VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV VODNÍCH STAVEB

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF WATER STRUCTURES

POSOUZENÍ ZANÁŠENÍ KORYTA TOKU ČESKÝ POTOK V OBCI ČECHY POD KOSÍŘEM.

ASSESSMENT OF THE SILTING STREAMBED RIVER ČESKÝ POTOK IN THE VILLAGE ČECHY POD KOSÍŘEM

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE JOSEF BLAHA
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE Ing. HANA UHMANNOVÁ, CSc.
SUPERVISOR

BRNO 2014

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3647R015 Vodní hospodářství a vodní stavby
Pracoviště	Ústav vodních staveb

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Josef Blaha
Název	Posouzení zanášení koryta toku Český potok v obci Čechy pod Kosířem
Vedoucí bakalářské práce	Ing. Hana Uhmannová, CSc.
Datum zadání bakalářské práce	30. 11. 2013
Datum odevzdání bakalářské práce	30. 5. 2014

V Brně dne 30. 11. 2013

.....	.....
prof. Ing. Jan Šulc, CSc. Vedoucí ústavu	prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

Raplík M., Výbora P., Mareš K.: Úprava tokov, Alfa, Bratislava. 1989.
Mareš K.: Úpravy toků, ČVUT, Praha. 1997.
Chow, Ven Te.: Open Channel Flow. Mc Graw Hill Book Company. 1959.
http://www.hec.usace.army.mil
Kolář, V., Patočka, C., Bém, J.: Hydraulika. SNTL/ALFA. Praha. 1983.
Geodetické podklady – zaměření toku

Zásady pro vypracování (zadání, cíle práce, požadované výstupy)

V rámci bakalářské práce proveďte posouzení úpravy toku Český potok v obci Čechy pod Kosířem. Český potok je v intravilánu obce upraven z nedostatku prostoru do obdélníkového profilu, který se zanáší. Cílem bakalářské práce je:
- posouzení stavu vodního toku v zájmové lokalitě,
- posouzení kapacity toku a návrhových parametrů původní provedené úpravy toku,
- posouzení stávající kapacity toku,
- posouzení příčin zanášení upraveného koryta,
- návrh úpravy koryta toku a opatření, která omezí zanášení toku, podložený hydrotechnickými výpočty.

Bakalářská práce bude obsahovat:
A. Textovou část cca 30 stran:
Úvodní část, popis zájmové lokality, popis stávajícího stavu toku, hydrotechnické výpočty, popis navrhovaných opatření, závěrečné zhodnocení.
B. Výkresovou část:
Situace zájmového území, podélný profil stávajícího koryta, příčné řezy.

Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

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

.....

Ing. Hana Uhmannová, CSc.
Vedoucí bakalářské práce

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá problematikou zanášení toku Český potok v obci Čechy pod Kosířem. V rámci práce je řešeno posouzení současného stavu úpravy toku provedené v 70. letech minulého století z hlediska kapacity toku a objektů a stavu opevnění koryta. Součástí práce je i posouzení stability dna toku se zaměřením na zanášení toku v části úseku upraveného do obdélníkového příčného profilu. Na základě provedeného posouzení je navrženo opatření, které eliminuje zanášení toku. Práce obsahuje výkresy současného stavu toku a výkresy navrhovaných opatření.

Abstrakt

Bachelor thesis deals with the problematic of clogging the flow of Český potok at village Čechy pod Kosířem. Work assesses the current state of the flow modification made in the 70s of the last century in terms of flow and object capacity and in terms of the state of the riverbed fortification. Thesis also includes the evaluation of the stability of the flow bottom focused on the clogging the flow in the section modified to a rectangular transverse profile. Based on the performed assessment, precautions eliminating the clogging the flow are suggested. Thesis contains drawings of the current state of the water flow and drawings of suggested precautions.

Klíčová slova

Vodní tok, upravené koryto, zanášení toku, úprava toku, HEC-RAS, kapacitní průtok.

Keywords

Water flow, trained river, clogging the flow, river training, HEC-RAS, designed channel capacity.

Bibliografická citace VŠKP

Josef Blaha *Posouzení zanášení koryta toku Český potok v obci Čechy pod Kosířem.* Brno, 2014. 71 s., 18 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodních staveb. Vedoucí práce Ing. Hana Uhmannová, CSc.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 30.5.2014

……

podpis autora

Josef Blaha

Poděkování

Chtěl bych poděkovat Ing. Haně Uhmannové, CSc., vedoucí mojí bakalářské práce, za odborné vedení, připomínky, podněty, informace a trpělivost, s kterou mi pomáhala při tvoření této bakalářské práce.

OBSAH

OBSAH 7

1 ÚVOD 10

2 ZÁKLADNÍ INFORMACE 11

2.1 Správní údaje 11

2.2 Údaje o povodí 11

2.3 Geologické údaje 11
2.3.1 Sondy 12
2.3.2 Poddolování 13

2.4 Poměry pedologické 13

2.5 Poměry klimatické 13

2.6 Poměry hydrologické 16

2.7 Údaje o zemědělství 17

2.8 Údaje o lesnictví 19

2.9 Údaje o průmyslu 20

2.10 Energetické využití toku 20

2.11 Čistota vod 20

2.12 Povodně 21

3 POPIS STÁVAJÍCÍHO STAVU TOKU 22

3.1 Charakteristika toku 22

3.2 Současný stav 22

3.3 Objekty na toku 22

4 PŘÍČINY ZANÁŠENÍ UPRAVENÉHO KORYTA TOKU 33

4.1 Úpravy a obhospodařování pozemků v povodí 33
4.1.1 Vliv vegetace na odnos půdy 33

4.2 Erozní ohrožení pozemků 33
4.2.1 Faktor erozní účinnosti R 34
4.2.2 Faktor erodovatelnosti půdy K 34
4.2.3 Faktor délky svahu L a faktor sklonu svahu S 35
4.2.4 Faktor ochranného vlivu vegetace C 36

4.3 Pohyb sedimentů 36

4.3.1 Splaveniny ... 37
4.3.2 Plaveniny ... 38

4.4 Stabilita koryta ... 39
4.4.1 Dno – přímá trasa ... 40
4.4.2 Pata svahu – přímá trasa ... 40
4.4.3 Svah – přímá trasa ... 41
4.4.4 Dno – trasa v oblouku ... 41
4.4.5 Pata svahu – trasa v oblouku ... 42
4.4.6 Svah – trasa v oblouku ... 42
4.4.7 Vliv setrvačnosti ... 42

4.5 Určení návrhového průtoku ... 43

5 HYDROTECHNICKÉ VÝPOČTY ... 45

5.1 Základní informace ... 45

5.2 Program HEC-RAS 4.1.0 ... 45

5.3 Výpočet rovnoměrného proudění v korytě ... 45

5.4 Metoda po úsecích ... 46

5.5 Určení drsnosti dna ... 49

5.6 Určení drsnosti břehů ... 49

5.7 Kapacita koryta ... 50

5.8 Zarůstání koryta ... 53

6 NAVRHOVANÁ OPATŘENÍ ... 58

6.1 Luční trať ... 58

6.2 Intravilán ... 58

6.3 Objekty ... 60
6.3.1 Lávka ř. km 10,673 ... 60
6.3.2 Hospodářský most ř. km 11,047 ... 61
6.3.3 Hospodářský most ř. km 11,355 ... 62
6.3.4 Černá stavba ... 63

7 ZHODNOCENÍ ... 64

7.1 Kapacita toku ... 64

7.2 Zanášení toku ... 64

8 ZÁVĚR ... 65

9 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ ... 66

9.1 Internetové zdroje ... 66

9.2 Literatura 66

9.3 Předpisy 66

Použité zkratky a značky 67

Seznam obrázků 69

Seznam tabulek 70

Seznam grafů: 70

10 SEZNAM PŘÍLOH 71

1 ÚVOD

Bakalářská práce je zaměřena na posouzení současného stavu úpravy Českého potok v intravilánu obce Čechy pod Kosířem. Posuzovaný úsek toku se nachází v ř. km 10,236 až 11,579. Úprava toku v interavilánu obce byla provedena v 70. letech minulého století. V horní části řešeného úseku, ř. km 10,584 až 11,579, je tok úpraven do lichoběžníkového profilu. V dolní čísti řešeného úseku, ř. km 10,508 až 10,584, je tok upraven z nedostatku prostoru do obdélníkového profilu, který se zanáší a dochází k jeho postupnému zarůstání. Současný správce vodního toku, Povodí Moravy, s.p., považuje část posuzovaného úseku toku za nevyhovující. Z toho důvody je třeba provést zásah do toku a zlepšit jeho stav.

Cílem bakalářské práce je posouzení stavu toku v zájmové lokalitě, posouzení stávající kapacity toku, zjištění příčin zanášení upraveného koryta a návrh opatření, která zamezí zanášení toku.

Provedené posouzení je podloženo hydrotechnickými výpočty. Výpočty pro posouzení kapacity stávajícího toku jsou provedeny pomocí programu HEC-RAS. Ostatní výpočty pro posouzení zanášení a stability toky jsou prováděny ručně za pomoci programu EXCEL.

2 ZÁKLADNÍ INFORMACE

2.1 SPRÁVNÍ ÚDAJE

Řešený tok se jmenuje Český potok. Zájmový úsek se nachází v obci Čechy pod Kosířem, což je asi 10 km na západ od Olomouce. Zpracovávaný úsek toku se nachází v KN Čechy pod Kosířem 618926, okres Prostějov, Olomoucký kraj. Číslo vodohospodářské mapy 24-22, číslo hydrologického pořadí je 4-12-01-039, 4-12-01-041, 4-12-01-043. Správcem toku je Povodí Moravy s.p., závod Horní Morava, provoz Přerov.

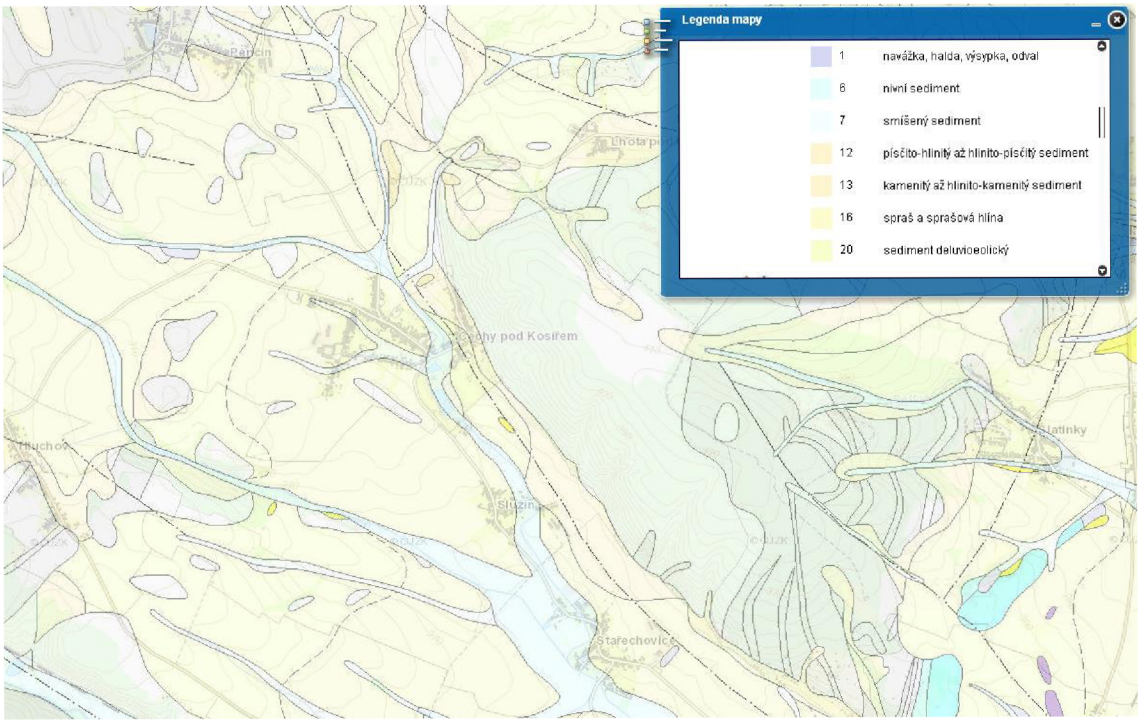
2.2 ÚDAJE O POVODÍ

Český potok se nachází v povodí Moravy, úmoří Černého moře. Pramení v polích mezi Čechami pod Kosířem a Přemyslovicemi. Pramen je v nadmořské výšce 311 m n.m.. V Držovicích se vlévá do řeky Romže v nadmořské výšce 219 m n.m.. Plocha povodí 48,9 km^2. Délka toku 13,7 km. Tok proudí převážně jihovýchodním směrem. Přítoky jsou: Pěnčínský potok (L), Stříbrný potojk (P), Mlýnská strouha (P), Studenecký potok (L).

Obr.1: Zájmové území toku [1]

2.3 GEOLOGICKÉ ÚDAJE

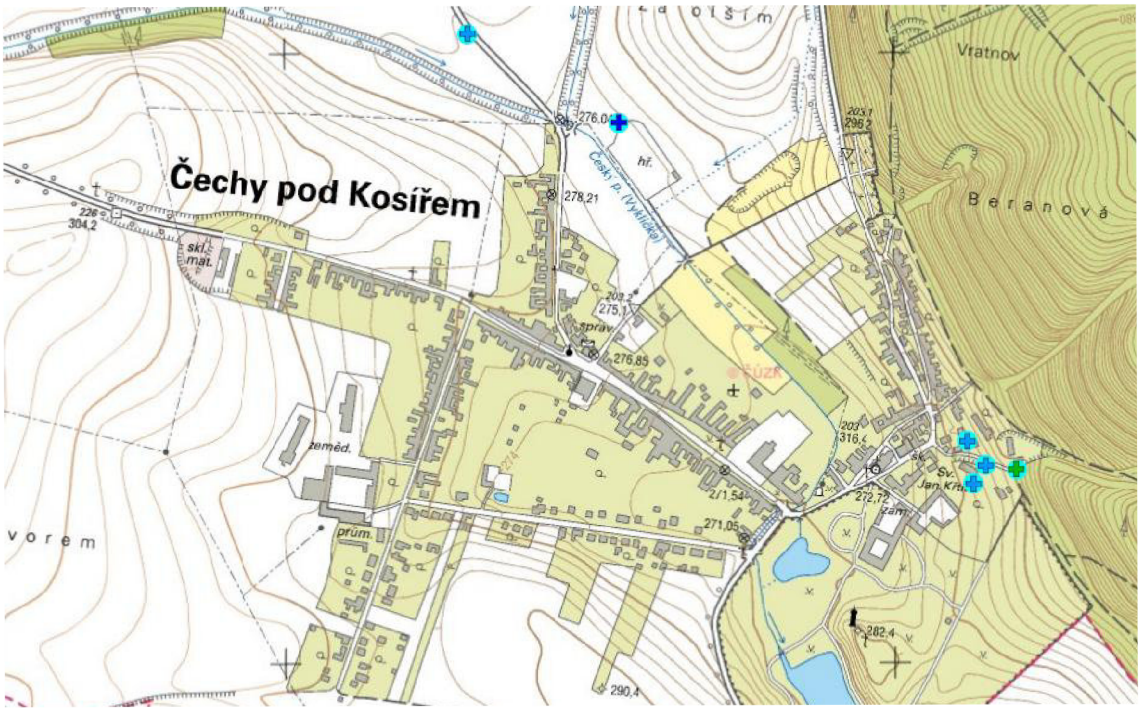
Ve sledovaném úseku se nacházejí horniny z kvartéru převážně nivní sedimenty, sprašová hlína a písčité zeminy.



Obr. 2: Geologické poměry [2]

2.3.1 Sondy

V dané lokalitě se nacházý 6 sond. Jeden vrt o hloubce do 100 m –tmavě modře, čtyři vrty o hloubce do 50m – světle modře a jeden vrt o hloubce do 25 m – zeleně.



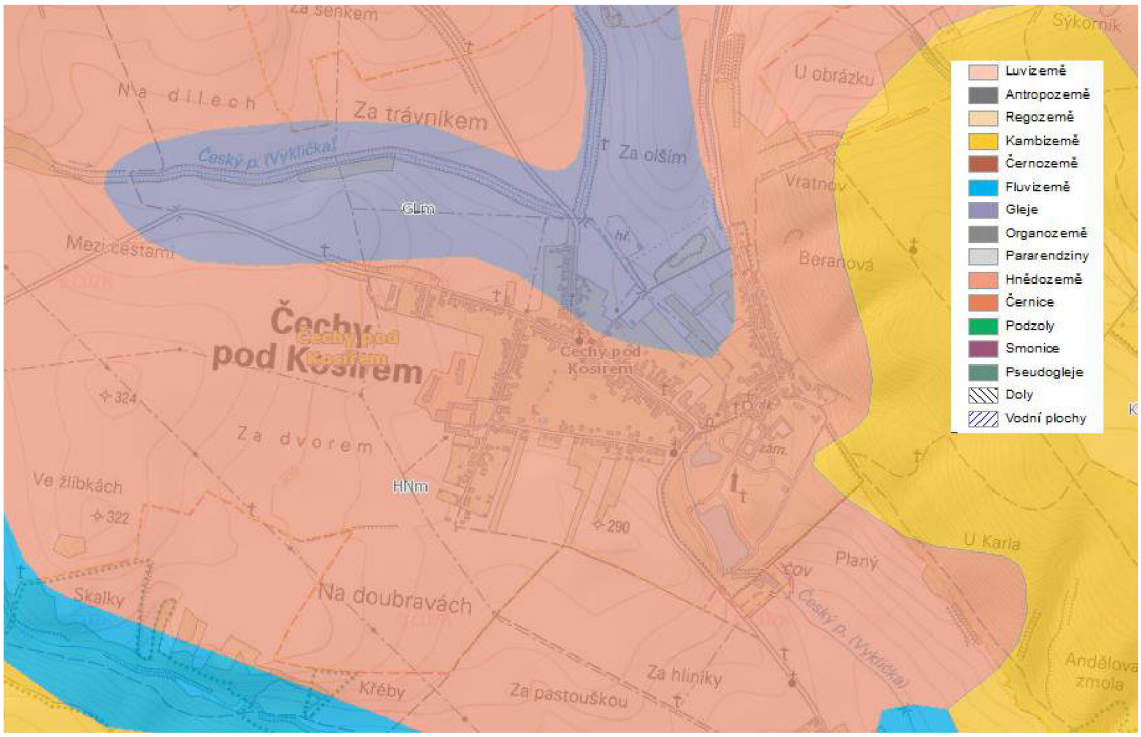
Obr. 3: Rozmístění sond [2]

2.3.2 Poddolování

V zájmové oblasti se nenachází žádná známá důlní díla.

