			ČÍSLO SOUPRAVY:
REVIZE Č.	DATUM	ZMĚNA	

OBJEDNATEL	POVODÍ MORAVY	Povodí Moravy, s.p.	Dřevařská 11 601 75 Brno

VEDOUCÍ SDRUŽENÍ FIREM	ČLEN SDRUŽENÍ FIREM
DOPRAVOPROJEKT BRNO Dopravoprojekt Brno a.s., Kounicova 13, 658 30 Brno	VRV Vodohospodářský rozvoj a výstavba a.s., Nábřežní 4, 150 56 Praha 5

HLAVNÍ INŽENÝR PROJEKTU	Ing. Petr Husák	ŘEDITEL Dopravoprojektu Brno a.s. Ing. Aleš Trnečka, MBA

VEDOUCÍ PROJEKTANT	Ing. Petr Husák	Dopravoprojekt Brno a.s. Kounicova 271/13 602 00 Brno www.dopravoprojekt.cz E-mail: dopravoprojekt@dopravoprojekt.cz
ZODPOVĚDNÝ PROJEKTANT	Ondřej Švanda, DiS	
VYPRACOVAL	Ing. Libor Pěkný - VRV, a.s.	
KONTROLOVAL	Ing. Vladimír Navrátil	

NÁZEV OBJEKTU BOBRŮVKA ř.km 4,500 - 9,350 OD ÚSTÍ LIBOCHOVKY PO VRBKU - PŘÍRODĚ BLÍZKÁ PROTIPOVODŇOVÁ OPATŘENÍ	DATUM	ÚNOR 2013
	FORMÁT	-
	MĚŘÍTKO	-
	ÚČEL	STUDIE
	ČÍS. ZAKÁZKY	12 - 004 - A01 - ST
	ARCHIVNÍ ČÍS.	
NÁZEV PŘÍLOHY HYDROTECHNICKÉ POSOUZENÍ A VYHODNOCENÍ PROTIPOVODŇOVÉHO EFEKTU	ČÍS. SOUPRAVY	ČÍS. PŘÍLOHY E.2.

E.2. Hydrotechnické posouzení a vyhodnocení protipovodňového efektu

vypracoval: Bc. Martin Lexa, VRV a.s.

OBSAH:

1. ÚVOD 4

2. POUŽITÉ PODKLADY 4

3. METODIKA 5

4. HYDRAULICKÝ MODEL STÁVAJÍCÍHO STAVU 8

4.1. HYDROLOGICKÉ ÚDAJE 8
4.2. PŘÍČNÉ PROFILY A OBJEKTY 9
4.3. KALIBRACE MODELU 10
4.4. PSANÝ PODÉLNÝ PROFIL 13

5. HYDRAULICKÝ MODEL NÁVRHOVÉHO STAVU 15

5.1. PŘÍČNÉ PROFILY A OBJEKTY 15
5.2. PSANÝ PODÉLNÝ PROFIL 15

6. POSOUZENÍ VLIVU REVITALIZACE NA ODTOKOVÉ POMĚRY 17

7. ZÁVĚR 20

1. Úvod

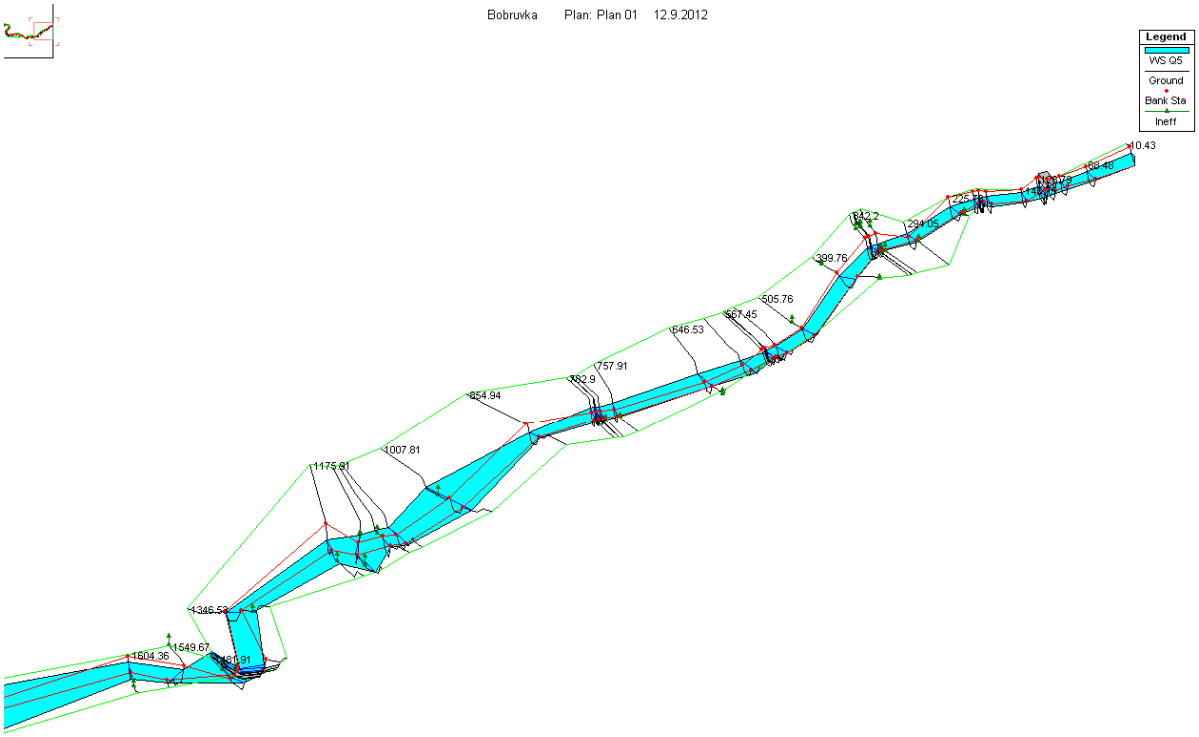
Jedná se o zpracování hydrotechnického posouzení toku Bobrůvka cca v úseku ř. km 4,500 – 9,350 v rámci projektu „Bobrůvka, ř. km 4,500 – 9,350 od ústí Libochovky po Vrbku – přírodě blízká protipovodňová opatření“.
Hydrotechnické posouzení se skládá ze sestavení a kalibrace matematického modelu pro současný stav toku, zahrnutí návrhového stavu, posouzení změn stávajícího a návrhového stavu a závěrečné hydrotechnické zhodnocení.

2. Použité podklady

- Fotodokumentace při terénním průzkumu
- ZABAGED 1:10 000
- Ortofotomapa
- Vodohospodářské mapy 1:50 000
- Geodetické zaměření lokality
- Hydrologická data ČHMÚ
- Digitální data DIBAVOD
- Stávající záplavové čáry Q_5, Q_{20}, Q_{100} a výsledky hydraulického modelu poskytnuté podnikem Povodí Moravy, s.p.

3. Metodika

Pro zpracování hydrotechnického posouzení zájmového úseku Bobrůvky byl použit jednorozměrný matematický model HEC-RAS. Tento program je vyvinutý americkým hydrologickým centrem (Hydrologic Engineering Center - HEC), které spadá pod tým inženýrů institutu vodních zdrojů (Institute for Water Resources - IWR) americké armády. Slouží k jednorozměrnému matematickému modelování říčních systémů (River Analysis Systém - RAS). První verze HEC- RAS 1.0 byla uvedena v červenci roku 1995. Nejnovější verze je v současnosti HEC- RAS 4.1.0. Software je volně použitelný, pro podrobnější informace jsou licenční ustanovení dostupná na adrese: http://www.hec.usace.army.mil/.



