profil před úpravou (nahore) a po úpravě – úplné rozšíření (uprostřed) a po úpravě – se začleněnými ostrůvky (dole)

PF 2 km 0.100



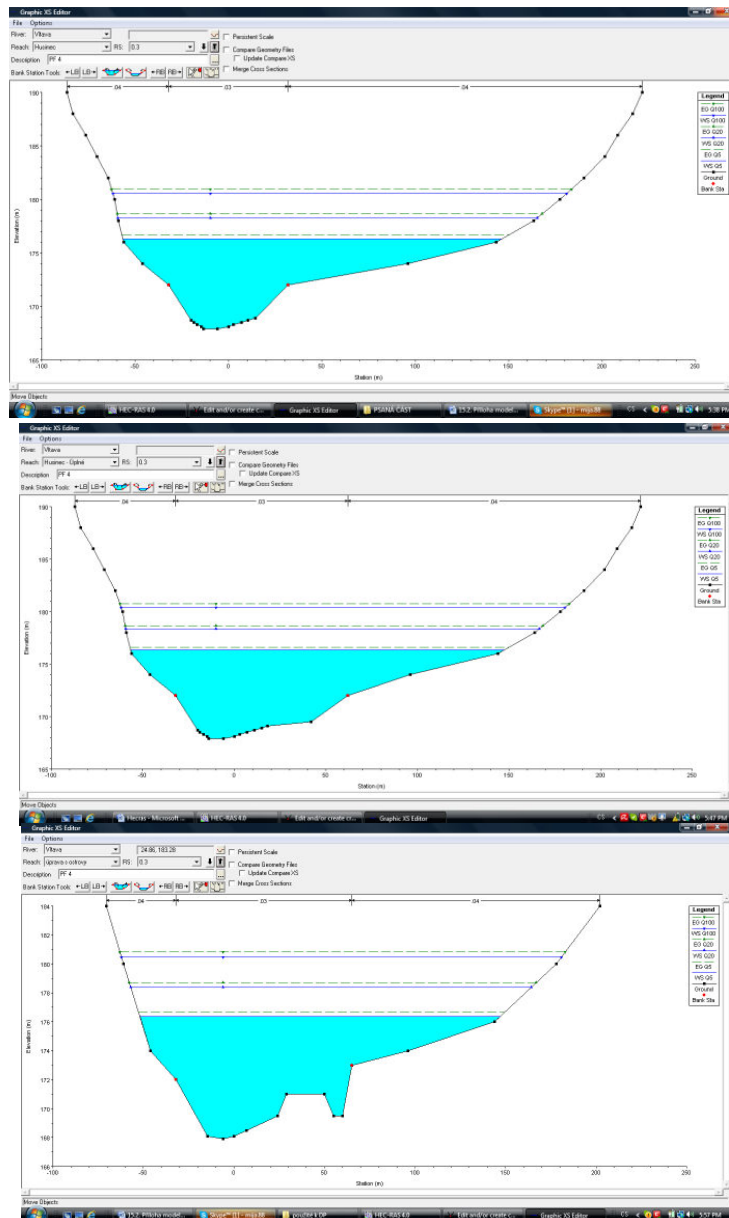
Příčný profil před úpravou (nahore) a po úpravě – úplné rozšíření (uprostřed) a po úpravě – se začleněnými ostrůvky (dole)