2.4 POMĚRY PEDOLOGICKÉ

Okolí toku tvoří říční sedimenty. Širší okolí je tvořeno převážně hnědozemí.



Obr. 4: Pedologické poměry [1]

2.5 POMĚRY KLIMATICKÉ

Řešená oblast se nachází v mírně teplé oblasti. Každoročně je zde zhruba 30 až 50 letních dní (den, kdy max. teplota je vyšší nebo rovna 25°C). Srážkový úhrn ve vegetačním období v průměru dosahuje 500-700 mm, v zimním období 300-500 mm.

Tab. 1: Průměrné klimatické hodnoty pro Olomoucký kraj 2003 [3]

Stanice (nadmořská výška)		Měsíc												Rok celkem
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	
		Průměrná teplota vzduchu (°C)												
Olomouc														
(259 m)	N	-2,4	-0,2	3,8	9,1	14,2	17,1	18,6	18,0	14,3	9,1	3,7	-0,4	8,7
	H	-2,5	-3,3	3,8	8,7	16,8	21,1	20,1	21,5	14,6	6,3	5,6	-0,5	9,4
	O	-0,1	-3,1	0,0	-0,4	2,6	4,0	1,5	3,5	0,3	-2,8	1,9	-0,1	0,7
		Úhrn srážek (mm)												
Olomouc														
	N	27,5	25,5	27,2	37,8	73,3	78,4	76,4	68,8	44,5	40,0	40,4	30,3	570,0
	H	30,7	2,0	4,8	32,2	86,8	4,9	95,8	23,3	25,1	60,7	32,6	49,9	448,8
	Sr	111,6	7,8	17,6	85,2	118,4	6,3	125,4	33,9	56,4	151,8	80,7	164,7	78,7
		Trvání slunečního svitu (h)												
Olomouc														
	N	38,7	65,8	113,4	166,2	215,9	213,9	228,5	216,9	159,2	118,8	46,3	33,2	1 616,7
	H	41,8	129,2	186,4	216,8	295,3	334,2	238,2	329,9	209,2	104,4	49,8	75,6	2 210,8
	Sv	108,0	196,4	164,4	130,4	136,8	156,2	104,2	152,1	131,4	87,9	107,6	227,7	136,7

Vysvětlivky:

N - normály klimatických hodnot za období 1961-1990

H - klimatické hodnoty naměřené v roce 2003

O - odchylka od normálu (^{o}C)

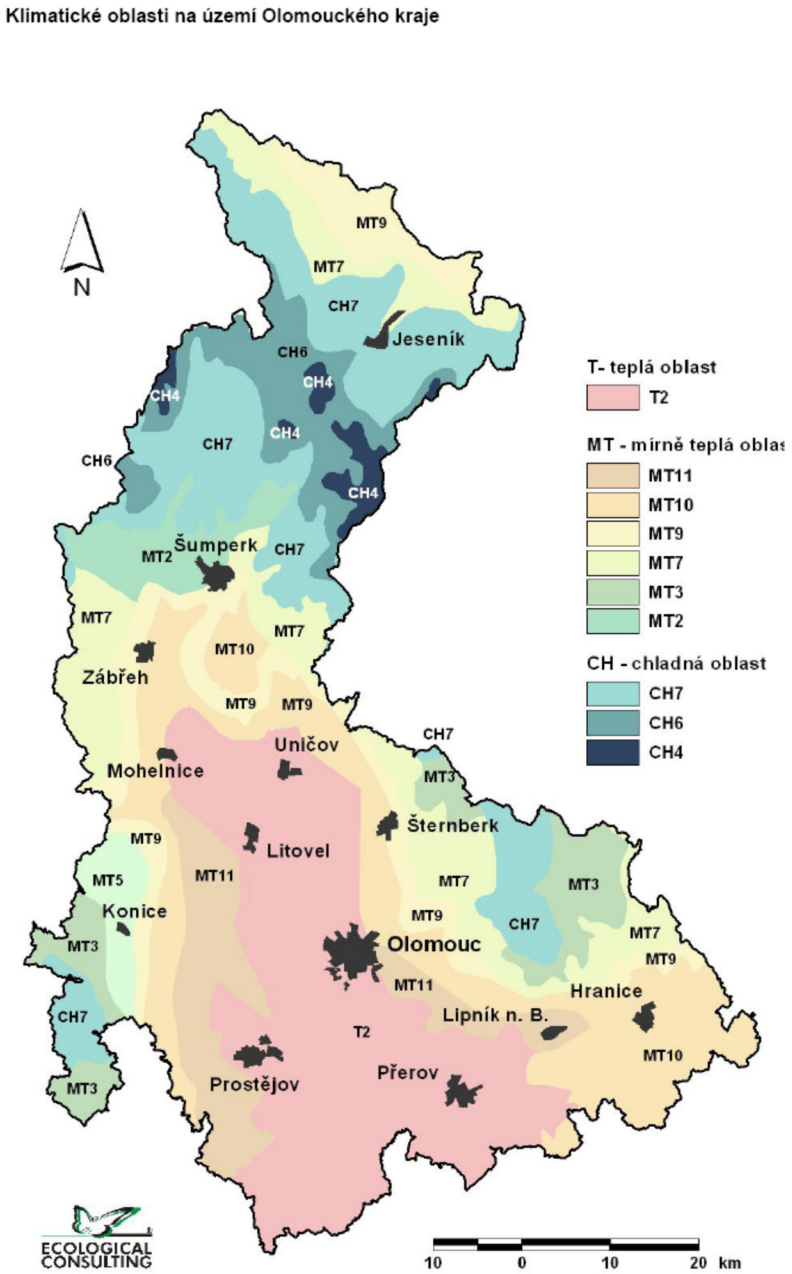
Sr - průměrný úhrn srážek v roce 2003 v % průměrného srážkového normálu

Sv – průměrná doba trvání slunečního svitu v roce 2003 v % průměrného normálu

Nejbližší meteostanice je ve vesnici Luká, okres Olomouc. Meteostanice je provozována od 1.6.1977.

Tab. 2: Klimatické údaje pro meteostanici Luká [9]

Údaj	Průměrná hodnota (za rok)	Rekord (za rok)
Počet dní se sněhovou pokrývkou	60	115 (1996)
Počet dní ledových ($T_{max} < 0$)	43	80 (1996)
Počet dní arktických ($T_{max} < -10$)	2	6 (1996)
Počet dní tropických ($T_{max} > 30$)	6	18 (1994)
Srážky:		
Leden	27 mm	62 mm (2010)
Únor	22 mm	66 mm (2013)
Březen	31 mm	77 mm (1992)
Duben	37 mm	90 mm (2006)
Květen	55 mm	170 mm (2010)
Červen	57 mm	160 mm (2013)
Červenec	59 mm	145 mm (2005)
Srpen	65 mm	168 mm (2002)
Září	47 mm	139 mm (1998)
Říjen	34 mm	91 mm (1998)
Listopad	32 mm	76 mm (2004)
Prosinec	29 mm	61 mm (2005)
Průměrné teploty:		
Leden	-2.1 °C	2.7 °C (2007)
Únor	-0.9 °C	3.2 °C (1990)
Březen	2.8 °C	6.2 °C (1990)
Duben	7.9 °C	12 °C (2009)
Květen	12.9 °C	15.7 °C (1993)
Červen	15.9 °C	19.4 °C (1977)
Červenec	17.9 °C	22.1 °C (2006)
Srpen	17.9 °C	21.8 °C (1992)
Září	13.1 °C	16.6 °C (1987)
Říjen	8 °C	11.1 °C (2000)
Listopad	2.6 °C	5.7 °C (2000)
Prosinec	-1.5 °C	2.2 °C (1987)



Obr. 5: Klimatické oblasti Olomouckého kraje [3]

2.6 POMĚRY HYDROLOGICKÉ

Olomouckým krajem probíhá hlavní evropské rozvodí mezi Baltským a Černým mořem. Z naší zájmové lokality odtéká voda do Černého moře. Roční úhrny srážek jsou v dané oblasti průměrné. Pro dané území jsou použity hydrologické údaje pro lokalitu pod Pěnčínským potokem, které jsou uvedeny v Tab. 3. V podkladech není uvedeno o jakou třídu přesnosti dat se jedná. Předpoklad je, že se jedná o třídu přesnosti IV. Možné odchylky od používaných hydrologických dat popisuje Tab.4.

Tab. 3: N-leté průtoky 2003 [3]

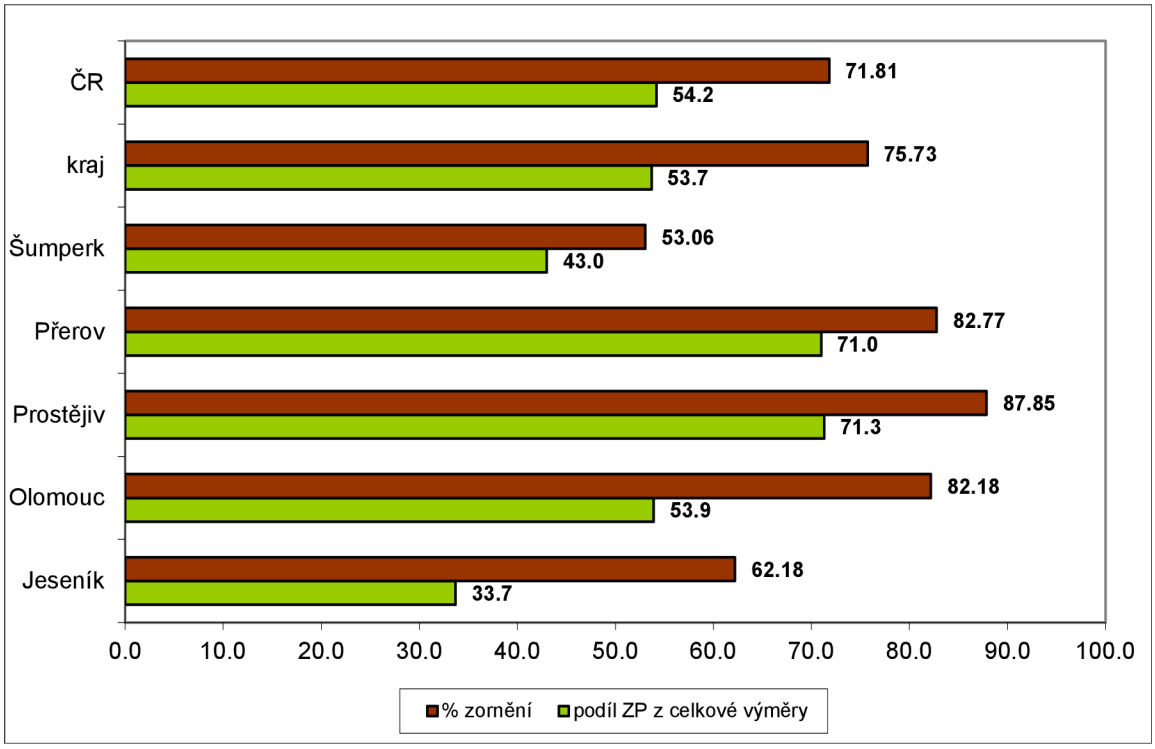
Český potok	Q_1 m^3/s	Q_5 m^3/s	Q_{10} m^3/s	Q_{20} m^3/s	Q_{50} m^3/s	Q_{100} m^3/s	GW_{100} m^3/s	Q_{500} m^3/s
nad Pěnčínským potokem	0,7	3	4,4	6,3	10	13	15	20
pod Pěnčínským potokem	***1,2***	***4***	***5,9***	***8,2***	***12***	***15,6***	***18***	***26***
pod Stříbrným potokem	2,1	6,1	8,6	11,5	16,3	20,5	24	35
pod přítokem km 5,386	2,6	7,1	9,6	13	17,8	22,5	26	28
nad Romží	2,9	7,9	11	14,5	20,1	25	29,5	44

Tab. 4: Směrodatná odchylka N-letých průtoků, dle třídy přesnoti. ČSN 75 1400

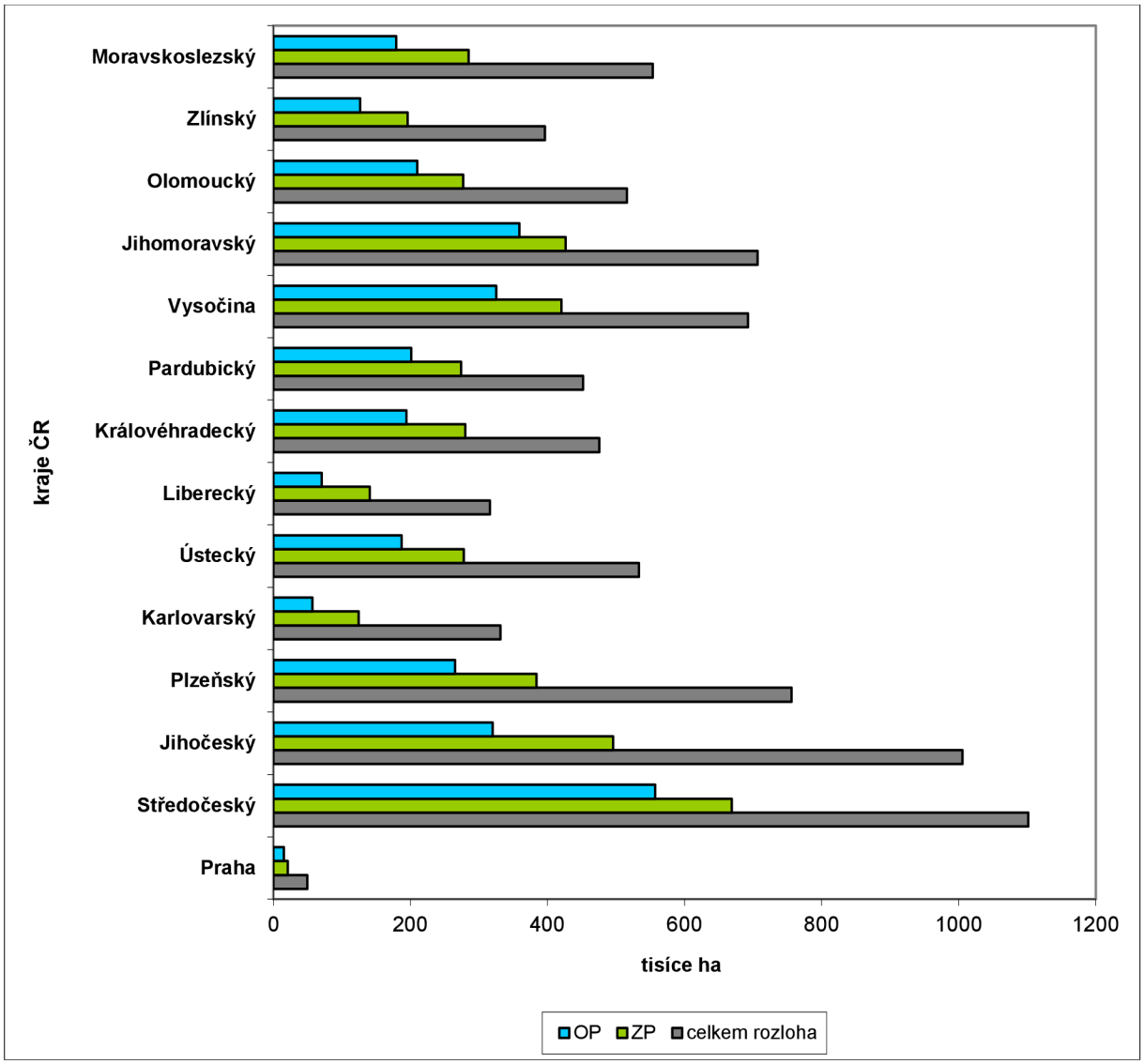
Hydrologický údaj	Třída přesnosti			
	I	II	III	IV
	Směrodatná chyba v [%]			
Dlouhodobý průměrný průtok (Q_a)	8	12	20	30
N – leté průtoky (Q_1 až Q_{10})	10	20	30	40
N – leté průtoky (Q_{20} až Q_{100})	15	30	40	60

2.7 ÚDAJE O ZEMĚDĚLSTVÍ

Půdy v okrese Prostějov jsou velmi vhodné k zemědělství. Většinou se jedná o hnědozemě a černozemě. V okrese Prostějov je 71% zastoupení zemědělské půdy. V Olomouckém kraji připadá 0,43 ha zemědělské půdy na jednoho obyvatele.