Obr. 1 HEC-RAS – schematizace úseku Bobrůvky příčnými profily

Předpoklady výpočtu

- Průtok vody v řece je buď nerovnoměrný ustálený anebo nerovnoměrný neustálený.
- Proudění je pozvolna měnící se. Nedochází k náhlým změnám v příčném průřezu.
- K náhlé změně průřezu může dojít pouze v objektech, jako jsou jezy, mosty nebo propustky
- Sklon řeky je menší než i = 0,1
- Proudění je jednorozměrné, proud vody má směr vždy kolmý na zadaný příčný profil.

Základní rovnice pro výpočet nerovnoměrného neustáleného proudění jsou rovnice kontinuity a rovnice pohybová.

Rovnice kontinuity:

Rovnice kontinuity popisuje zákon zachování hmoty v jednorozměrném výpočetním systému.

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial S}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} - q_1 = 0$$

kde: x vzdálenost podél koryta
t čas
A průtočná plocha
Q průtok
S změna objemu v jednotlivých příčných profilech
q_1 jednotkový boční přítok (odtok)

Rovnice hybnosti:
Zachování hybnosti je vyjádřeno druhým Newtonovým zákonem zapsaným následnou rovnicí:

$$\sum F_x = \frac{d\overline{M}}{dt}$$

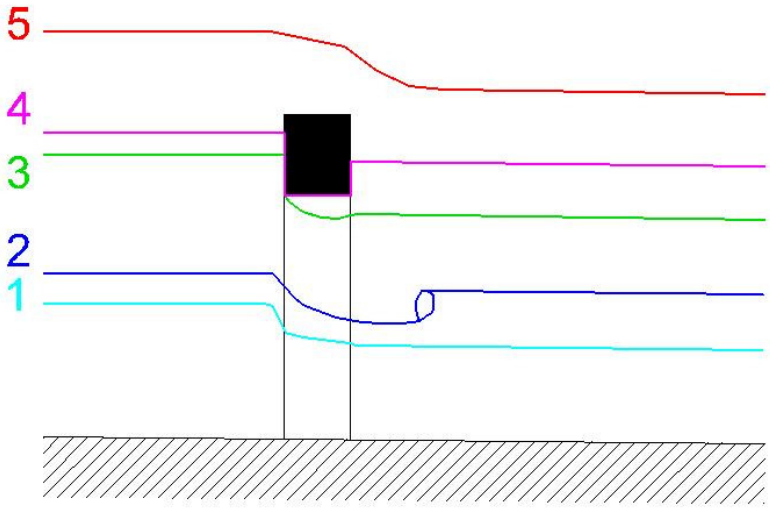
Zachování hybnosti pro elementární objem je vyjádřen poměrem setrvačné energie k součtu všech vnějších sil působící na daný element.

Rovnici hybnosti lze psát ve tvaru:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial QV}{\partial x} + gA\left(\frac{\partial z}{\partial x} + S_f\right) = 0$$

kde: g gravitační zrychlení
S_f sklon čáry energie
V rychlost

Výpočet mostních objektů:



Obr. 2 - Výpočet proudění mostními objekty

Při výpočtu proudění mostními objekty může dojít v zásadě k několika situacím, jak ukazuje *Obr. 2*. Případ 1 je charakteristický pro nižší vodní stavy, most ovlivňuje proudění pouze mírně, za mostem pokračuje říční proudění. K variantě 2 může dojít v případě, že mostní profil tvoří výraznou překážku v proudění, nad mostem dochází ke vzdutí a vlivem zúžení průtočného profilu dojde ke vzniku bystřinného proudění mezi pilíři, pod profilem mostu dojde opět ke změně režimu proudění na říční. Důsledkem toho je vznik vodního skoku v profilu

mostu nebo pod ním. V případě, že most tvoří výraznou překážku, může dojít k zatopení vtoku u mostu, v závislosti na podmínkách proudění pod mostem se vyskytne buď varianta 3, kdy je zatopený vtok a volný výtok, případně varianta 4, kdy dochází k proudění mostem v tlakovém režimu. V případě že kapacita mostu nestačí provést průtok ani v tlakovém režimu, může dojít k přelévání mostovky, kdy část průtoku stále prochází pod mostovkou v tlakovém režimu, část však přetéká přes mostovku. Pro tento jev jsou průtoky mostem a přes mostovku řešeny odděleně výpočetním schématem pro tlakové proudění a pro přepad přes jezové těleso. Tvar přelivné plochy je vyjádřen součinitelem přepadu.

4. Hydraulický model stávajícího stavu

4.1. Hydrologické údaje

Pro účely hydraulického posouzení byly od Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ) získány hydrologické údaje Bobrůvky pro profil nad Libochovkou.

Nad Libochovkou:
(ČHMÚ)
Třída hydrologických dat: II.
F = 236,90 km^2

m-denní průtoky (m^3/s)

m	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	355	364
Q	3.578	2.343	1.633	1.238	1.01	0.855	0.727	0.607	0.495	0.384	0.264	0.151	0.072

N-leté průtoky (m^3/s)

N	1	2	5	10	20	50	100
Q	17.2	24.8	36.1	45.5	55.7	70.2	82

V zájmovém úseku se nachází jediný přítok – Kozlí potok. Proto byly pro úsek nad soutokem průtoky redukovány podle vztahu plochy povodí k průtoku:

$$\frac{Q1}{Q2} = \sqrt{\frac{F1}{F2}}$$

Nad Kozlím potokem:
(odvozeno)
F = 227,1 km^2

m-denní průtoky (m^3/s)

M	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	355	364
Q	3.503	2.294	1.599	1.212	0.989	0.837	0.712	0.594	0.485	0.376	0.258	0.148	0.070

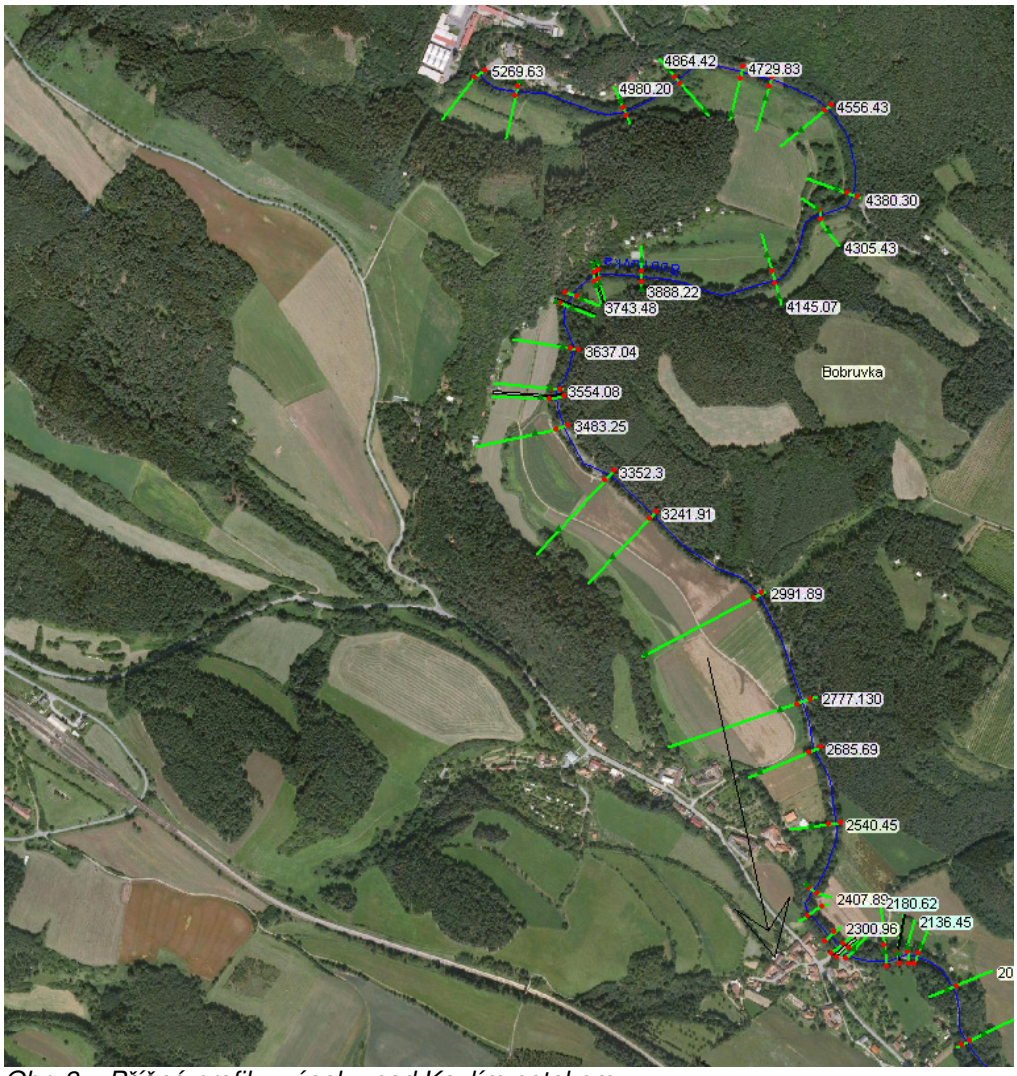
N-leté průtoky (m^3/s)