PF 3 km 0.200



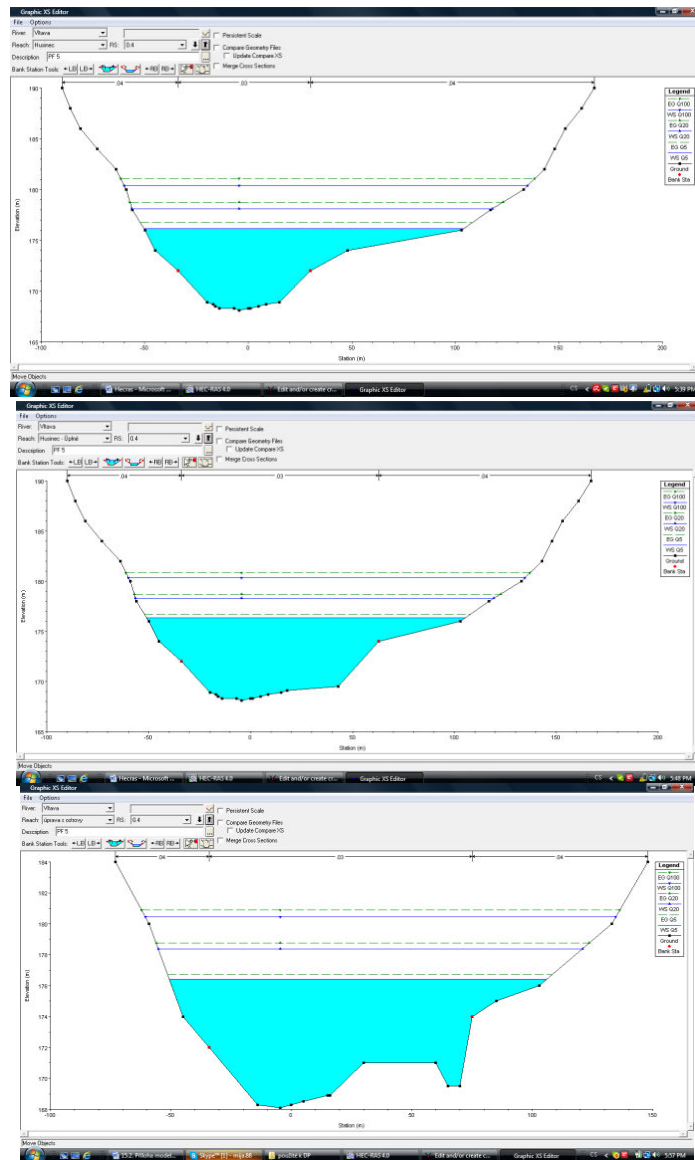
Příčný profil před úpravou (nahore) a po úpravě – úplné rozšíření (uprostřed) a po úpravě – se začleněnými ostrůvky (dole)

PF 4 km 0.300



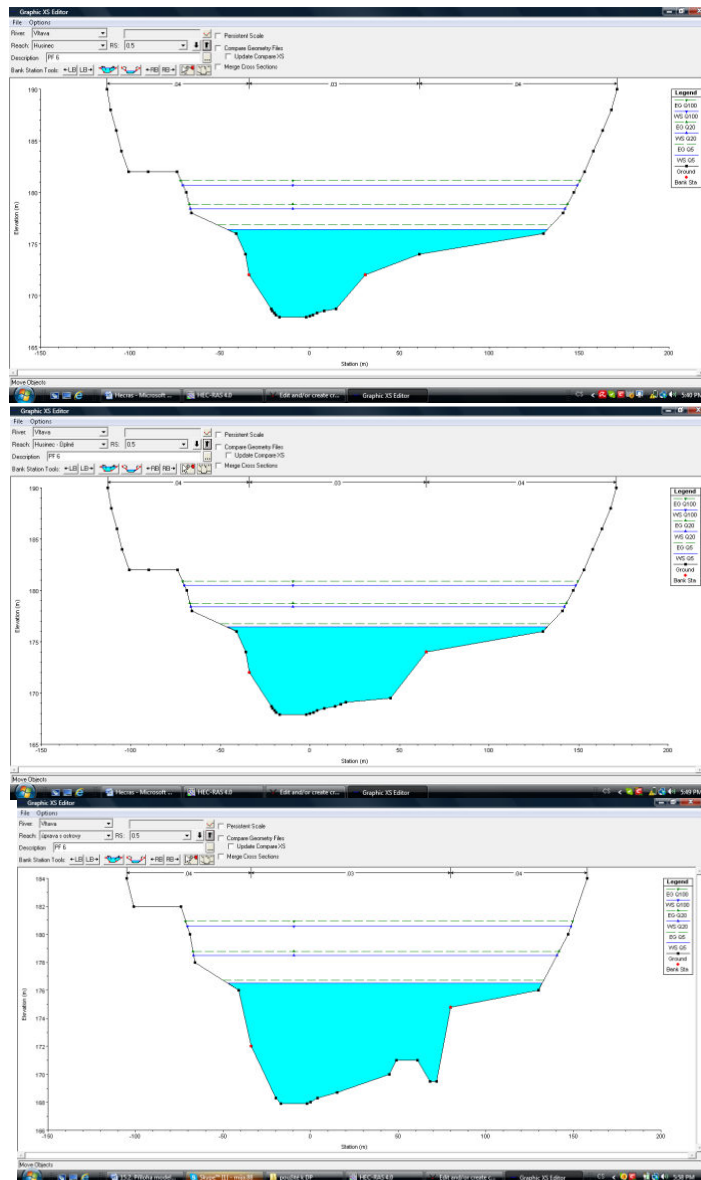
Příčný profil před úpravou (nahore) a po úpravě – úplné rozšíření (uprostřed) a po úpravě – se začleněnými ostrůvky (dole)