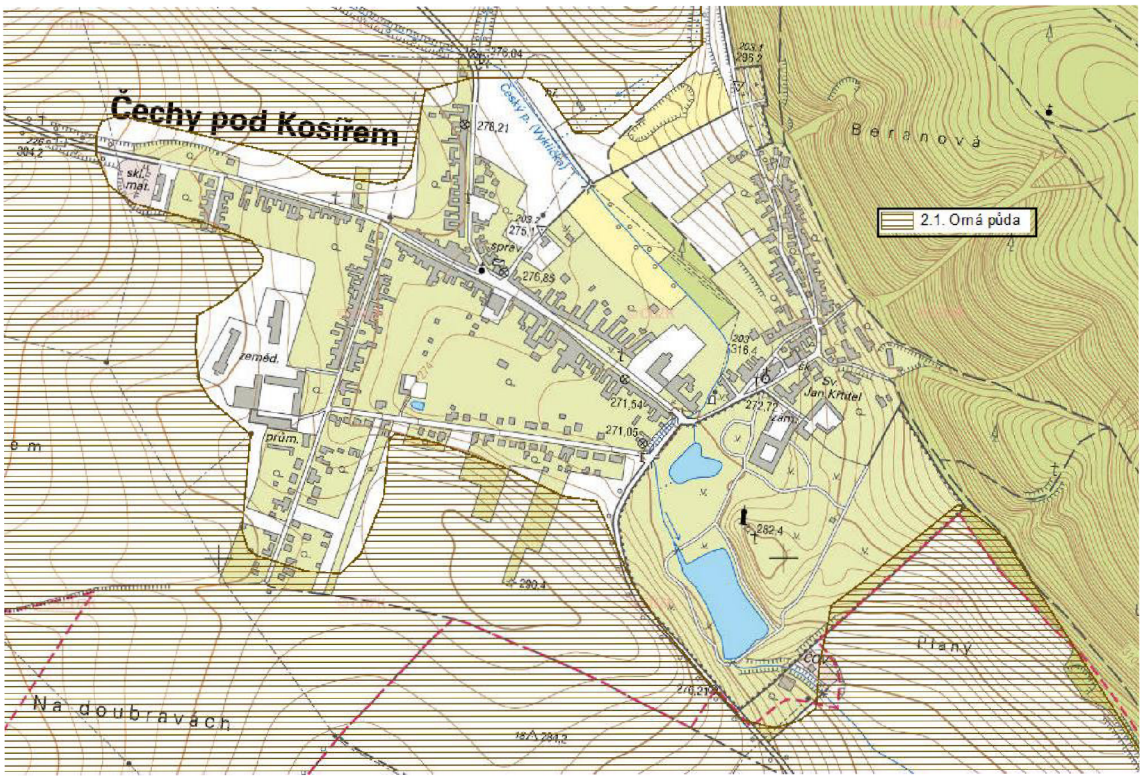


Graf 1: Podíl ZP z celkové výměry a procento zornění v roce 2003 [3]



Graf 2: Srovnání půdního fondu krajů ČR v roce 2003 [3]

V horním úseku zájmové lokality se v okolí toku rozkládají velká zemědělsky obhospodařovaná pole. Z těchto polí je při přívalových deštích odnášena zemina do toku.



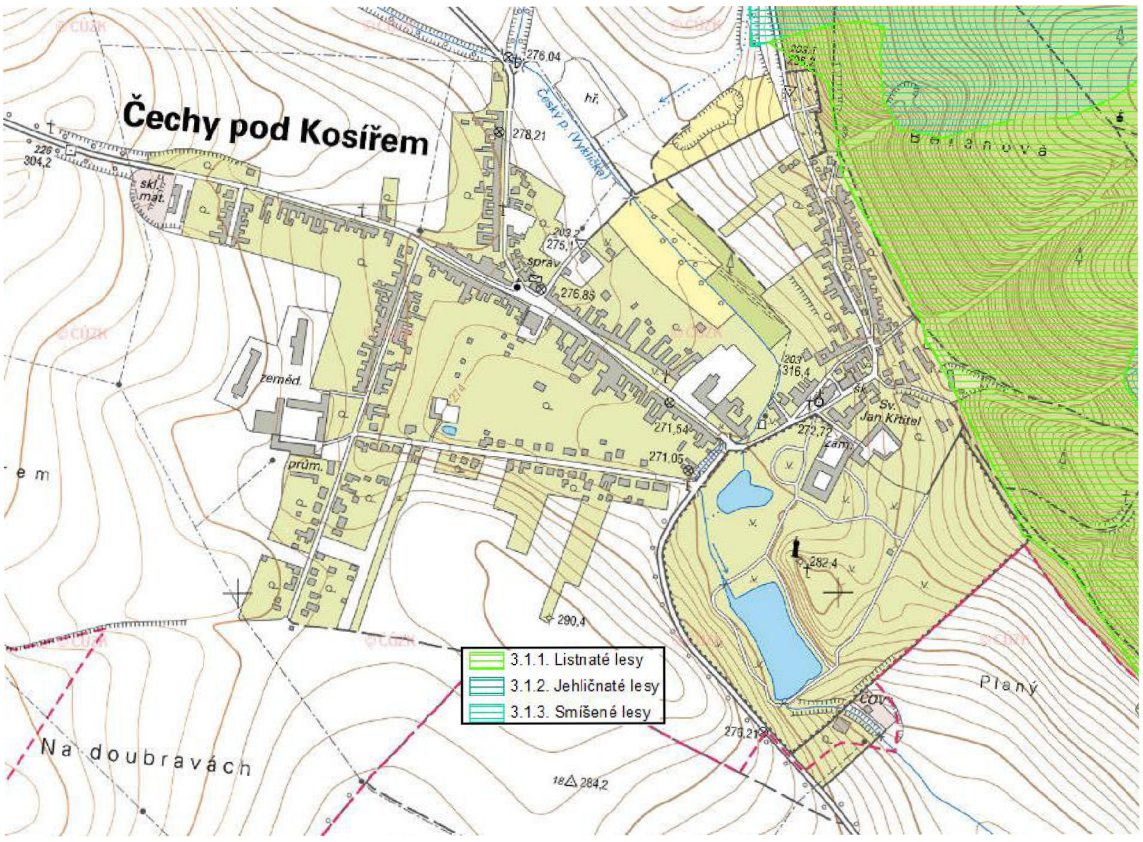
Obr. 6: Orná půda v okolí zájmové lokality [1]

2.8 ÚDAJE O LESNICTVÍ

Řešené území patří do mikroregionu Českomoravské mezihoří, které má 79 240 ha lesních ploch, 1.-6. vegetační stupeň (47% ve 4., 31% v 3.), pásmo ohrožení imisemi: D(36,1%), D(63,9%).

Tab. 5: Bilance lesní půdy v roce 2003 [3]

	lesní půda v ha	podíl lesní půdy/obyvatele v ha	lesnatost v % (podíl z celkové rozlohy)
Jeseník	42 632	1,01	59,3
Olomouc	44 627	0,2	29,6
Prostějov	14 896	0,14	19,3
Přerov	13 510	0,1	16
Šumperk	63 466	0,51	48,2
Olomoucký kraj	179 131	0,28	34,7
ČR	2 644 168	0,26	33,5



Obr. 7: Stav lesních porostů [1]

2.9 ÚDAJE O PRŮMYSLU

V obci Čechy pod Kosířem se nenachází žádný velký průmyslový podnik. Mezi malé firmy patří:

- Obaly Šťastný
  Výroba a prodej obalových materiálů
  Čechy pod Kosířem, Víska 41
- Plastové a foliové obaly
  Dopita Jan
  Čechy pod Kosířem, Víska 196
- Plastové a foliové obaly
  Kolář Lubomír
  Čechy pod Kosířem, Lípy 331

2.10 ENERGETICKÉ VYUŽITÍ TOKU

Na řešeném úseku toku nedochází k jeho energetickému využití.

2.11 ČISTOTA VOD

Řešený úsek toku se nachází nedaleko od pramene (cca 1,5 km), a proto se nepředpokládá velké znečištění. Znečištění může být způsobeno smyvy ze zemědělsky obhospodařovaných polí v okolí toku.

2.12 POVODNĚ

V obci Čechy pod Kosířem proběhly poslední významnější povodně v letech 2008 a 2010. V současné době nedochází k ohrožení od toku. K ohrožení pozemků a posléze i domů obyvatel dochází při přívalových deštích, kdy voda přitéká z okolních zemědělských ploch a nese s sebou bahno a zeminu.

Obr. 8: Povodně Čechy pod Kosířem, 2008 [4]

Obr. 9: Povodně Čechy pod Kosířem, 2010 [4]

3 POPIS STÁVAJÍCÍHO STAVU TOKU

3.1 CHARAKTERISTIKA TOKU

Řešený úsek začíná v zámeckém parku nad rybníkem v ř.km 10,236. Tento rybník je ve správě Olomouckého kraje. Přes zámecký park prochází tok lichoběžníkovým korytem. Tok vtéká do parku pod zámeckou zdí na severozápadní straně. Za zámeckou zdí protéká tok pod mostem, který je umístěn ve směrovém oblouku toku. V intravilánu je tok upraven do dvou typů profilů, a to do lichoběžníkového profilu a obdélníkového profilu, který je opevněn kamenem do dlažby. Na okraji intravilánu má koryto charakter lichoběžníku, místy zde lze nalést zbytek opevnění. Konec zájmového úseku je v ř.km 11,579. Celý úsek toku je zanášen jemnozrnným materiálem, který je smýván z polí výše v povodí řešeného úseku toku. V některých místech řešeného úsek dochází ve vegetačním období k zarůstání toku.

Průměrná šířka dna je 1,76 m, v nejužších místech je šířka okolo 1 m v širokých úsecích je šířka až 3 m. Průměrná hloubka koryta je 1,6 m.

3.2 SOUČASNÝ STAV

První úpravy toku v řešeném úseku byly uskutečněny již ve 20. letech minulého století. Do současného stavu byl tok upraven v 70. letech minulého století.

V zámeckém parku je tok veden lichoběžníkovým korytem, které má velkou šířku a dochází k jeho zarůstání. Okolí toku v zámeckém parku je pravidelně udržováno. Dále proti proudu, od mostu v ř. km 10,415, je lichoběžníkové koryto, které má již vytvořenou stabilní kynetu. Následuje úsek, od mostu v ř. km 10,508, který má velkou šířku dna a stěny svahu opevněny kamennou dlažbou. V tomtu úseku dochází k zarůstání koryta. Další úsek, od ř. km 10,584, je tvořen opět lichoběžníkovým profilem. Tuto podobu má tok do konce řešeného úseku. V horní části řešeného úseku toku jsou patrné zbytky kamenného opevnění paty svahu, nachází se tam také jeden stabilizační práh.

Současný stav je zdokumentován *v příloze 1 – Fotodokumentace.*

3.3 OBJEKTY NA TOKU

V intravilánu řešeného úseku, se nachází mnoho výpustí kanalizační soustavy. Tyto výpusti nejsou předmětem řešení této práce a nebyly k nim dodány podklady. Z tohoto důvodu nejsou řešeny. Dále se na daném úseku nachází celkem 11 mostů a lávek. Pro jednotlivé mosty byl spočítán kapacitní průtok pomocí programu HEC-RAS.

Most M1, ř. km 10,243 se nachází v zámeckém parku nad rybníkem. Spodní hrana mostovky je ve výšce 268,63 m n.m., mostovka má výšku 0,51 m. Šířka mostovky je 3 m. Jeho konstrukce je z betonových nosníků a mostovka je z betonových panelů. Most je určen pro chodce a zahradní techniku. Kapacitní průtok je Q=11 m^3/s, který je větší než hodnota průtoku Q_{20}.

Obr. 10: Most v zámeckém parku ř. km 10,243, pohled proti proudu [12].

Most M2 v ř. km 10,415 slouží pro silniční dopravu. Tok je pod tímto mostem veden směrovým obloukem. Spodní hrana mostovky je ve výšce 269,55 m n.m., mostovka má výšku 0,97 m. Šířka mostovky je 20 m. Pod mostem jsou nánosy zeminy. Ze strany zámeckého parku je na mostě postavena zeď o výšce 1,85 m. Kapacitní průtok je Q=12 m^3/s, který je roven průtoku Q_{20}.

Obr. 11: Silniční most ř. km 10,415, pohled proti proudu [12].

Most M3 v ř.km 10,426 slouží jako lávka pro pěší. Tato lávka se nachází těsně za předcházejícím mostem. Spodní hrana mostovky je ve výšce 270,27 m n.m., mostovka má výšku 0,25 m. Šířka mostovky je 2,35 m. Kapacitní průtok je Q=13 m^3/s, který je větší než hodnota průtoku Q_{20}.

Obr. 12: Lávka v ř. km 10,426, pohled po vodě, s průhledem pod silniční most [12].

Most M4 v říčním kilometru 10,497, slouží jako lávka pro pěší. Těsně na ni navazuje silniční most. Spodní hrana mostovky je ve výšce 270,13 m n.m., mostovka má výšku 0,25 m. Šířka mostovky je 2,35 m. Pod touto lávkou se nachází lokální měrný profil pro hlášení stavu povodňové aktivity. Kapacitní průtok je Q=16,0 m^3/s, který je větší než hodnota průtoku Q_{100}.

Obr. 13: Lávka v ř. km 10,497, pohled proti proudu [12].

Most M5, ř. km 10,508, slouží pro silniční dopravu. Šířka mostovky tohoto mostu je 19,28 m Spodní hrana mostovky je ve výšce 269,76 m n.m., mostovka má výšku 0,76 m. Kapacitní průtok je Q=11,5 m^3/s, který je větší než hodnota průtoku Q_{20}.

Most M6 ř. km 10,519, těsně navazuje na předcházející most M5, slouží jako lávka pro pěší. Spodní hrana mostovky je ve výšce 270,37 m n.m., mostovka má výšku 0,25 m. Šířka mostovky je 2,35 m. Kapacitní průtok je Q=14,5 m^3/s, který je větší než hodnota průtoku Q_{50}.

Obr. 14: Pohled na silniční most ř. km 10,508 a na lávku ř. km 10,519, pohled po proudu [12].

Most M7, ř. km 10,615 slouží jako most pro přejezd zemědělské techniky. Spodní hrana mostovky je ve výšce 270,77 m n.m., mostovka má výšku 0,38 m. Šířka mostovky je 3,15 m. Pod mostem je provedeno opevnění svahů koryta kamennou dlažbou. Kapacitní průtok je Q=13,5 m^3/s, který je větší než hodnota průtoku Q_{50}.

Obr. 15: Mostek v ř. km 10,615, pohled proti proudu [12].

Most M8, ř. km 10,6726, tento most slouží jako lávka pro pěší. Lávka má spodní hranu mostovky ve výšce 270,75 m n.m. a výška mostovky je 0,18 m. Šířka lávky je 1 m. Kapacitní průtok je Q=4,5 m^3/s, který je větší než průtok Q_5.

Obr. 16: Nová lávka v ř. km 10,673, pohled proti proudu [12].

Most M9 ř. km 11,047, slouží pro přejezd vozidel a hospodářské techniky. Šířka mostu je 6,4 m. Horní hrana mostovky je ve výšce 273,54 m n.m. Pro průtok slouží dvě betonové roury o průměru 0,9 m. Pravá roura (po směru roku) je za normálních stavů hladiny neprůtočná. Kapacitní průtok je Q=2,5 m^3/s, tato hodnota je mezi průtoky Q_1 a Q_5.

Obr. 17: Hospodářský most, ř. km 11,047, pohled proti proudu [12].

Most M10, ř. km 11,335, je další hospodářský most. Šířka mostu je 6,3 m. Horní hrana mostovky je ve výšce 275,52 m n.m. Pro průtok slouží dvě betonové roury o průměru 0,9 m. Levá roura (po směru roku) je za normálních stavů hladiny neprůtočná. Kapacitní průtok je Q=2,5 m^3/s, tato hodnota je mezi průtoky Q_1 a Q_5

Obr. 18: Hospodářský most, ř. km 11,355, pohled po proudu [12].

Most M11, ř. km 11,371 je posledním mostem řešeného úseku. Slouží jako most pro silniční dopravu. Spodní hrana mostovky je ve výšce 274,97 m n.m., mostovka má výšku 1,0 m. Šířka mostovky je 16,5 m. Kapacitní průtok je Q=2,5 m^3/s, tato hodnota je mezi průtoky Q_1 a Q_5

Obr. 19: Silniční most, ř. km 11,371, pohled proti proudu [12].