N	1	2	5	10	20	50	100
Q	16.8	24.3	35.3	44.5	54.5	68.7	80

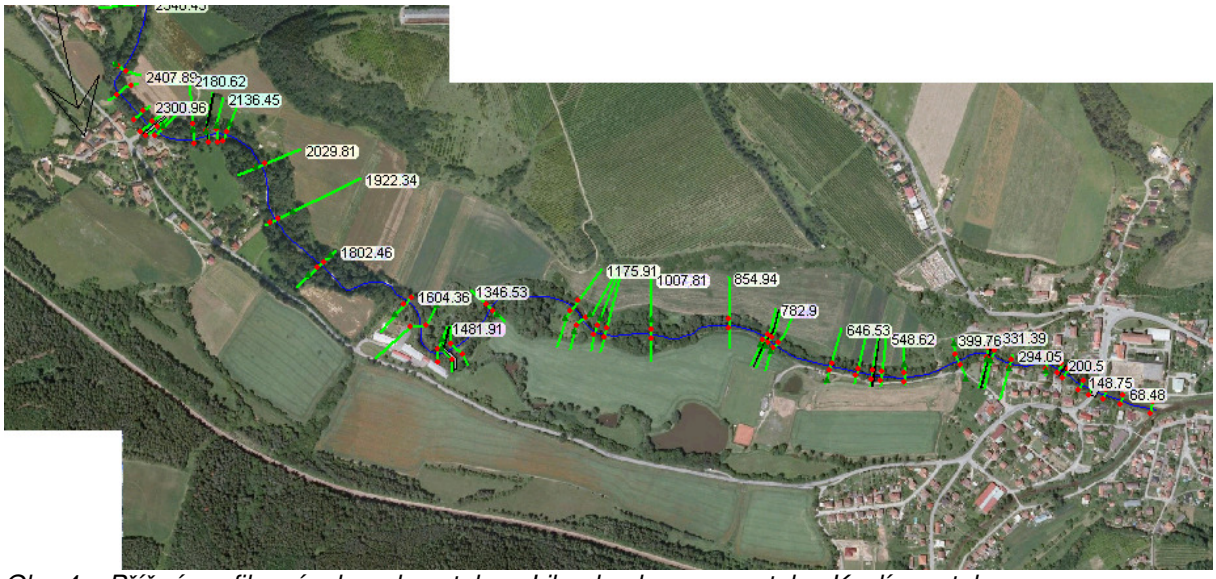
4.2. Příčné profily a objekty

Základním podkladem pro sestavení hydraulického modelu bylo aktuální geodetické zaměření lokality. Zaměření se skládá z příčných profilů, spojnic břehových čar a lomových hran terénu, zaměření objektů na toku, identifikace ploch v inundačním území (lesy, louky, pole, zástavba, silnice…).

Do hydraulického modelu vstupuje celkem 70 příčných profilů. Na řešeném úseku se nachází množství objektů, jedná se o dva mosty, jednu lávku, dva jezy a šest drobných stupňů a prahů ve dně.



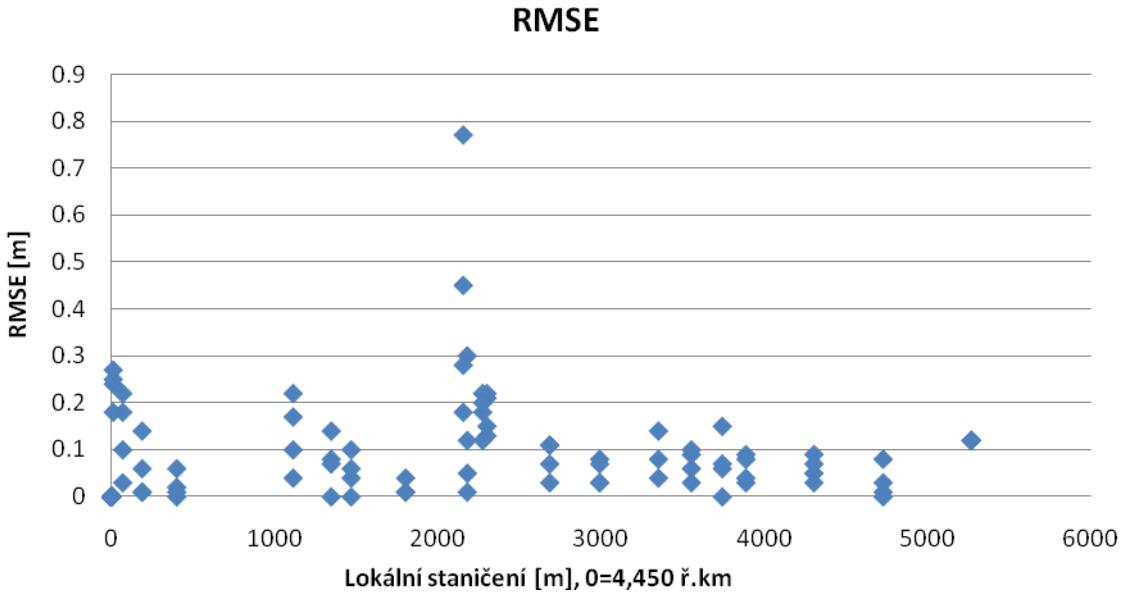
Obr. 3 – Příčné profily v úseku nad Kozlím potokem