PF 5 km 0.400



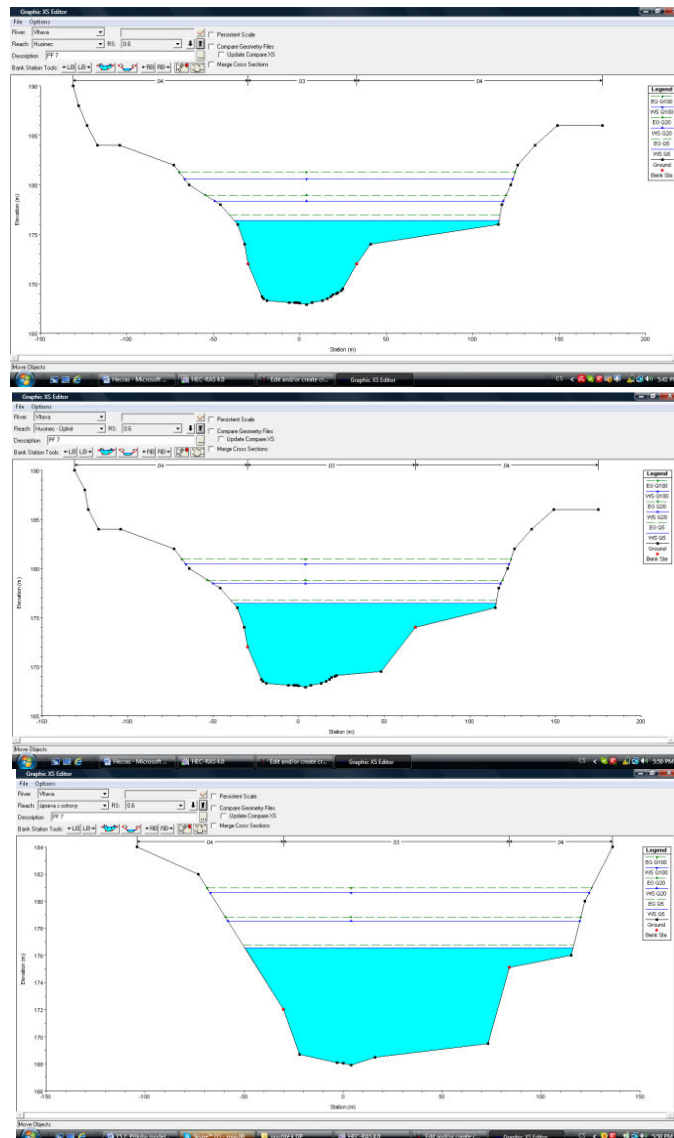
Příčný profil před úpravou (nahore) a po úpravě – úplné rozšíření (uprostřed) a po úpravě – se začleněnými ostrůvky (dole)