4 PŘÍČINY ZANÁŠENÍ UPRAVENÉHO KORYTA TOKU

4.1 ÚPRAVY A OBHOSPODAŘOVÁNÍ POZEMKŮ V POVODÍ

V povodí nad řešenou lokalitou dochází k velkým smyvům zeminy ze zemědělsky využívaných polí. Zemina, která je odnesená z polí, se posléze usazuje v korytě toku, poté dochází k usazování splavenin na dně koryta, k jeho zanášení, zmenšování průtočného profilu a postupné eutrofizaci. Na odnos zeminy z obdělávaných ploch má vliv mnoho faktorů, např.: klima a hydrologické poměry, geologie, půdní poměry, vegetace. Jediným faktorem, který je uživatel schopen ovlivnit, je faktor vegetace. [7]

4.1.1 Vliv vegetace na odnos půdy

Vegetační pokryv ochraňuje půdní povrch před přímým dopadem dešťových kapek a působením větru. Dále také podporuje vsak srážkové vody do půdy, zpomaluje povrchový odtok, zlepšuje fyzikální, chemické a biologické vlastnosti půdy. Významné je zpevnění půdy kořenovým systémem vegetace. Špatným výběrem plodin, které jsou pěstovány na obdělávaném území, se nemusí docílit ochranného faktoru, ale pravého opaku. Typickým příkladem je kukuřice a řádkové plodiny.

Ochrana půdního povrchu před deštěm spočívá v zachycení kapek na nadzemních částech vegetace, utlumení energie kapky vody. Dle protierozní ochrany lze řadit jednotlivé kultury v pořadí: les, travní porost, obiloviny, okopaniny. Lesní půdy nepodléhají vodní erozi. Celkově nízký stupeň protierozní ochrany mají zemědělské plodiny. Je to způsobeno tím, že většina zemědělských plodin je jednoletých, což znamená, že po většinu roku jsou jejich nadzemní části malého vzrůstu, z toho plyne malá plocha listů a tím pádem i malá protierozní účinnost. [7]

Tab. 6: Listová plocha zemědělských plodin [7]

Cukrovka	1.6	m^2	Jetel zvrhlý	22.7	m^2
Řepka	1.7	m^2	Jetel luční	26.4	m^2
Kukuřice	11.7	m^2	Seradela	34	m^2
Ječmen	14.4	m^2	Vičenec (ligrus)	38.4	m^2
Žito	15.6	m^2	Vojtěška	85.6	m^2
Jetel plazivý	19.6	m^2			

4.2 EROZNÍ OHROŽENÍ POZEMKŮ

Pro posouzení ohrožení pozemků je třeba vycházet nejen ze stavu obhospodařované půdy na jednom pozemku, ale i z posouzení většího územního celku.

Vychází se z univerzální rovnice Wischmeier-Smith, jejíž faktory se stanoví pomocí těchto podkladů:

- Mapy s vyznačením fakrotu erozní účinnosti R
- Zjištění osevního systému a agrotechnického využití pro zjištění faktoru C
- Státní mapa 1:5 000 odvozená pro zjištění L a S faktorů
- Mapa KPZP 1:10 000 a BPEJ 1:5 000 pro určení K faktoru
- Terénní pochůzky

Univerzální rovnice Wischmeier-Smith má tvar:

$$G=R.K.L.S.C.P[t.ha^{-1}.rok^{-1}] \qquad (4.1)$$

kde: G ..... průměrná roční ztráta půdy [$t.ha^{-1}.rok^{-1}$],
R..... faktor erozní účinnosti deště [-],
K..... faktor náchylnosti půdy k erozi [-],
L..... faktor délky svahu [-],
S..... faktor sklonu svahu,
C..... faktor ochranného vlivu vegetace [-],
P..... faktor vlivu protierozních opatření [-].

Výsledný vypočtený smyv se porovnává s maximální povolenou hodnotou. Pokud je tato hodnota překročena, je nutné provést protierozní opatření. Z hlediska úrodnosti půdy byla únosná množství odnosu půdy stanovena na hodnoty:

- u mělkých půd s hloubkou do 30 cm na 1 $t.ha^{-1}.rok^{-1}$
- u středně hlubokých půd s hloubkou od 30 do 60 cm na 4 $t.ha^{-1}.rok^{-1}$
- u hlubokých půd s hloubkou přes 60 cm na10 $t.ha^{-1}.rok^{-1}$ [7]

4.2.1 Faktor erozní účinnosti R

Deště do vydatnosti 12,5 mm, oddělené od předchozích nebo následných dešťů šestihodinovou či delší přestávkou, tak tyto deště nezpůsobují erozi. Taktéž u dešťů o celkové intenzitě do 24 $mm*h^{-1}$ se nepředpokládá odnos zeminy z pozemku. R faktor pro Českou republiku je stanoven na hodnotu 40. [7]

4.2.2 Faktor erodovatelnosti půdy K

Vlastnosti půdy ovlivňují infiltrační schopnosti půdy a odolnost půdy proti účinkům deště a povrchového odtoku. Hodnotu K faktoru lze určit početně, ale v našich podmínkách se hodnota K faktoru určuje pomocí BPEJ. Z *Tab. 7* se určí dle druhého a třetího čísla BPEJ hodnota K faktoru. V tabulce jsou uváděny střední hodnoty pro danou půdní jednotku. [7]

Tab. 7: Hodnoty faktoru K podle BPEJ [7]

Druhé a třetí místo pětimístného kódu BPEJ	Faktor K ornice	Druhé a třetí místo pětimístného kódu BPEJ	Faktor K ornice
01	0,41	28	0,35
02	0,46	29	0,34
03	0,39	30	0,26
04	0,17	31	0,21
05	0,40	32	0,30
06	0,30	33-s-t	0,45 - 0,30
07	0,29	34	0,26
08	0,65 a)	35	0,24
09	0,53	36	0,22
10	0,52	37 - 39 c)	
11	0,55	40 - 41 d)	
12	0,48	42	0,52
13	0,55 b)	43	0,61
14	0,66	44	0,57
15	0,60	45	0,48
16	0,30	46	0,55
17	0,29	47	0,50
18	0,42	48	0,39
19-s-t	0,49 - 0,42	49	0,49
20	0,34	50	0,33
21	0,16	51	0,20
22	0,20	52	0,34
23	0,18	53	0,36
24-s-t	0,52 - 0,43	54	0,35
25	0,49	55 - 63 e)	
26	0,49	64 - 76 f)	
27	0,30	77 - 78 g)	

4.2.3 Faktor délky svahu L a faktor sklonu svahu S

Vliv délky a sklonu svahu určil Whismeier a Smith roku 1965 jako faktor LS. Ty jdou určit buď jako spoolečný faktor LS a nebo jako každý z faktorů samostatně. Při výpočtu faktoru LS se použije rovnice:

$$LS=ld.0,5.(0,0138+0,0097s+0,00138s^2) \qquad (4.2)$$

kde: ld ..... nepřerušená délka svahu v %,

s ..... sklon svahu v %.

Za účinné přerušení svahu se nepovažuje mez, ale sběrný či záchytný průleh nebo příkop.

Faktory sklonu svahu lze určit i samostatně. Určují se z tabulek. Jelikož v přírodě jsou málokdy svahy pravidelné, tak tento způsob určení faktorů není zcela přesný. Pro upřesnění faktoru se používají opravné součinitele. [7]

Tab. 8: Hodnota L faktoru v závislosti na délce svahu [7]

l_d [m]	5	10	15	20	30	40	50	60	80	100	150
L [-]	0,48	0,68	0,82	0,95	1,17	1,35	1,52	1,66	1,91	2,13	2,61
l_d [m]	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800	900
L [-]	3,02	3,38	3,69	3,99	4,27	4,52	4,77	5,22	5,62	6,04	6,39
l_d [m]	1 000	1 100	1 200	1 300	1 400	1 500					
L [-]	6,75	7,07	7,39	7,69	7,98	8,26					

Tab. 9: Hodnoty S faktoru v závislosti na sklonu svahu [7]

s [%]	2	3	4	5	6	7	8	9	10
S	0,18	0,26	0,35	0,45	0,57	0,70	0,84	1,0	1,17
s [%]	11	12	13	14	15	16	17	18	19
S	1,35	1,55	1,75	1,97	2,21	2,46	2,72	2,99	3,27
s [%]	20	21	22	23	24	25	26	27	28
S	3,57	3,89	4,21	4,55	4,9	5,26	5,64	6,03	6,43
s [%]	29	30							
S	6,85	7,28							

4.2.4 Faktor ochranného vlivu vegetace C

Vliv vegetace na ochranu půdy tkví v ochraně půdy před přímým působením deště a také ve zpevnění povrchu, čímž se zpomaluje povrchový odtok. Nepřímo vegetace zlepšuje vlastnosti půdy jako pórovitost a propustnost. Protierozní ochrana vegetace je přímo úměrná hustotě porostu a jeho pokryvnosti, tím pádem záleží na ročním období a vegetačním období. Stupeň ochrany lze dělit dle účinku ochrany plodin do 5 období:

1. Období podmítky a hrubé brázdy.
2. Období od přípravy pozemku k setí do jednoho měsíce po zasetí nebo sázení.
3. Období po dobu druhého měsíce od jarního nebo letního setí či sázení, u ozimu 30.4.
4. Období od konce 3. období do sklizně.
5. Období strniště. [7]

4.3 POHYB SEDIMENTŮ

Materiál přinesený vodou do koryta z povodí a materiál, který nedokáže odolávat účinkům proudění vody v korytě, se začíná pohybovat ve směru proudění toku.

Zrna materiálů, která se pohybují po dně, označujeme jako splaveniny a zrna vznášející se ve vodním proudu jako plaveniny. [13]

4.3.1 Splaveniny

Měrná hustota splavenin určuje poměr pevných částí k jejich objemu. Hmotnost se zjišťuje po vysušení při teplotě 105°C. Voda pevně vázaná (zůstává i po vysušení při 105°C), je součástí splavenin. Hustota splavenin je cca ρ_s= 2650 kg/m^3. [13]

Efektivní zrno se určuje z křivky zrnitosti, pomocí vzorce

$$d_e = \frac{\Sigma d_i * p_i}{\Sigma p_i} \qquad (4.3)$$

kde: d_e ..... efektivní zrno,
p_i..... zastoupení frakce v %,
d_i..... aritmetický průměr velikosti frakce.

Usazovací rychlost splavenin se pro kulový tvar zrn spočítá dle Stokesova vztahu.

$$w_s = \frac{1}{18} * \frac{g*(\rho_s - \rho)*d_e^2}{2{,}8} \qquad (4.4)$$

kde: w_s..... usazovací rychlost,
g ..... tíhové zrychlení,
ρ_s ..... hustota splaveniny,
ρ ..... hustota vody,
d_e ..... velikost efektivního zrna.

Tato rovnice platí při:

$$Re = \frac{d*w_s*\rho}{\nu} < 2 \qquad (4.5)$$

kde: d ..... průměr částice,
w_s..... usazovací rychlost,
ρ ..... hustota vody,
ν..... kinematická viskozita.

Transport materiálu začíná v okamžiku, kdy tečné napětí vyvolané proudem vody překročí odolnost materiálu. Tangenciální napětí pro obecný profil se určí ze vzorce:

$$\tau_b = \rho * g * R * i_0 \qquad (3.6)$$

kde: τ_b..... tangenciální napětí,
ρ ..... hustota vody,
R..... omočený obvod,
i_0..... sklon čáry energie.

Tangenciální napětí ve dně se určuje pomocí třecí rychlosti. Ta se vypočítá z:

$$v_* = \sqrt{g * R * i_0} \qquad (4.7)$$

kde: v_* ..... třecí rychlost,
g ..... tíhové zrychlení,
i_0 ..... sklon čáry energie.

K počátku eroze, a tím pádem i transportu materiálu, dochází při překročení kritického tečného napětí nebo při překročení nevymílací rychlosti. Kritické tečné napětí lze určit podle mnoha autorů. Určení tečného napětí pomocí rovnice Meyer-Peter:

$$v_n = C * (0{,}047 * d_e * \frac{(\rho_s - \rho)}{\rho})^{0{,}5}; pro\ 4mm < d_e < 30\ mm \qquad (4.8)$$

$$v_n = 5{,}88 * d_e^{1/3} * h^{1/6}; pro\ R \approx h \qquad (4.9)$$

$$v_n = 4{,}26 * (\frac{(\rho_s - \rho)}{\rho})^{0{,}5} * d_e^{1/3} * h^{1/6}; pro\ d_e > 20\ mm \qquad (4.10)$$

kde: C ..... Chezyho součinitel,
d_e ..... efektivní zrno,
ρ ..... hustota vody,
ρ_s ..... hustota splaveniny,
h ..... výška hladiny,
R ..... hydraulický poloměr.

4.3.2 Plaveniny

Průtok plavenin se vyjadřuje v jednotkách objemu transportovaných sedimentů za jednotku času a vztažených na jednotku šířky, tedy v [m^2/s]. Průtok splavenin se dělí na:

- průtok dnových splavenin q_b
- celkový průtok splavenin q_t, tedy

$$q_t = q_b + q_s \qquad (4.11)$$

kde: q_t ..... celkový průtok plavenin,
q_b ..... průtok dnových plavenin,
q_s ..... průtok splavenin. [13]

Rovnice pro celkový průtok plavenin podle Bagnolda.

$$q_b = \frac{0{,}13}{(tan\varphi - i_0)cos\alpha} * \frac{\rho f v^3}{(\rho_s - \rho)g} \qquad (4.12)$$

$$q_s = \frac{0{,}01}{w_s/v - 0{,}01 i_0} * \frac{\rho f v^3}{(\rho_s - \rho)g} \qquad (4.13)$$

Kde: φ ..... úhel vnitřního tření splavenin,
α ..... úhel sklonu dna k rovině,
f ..... drsnostní součinitel,
v ..... rychlost proudění,
ρ ..... hustota vody,
ρ_s ..... hustota splaveniny,
g ..... tíhové zrychlení,
i_0 ..... sklon čáry energie,
w_s ..... usazovací rychlost.

Drsnostní součinitel f, definovaný vztahem:

$$f = \left(\frac{0{,}54}{ln(12h/k}\right)^2 \qquad (4.14)$$

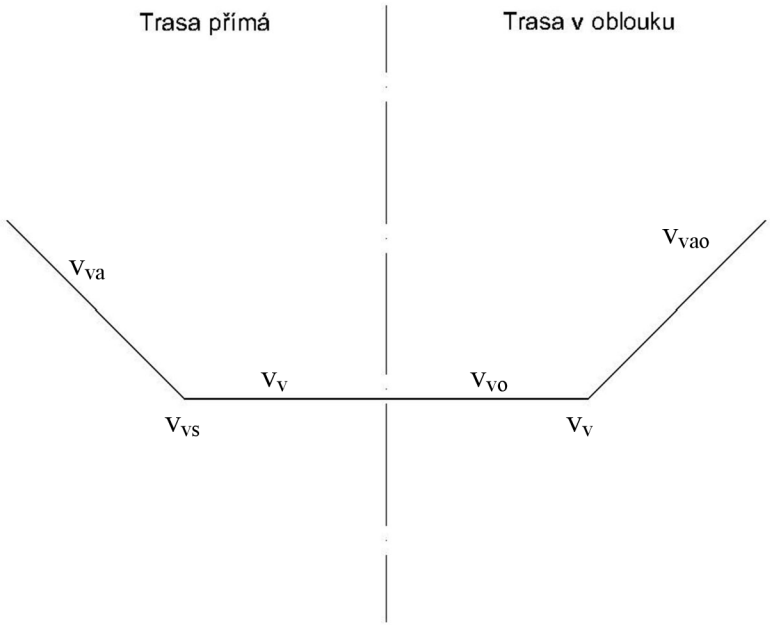
kde: k=3,
h ..... hloubka vody v korytě.

4.4 STABILITA KORYTA

Koryto toku musí zůstat stabilní a nesmí u něj docházet k deformacím, při návrhovém průtoku. Nejběžněji se používají metody tangenciálních napětí, nebo porovnání svislicové či střední průřezové rychlosti v korytě s kritickou hodnotou rychlosti, to je tzv. nevymílací rychlost. Výpočty se provádějí pro návrhové průtoky pro posouzení odolnosti, které jsou zvolené pro dané části koryta. [8]

Tab. 10: Přibližné hodnoty N-letosti návrhových průtoků pro odolnost koryta [8]

Část koryta		Návrhový průtok
dno	neopevněné	$Q_1 - Q_5$
	opevněné	$Q_{20} - Q_{100}$
břeh a bermy	neopevněné	$Q_5 - Q_{20}$
	opevněné	$Q_{20} - Q_{100}$
ochranné hráze		Q_{100}



Obr. 20: Rozdělení rychlostí v korytě.

4.4.1 Dno – přímá trasa

Posouzení stability pro dno se počítá pro průtok Q_1 až Q_5 a má podmínku:

$$v < v_v \tag{4.15}$$

Výpočet nevymílací rychlosti se provede dle vzorce *3.08*, po úpravě dostaneme tvar:

$$v_v = v * \sqrt{0{,}047 * 1{,}65 * d_e} \tag{4.16}$$

kde: v..... rychlost proudění,

v_v ..... nevymílací rychlost ve dně. [14]

4.4.2 Pata svahu – přímá trasa

Pata svahu se navrhuje na průtok Q_5. Podmínka stability paty svahu:

$$v_{vs} < v \tag{4.17}$$

Výpočet se provede dle:

$$v_{vs} = v_v * k_3 \tag{4.18}$$

$$k_3 = \sqrt[4]{cos^2\alpha - \frac{sin^2\alpha}{tg^2\varphi}} \tag{4.19}$$

kde: v_{vs} ..... nevymílací rychlost v patě svahu,

α ..... úhel sklonu svahu,
φ ..... úhel vnitřního tření zeminy,
k_3 ..... součinitel.