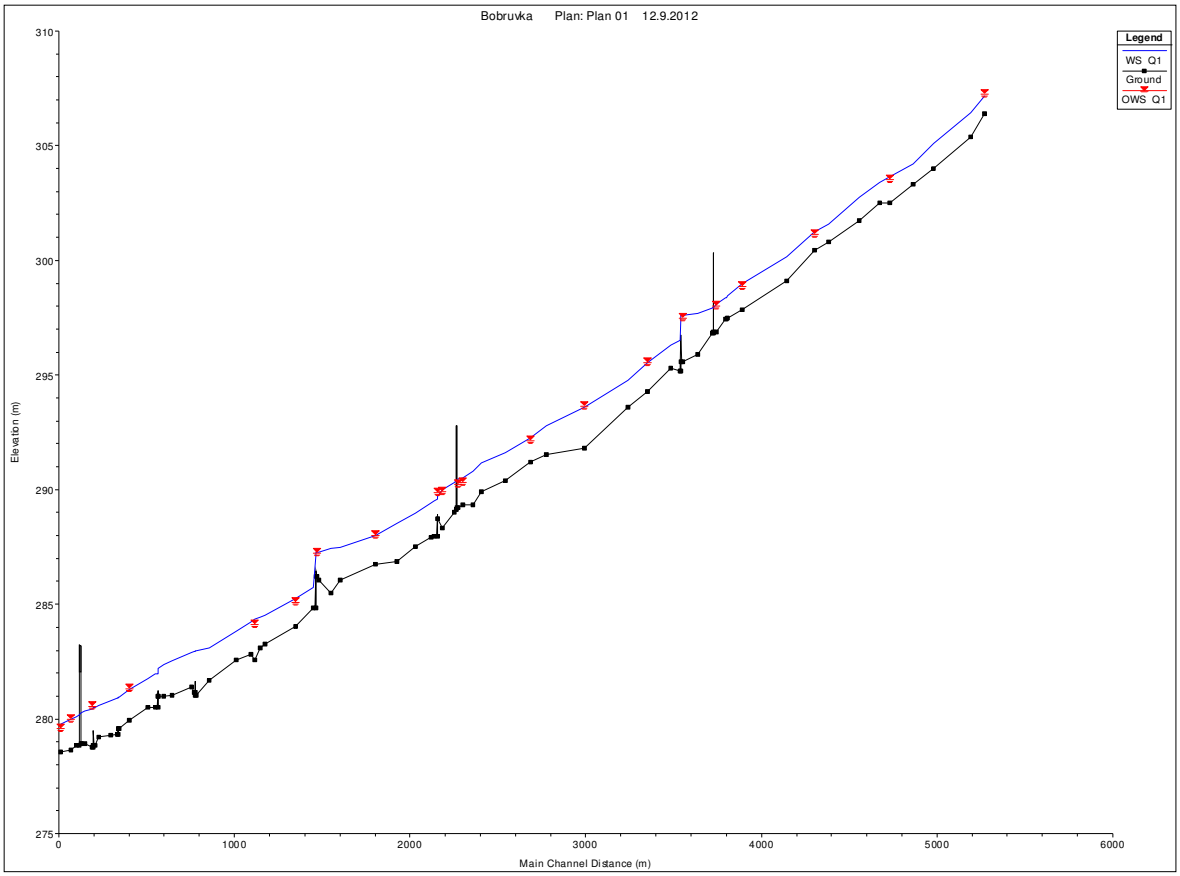


Obr. 4 – Příčné profily v úseku od soutoku s Libochovkou po soutok s Kozlím potokem

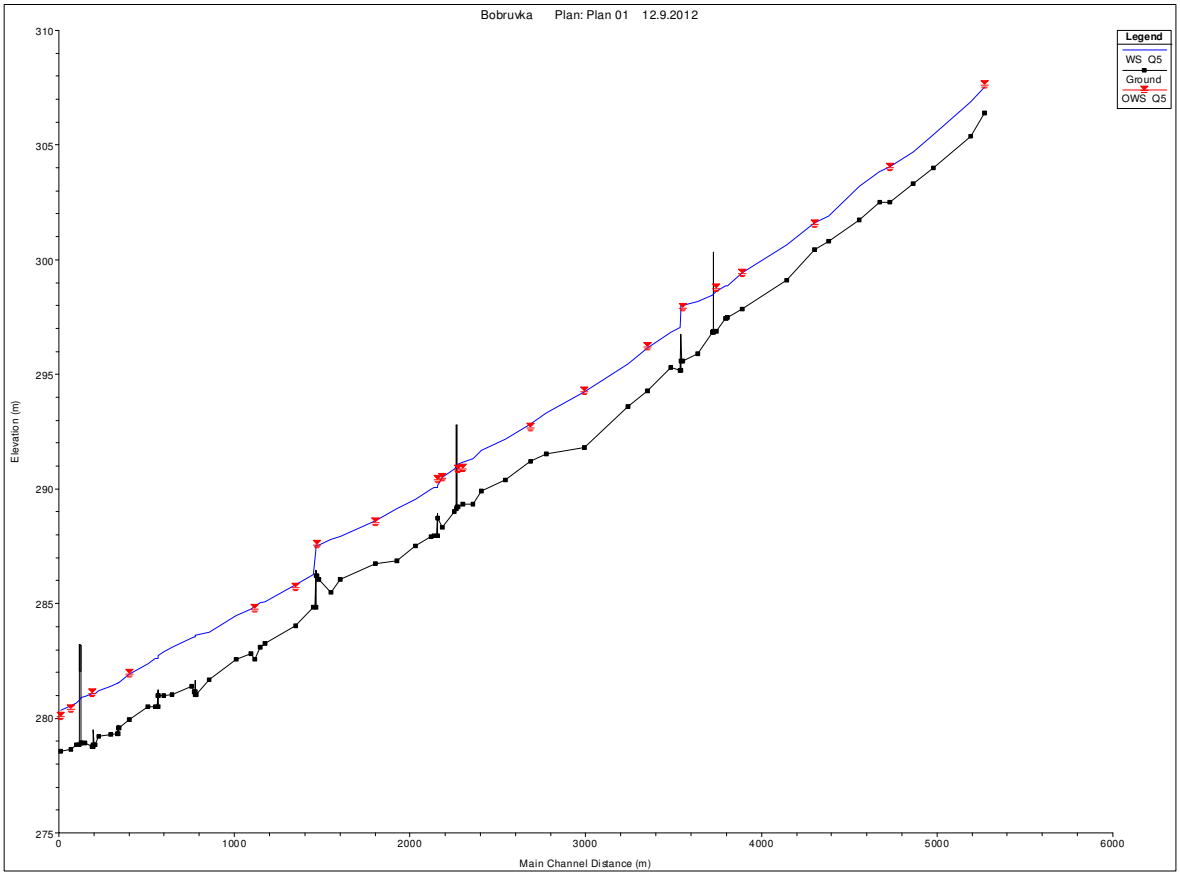
4.3. Kalibrace modelu

Pro dosažení spolehlivých a věrohodných výsledků byl sestavený matematický model podroben kalibraci. Referenčními daty pro kalibraci byly výsledky hydraulického modelu Bobrůvky z 04/2007, poskytnuté podnikem Povodí Moravy, s.p.
Model byl kalibrován na průtoky Q_1, Q_5, Q_{20}, Q_{100}. Shoda byla porovnávána ve 23 vybraných profilech v zájmovém úseku ř. km 4,500 – 9,350. Kalibračním parametrem byla maningova drsnost v korytě a v inundaci. Souhrnně lze říci, že drsnost koryta se pohybuje kolem hodnoty n=0,05, drsnost inundačního území je v závislosti na vegetačním pokryvu mezi n=0,075 a n=0,08. Pro přehledné zobrazení výsledků kalibrace byla stanovena střední kvadratická chyba (RMSE – root mean square error) – vypočtená jako odmocnina z kvadrátu chyb. Kalibrací bylo dosaženo velmi dobré shody – rozdíly hladin jsou v naprosté většině profilů do 10 až 15 cm, viz následující graf.