PF6 km 0.500



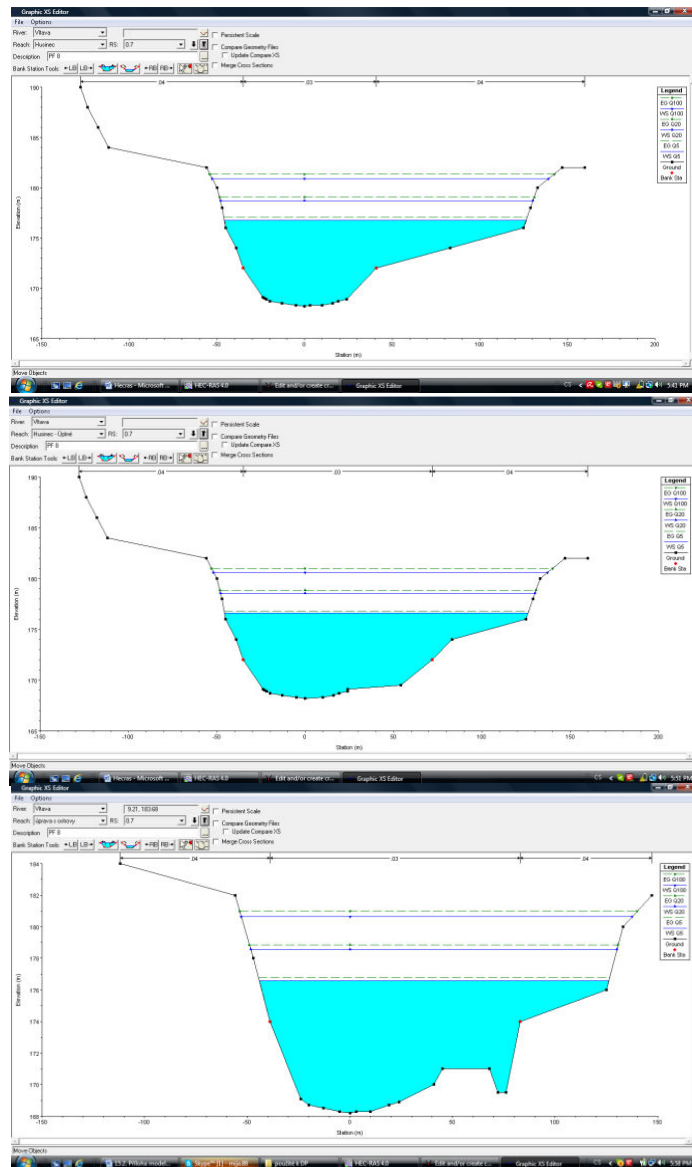
Příčný profil před úpravou (nahore) a po úpravě – úplné rozšíření (uprostřed) a po úpravě – se začleněnými ostrůvky (dole)

PF7 km 0.600



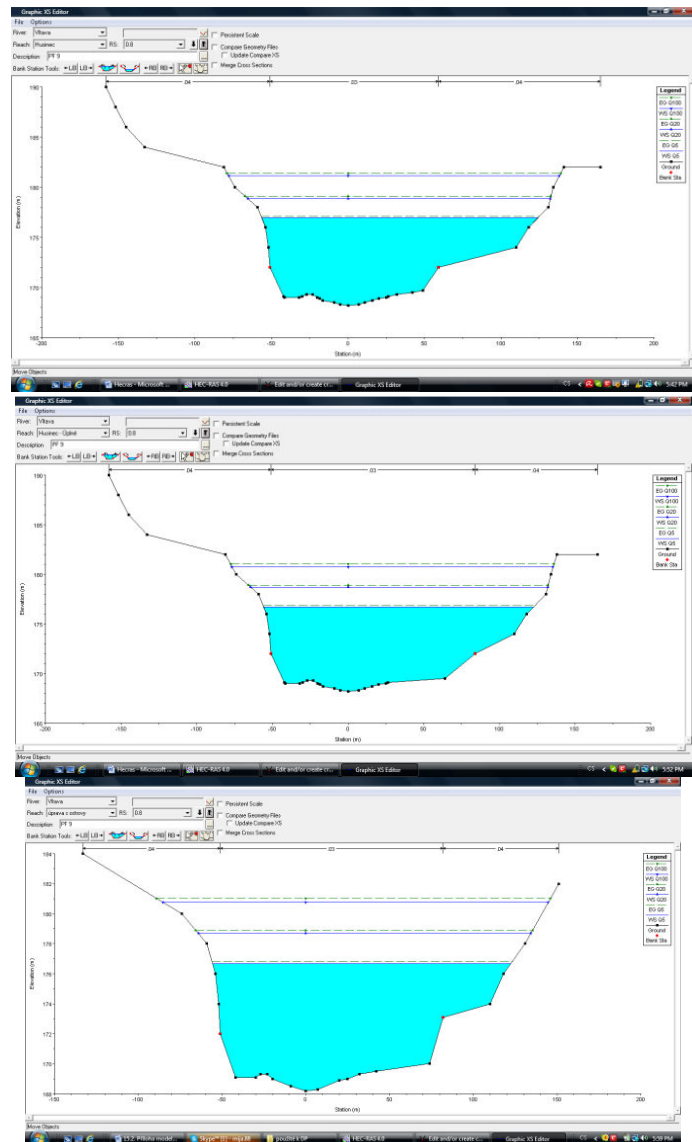
Příčný profil před úpravou (nahore) a po úpravě – úplné rozšíření (uprostřed) a po úpravě – se začleněnými ostrůvky (dole)