Hloubka výmolu, který by případně vznikl, se vypočítá za pomoci rovnice:

$$\Delta h = h * (v/v_v - 1) \tag{4.20}$$

kde: Δh ..... hloubka výmolu,
h ..... výška hladiny. [14]

4.4.3 Svah – přímá trasa

Svah se navrhuje na stabilitu při průtoku Q_{20}. U svahů se určí nevymílací rychlost tím způsobem, že se dá hodnota nevymílací rychlosti rovna rychlosti proudění v korytě. Po dosazení do vzorečku pro výpočet nevymílací rychlosti se určí hodnota h_a.

$$v_{va} = v => h_a = h_s \tag{4.21}$$

$$v_{va} = v_v * k_3 * (h/h_a)^{0,5} \tag{4.22}$$

Kde: v_{va} ..... nevymílací rychlost na svahu,
h_a ..... hloubka vody, při které je dosažena nevymílací rychlost,
h_s ..... hloubka vody, od které není třeba opevnění.

Výška případného opevnění se spočítá dle:

$$h_{op} = (h - h_s) + \text{převýšení} \tag{4.23}$$

Velikost převýšení se volí v rozmezí 20-50 cm. Volba typu opevnění svahů se odvíjí od rychlosti proudění vody v korytě. [14]

4.4.4 Dno – trasa v oblouku

Dno koryta v oblouku se posuzuje na průtok Q_1 až Q_5. Podmínka stability dna v oblouku je:

$$v < v_{vo} \tag{4.24}$$

Výpočet se provede pomocí:

$$v_{vo} = v_v * \frac{1}{v'_{max}} \tag{4.25}$$

kde: v_{vo} ..... nevymílací rychlost ve dně v oblouku,
v_v ..... nevymílací rychlost ve dně v přímém úseku,
v'_{max} ..... maximální relativní rychlost v oblouku.

Hodnota v'_{max} se určuje interpolací pomocí tabulek. V případě, že dno vyjde nestabilní, navrhují se příčné prahy. [14]

Tab. 11: Interpolační tabulka pro výpočet v´max. [11]

$\frac{B}{h}$	α°	$C = \frac{1}{n} R^{1/6}$					
		20	30	40	50	60	70
5	20	1,08	1,05	1,03	1,025	1,02	1,02
	40	1,225	1,11	1,07	1,055	1,04	1,03
	60	1,46	1,21	1,125	1,09	1,07	1,06
	80	1,79	1,34	1,20	1,135	1,105	1,08
10	20	1,095	1,065	1,05	1,04	1,055	1,025
	40	1,18	1,12	1,09	1,075	1,065	1,055
	60	1,31	1,175	1,13	1,11	1,09	1,08
	80	1,42	1,26	1,18	1,14	1,12	1,10
20	20	1,05	1,035	1,025	1,02	1,015	1,015
	40	1,10	1,065	1,05	1,04	1,035	1,025
	60	1,15	1,10	1,075	1,06	1,05	1,04
	80	1,23	1,135	1,10	1,08	1,065	1,055
50	20	1,03	1,02	1,015	1,01	1,01	1,005
	40	1,05	1,03	1,025	1,02	1,015	1,01
	60	1,07	1,05	1,035	1,03	1,025	1,02
	80	1,10	1,065	1,05	1,04	1,03	1,025

4.4.5 Pata svahu – trasa v oblouku

Pata svahu v oblouku se posuzuje na průtok Q_5. Podmínka stability:

$$v_{vso} < v \tag{4.26}$$

Výpočet se provede pomocí:

$$V_{vso} = V_v * \frac{1}{V'max} * k_2 \tag{4.27}$$

$$k_2 = \sqrt{\sqrt{cos^2\alpha - sin^2\alpha/tg^2\varphi} - 11 * \frac{h}{R_0} * \frac{sin\alpha}{tg\varphi}} \tag{4.28}$$

Výpočet hloubky případného výmolu [14]:

$$\Delta h_o = h * (v/v_{vo} - 1) \tag{4.29}$$

4.4.6 Svah – trasa v oblouku

Svah v oblouku se posuzuje na průtok Q_{20}. Výpočet je obdobný jako pro svah v přímé trase

$$v_{vao} = v => h_{ao} = h_{so} \tag{4.30}$$

$$v_{vao} = v_v * \frac{1}{V'max} * k_2 * (h/h_{so})^{0,5} \tag{4.31}$$

kde: v_{vao}..... nevymílací rychlost na svahu v oblouku.

Výška opevnění se spočítá stejně jako v přímé trase, tedy [14]:

$$h_{op} = (h - h_{so}) + převýšení \tag{4.32}$$

4.4.7 Vliv setrvačnosti

Úhel φ je velikost středového úhlu, na kterém se vyvíjí příčné proudění. Vzdálenost x je vzdálenost, ve které dochází k útlumu příčného proudění.

$$tg\varphi = 1{,}5 * \frac{C}{\sqrt{g}} * \frac{h}{R} \qquad (4.33)$$

$$x = \frac{2{,}3 * c}{\sqrt{g}} * h \qquad (4.34)$$

kde: C..... Chezyho součinitel,
g..... tíhové zrychlení,
h..... výška hladiny v korytě,
R..... hydraulický poloměr,
φ..... úhel prodloužení proudu z oblouku,
x..... vzdálenost prodloužení přímého proudění. [14]

4.5 URČENÍ NÁVRHOVÉHO PRŮTOKU

Obec Čechy pod Kosířem má stanovený povodňový plán. V říčním kilometru 10,150 je umístěn hlásný profil kategorie C. Povodňové stavy jsou určeny za pomoci hloubky vody v korytě. Uváděný průměrný průtok má hodnotu 22 cm. Povodňové stavy jsou určeny na tyto hodnoty:

SPA bdělost	60 cm,
SPA pohotovost	90 cm,
SPA ohrožení	120 cm. [10]

Hodnota návrhového průtoku je ekonomická záležitost. Porovnává se hodnota oprav teoretických škod vzniklých při povodni s cenou, kterou by bylo potřeba vynaložit na opatření, aby se zabránilo této povodni. Věc není vůbec jednoduchá, v současné době se uvažuje takto: náklady na vybudování a provoz protipovodňových opatření by neměl být větší než hodnota majetku, který je chráněn. Ve většině případů se volí samostatně návrhový průtok pro stanovení kapacity a samostatně pro odolnost koryta. [8]

Tab. 12: Orientační návrhové průtoky podle charakteru okolí toku [8]

Druh kultury, zastavění	Návrhový průtok
souvislá výstavba, průmysl a významné liniové stavby (dálnice, železnice)	$Q_{50} – Q_{100}$
cenná půda – vinice, sady	$>Q_{20}$
pole – podle pěstěných plodin	$Q_5 – Q_{20}$
louky, lesy	$Q_2 – Q_5$

Při volbě návrhového průtoku pro složené lichoběžníkové koryto se stanovuje jednak celkový průtok a pak návrhový průtok pro kynetu. U návrhu celkového průtoku vycházíme z výše uvedených předpokladů. Návrhový průtok pro kynetu se volí

v rozsahu mezi Q_{30d} a Q_1. V kynetě je stanovena i podmínka minimálního průtoku, a to z důvodu zabránění eutrofizace a zanášení. Tato podmínka se nazývá „podmínka 210-ti denní vody“. Při průtoku Q_{210d} by rychlost proudění neměla klesnout pod 0,4 m/s a hloubka vody by neměla být menší než 0,4 m. U menších vodních toků je zcela nemožné dodržet obě podmínky naráz. A proto se přistupuje k dodržení alespoň jedné z těchto podmínek. [8]

Plán hlavních povodí České republiky stanovuje míru ochrany území podle N letých průtoků takto:

- historická centra měst, historická zástavba – ochrana na Q100,
- souvislá zástavba, průmyslové areály – ochrana na Q50,
- rozptýlená obytná a průmyslová zástavba a souvislá chatová zástavba – ochrana na Q20,
- izolované objekty – individuální ochrana. [15]

5 HYDROTECHNICKÉ VÝPOČTY

5.1 ZÁKLADNÍ INFORMACE

Výpočet průběhů hladin proběhl v zadané lokalitě na toku Český potok. Výpočet byl prováděn na řešeném úseku v intravilánu o celkové délce 1,337 km. Tok je popsán pomocí 25 profilů. První profil je PF 119 v říčním kilometru 10,236 a poslední profil je PF 142 v říčním kilometru 11,573. Celkové převýšení na řešeném úseku je 8,87 m. Průměrný podélný sklon dna na řešeném úseku je 6,6‰. Výpočty byly provedeny za pomoci programu HEC-RAS.

5.2 PROGRAM HEC-RAS 4.1.0

Vývoj a dokumentace programu HEC-RAS, jehož autory jsou Gary. W. Brunner a pracovní skupiny CEIWER-HEC, je financována ze zdrojů americké federální vlády. Díky tomu je tento program volně šiřitelný, kopírovatelný a distribuovatelný.

HEC-RAS je program umožňující jednodimenzionální výpočty. S jeho pomocí je možné řešit ustálené a neustálené proudění, transport sedimentů, analýzu kvality vody. První verze programu byla vydána v červenci 1995. Nejaktuálnější verze je HEC-RAS 4.1 z ledna roku 2010.

HEC-RAS je konstruován pro výpočty na přírodních i umělých kanálech. Systém zvládá jednotné toky i složité říční systémy, je možné modelovat říční, kritické i smíšené proudění. Základní výpočet je založen na výpočtu pomocí metody po úsecích. Energetické ztráty jsou vyjadřovány pomocí ztrát třením za pomoci Manningovi rovnice. Do geometrie je možné zadat i různé objekty na toku jako mosty, lávky, propustky, soutoky, jezy a mnoho dalších. Tyto objekty jsou do výpočtu zahrnuty a jejich účinek se projeví do výsledných hodnot. [6]

5.3 VÝPOČET ROVNOMĚRNÉHO PROUDĚNÍ V KORYTĚ

V podstatě se jedná o určení průtoku Q pro dané rozměry koryta, podélný sklon dna i a hloubku vody h. Výpočet vychází z rovnice kontinuity platné pro ustálené rovnoměrné proudění. Rovnice kontinuity se upraví do tvaru:

$$Q = v * S \tag{5.1}$$

kde: Q ..... průtok,
v..... průtočná rychlost,
S ..... průtočná plocha.

Výpočet průřezové rychlosti v pro rovnoměrné ustálené proudění se stanoví z Chezyho rovnice:

$$v = C\sqrt{Ri} \tag{5.2}$$

$$R = \frac{S}{o} \tag{5.3}$$

kde: C..... Chezyho součinitel,

R..... hydraulický poloměr,

i..... sklon dna,

S..... průtočná plocha,

O..... omočený obvod.

Pro výpočet Chezyho součinitele použijeme vztah podle Manninga, který zní:

$$C = \frac{1}{n} R^{1/6} \tag{5.4}$$

kde: n..... drsnostní součinitel dle Manninga,

R..... hydraulický poloměr.

Pro profil s různými drsnostmi je třeba spočítat průměrný drsnostní součinitel n.

$$n = \frac{\sum_{i=1}^{k} n_i O_i}{O} \tag{5.5}$$

kde: n_i..... drsnostní součinitel části profilu,

O_i..... délka části profilu,

O..... omočený obvod.

5.4 METODA PO ÚSECÍCH

Pro výpočet pomocí metody po úsecích se koryto toku rozdělujr na jednotlivé úseky, které pak mají délku ΔL_j. U každého jednotlivého úseku se předpokládá, že průtočné profily, a tedy i rychlosti, se mění spojitě, a to z hodnot S_i a v_i v prvním profilu, na hodnoty S_{i+1} a v_{i+1} v druhém profilu. Při sklonu dna i_{0j} ve vybraném úseku a při celkové ztrátě mechanické energie h_{zj} na tomto úseku, můžeme psát pro srovnávací rovinu usazenou v profilu 1 Bernoulliho rovnici ve znění:

$$i_{0j} * \Delta L_j + h_i + \frac{\alpha v_i^2}{2g} = h_{i+1} + \frac{\alpha v_{i+1}^2}{2g} + h_{zj} \tag{5.6}$$

kde: i_{oj}..... průměrný sklon dna,

ΔL_j..... délka mezi úseky,

h_i..... výška hladiny v prvním profilu,

α..... Coriolisovo číslo,

v_i..... rychlost proudění v prvním profilu,

g..... tíhové zrychlení,

h_{i+1}..... výška hladiny v druhém profilu,

v_{i+1}..... rychlost proudění v druhém profilu,

h_{zj}..... celková ztráta mechanické energie.

Pokud si označíme rozdíl hladin na námi zkoumaném úseku jako Δh_j, pak můžeme psát:

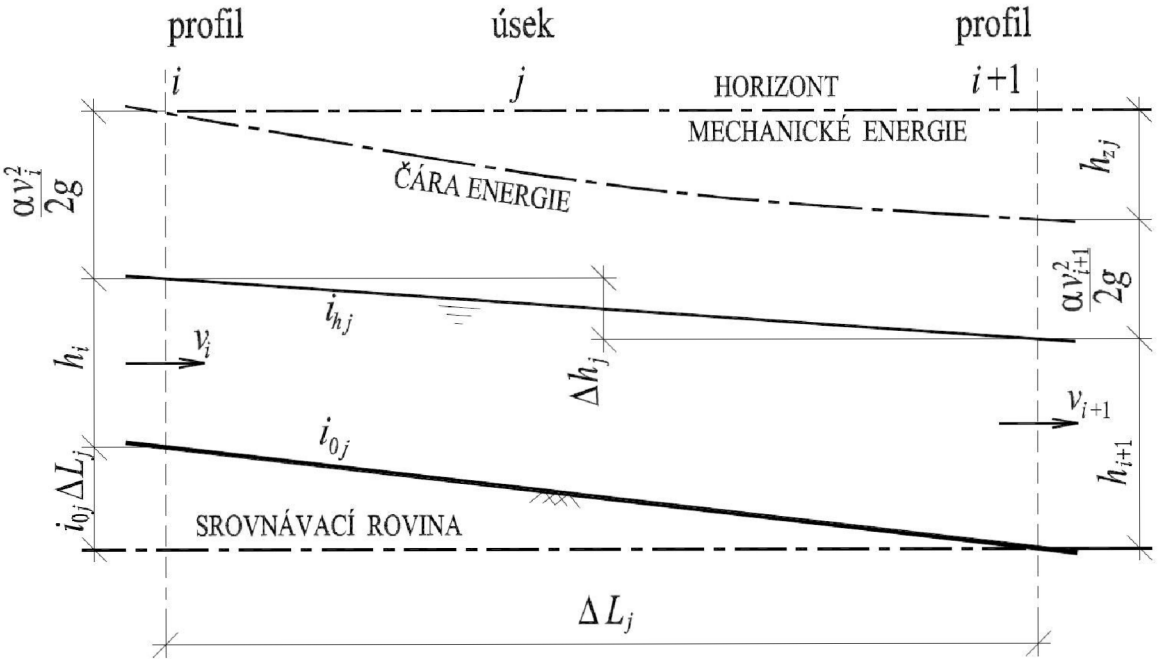
$$\Delta h_j = i_{0j} * \Delta L_j + h_i - h_{i+1} \tag{5.7}$$

kde: Δh_j ..... rozdíl hladin mezi profily.

Po úpravě tohoto vzorce dostaneme vztah:

$$\Delta h_j = \frac{\alpha(v_{i+1}^2 - v_i^2)}{2g} + h_{zj} \qquad (5.8)$$

Druhý člen na pravé straně rovnice (h_{zj}) může nebývat kladných i záporných hodnot. V případě, že hodnota bude záporná, jedná se o případ křivky vzdutí, rychlost ve směru proudění se zmenšuje. Pokud bude hodnota kladná, tak se jedné o křivku snížení, je zapotřebí vynaložit energii na překonání odporů a na zrychlení vody.



Obr. 21: Schéma pro výpočet nerovnoměrného proudění [5]

Výpočet celkové ztrátové výšky h_{zj} na počítaném úseku dostaneme jako součet ztrát místních h_{mj} a ztrát třením po délce h_{tj}.

$$h_{zj} = h_{tj} + h_{mj} \qquad (5.9)$$

Kde: h_{tj}..... ztráta třením po délce,

h_{mj}..... ztráta místní.

Ztrátová výška třením se vyjadřuje z Chezyho rovnice pro měřený úsek, který je ohraničen profilem *i* a profilem *i+1*.

$$h_{zt} = i_{pj} * \Delta L_j \qquad (5.10)$$

Kde: h_{zt}..... výšková ztráta třením.