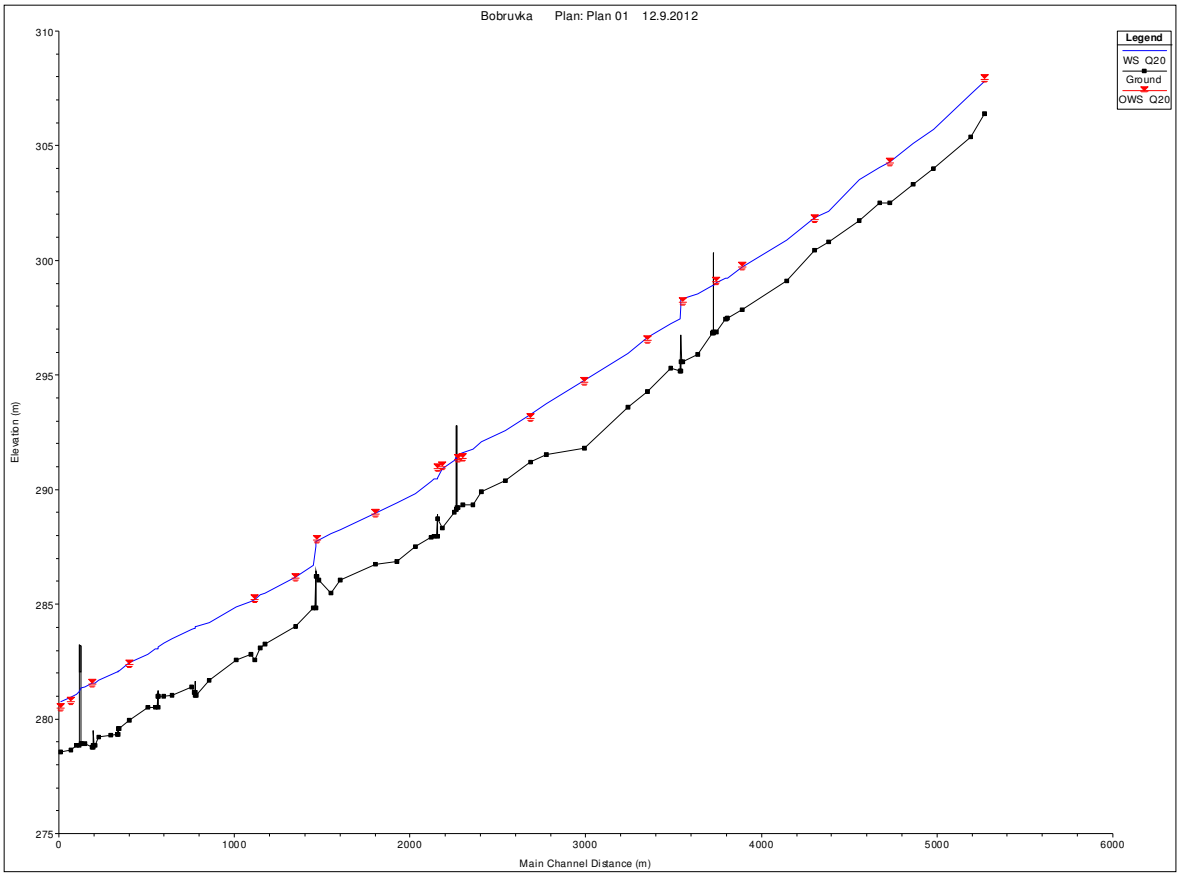




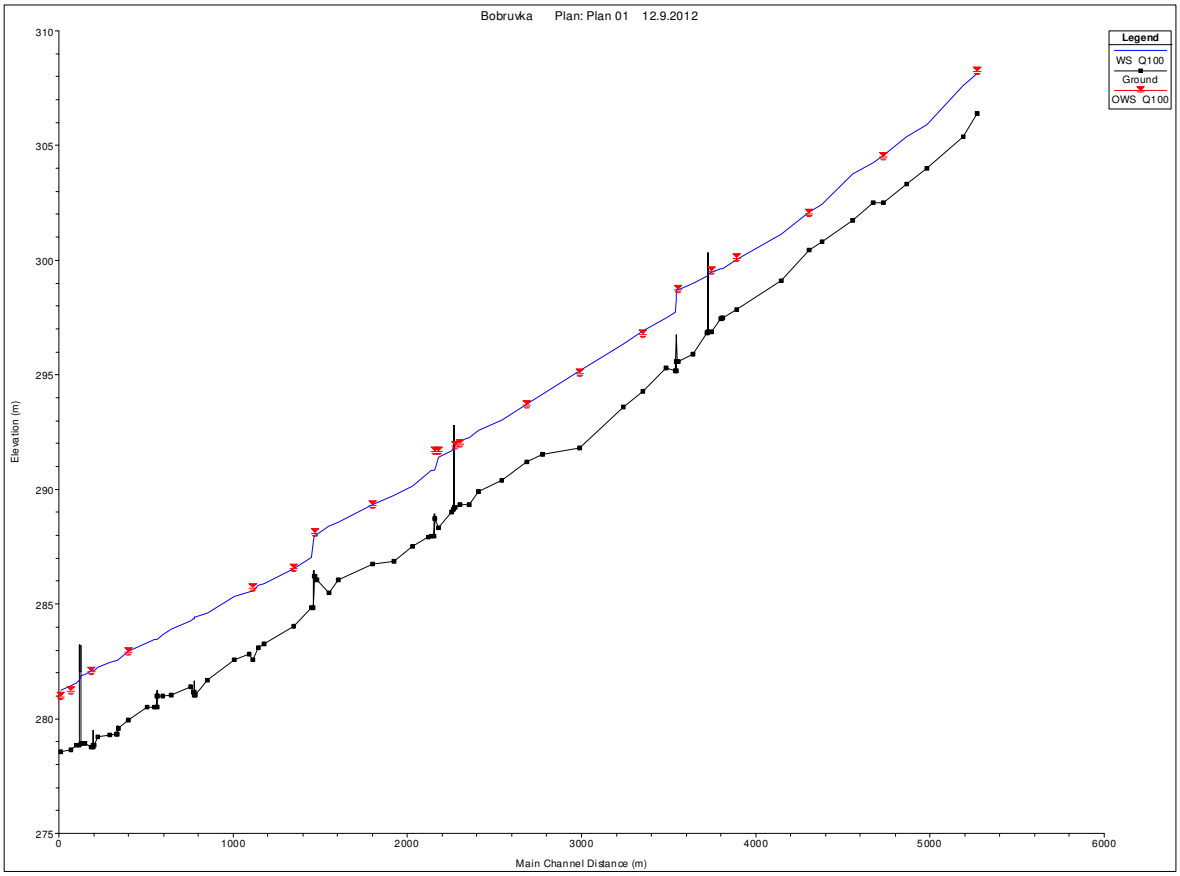
Obr. 5 - Q_1 - porovnání shody modelu (modrá linka) v kalibračních profilech (červené body)



Obr. 6 - Q_5 - porovnání shody modelu (modrá linka) v kalibračních profilech (červené body)



Obr. 7 - Q_{20} - porovnání shody modelu (modrá linka) v kalibračních profilech (červené body)



Obr. 8 - Q_{100} - porovnání shody modelu (modrá linka) v kalibračních profilech (červené body)