PF8 km 0.700



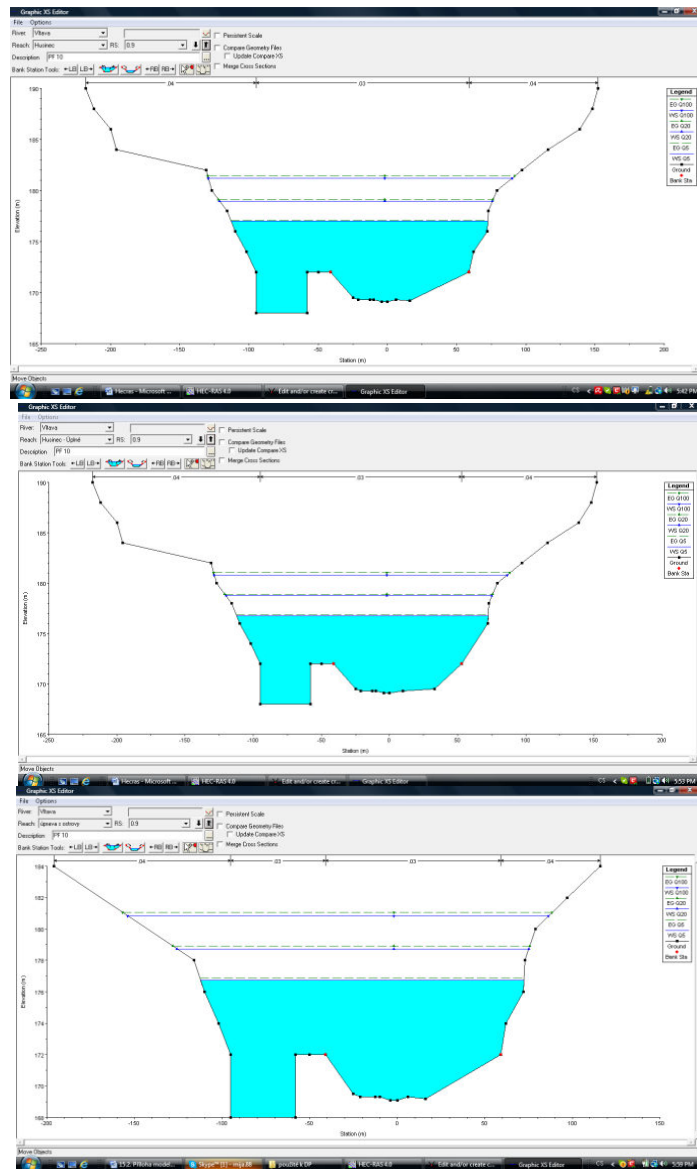
Příčný profil před úpravou (nahore) a po úpravě – úplné rozšíření (uprostřed) a po úpravě – se začleněnými ostrůvky (dole)

PF9 km 0.800



Příčný profil před úpravou (nahore) a po úpravě – úplné rozšíření (uprostřed) a po úpravě – se začleněnými ostrůvky (dole)

PF10 km 0.900



Příčný profil před úpravou (nahore) a po úpravě – úplné rozšíření (uprostřed) a po úpravě – se začleněnými ostrůvky (dole)

Tabulka průtoků všech variant vymodelovaných programem HEC-RAS

	PF 1	PF 2	PF 3	PF 4	PF 5	PF 6	PF 7	PF 8	PF 9	PF 10	Pokles hladiny na úseku	
Původní situace	Qprůměrné	169.77	169.86	170.06	170.23	170.40	170.58	170.67	170.73	170.80	170.83	1.06
	Q5	176.23	176.23	176.24	176.30	176.24	176.52	176.50	176.82	177.01	177.08	0.85
	Q20	178.16	178.19	178.19	178.26	178.15	178.44	178.37	178.71	178.90	178.98	0.82
	Q100	180.42	180.47	180.47	180.56	180.42	180.73	180.62	180.93	181.15	181.24	0.82
Situace po úpravě - úplné rozšíření	Qprůměrné	169.76	169.76	169.92	170.14	170.27	170.41	170.47	170.53	170.58	170.61	0.85
	Q5	176.22	176.23	176.23	176.35	176.35	176.43	176.47	176.59	176.71	176.74	0.52
	Q20	178.21	178.24	178.24	178.35	178.31	178.41	178.43	178.57	178.70	178.74	0.53
	Q100	180.25	180.30	180.30	180.42	180.34	180.48	180.46	180.62	180.77	180.82	0.57
Situace po úpravě - se začleněnými ostrovy	Qprůměrné	169.82	169.83	169.99	170.23	170.40	170.58	170.63	170.65	170.71	170.73	0.91
	Q5	176.27	176.29	176.30	176.36	176.40	176.50	176.56	176.58	176.68	176.73	0.46
	Q20	178.25	178.30	178.30	178.38	178.38	178.49	178.54	178.57	178.67	178.73	0.48
	Q100	180.32	180.40	180.40	180.47	180.44	180.58	180.60	180.63	180.76	180.83	0.51
Ríční kilometr	35.1	35.2	35.3	35.4	35.5	35.6	35.7	35.8	35.9	36		
PF	PF1	PF2	PF3	PF4	PF5	PF6	PF7	PF8	PF9	PF10		
Stančení	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9		