Výpočet průměrného sklonu čáry energie i_{pj} můžeme provést vícero způsoby. Nejlepší výsledky dostaneme ze vztahů:

$$i_{pj} = \frac{Q^2}{S_{pj}^2 * C_{pj}^2 * R_{pj}^2} \tag{5.11}$$

$$S_{pj} = \frac{S_i + S_{i+1}}{2} \tag{5.12}$$

$$C_{pj} = \frac{C_1 + C_{i+1}}{2} \tag{5.13}$$

$$R_{pj} = \frac{R_i + R_{i+1}}{2} \tag{5.14}$$

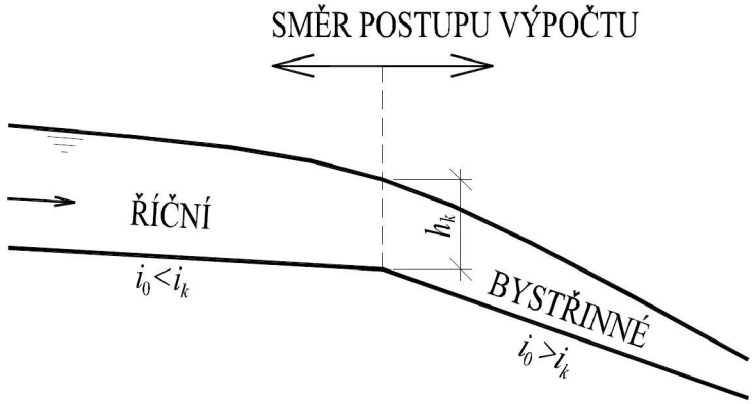
kde: i_{pj} ..... sklon čáry energie,
S_{pj} ..... průměrný průtočný průřez,
C_{pj}..... průměrný Chezyho součinitel,
R_{pj}..... průměrný hydraulický poloměr,
S_i..... průtočná plocha prvního profilu,
S_{i+1} ..... průtočná plocha druhého profilu,
C_i..... Chezyho součinitel pro první profil,
C_{i+1}..... Chezyho součinitel pro druhý profil,
R_i ..... hydraulický poloměr pro první profil,
R_{i+1}..... hydraulický poloměr pro druhý profil.

Místní ztráty vyjadřují ztrátu energie při změně průřezu, jsou způsobeny především změnami tvaru mezi průřezy. Lze je vyjádřit jako část absolutní hodnoty rozdílů rychlostních výšek

$$h_{mj} = \xi \left| \frac{\alpha v_{i+1}^2 - \alpha v_i^2}{2g} \right| \tag{5.15}$$

kde: h_{mj}..... ztráta místní.

Samotné řešení výpočtu průběhu hladin začíná vždy v profilu, kde je známá hloubka, tedy je tam zadána okrajová podmínka. Směr postupu výpočtu se volí podle typu proudění v korytu. Při říčním proudění je postup výpočtu proti proudu, jako okrajová podmínka se použije například hloubka vody před jezem, tedy se vkládá do dolního profilu. U bystřinného proudění je směr postupu výpočtu po proudu, jako okrajová podmínka se použije kritická hloubka h_k, která vzniká při přechodu z říčního do bystřinného proudění, vkládá se do horního profilu. [5]



Obr. 22: Směr výpočtu při řešení metody po úsecích [5]

Pokud řešíme celkovou délku nerovnoměrného proudění, tj. vzdálenost až po profil s rovnoměrným prouděním, neuvažujeme jako konečnou hloubku při rovnoměrném proudění h_0 (ta se teoreticky dosáhne až v nekonečnu), ale hloubku:

$$h = h_0 \pm 0{,}01h_0,$$

přičemž znaménko je závislé na režimu proudění v korytě. V říčním proudění se udává „+“ při křivce vzdutí a „-“ pro křivku snížení. Pokud se jedná o bystřinné proudění, je tomu přesně naopak. Tedy pro křivku vzdutí platí znaménko „-“ a pro křivku snížení platí „+“.[5]

5.5 URČENÍ DRSNOSTI DNA

Drsnost dna byla spočítána pomocí vztahu dle Stricklera. Efektivní zrno pro výpočet bylo převzato z analogického povodí, které se nachází v blízkosti řešené lokality. Velikost efektivního zrna je 0,0095 m.

$$n = \frac{d_e^{1/6}}{21{,}1} \qquad (5.16)$$

Kde: d_e ..... efektivní zrno.

Drsnost dna byla stanovena na hodnotu 0,022.

5.6 URČENÍ DRSNOSTI BŘEHŮ

Drsnost břehů byla určena na základě osobní prohlídky řešené lokality. Drsnost břehů je volena podle Manninga. Výsledné drsnosti jsou voleny podle manuálu pro program HEC-RAS.

Tráva udržovaná (park)	0,03
Tráva neudržovaná	0,04
Kamenná dlažba	0,025

5.7 KAPACITA KORYTA

Koryto v současném stavu je kapacitní na průtok cca 2,5 m^3/s. Tento průtok je mezi hodnotami pro jednoroční a pětiletou vodu. Limitní pro kapacitu koryta jsou dva hospodářské mosty v říčním kilometru 11,047 a 11,335. Tyto mosty způsobují vzdutí na toku a následné vybřežení.

Výpočty kapacity byly provedeny v programu HEC-RAS.

Tab. 13: Výpočet kapacity koryta, průtok Q=2,5 m³/s.

Staničení	Kóta dna	Kóta hladniny	Kóta levého břehu	Kóta pravého břehu	Rychlost	Průtočná plocha
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m^2)
11.579	276.13	276.85	277.20	277.35	1.54	1.63
11.392	274.18	275.07	275.79	275.59	1.90	1.32
11.380	273.88	274.92	275.81	275.74	0.56	4.45
11.363	273.77	274.92	275.72	275.63	0.59	4.26
11.338	273.59	274.89	275.57	275.47	0.64	3.88
11.337	273.59	274.90	275.55	275.46	0.51	4.93
11.331	273.56	274.45	275.29	275.28	0.84	2.97
11.331	273.56	274.41	275.27	275.27	1.24	2.01
11.322	273.49	274.36	274.92	275.04	1.23	2.04
11.290	273.05	274.11	274.72	274.69	1.34	1.86
11.182	272.41	273.36	274.43	274.18	1.44	1.73
11.058	271.50	273.18	273.54	273.54	0.40	6.28
11.051	271.67	273.16	273.51	273.18	0.70	3.60
11.050	271.67	**273.17**	**273.51**	**273.18**	0.47	5.27
11.044	271.62	272.72	273.44	273.12	0.72	3.47
11.043	271.61	272.59	273.44	273.12	1.71	1.46
10.823	269.89	270.98	271.23	271.25	1.38	1.81
10.702	269.41	270.48	270.61	270.68	1.29	1.94
10.673	269.34	270.40	270.67	270.76	1.18	2.12
10.672	269.34	270.40	270.67	270.76	1.18	2.12
10.631	269.24	270.06	270.76	270.87	2.09	1.20
10.617	269.19	269.94	271.11	271.17	1.84	1.36
10.617	269.19	269.94	271.11	271.17	1.84	1.36
10.613	269.14	269.86	271.06	271.13	2.01	1.25
10.584	268.78	269.49	270.64	270.79	2.07	1.21
10.529	268.36	269.03	269.92	270.32	1.14	2.19
10.520	268.55	269.00	270.61	270.53	1.28	1.95
10.518	268.50	268.89	270.57	270.54	1.61	1.55
10.498	268.29	268.86	270.40	270.35	1.21	2.06
10.496	268.27	268.85	270.40	270.33	1.20	2.08
10.458	267.96	268.78	270.47	270.06	0.91	2.74
10.427	267.90	268.74	270.43	270.53	0.81	3.09
10.405	268.04	268.68	269.46	269.55	1.16	2.15
10.383	267.74	268.55	269.62	269.55	1.56	1.60
10.244	267.58	268.15	269.15	269.13	1.46	1.71
10.241	267.47	268.01	269.13	268.73	1.67	1.50
10.236	267.26	267.94	269.10	268.02	1.47	1.71

Pokud by došlo k odstranění hospodářských mostů, nebo k jejich zkapacitnění, pak by se kapacita koryta zvýšila o 1,5 m^3/s, tedy na hodnotu cca 3,5 m^3/s.

Tab. 14: Kapacita toku bez hospodářských mostů, průtok Q=3,5 m³/s.

Staničení	Kóta dna	Kóta hladniny	Kóta levého břehu	Kóta pravého břehu	Rychlost	Průtočná plocha
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m^2)
11.579	276.13	277.00	277.20	277.35	1.50	2.34
11.392	274.18	275.18	275.79	275.59	1.97	1.78
11.380	273.88	274.76	275.81	275.74	1.00	3.51
11.363	273.77	274.73	275.72	275.63	1.07	3.27
11.338	273.59	274.58	275.57	275.47	1.40	2.50
11.337	273.59	274.61	275.55	275.46	1.00	3.51
11.331	273.56	274.60	275.29	275.28	0.96	3.65
11.331	273.56	274.55	275.27	275.27	1.36	2.57
11.322	273.49	274.50	274.92	275.04	1.32	2.65
11.290	273.05	274.26	274.72	274.69	1.41	2.48
11.182	272.41	273.43	274.43	274.18	1.75	2.00
11.058	271.50	272.97	273.54	273.54	0.69	5.04
11.051	271.67	272.80	273.51	273.18	1.76	1.99
11.050	271.67	272.88	273.51	273.18	0.92	3.80
11.044	271.62	272.87	273.44	273.12	0.84	4.15
11.043	271.61	272.73	273.44	273.12	1.81	1.93
10.823	269.89	271.12	271.23	271.25	1.46	2.40
10.702	269.41	***270.62***	***270.61***	***270.68***	1.44	2.43
10.673	269.34	270.55	270.67	270.76	1.29	2.72
10.672	269.34	270.54	270.67	270.76	1.28	2.73
10.631	269.24	270.19	270.76	270.87	2.19	1.60
10.617	269.19	270.06	271.11	271.17	1.98	1.77
10.617	269.19	270.06	271.11	271.17	1.97	1.77
10.613	269.14	269.97	271.06	271.13	2.16	1.62
10.584	268.78	269.61	270.64	270.79	2.22	1.57
10.529	268.36	269.14	269.92	270.32	1.34	2.61
10.520	268.55	269.11	270.61	270.53	1.37	2.55
10.518	268.50	269.02	270.57	270.54	1.64	2.13
10.498	268.29	269.00	270.40	270.35	1.32	2.66
10.496	268.27	268.99	270.40	270.33	1.31	2.67
10.458	267.96	268.93	270.47	270.06	0.98	3.58
10.427	267.90	268.89	270.43	270.53	0.92	3.79
10.405	268.04	268.81	269.46	269.55	1.30	2.70
10.383	267.74	268.66	269.62	269.55	1.76	1.99
10.244	267.58	268.23	269.15	269.13	1.55	2.25
10.241	267.47	268.08	269.13	268.73	1.85	1.90
10.236	267.26	268.05	269.10	268.02	1.61	2.18

V říčním kilometru 10,499 se nachází hlásný profil pro stupně povodňové aktivity. Tento profil je kategorie C a je kalibrován na výšku vodního sloupce. Pro tyto SPA jsem určil přibližné hodnoty průtoků.

Tab. 15: Přibližná hodnota průtoků podle SPA.

Staničení	Průtok	Kóta dna	Kóta hladniny	Kóta levého břehu	Kóta pravého břehu	Rychlost	Průtočná plocha	Hloubka vody	stupeň ohrožení
	(m^3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m^2)	(m)	
10.498	2.5	268.29	268.86	270.4	270.35	1.14	2.19	0.6	bdělost
10.498	5.0	268.29	269.19	270.4	270.35	1.38	3.62	0.9	pohotovost
10.498	8.0	268.29	269.49	270.4	270.35	1.60	5.01	1.2	ohrožení

5.8 ZARŮSTÁNÍ KORYTA

K problémům se zarůstáním koryta dochází v úseku od ř. km 10,427 po ř. km 10,584. Na tomto úseku se jedná o dva typy příčných profilů.

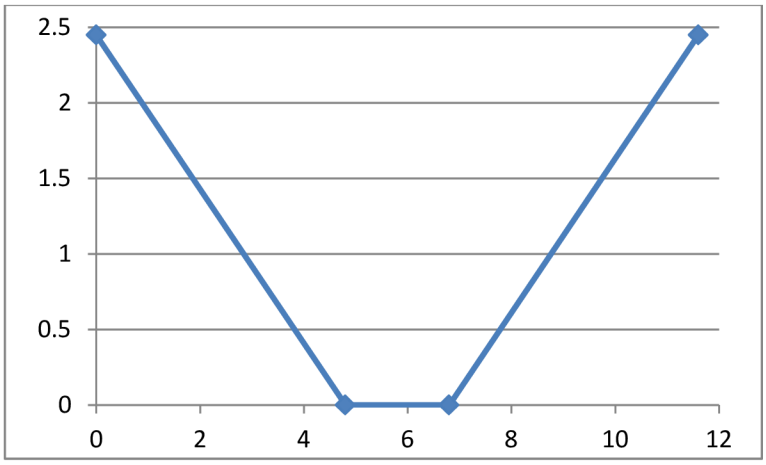
Profil I se nachází od ř. km 10,415 po 10,508 a jedná se o lichoběžníkový profil. Hloubka koryta je 2,45 m a šířkou ve dně 2 m. Sklony svahů jsou přibližně 1:2. Svahy koryta jsou upraveny travním porostem.

Profil II se nachází v úseku od ř. km 10,508 po ř. km 10,584 a jedná se o lichoběžníkový profil se stěnami, které mají malý sklonový poměr. Hloubka koryta je 2,1 m, šířka ve dně je 3,7 m. Sklon stěn je přibližně 1:0,19. Svahy koryta jsou opevněny kamennou dlažbou.

Výpočtem bylo zjištěno, že nedochází k zanášení, ale k vymílání koryta. Ve výpočtu se vycházelo z dostupných podkladů, a to jak z geometrických dat, tak i z hydrologických dat. Zásadní vliv na výsledek výpočtu má efektivní zrno d_{ef}=0,0095 m. Na základě teorie proudění v tocích a rozložení svislicových rychlostí v profilu přímého úseku, je největší svislicová rychlost v ose profilu a vlivem malé zrnitosti materiálu dochází k vymílání dna a vytváření zahloubené kynety. Část dna, která není vymílána, zarůstá travinami a při větších průtocích dochází k usazování dalších materiálů.

Pro výpočet stability koryta byly použity vzorce: *5.1*, *5.2*, *5.3*, *5.4*, *5.5* a *4.15*.

Výpočet stability dna profilu I je proveden v *Tab. 16*. U profilu I dochází k porušení stability dna přibližně při průtoku 0,78 m^3/s, což je méně než průtok Q_1=1,2 m^3/s. Průtok, při kterém dochází k porušení dna, odpovídá hloubce vody 0,2 m. Podmínka pro stabilitu dna je dle rovnice *4.16*.

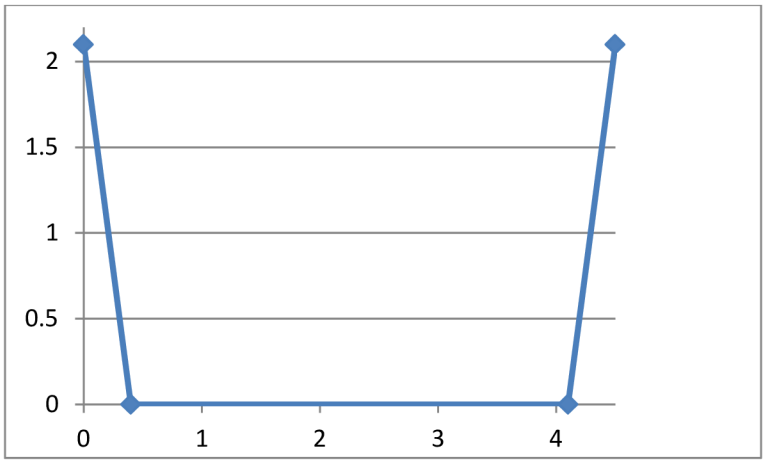


Obr. 23: Schéma profilu I.

Tab. 16: Stabilita profilu I, pro d_{ef}=9,5 mm.

h [m]	S [m^2]	O [m]	R [m]	C [$m^{0,5}*s^{-1}$]	v [$m*s^{-1}$]	Q [m^3*s^{-1}]	v_v [$m*s^{-1}$]	$v-v_v$
0.100	0.220	2.440	0.090	27.675	0.538	0.118	0.751	-0.213
0.200	0.478	2.880	0.166	28.693	0.758	0.363	0.779	-0.021
0.300	0.776	3.320	0.234	29.013	0.909	0.706	0.787	0.122
0.400	1.113	3.760	0.296	29.175	1.029	1.146	0.792	0.237
0.500	1.490	4.199	0.355	29.297	1.131	1.685	0.795	0.336
0.600	1.905	4.639	0.411	29.411	1.221	2.327	0.798	0.423
0.700	2.360	5.079	0.465	29.526	1.304	3.078	0.801	0.503
0.800	2.854	5.519	0.517	29.645	1.382	3.942	0.805	0.577
0.900	3.387	5.959	0.568	29.769	1.454	4.926	0.808	0.646
1.000	3.959	6.399	0.619	29.895	1.524	6.033	0.811	0.712
1.100	4.570	6.839	0.668	30.024	1.591	7.270	0.815	0.776
1.200	5.221	7.279	0.717	30.154	1.655	8.641	0.818	0.837
1.300	5.911	7.719	0.766	30.286	1.718	10.152	0.822	0.896
1.400	6.640	8.159	0.814	30.417	1.778	11.807	0.826	0.953
1.500	7.408	8.598	0.862	30.548	1.838	13.612	0.829	1.008
1.600	8.215	9.038	0.909	30.678	1.895	15.571	0.833	1.063
1.700	9.062	9.478	0.956	30.808	1.952	17.690	0.836	1.116
1.800	9.947	9.918	1.003	30.936	2.008	19.972	0.840	1.168
1.900	10.872	10.358	1.050	31.063	2.062	22.423	0.843	1.219
2.000	11.836	10.798	1.096	31.189	2.116	25.047	0.847	1.270
2.100	12.839	11.238	1.143	31.313	2.169	27.849	0.850	1.319
2.200	13.882	11.678	1.189	31.435	2.221	30.834	0.853	1.368
2.300	14.963	12.118	1.235	31.556	2.273	34.005	0.857	1.416
2.400	16.084	12.557	1.281	31.676	2.323	37.367	0.860	1.463

Výpočet stability dna pro profil II je uveden v *Tab. 17*. K porušení stability dna u profilu II dochází přibližně při průtoku 0,70 m^3/s, což je méně než průtok Q_1=1,2 m^3/s. Odpovídající hloubka vody pro průtok 0,70 m^3/s je 0,2m.