4.4. Psaný podélný profil

Tab. 1 - Psaný podélný profil - stávající stav

Staničení lokální (0=4.450 ř.km	Dno	Levý břeh	Pravý břeh	Hladina Q_1	Hladina Q_5	Hladina Q_{20}	Hladina Q_{100}	Čára energie Q_1	Čára energie Q_5	Čára energie Q_{20}	Čára energie Q_{100}	Rychlost koryto Q_1	Rychlost koryto Q_5	Rychlost koryto	Rychlost koryto	Průtočná pl. Q_1	Průtočná pl. Q_5	Průtočná pl. Q_{20}	Průtočná pl. Q_{100}
[m]	[m n.m.]	[m n.m.]	[m n.m.]	[m n.m.]	[m n.m.]	[m n.m.]	[m n.m.]	[m n.m.]	[m n.m.]	[m n.m.]	[m n.m.]	[m/s]	[m/s]	[m/s]	[m/s]	[m^2]	[m^2]	[m^2]	[m^2]
10.43	278.58	281.46	280.19	279.79	280.33	280.76	281.26	279.85	280.43	280.9	281.42	1.09	1.39	1.61	1.82	15.84	25.96	34.62	45
68.48	278.66	281.42	280.9	279.99	280.53	280.97	281.45	280.05	280.65	281.13	281.66	1.15	1.53	1.79	2.03	14.93	23.53	31.13	40.33
101.88	278.86	281.75	281.55	280.1	280.66	281.09	281.56	280.21	280.84	281.33	281.88	1.46	1.9	2.21	2.49	11.77	18.97	25.26	32.96
121.1	Silniční most																		
128.79	278.93	282.61	282.61	280.29	280.9	281.37	281.89	280.34	280.98	281.48	282.04	1	1.26	1.47	1.68	17.21	28.62	37.96	48.69
148.75	278.91	281.39	281.24	280.33	280.94	281.42	281.93	280.39	281.04	281.55	282.1	1.07	1.39	1.6	1.84	16.12	26.01	34.74	44.57
187.8	278.78	282.1	281.62	280.44	281.07	281.55	282.07	280.48	281.14	281.65	282.21	0.88	1.19	1.42	1.66	19.63	30.43	39.31	49.46
194.68	Práh ve dně																		
200.5	278.83	282.53	281.92	280.5	281.09	281.57	282.08	280.58	281.23	281.76	282.32	1.2	1.63	1.92	2.21	14.39	22.09	29.01	37.79
225.78	279.2	282.92	281.59	280.58	281.2	281.7	282.23	280.64	281.31	281.84	282.41	1.13	1.46	1.68	1.87	15.22	24.69	33.54	45.83
294.05	279.3	280.93	282.07	280.78	281.42	281.92	282.44	280.85	281.53	282.07	282.63	1.16	1.5	1.72	1.96	14.89	24.53	33.87	46.01
331.39	279.35	283.36	281.86	280.91	281.54	282.03	282.54	281.01	281.7	282.23	282.79	1.4	1.77	2	2.24	12.28	20.34	28.2	37.99
338.37	Práh ve dně																		
342.2	279.58	283.31	281.93	280.94	281.58	282.08	282.59	281.06	281.75	282.3	282.86	1.53	1.87	2.08	2.31	11.26	19.36	27.05	36.64
399.76	279.95	282.54	282.59	281.28	281.93	282.43	282.95	281.36	282.04	282.57	283.1	1.26	1.49	1.62	1.76	13.66	24.3	34.47	50.16
505.76	280.5	282.58	282.3	281.78	282.38	282.84	283.29	281.87	282.53	283.01	283.49	1.36	1.68	1.88	2.05	12.63	21.59	32.75	48.6
548.62	280.5	282.7	282.73	281.98	282.61	283.04	283.47	282.04	282.71	283.18	283.64	1.12	1.42	1.65	1.89	15.41	25.38	35.67	50
564.45	Stupeň																		
567.45	281.01	283.22	282.87	282.22	282.73	283.14	283.47	282.31	282.88	283.34	283.74	1.34	1.77	2.02	2.36	12.88	20.41	29.43	39.52
595.58	281.01	282.44	282.57	282.35	282.89	283.31	283.68	282.43	283.02	283.48	283.89	1.22	1.66	1.89	2.21	14.11	24.16	36.81	48.66
646.53	281.05	282.59	283.25	282.53	283.1	283.52	283.92	282.61	283.23	283.67	284.09	1.23	1.61	1.81	2.02	14	25.82	38.55	57.27
757.91	281.42	283.11	283.16	282.89	283.49	283.9	284.29	282.96	283.61	284.05	284.5	1.13	1.52	1.81	2.13	15.23	25.57	36.61	48.68
772.9	281.16	283.22	283.16	282.94	283.56	283.97	284.36	283	283.65	284.1	284.55	1.03	1.4	1.69	2.02	16.75	28.14	38.53	49.48
777.3	Práh ve dně																		
782.9	281.04	283.22	283.22	282.99	283.61	284.03	284.43	283.03	283.69	284.14	284.6	0.91	1.28	1.56	1.9	18.93	31	41.72	53.08
854.94	281.7	285.32	283.71	283.12	283.76	284.19	284.62	283.23	283.93	284.41	284.9	1.47	1.83	2.12	2.43	11.71	19.8	28.1	37.84
1007.81	282.56	284.75	284.29	283.83	284.46	284.89	285.33	283.9	284.55	284.98	285.43	1.16	1.36	1.46	1.53	14.83	30.99	51.82	76.53
1094.8	282.82	284.62	284.56	284.23	284.78	285.14	285.53	284.34	284.93	285.31	285.71	1.46	1.71	1.88	2.04	11.79	23	36.92	53.08
1113.32	282.57	285.55	285.4	284.36	284.9	285.22	285.58	284.41	285.01	285.4	285.81	1.03	1.46	1.86	2.19	16.74	24.71	31.64	43.58
1146.55	283.1	285.11	285.27	284.45	285.04	285.42	285.82	284.5	285.11	285.51	285.94	0.98	1.19	1.37	1.57	17.49	33.32	46.8	62.34
1175.91	283.25	287.87	285.1	284.54	285.1	285.48	285.88	284.6	285.2	285.6	286.03	1.12	1.42	1.6	1.76	15.3	26.05	40.76	56.6
1346.53	284.04	286.08	286.21	285.25	285.82	286.18	286.53	285.34	285.97	286.4	286.76	1.36	1.75	2.06	2.23	12.62	20.7	30.69	50.91
1447.86	284.86	286.67	287.47	285.72	286.28	286.69	287.02	285.77	286.34	286.77	287.12	0.95	1.11	1.25	1.42	18.14	32.54	48.58	69.82
1467.82	Jez																		
1468.92	286.21	287.19	287.28	287.27	287.55	287.77	288.01	287.29	287.61	287.87	288.17	0.71	1.12	1.44	1.79	24.23	32.74	40	48.36
1481.91	286.05	287.14	290.04	287.28	287.57	287.8	288.06	287.33	287.66	287.93	288.24	1.02	1.47	1.78	2.09	20.13	31.07	40.03	50.01
1549.67	285.5	288.61	288.53	287.42	287.81	288.1	288.4	287.45	287.87	288.19	288.53	0.74	1.09	1.35	1.62	23.34	33.25	42.02	55.41
1604.36	286.05	288.9	287.75	287.49	287.93	288.24	288.57	287.53	288.03	288.38	288.74	0.91	1.36	1.67	1.93	18.85	27.49	39.48	53.77
1802.46	286.75	288.64	288.52	288.02	288.62	288.98	289.34	288.11	288.76	289.12	289.48	1.32	1.63	1.76	1.9	12.98	24.34	43.84	63.33
1922.34	286.85	288.72	289.2	288.53	289.12	289.44	289.76	288.6	289.22	289.55	289.9	1.14	1.4	1.62	1.82	15.14	30.04	45.75	63.37
2029.81	287.52	289.87	289.5	288.96	289.53	289.85	290.15	289.05	289.66	290.04	290.42	1.31	1.61	1.96	2.31	13.1	22.46	28.4	42.95
2120.61	287.92	290.05	291.82	289.43	289.98	290.36	290.72	289.51	290.12	290.54	290.96	1.27	1.63	1.92	2.19	13.51	22.16	31.4	43.07
2136.45	287.98	290.45	291.83	289.52	290.09	290.48	290.84	289.57	290.18	290.61	291.03	1.01	1.35	1.63	1.95	17.05	26.77	34.44	44.07
2155.56	Stupeň																		
2156.06	288.75	291.17	291.86	289.73	290.16	290.52	290.9	289.88	290.43	290.88	291.38	1.74	2.3	2.66	3.09	9.89	15.7	20.9	26.58
2180.62	288.32	291.99	291.74	289.98	290.51	290.93	291.4	290.06	290.63	291.07	291.57	1.24	1.52	1.67	1.83	13.85	23.68	33.37	44.78
2251.58	289.02	291.89	292.3	290.32	290.88	291.27	291.71	290.41	291.03	291.48	291.96	1.34	1.73	2.01	2.25	12.84	20.86	27.7	36.46
2262.8	289.16	292.82	293.32	290.4	290.98	291.39	291.83	290.45	291.08	291.54	292.03	1.04	1.39	1.68	1.99	16.58	26	33.18	41.17
2269.78	Most																		
2274.8	289.21	292.87	293.37	290.47	291.09	291.55	292.05	290.52	291.18	291.68	292.23	1.02	1.34	1.59	1.84	16.86	26.89	34.97	44.48
2300.96	289.35	292.83	293	290.52	291.14	291.61	292.13	290.6	291.25	291.75	292.3	1.23	1.46	1.65	1.83	13.95	24.76	33.83	44.72
2356.02	289.33	293.17	293.04	290.78	291.33	291.77	292.27	290.93	291.53	292	292.53	1.73	1.96	2.12	2.27	9.93	18.43	26.29	36.19
2407.89	289.91	293.12	291.26	291.15	291.67	292.09	292.56	291.23	291.8	292.25	292.76	1.24	1.59	1.81	2.02	13.54	23.57	32.82	43.65
2540.45	290.38	293.87	293.3	291.63	292.17	292.58	293.04	291.71	292.31	292.77	293.29	1.25	1.66	1.95	2.21	13.49	21.29	27.89	36.17
2685.69	291.2	293.19	294.22	292.26	292.82	293.26	293.73	292.37	292.96	293.42	293.92	1.45	1.67	1.78	1.92	11.55	21.12	30.6	41.65
2777.13	291.51	293.84	293.96	292.78	293.32	293.75	294.16	292.85	293.43	293.9	294.34	1.15	1.5	1.67	1.86	14.56	23.55	32.64	44.14
2991.89	291.81	294.68	295.29	293.59	294.25	294.77	295.18	293.65	294.36	294.91	295.36	1.11	1.45	1.67	1.91	15.11	24.33	32.64	56.68
3241.91	293.61	296.65	296.19	294.77	295.45	295.96	296.36	294.89	295.61	296.15	296.53	1.54	1.78	1.95	1.96	10.9	19.86	29.51	62.45
3352.3	294.29	297.61	296.87	295.55	296.14	296.61	296.92	295.63	296.26	296.74	297.02	1.22	1.52	1.64	1.61	13.77	23.22	42.06	82.99
3483.25	295.3	296.08	297.38	296.31	296.83	297.23	297.49	296.39	296.94	297.36	297.65	1.22	1.48	1.63	1.89	13.83	24.26	39.12	54.94
3538.62	295.16	299.24	297.78	296.51	297.05	297.44	297.73	296.54	297.11	297.53	297.87	0.79	1.08	1.3	1.64	21.38	32.73	41.79	48.78
3543.88	Jez																		