14.2. Fotodokumentace

Fotografie č.1: Zúžení koryta toku po pravé straně, foceno cca v místě PF 10 na pravém břehu



Fotografie č.2: Detail navážky v zúženém profilu, která byla navezena po povodních



Fotografie č.3: Navážka navezená na vymletý břeh po povodni, cca v místě PF8



Fotografie č.4: Upravovaný břeh a cyklostezka, vodní tok je po pravé straně, cca u PF 3



Fotografie č.5: Zúžený profil z pravého břehu, přibližně v místě PF 9 u kamenolomu



Fotografie č.6: Upravovaný břeh je v současné době zarostlý vysokou trávou, v místech PF 4



Fotografie č.7: Nejužší místo zúžení, foceno z pravého břehu přibližně u PF 7



Fotografie č.8: pohled z pravého břehu na obec Husinec a kamenolom, v místech PF 5



Fotografie č. 9: Pohled na druhý břeh a železniční násyp, přibližně v PF 6



Fotografie č.10: Po povodních na pravém břehu zůstávají poničené objekty, v pozadí je vidět trafostanici, kterou místní používají k odečítání povodňových průtoků



Fotografie č.11: Pohled z pravého břehu na plavební komoru Klecany a velín, cca u PF 9



Fotografie č. 12: Pohled do kamenolomu Klecany, přibližně v místech PF 9



Fotografie č.13: Letecký pohled na obec Husinec – Řež a kamenolom Klecany z roku 2011



Zdroj: *Oficiální stránky obce Husinec, Online: <http://www.husinec-rez.cz/>*

Fotografie č.14: Letecký pohled na plavební úžinu Husinec z roku 2011



Zdroj: *Oficiální stránky obce Husinec, Online: <http://www.husinec-rez.cz/>*

Fotografie č.15: Plavební úžina Husinec, Žalov na opačném břehu a železniční násyp



Zdroj: Oficiální stránky obce Husinec, Online: <http://www.husinec-rez.cz/>

Fotografie č.16: Plavební úžina Husinec, obec Husinec - Řež



Zdroj: Oficiální stránky obce Husinec, Online: <http://www.husinec-rez.cz/>

Fotografie č.17: Plavební úžina Husinec focena z opačného břehu



Zdroj: Oficiální stránky obce Husinec, Online: <http://www.husinec-rez.cz/>

Fotografie č.18: Povodeň z roku 2013, Husinecký mlýn přibližně 60 metrů od toku



Zdroj: Oficiální stránky obce Husinec, Online: <http://www.husinec-rez.cz/>

Fotografie č.19: Povodeň z roku 2013, ulice K Lomu přibližně 60 metrů od toku



Zdroj: Oficiální stránky obce Husinec, Online: <http://www.husinec-rez.cz/>

Fotografie č.20: Povodeň z roku 2013, zahrádky v Husinci u plavební úžiny



Zdroj: Oficiální stránky obce Husinec, Online: <http://www.husinec-rez.cz/>

Fotografie č.21: Povodeň z roku 2013, ulice K Lomu a Maličká, přibližně 70 metrů od toku



Zdroj: Oficiální stránky obce Husinec, Online: <http://www.husinec-rez.cz/>

Fotografie č.22: Povodně v roce 2002 v Husinci



Zdroj: Oficiální stránky obce Husinec, Online: <http://www.husinec-rez.cz/>

Fotografie č.23: Povodně v roce 2002, Řež



Zdroj: Oficiální stránky obce Husinec, Online: <http://www.husinec-rez.cz/>

Fotografie č.24: Povodně v roce 2002, Řež



Zdroj: Oficiální stránky obce Husinec, Online: <http://www.husinec-rez.cz/>