Obr. 24: Schéma profilu II.

Tab. 17: Stabilita profilu II, pro d_{ef}=9,5 mm.

h [m]	S [m^2]	O [m]	R [m]	C [$m^{0,5}*s^{-1}$]	v [$m*s^{-1}$]	Q [m^3*s^{-1}]	v_v [$m*s^{-1}$]	$v-v_v$
0.100	0.372	3.904	0.095	30.751	0.615	0.229	0.835	-0.220
0.200	0.748	4.107	0.182	34.023	0.941	0.703	0.923	0.017
0.300	1.127	4.311	0.261	35.919	1.190	1.342	0.975	0.215
0.400	1.510	4.514	0.335	37.220	1.395	2.107	1.010	0.385
0.500	1.898	4.718	0.402	38.187	1.570	2.978	1.036	0.533
0.600	2.289	4.922	0.465	38.942	1.721	3.939	1.057	0.664
0.700	2.683	5.125	0.524	39.553	1.855	4.977	1.074	0.781
0.800	3.082	5.329	0.578	40.059	1.974	6.085	1.087	0.887
0.900	3.484	5.532	0.630	40.488	2.082	7.255	1.099	0.983
1.000	3.890	5.736	0.678	40.856	2.181	8.483	1.109	1.072
1.100	4.300	5.940	0.724	41.176	2.271	9.765	1.118	1.153
1.200	4.714	6.143	0.767	41.459	2.354	11.096	1.125	1.228
1.300	5.132	6.347	0.809	41.710	2.431	12.474	1.132	1.299
1.400	5.553	6.550	0.848	41.936	2.502	13.896	1.138	1.364
1.500	5.978	6.754	0.885	42.140	2.569	15.361	1.144	1.426
1.600	6.407	6.957	0.921	42.326	2.632	16.867	1.149	1.484
1.700	6.840	7.161	0.955	42.497	2.692	18.412	1.153	1.538
1.800	7.277	7.365	0.988	42.654	2.748	19.995	1.158	1.590
1.900	7.717	7.568	1.020	42.799	2.801	21.616	1.162	1.639
2.000	8.162	7.772	1.050	42.935	2.851	23.272	1.165	1.686
2.100	8.610	7.975	1.080	43.062	2.900	24.964	1.169	1.731

Při osobní prohlídce zájmové lokality byly zjištěny v toku kameny o zrnitosti, která se v dané lokalitě přirozeně nevyskytuje. To vede k domněnce, že původní dno bylo z důvodu velkého podélného sklonu opevněno kamenným pohozem. Z tohoto důvodu bylo provedeno posouzení stability dna pro profil I a II s předpokladem větší zrnitosti dna. Pro výpočet bylo použito efektivní zrno velikosti d_{ef}=0,1 m. Drsnot dna

podle vzorce *4.16* pak vychází *n=0,032*. V tomto případě vychází oba zkoumané profily stabilní ve dně při všech průtocích. Tudíž dochází k jejich zanášení.

Tab. 18: Stabilita profilu I, pro d_{ef}=100mm.

h [m]	S [m^2]	O [m]	R [m]	c [$m^{0,5}*s^{-1}$]	v [$m*s^{-1}$]	Q [m^3*s^{-1}]	v_v [$m*s^{-1}$]	$v-v_v$
0.100	0.220	2.440	0.090	21.001	0.408	0.090	1.849	-1.441
0.200	0.478	2.880	0.166	23.471	0.620	0.297	2.067	-1.447
0.300	0.776	3.320	0.234	25.014	0.784	0.609	2.203	-1.419
0.400	1.113	3.760	0.296	26.153	0.922	1.027	2.303	-1.381
0.500	1.490	4.199	0.355	27.062	1.045	1.556	2.383	-1.339
0.600	1.905	4.639	0.411	27.823	1.156	2.202	2.450	-1.295
0.700	2.360	5.079	0.465	28.480	1.258	2.969	2.508	-1.250
0.800	2.854	5.519	0.517	29.060	1.354	3.865	2.559	-1.205
0.900	3.387	5.959	0.568	29.580	1.445	4.895	2.605	-1.160
1.000	3.959	6.399	0.619	30.053	1.532	6.065	2.647	-1.115
1.100	4.570	6.839	0.668	30.488	1.615	7.382	2.685	-1.070
1.200	5.221	7.279	0.717	30.890	1.695	8.852	2.720	-1.025
1.300	5.911	7.719	0.766	31.265	1.773	10.480	2.753	-0.980
1.400	6.640	8.159	0.814	31.617	1.848	12.273	2.784	-0.936
1.500	7.408	8.598	0.862	31.949	1.922	14.236	2.813	-0.892
1.600	8.215	9.038	0.909	32.262	1.993	16.375	2.841	-0.848
1.700	9.062	9.478	0.956	32.560	2.063	18.696	2.867	-0.804
1.800	9.947	9.918	1.003	32.844	2.132	21.204	2.892	-0.761
1.900	10.872	10.358	1.050	33.116	2.199	23.905	2.916	-0.718
2.000	11.836	10.798	1.096	33.376	2.265	26.804	2.939	-0.675
2.100	12.839	11.238	1.143	33.625	2.329	29.906	2.961	-0.632
2.200	13.882	11.678	1.189	33.865	2.393	33.217	2.982	-0.589
2.300	14.963	12.118	1.235	34.097	2.455	36.742	3.003	-0.547
2.400	16.084	12.557	1.281	34.320	2.517	40.486	3.022	-0.505

Tab. 19: Stabilita profilu II, pro d_{ef}=100 mm.

h [m]	S [m^2]	O [m]	R [m]	C [$m^{0,5}*s^{-1}$]	v [$m*s^{-1}$]	Q [m^3*s^{-1}]	v_v [$m*s^{-1}$]	$v-v_v$
0.100	0.372	3.904	0.095	21.180	0.424	0.158	1.865	-1.441
0.200	0.748	4.107	0.182	23.849	0.659	0.493	2.100	-1.441
0.300	1.127	4.311	0.261	25.584	0.848	0.956	2.253	-1.405
0.400	1.510	4.514	0.335	26.900	1.008	1.523	2.369	-1.360
0.500	1.898	4.718	0.402	27.971	1.150	2.182	2.463	-1.314
0.600	2.289	4.922	0.465	28.878	1.276	2.921	2.543	-1.267
0.700	2.683	5.125	0.524	29.666	1.391	3.733	2.612	-1.221
0.800	3.082	5.329	0.578	30.364	1.497	4.612	2.674	-1.177
0.900	3.484	5.532	0.630	30.991	1.594	5.553	2.729	-1.135
1.000	3.890	5.736	0.678	31.559	1.684	6.553	2.779	-1.095
1.100	4.300	5.940	0.724	32.078	1.769	7.607	2.825	-1.056
1.200	4.714	6.143	0.767	32.556	1.848	8.713	2.867	-1.019
1.300	5.132	6.347	0.809	32.999	1.923	9.869	2.906	-0.983
1.400	5.553	6.550	0.848	33.412	1.994	11.071	2.942	-0.949
1.500	5.978	6.754	0.885	33.797	2.061	12.320	2.976	-0.916
1.600	6.407	6.957	0.921	34.159	2.124	13.612	3.008	-0.884
1.700	6.840	7.161	0.955	34.499	2.185	14.947	3.038	-0.853
1.800	7.277	7.365	0.988	34.820	2.243	16.323	3.066	-0.823
1.900	7.717	7.568	1.020	35.124	2.299	17.739	3.093	-0.794
2.000	8.162	7.772	1.050	35.412	2.352	19.195	3.118	-0.767
2.100	8.610	7.975	1.080	35.687	2.403	20.689	3.143	-0.740

6 NAVRHOVANÁ OPATŘENÍ

6.1 LUČNÍ TRAŤ

Na okraji intravilánu, ř. km od 10,702 po 11,322, je koryto vedeno mezi loukami v lichoběžníkovém profilu. Nedochází k zanášení ani vymílání. Koryto je stabilní. Mimo obec není potřeba do koryta nijak zasahovat. Stav koryta je vidět ve fotografiích, viz příloha 1 -fotodokumentace.

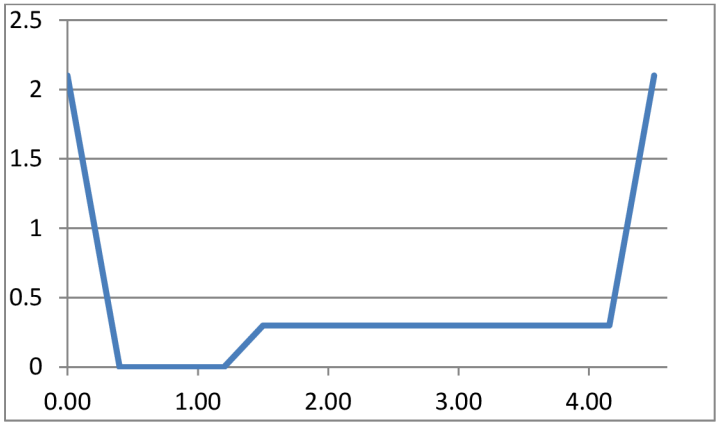
6.2 INTRAVILÁN

Mezi mosty, v říčním kilometru 10,415 a 10,508 (profil I), si voda přirozenou cestou upravila dno do podoby středové kynety. V tomto úseku nedochází k vymílání ani zanášení. Koryto je stabilní a není třeba do něj zasahovat. Stav koryta je vidět z fotografií, viz *příloha 1 - fotodokumentace*

V úseku od mostu v říčním kilometru 10,508 po říční kilometr 10,584 (profil II) se na nánosy nového materiálu uchytává travní porost. Stav je vidět v *příloze 1 - fotodokumentace*. Vytvořená stěhovavá kyneta je kapacitní pro běžné průtoky. Kyneta je takových rozměrů, že nedochází k jejímu zanášení. Možný problém by mohl nastat při údržbě.

Z tohoto důvody je možné provést úpravu, kdy kyneta bude umístěna k levému břehu. Řešený úsek je přímý. Velikost bermy je převzata v přibližných rozměrech ze stabilního koryta výše v povodí řešeného úseku. Šířka kynety bude 0,80 m, její hloubka 0,3 m. Sklon svahu kynety je zvolen 1:1. Berma bude volně přecházet z kynety a bude mít šířku cca 2,66 m. Dno bermy bude zatravněno. Navrhovaná kyneta převede průtok cca 0,26 m^3/s. Zvolená úprava výrazně nezmění v daném místě kapacitu toku, který převede povodňový průtok Q_{20} o hodnotě 8,2 m^3/s.

Posouzení stability dna pro navrhovanou úpravu je provedeno podle rovnice *4.16* v *tabulce 20*. Navrhovaná úprava toku nemá stabilní dno z důvodu velké jemnosti materiálu. Dno kynety je třeba opevnit. Opevnění dna bude provedeno kamenným pohozem frakce 60-125 mm a tloušťce 0,4 m.



Obr. 25: Schéma navrhované úpravy profilu.

Tab. 20: Stabilita dna navrhovaného profilu.

Kyneta			Berma			n_v=	0.0100	
n_d=	0.022		n_d=	0.03		i=	0.0042	
n_s=	0.03		n_s=	0.025		D_{ef}=	0,0095	m
m_1=	1		m=	0.2	m			
m_2=	0.2		b=	2.66	m			
b=	0.8	m						
h_k=	0.3	m						

	Kyneta							Berma					
h	S	O	R	n	C	v	Q_k	h_b	v	Q_b	Q_{celk}	v_v	$v-v_v$
[m]	[m^2]	[m]	[m]		[$m^{0,5}$/s]	[m/s]	[m^3/s]	[m]	[m/s]	[m^3/s]	[m^3/s]		
0.10	0.09	1.04	0.082	0.023	28.218	0.525	0.045	0.00	0.000	0.000	**0.045**	0.77	0.24
0.20	0.18	1.29	0.143	0.024	29.836	0.731	0.134	0.00	0.000	0.000	**0.134**	0.81	0.08
0.30	0.29	1.53	0.192	0.025	30.602	0.869	0.255	0.00	0.000	0.000	**0.255**	0.83	-0.04
0.40	0.41	2.04	0.201	0.020	37.570	1.093	0.448	0.10	0.458	0.122	**0.570**	1.02	-0.07
0.50	0.53	2.24	0.236	0.020	39.068	1.231	0.651	0.20	0.715	0.383	**1.033**	1.06	-0.17
0.60	0.65	2.44	0.266	0.020	40.273	1.346	0.874	0.30	0.923	0.743	**1.617**	1.09	-0.25
0.70	0.77	2.64	0.292	0.020	41.275	1.446	1.115	0.40	1.101	1.187	**2.302**	1.12	-0.33
0.80	0.90	2.84	0.315	0.020	42.128	1.532	1.373	0.50	1.259	1.703	**3.075**	1.14	-0.39
0.90	1.02	3.05	0.336	0.019	42.866	1.609	1.645	0.60	1.402	2.282	**3.927**	1.16	-0.45
1.00	1.15	3.25	0.354	0.019	43.514	1.678	1.930	0.70	1.532	2.921	**4.851**	1.18	-0.50
1.10	1.28	3.45	0.371	0.019	44.090	1.741	2.228	0.80	1.652	3.612	**5.841**	1.20	-0.54
1.20	1.41	3.65	0.387	0.019	44.607	1.798	2.539	0.90	1.764	4.353	**6.892**	1.21	-0.59
1.30	1.55	3.85	0.401	0.019	45.074	1.850	2.860	1.00	1.868	5.141	**8.001**	1.22	-0.63
1.40	1.68	4.05	0.415	0.019	45.500	1.899	3.193	1.10	1.966	5.971	**9.165**	1.24	-0.66
1.50	1.82	4.26	0.427	0.019	45.891	1.944	3.537	1.20	2.058	6.843	**10.380**	1.25	-0.70
1.60	1.96	4.46	0.439	0.019	46.251	1.987	3.891	1.30	2.145	7.754	**11.645**	1.26	-0.73
1.70	2.10	4.66	0.451	0.019	46.585	2.027	4.256	1.40	2.227	8.701	**12.958**	1.26	-0.76
1.80	2.24	4.86	0.461	0.019	46.896	2.065	4.632	1.50	2.306	9.685	**14.316**	1.27	-0.79
1.90	2.39	5.06	0.472	0.019	47.187	2.100	5.017	1.60	2.381	10.702	**15.719**	1.28	-0.82
2.00	2.54	5.27	0.482	0.019	47.460	2.134	5.413	1.70	2.452	11.752	**17.164**	1.29	-0.85
2.10	2.68	5.47	0.491	0.019	47.718	2.167	5.818	1.80	2.521	12.834	**18.652**	1.30	-0.87

Hloubka teoretického výmolu ve dně *Δh* pro průtok Q_5 se spočítá dle vzorce *4.20* za pomoci nevymílací rychlosti v_v=1,165 m/s, která se spočítá pomocí vzorce *4.16*. Hloubka výmolu *Δh=0,35 m.*

Svah kynety je proveden ve sklonu 1:1 a proto je nutné ho opevnit. Opevnění bude provedeno dlažbou na sucho z lomového kamene po celé výšce svahu kynety.

6.3 OBJEKTY

6.3.1 Lávka ř. km 10,673

V říčním kilometru 10,673 se nachází nově zbudovaná dřevěná lávka. Tato lávka je volně umístěna na terénu, nemá žádný základ, tudíž není nijak pevně spojená se zemí. Z tohoto důvodu může při povodňovém stavu dojít k odplavení této konstrukce. Tato konstrukce, pokud by byla unášena proudem, by mohla způsobit níže po proudu značné problémy. Může dojít k ucpání mostů, které se nacházejí níže po proudu. Z tohoto důvody by mělo dojít ke zbudování základů nebo alespoň pevně připojit lávku se zemí, tak aby bylo zamezeno jejímu unešení rozvodněným tokem.

Obr. 26: Dřevěná lávka ř. km 10,673 [12].

6.3.2 Hospodářský most ř. km 11,047

Hospodářský most v říčním kilometru 11,047 snižuje kapacitu toku o cca 1,5 m^3/s, a to na hodnotu 2,5 m^3/s. Proudění skrz most zprostředkovávají dva betonové propustky o průměru 0,9 m. Tyto dva propustky nejsou kapacitní, a proto dochází ke vzdouvání hladiny a k vybřežení vody z koryta. Most je v současné době ve špatném technickém stavu. Vlivem rychlého proudění vody dochází k narušování betonové konstrukce a jejímu vyplavování. Z těchto důvodů je most navržen k rekonstrukci.

Obr. 27: Narušení mostu ř. km 11,047 [12].