Tab. 2 - Psaný podélný profil - stávající stav (pokračování)

Staničení lokální 0=4.450 ř.km	Dno	Levý břeh	Pravý břeh	Hladina Q_1	Hladina Q_5	Hladina Q_{20}	Hladina Q_{100}	Čára energie Q_1	Čára energie Q_5	Čára energie Q_{20}	Čára energie Q_{100}	Rychlost koryto Q_1	Rychlost koryto Q_5	Rychlost koryto	Rychlost koryto	Průtočná pl. Q_1	Průtočná pl. Q_5	Průtočná pl. Q_{20}	Průtočná pl. Q_{100}
[m]	[m n.m.]	[m n.m.]	[m n.m.]	[m n.m.]	[m n.m.]	[m n.m.]	[m n.m.]	[m n.m.]	[m n.m.]	[m n.m.]	[m n.m.]	[m/s]	[m/s]	[m/s]	[m/s]	[m^2]	[m^2]	[m^2]	[m^2]
3543.88	Jez																		
3554.08	295.57	297.23	297.5	297.6	298.01	298.33	298.72	297.62	298.08	298.45	298.9	0.72	1.19	1.57	1.93	23.49	31.17	37.6	45.88
3637.04	295.91	297.66	298.16	297.68	298.16	298.53	298.97	297.73	298.28	298.7	299.17	1	1.5	1.84	2.1	16.86	23.59	33.36	46.12
3719.94	296.82	298.09	299.49	297.92	298.47	298.88	299.32	297.99	298.58	299.02	299.49	1.22	1.43	1.63	1.82	13.75	25.01	34.3	46.65
3726.6	Lávka																		
3743.48	296.89	298.64	298.67	298.07	298.63	299.03	299.47	298.14	298.72	299.14	299.6	1.12	1.34	1.49	1.62	15.04	26.42	39.32	56.37
3798.19	297.43	298.64	298.76	298.37	298.87	299.22	299.62	298.54	299.07	299.43	299.84	1.82	2.04	2.15	2.26	9.24	19.37	31.52	45.86
3804.99	Práh ve dně																		
3808.19	297.49	298.7	298.82	298.44	298.87	299.22	299.62	298.6	299.11	299.46	299.87	1.8	2.18	2.28	2.36	9.35	17.49	29.2	43.42
3888.22	297.85	299.3	299.38	298.98	299.44	299.72	300.04	299.04	299.55	299.88	300.23	1.16	1.52	1.81	2.02	14.51	24.21	37.71	54.73
4145.07	299.11	300.65	300.59	300.15	300.64	300.9	301.14	300.35	300.87	301.17	301.42	1.95	2.13	2.38	2.56	8.62	16.69	30.08	47.89
4305.43	300.42	300.99	301.07	301.24	301.62	301.87	302.08	301.32	301.75	302.05	302.35	1.33	1.68	2.03	2.49	13.99	26.42	35.65	44.39
4380.3	300.8	303.61	302.12	301.59	301.91	302.16	302.43	301.73	302.19	302.55	302.9	1.7	2.34	2.8	3.13	9.86	15.11	20.99	31.15
4556.43	301.74	303.79	303.1	302.76	303.21	303.5	303.77	302.91	303.43	303.7	303.96	1.72	2.11	2.17	2.3	9.77	21.46	41.98	61.3
4673.83	302.51	303.55	303.73	303.41	303.84	304.03	304.25	303.52	303.99	304.25	304.54	1.45	1.76	2.18	2.57	11.56	25.23	34.22	44.88
4729.83	302.51	304.55	304.34	303.63	304.05	304.31	304.57	303.72	304.21	304.55	304.86	1.27	1.77	2.2	2.46	13.25	19.9	24.78	44.32
4864.42	303.32	304.27	305.07	304.2	304.7	305.1	305.37	304.33	304.87	305.25	305.51	1.63	1.87	1.86	1.94	10.33	22.49	44.42	71.68
4980.2	304.02	304.97	305.35	305.09	305.48	305.72	305.91	305.19	305.66	305.98	306.3	1.43	1.96	2.38	2.95	11.89	20.49	28.08	34.57
5190.65	305.37	306.38	307.89	306.45	306.89	307.23	307.62	306.56	307.05	307.43	307.85	1.46	1.83	2.06	2.27	11.61	22.08	31.14	41.85
5269.63	306.4	308.38	307.64	307.15	307.54	307.82	308.13	307.31	307.77	308.11	308.5	1.76	2.13	2.41	2.68	9.54	16.54	22.64	30.07