6.3.3 Hospodářský most ř. km 11,355

Konstrukce hospodářského mostu v říčním kilometru 11,355 je obdobná jako u předchozího mostu. Proudění zajišťují dva betonové propustky o průměru 0,9 m, přičemž snižuje kapacitu toku o cca 1,5 m^3/s, a to na hodnotu 2,5 m^3/s. Tyto dva propustky nejsou kapacitní, a proto dochází ke vzdouvání. Most je v současné době ve špatném technickém stavu. Vlivem rychlého proudění vody dochází k narušování betonové konstrukce a jejímu vyplavování. Z těchto důvodů je most navržen k rekonstrukci.

Obr. 28: Technický stav mostu ř. km 11,355 [12].

6.3.4 Černá stavba

Mezi hospodářskými mosty v říčních kilometrech 11,047 a 11,355 u fotbalového hřiště, přibližně v říčním kilometru 11,297, se nachází černá stavba. Tato černá stavba je z dřevěných prken a přehrazuje tok bez vzdouvacího efektu. Překážka v toku způsobuje zmenšení průtočné plochy, zachytávání plovoucích nečistot a může dojít k případnému ucpání toku. Stavba pravděpodobně slouží k umožnění černého odběru vody pro závlahu fotbalového hřiště. Tuto stavbu je nutné odstranit.

Obr. 29: Černá stavba [12].

7 ZHODNOCENÍ

7.1 KAPACITA TOKU

Provedenými hydrotechnickými výpočty bylo prokázáno, že v současné době nedochází k povodňovému ohrožení obce od toku, ale z důvodu zaplavování vodou přicházející z okolních polí při silných bouřkách. Upravené koryto v intravilánu bez problému převede průtok o hodnotě Q_{20}. V luční trati může při větších průtocích dojít k vybřežení a rozlití vody po okolních loukách. Při průtoku Q_{20} dochází k rozlití vody po loukách, ale díky morfologii terénu se voda níže po toku vrátí do koryta toku.

Při průtoku Q_{100} dojde k ohrožení zástavby v blízkosti toku. K ohrožení dochází v úseku od silničního mostu v ř. km 10,415 až po ř. km 10,900. V tomto úseku je zástavby ohrožena po obou březích toku. Vzhledem k tomu, že jsou splněny požadavky hlavního plánu povodí České republiky o ochraně území (viz. kapitola *4.5*), není potřeba provádět zkapacitnění koryta.

7.2 ZANÁŠENÍ TOKU

Vzhledem k podkladům, které byli k dispozici, není jasné, zda v současné době vznikají problémy z důvodu zanášení nebo vymílání. K dispozici nebyl původní projekt, takže není možné určit kótu původního dna, tvar původního koryta, ani zda bylo dno v úseku profilu II opevněno. K dispozici pro posouzení byl pouze zaměřený stav koryta toku z toku 2010. Hydrologické údaje jsou s velkou pravděpodobností kategorie IV, což znamená jejich značnou nepřesnost viz *Tab. 4*. Velikost efektivního zrna, která slouží pro výpočet drsnosti dna, byla převzata z analogického povodí. Všechny tyto skutečnosti mají za následek, že není možné určit, zda dochází k zanášení nebo vymílání.

Po celém řešeném úseku si koryto vytvořilo stabilní tvar. V širších úsecích se vytvořila kyneta. Koryto je po celé délce řešeného úseku stabilní a nedochází ani k výraznému zanášení. Není nutné provádět žádnou úpravu.

Tok je jeho správcem veden jako problémový a je požadavek na jeho úpravu vzhledem k zarůstání toku. Z tohoto důvodu a z důvodu snazší údržby je možné provést úpravu v úseku mezi mostem v říčním kilometru 10,508 a říčním kilometrem 10,584. V tomto úseku je kyneta stěhovavá, ale neohrožuje opěrné zdi svahů. Možnost úpravy koryta toku je popsána v kapitole *5.2*.

Naplaveniny v toku jsou způsobeny převážně splachy z okolních zemědělsky obhospodařovaných polí. V současné době probíhají v obci pozemkové úpravy, jejichž součástí budou i protipovodňová a protierozní opatření. Po provedení pozemkových úprav by se tedy zanášení toku mělo ještě snížit.

8 ZÁVĚR

Cílem práce bylo zjištění současného stavu toku. Za pomoci programu HEC-RAS bylo zjištěno, že tok v současné době převede průtok o hodnotě 2,5 m^3/s. Při průtoku Q_{20}=8,2 m^3/s dojde k vybřežení v luční trati od ř. km 10,631 po 11,183. Vzhledem k morfologii terénu se voda opět vrací do koryta, a tak nedochází k ohrožení zástavby. Na základě Plánu hlavních povodí České republiky (viz. *kapitola 4.5*) není potřeba provádět úpravu za účelem zvětšení kapacity toku.

Vzhledem k dostupným datům se nepodařilo určit, zda na problémovém úseku (ř. km 10,508 až 10,584) dochází k zanášení nebo vymílání toku. Bylo zjištěno, že dochází k deformaci dna a k vytváření stěhovavé kynety. Pokud dojde v řešeném úseku pouze ke srovnání dna na jeho původní šířku, dno toku se časem opět zdeformuje a opět dojde k vytvoření kynety. Data nebyla ucelená, chyběl původní projekt, efektivní zrno bylo převzato z analogického povodí v blízkosti řešené lokality, hydrologická data kategorie IV.

Stabilizaci problémového úseku lze provést pomocí levostranné kynety, která má přibližné rozměry stabilního koryta z horní části řešeného úseku. Navržená šířka kynety je 0,80 m, její hloubka 0,3 m. Sklon svahu kynety je zvolen 1:1. Opevnění svahů kynety, z důvodů zajištění směrového umístění kynety vzhledem k ose toku, je provedeno dlažbou z lomového kamene. Dno kynety je opevněno kamenným pohozem frakce 60-125 mm. Berma má šířku cca 2,66 m a její dno bude zatravněno. Navrhovaná kyneta převede průtok cca 0,26 m^3/s, což odpovídá přibližně průtoku stanovenému výpočtem pro stávající kynetu. Navrhovaná úprava nijak nezmění schopnost toku převést návrhový průtok Q_{20}.

9 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

9.1 INTERNETOVÉ ZDROJE

[1] Národní geoportál INSPIRE [online], [cit. 17-2-2014]

Dostupné z: http://geoportal.gov.cz/web/guest/map

[2] GeoINFO – geovědní informace na území ČR, Česká geologická služba

[cit. 17-2-2014], dostupné z: http://mapy.geology.cz/geocr_25/

[3] Koncepce zemědělské politiky a rozvoje venkova v Olomouckém kraji, analytická část [cit. 17-2-2014], Olomoucký kraj, dostupné z: http://www.kr-olomoucky.cz/clanky/dokumenty/1732/analyticka-cast-zemedelstvi.doc

[4] Elektronický digitální povodňový portál, [cit. 18-2-2014], dostupné z: http://www.edpp.cz/cpk_historicke-povodne/

[6] HEC-RAS users manual, dostupný z: http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/documentation/HEC-RAS_4.1_Users_Manual.pdf

[9] http://www.in-pocasi.cz/archiv/stanice.php?stanice=luka

[10] http://www.edpp.cz/evidencni-list/cechy-pod-kosirem-cesky-potok-

[15] Plána hlavních povodí České republiky, dostupný z: http://www.env.cz/C1257458002F0DC7/cz/plan_hlavnich_povodi/$FILE/OOV-PHP-20070523.pdf

9.2 LITERATURA

[5] JANDORA, Jan. *Hydraulika: modul 01*. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2007, 178 s. ISBN 978-80-7204-512-9.

[7] DUMBROVSKÝ, Miroslav. *Vodní hospodářství krajiny II*. Brno: Vysoké učení technické, Fakulta stavební, 2005, 233 s.

[8] ŠLEZINGR, Miloslav. *BR06 - Hydrotechnické stavby I, studijní opora*. VUT Brno, 2006. (CS)

[11] PATOČKA, Cyril, MACURA, Lukáš. *Úpravy toků*. 1. vyd. Praha: Nakladatelství technické literatury, 1989, 397 s. ISBN 80-030-0203-6.

[12] fotografie, zdroj Josef Blaha

[13] JANDORA, Jan, UHMANNOVÁ, Hana. *Proudění v systémech říčních koryt: Modul 1*. Brno, 2006.

[14] RAPLÍK, Milan, VÝBORA, Pavel, MAREŠ, Karel. *Úprava tokov*. 1. vyd. Bratislava: Alfa, 1989, 638 s. ISBN 80-050-0128-2.

9.3 PŘEDPISY

Zákon 254/2001 Sb., o vodách ve znění dalších předpisů.

ČSN 73 6201 Projektování mostních objektů (1995).
ČSN 73 6820 Úpravy vodních toků (1973).
ČSN 75 1400 Hydrologické údaje povrchových vod (1990)
TNV 75 2102 Úpravy potoků (1995).
TNV 75 2103 Úpravy řek (1998).
ČSN 75 2130 Křížení a souběhy vod. toků s dráhami, pozem. komunikacemi a vedeními (2000).
ČSN 75 0120 Vodní hospodářství – Terminologie hydrotechniky (2009).

POUŽITÉ ZKRATKY A ZNAČKY

BPEJ	bonitová půdně ekologická jednotka
CEIWR-HEC	Corps of Engineers Institute for Water Resources-The Hydroligic Engineering
HEC-RAS	The Hydroligic Engineering-Center`s River Analysis Systém
KN	katastr nemovitostí
KPZP	Komplexní průzkum zemědělských půd
PF	říční profil
SPA	stupeň povodňové aktivity

α	[-]	Coriolisovo číslo, součinitel kinetické energie
α	[°]	úhel sklonu dna
ΔL_j	[m]	délka jednotlivého úseku
Δh	[m]	hloubka výmolu
Δh_j	[m]	rozdíl hladin
ξ	[-]	součinitel místních ztrát
ρ_s	[kg/m^3]	hustota splavenin
τ_b	[Pa]	tangenciální napětí
ν	[-]	kinematická viskozita
φ	[°]	úhel vnitřního tření zeminy
φ	[°]	středový úhel vývinu příčného proudění
C	[m]	Chezyho součinitel
C	[-]	faktor ochranného vlivu vegetace
d_e	[m]	efektivní zrno
d_i	[m]	průměrná velikost frakce
f	[-]	drsnostní součinitel
g	[m*s^{-2}]	tíhové zrychlení
G	[t.ha^{-1}.rok^{-1}]	průměrná roční ztráta půdy
H	[-]	klimatické hodnoty naměřené v roce 2003
h	[m]	hloubka vody
h_i	[m]	hloubka vody v prvním profilu
h_{i+1}	[m]	hloubka vody v druhém profile

h_{mj}	[m]	velikost místní ztráty
h_{op}	[m]	výška opevnění
h_{so}	[m]	hloubka vody od které není třeba opevnění
h_{tj}	[m]	ztráta třením po délce
h_{zj}	[m]	celková ztrátová výška mechanické energie
i_{0j}	[-]	průměrný podélný sklon dna mezi profily
i_{pj}	[-]	průměrný sklon čáry energie
k_2	[-]	koeficient
k_3	[-]	koeficient
K	[-]	faktor náchylnosti půdy k erozi
L	[-]	faktor délky svahu
ld	[%]	nepřerušená délka svahu
N	[-]	normály klimatických hodnot za období 1961-1990
n	[-]	drsnostní součinitel dle Manninga
O	[°]	odchylka od normálu
O	[m]	omočený obvod
P	[-]	faktor vlivu protierozních opatření
p_i	[%]	procentuální zastoupení frakce
Q	[m^3/s]	průtok
Q_b	[m^3/s]	průtok v bermě
Q_k	[m^3/s]	průtok v kynetě
q_b	[m^2/s]	průtok dnových plavenin
q_s	[m^2/s]	průtok splavenin
q_t	[m^2/s]	celkový průtok plavenin
R	[$m/s^{0,5}$]	hydraulický poloměr
R	[-]	faktor erozní účinnosti deště
S	[m^2]	průtočná plocha
S	[-]	faktor sklonu svahu
s	[%]	sklon svahu
S_i	[m^2]	průtočná plocha v prvním profilu
S_{i+1}	[m^2]	průtočná plocha v druhém profilu
Sr	[-]	průměrný úhrn srážek v roce 2003 v % průměrného srážkového normálu
Sv	[-]	průměrná doba trvání slunečního svitu v roce 2003 v % průměrného normálu
v	[m/s]	průřezová rychlost
v'_{max}	[m/s]	
v_i	[m/s]	průtočná rychlost v prvním profilu
v_{i+1}	[m/s]	průtočná rychlost v druhém profile
v_v	[m/s]	nevymílací rychlost

v_{vao}	[m/s]	nevymílací rychlost v oblouku u svahu
v_{vo}	[m/s]	nevymílací rychlost u dna v oblouku
v_{vs}	[m/s]	nevymílací rychlost u paty svahu
x	[m]	vzdálenost utlumení příčného proudění

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr.1: Zájmové území toku [1] 11
Obr. 2: Geologické poměry [2] 12
Obr. 3: Rozmístění sond [2] 12
Obr. 4: Pedologické poměry [1] 13
Obr. 5: Klimatické oblasti Olomouckého kraje [3] 16
Obr. 6: Orná půda v okolí zájmové lokality [1] 19
Obr. 7: Stav lesních porostů [1] 20
Obr. 8: Povodně Čechy pod Kosířem, 2008 [4] 21
Obr. 9: Povodně Čechy pod Kosířem, 2010 [4] 21
Obr. 10: Most v zámeckém parku ř. km 10,243, pohled proti proudu [12]. 23
Obr. 11: Silniční most ř. km 10,415, pohled proti proudu [12]. 24
Obr. 12: Lávka v ř. km 10,426, pohled po vodě, s průhledem pod silniční most [12]. 25
Obr. 13: Lávka v ř. km 10,497, pohled proti proudu [12] 26
Obr. 14: Pohled na silniční most ř. km 10,508 a na lávku ř. km 10,519, pohled po proudu [12]. 27
Obr. 15: Mostek v ř. km 10,615, pohled proti proudu [12] 28
Obr. 16: Nová lávka v ř. km 10,673, pohled proti proudu [12]. 29
Obr. 17: Hospodářský most, ř. km 11,047, pohled proti proudu [12] 30
Obr. 18: Hospodářský most, ř. km 11,355, pohled po proudu [12]. 31
Obr. 19: Silniční most, ř. km 11,371, pohled proti proudu [12]. 32
Obr. 20: Rozdělení rychlostí v korytě. 40
Obr. 21: Schéma pro výpočet nerovnoměrného proudění [5] 47
Obr. 22: Směr výpočtu při řešení metody po úsecích [5] 49
Obr. 23: Schéma profilu I. 54
Obr. 24: Schéma profilu II. 55
Obr. 25: Schéma navrhované úpravy profilu. 58
Obr. 26: Dřevěná lávka ř. km 10,673 [12]. 60
Obr. 27: Narušení mostu ř. km 11,047 [12]. 61
Obr. 28: Technický stav mostu ř. km 11,355 [12]. 62
Obr. 29: Černá stavba [12]. 63

SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Průměrné klimatické hodnoty pro Olomoucký kraj 2003 [3] 14
Tab. 2: Klimatické údaje pro meteostanici Luká [9] 15
Tab. 3: N-leté průtoky 2003 [3] 17
Tab. 4: Směrodatná odchylka N-letých průtoků, dle třídy přesnoti. ČSN 75 1400 17
Tab. 5: Bilance lesní půdy v roce 2003 [3] 19
Tab. 6: Listová plocha zemědělských plodin [7] 33
Tab. 7: Hodnoty faktoru K podle BPEJ [7] 35
Tab. 8: Hodnota L faktoru v závislosti na délce svahu [7] 36
Tab. 9: Hodnoty S faktoru v závislosti na sklonu svahu [7] 36
Tab. 10: Přibližné hodnoty N-letosti návrhových průtoků pro odolnost koryta [8] 39
Tab. 11: Interpolační tabulka pro výpočet v´max. [11] 42
Tab. 12: Orientační návrhové průtoky podle charakteru okolí toku [8] 43
Tab. 13: Výpočet kapacity koryta, průtok Q=2,5 m^3/s. 51
Tab. 14: Kapacita toku bez hospodářských mostů, průtok Q=3,5 m^3/s. 52
Tab. 15: Přibližná hodnota průtoků podle SPA. 53
Tab. 16: Stabilita profilu I, pro d_{ef}=9,5 mm. 54
Tab. 17: Stabilita profilu II, pro d_{ef}=9,5 mm. 55
Tab. 18: Stabilita profilu I, pro d_{ef}=100mm. 56
Tab. 19: Stabilita profilu II, pro d_{ef}=100 mm. 57
Tab. 20: Stabilita dna navrhovaného profilu. 59

SEZNAM GRAFŮ:

Graf 1: Podíl ZP z celkové výměry a procento zornění v roce 2003 [3] 17
Graf 2: Srovnání půdního fondu krajů ČR v roce 2003 [3] 18

10 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 – Fotodokumentace

Příloha 2 – Situace M1:5000

Příloha 3 – Podélný profil toku M1:1000/100

Příloha 4 – Profil I ř. km 10,4581 M1:100

Příloha 5 – Profil II ř. km 10,5294 M1:100

Příloha 6 – Navrhovaná úprava profilu toku M1:100