5. Hydraulický model návrhového stavu

5.1. Příčné profily a objekty

Pro účely posouzení vlivu revitalizace na odtokové poměry byl sestaven hydraulický model návrhového stavu. Pro výpočty a následné srovnání byl využit již sestavený a kalibrovaný model stávajícího stavu, který byl příslušně přepracován. Do příčných profilů byly zaneseny všechny změny podstatné pro proudění. Jedná se zejména o snížení sklonů svahů, snížení terénu v inundačních územích, rozvětvení toku. Zahrnuty byly změny hydraulické drsnosti v korytě a inundačním území – v revitalizovaných úsecích s vloženými osamělými balvany do koryta došlo ke zvýšení drsnosti v korytě, naopak na začátku úseku - v Dolních Loučkách – došlo ke snížení drsnosti koryta vlivem zkapacitnění koryta levobřežními zdmi. Příčné profily byly místně zahuštěny za účelem dobrého vystihnutí navrhovaných úprav.

Počet a umístění příčných objektů na toku zůstal zachován, v modelu návrhového stavu byly uváženy všechny navrhované změny, zejména přestavba jezů a stupňů na balvanité skluzy.

5.2. Psaný podélný profil

6. Tab. 3 - Psaný podélný profil - návrhový stav

Staničení lokální 0=4.450 ř.km	Dno	Levý břeh	Pravý břeh	Hladina Q_1	Hladina Q_5	Hladina Q_{20}	Hladina Q_{100}	Čára energie Q_1	Čára energie Q_5	Čára energie Q_{20}	Čára energie Q_{100}	Rychlost koryto Q_1	Rychlost koryto Q_5	Rychlost koryto	Rychlost koryto	Průtočná pl. Q_1	Průtočná pl. Q_5	Průtočná pl. Q_{20}	Průtočná pl. Q_{100}
[m]	[m n.m.]	[m n.m.]	[m n.m.]	[m n.m.]	[m n.m.]	[m n.m.]	[m n.m.]	[m n.m.]	[m n.m.]	[m n.m.]	[m n.m.]	[m/s]	[m/s]	[m/s]	[m/s]	[m^2]	[m^2]	[m^2]	[m^2]
10.43	278.58	281.46	280.19	279.79	280.33	280.76	281.26	279.85	280.43	280.9	281.42	1.09	1.39	1.61	1.82	15.84	25.96	34.62	45
68.48	278.66	281.42	280.9	279.99	280.53	280.97	281.46	280.05	280.65	281.13	281.67	1.15	1.53	1.79	2.03	14.93	23.53	31.11	40.45
101.88	278.86	281.75	281.55	280.1	280.66	281.08	281.57	280.21	280.84	281.33	281.88	1.46	1.9	2.21	2.47	11.77	18.98	25.25	33.14
121.1	Silniční most																		
128.79	278.93	282.61	282.61	280.29	280.92	281.4	281.93	280.32	280.97	281.47	282.03	0.73	1	1.22	1.45	23.65	35.98	45.71	56.71
148.75	278.91	281.39	281.24	280.31	280.93	281.41	281.93	280.34	281	281.51	282.08	0.86	1.19	1.43	1.69	19.9	30.36	38.93	49.01
187.8	278.78	282.1	281.62	280.36	281	281.49	282.04	280.39	281.06	281.58	282.16	0.75	1.05	1.28	1.52	22.86	34.54	43.59	54.07
194.68	Práh ve dně																		
200.5	278.83	282.53	281.92	280.4	281.03	281.52	282.07	280.44	281.11	281.64	282.23	0.88	1.25	1.52	1.8	19.49	28.95	36.65	46.18
225.78	279.2	282.7	281.59	280.41	281.04	281.53	282.07	280.49	281.17	281.71	282.31	1.23	1.61	1.88	2.16	13.93	22.49	29.61	38.86
294.05	279.3	280.93	282.07	280.66	281.3	281.8	282.36	280.75	281.43	281.97	282.56	1.29	1.62	1.84	2.04	13.28	22.47	31.54	43.91
331.39	279.35	283.36	281.86	280.83	281.45	281.94	282.48	280.94	281.63	282.17	282.75	1.51	1.89	2.11	2.31	11.41	19.13	26.37	36.73
338.37	Práh ve dně																		
342.2	279.58	283.31	281.93	280.91	281.5	282	282.53	281.03	281.7	282.24	282.82	1.58	1.97	2.18	2.39	10.9	18.32	25.61	35.44
399.76	279.95	282.54	282.59	281.24	281.87	282.38	282.91	281.29	281.95	282.48	283.03	1.05	1.27	1.4	1.54	16.36	28.35	39.68	55.94
505.76	280.5	281.5	282.3	281.65	282.22	282.68	283.17	281.74	282.35	282.84	283.34	1.38	1.66	1.84	1.97	12.59	23.45	35.61	52.37
548.62	280.5	282.7	282.73	281.87	282.43	282.86	283.3	281.95	282.56	283.03	283.52	1.23	1.62	1.85	2.08	13.96	22.31	30.45	44.02
564.45	Balvanitý skluz																		
567.45	281.01	283.22	282.87	282.22	282.72	283.11	283.39	282.31	282.88	283.32	283.69	1.33	1.78	2.06	2.5	12.9	20.29	28.7	36.67
595.58	281.01	282.44	282.57	282.35	282.89	283.32	283.68	282.43	283.02	283.45	283.84	1.22	1.63	1.76	2.02	14.12	26.37	43.18	58.26
646.53	281.05	282.94	283.25	282.54	283.12	283.52	283.89	282.58	283.18	283.6	283.99	0.95	1.1	1.26	1.45	18.19	32.74	45.63	63.52
757.91	281.42	283.35	283.16	282.83	283.42	283.78	284.15	282.89	283.51	283.92	284.33	1.07	1.36	1.64	1.95	16.13	26.9	36.56	47.33
772.9	281.16	283.22	283.16	282.88	283.46	283.83	284.2	282.93	283.55	283.97	284.39	0.99	1.35	1.65	2	17.31	28.11	37.28	47.07
777.3	Práh ve dně																		
782.9	281.04	283.22	283.22	282.92	283.51	283.88	284.25	282.97	283.6	284.02	284.45	0.95	1.36	1.69	2.05	18.08	28.54	37.8	47.89
854.94	281.7	285.32	283.71	283.08	283.7	284.09	284.5	283.2	283.89	284.35	284.83	1.53	1.91	2.26	2.6	11.23	18.91	26.05	35.02
1007.81	282.56	283.84	284.29	283.86	284.43	284.84	285.28	283.92	284.51	284.92	285.36	1.12	1.31	1.4	1.48	15.37	33.67	54.94	80.02
1094.8	282.82	284.38	284.56	284.25	284.73	285.07	285.45	284.35	284.88	285.25	285.65	1.37	1.73	1.94	2.1	12.52	22.8	35.41	51.29
1113.32	282.57	283.91	285.4	284.38	284.86	285.18	285.54	284.44	284.98	285.35	285.75	1.09	1.57	1.96	2.23	16.69	26.1	34.7	46.98
1146.55	283.1	285.11	285.27	284.5	285.05	285.42	285.81	284.55	285.12	285.51	285.91	0.93	1.16	1.35	1.55	18.62	33.85	46.88	61.62
1175.91	283.25	287.87	284	284.6	285.14	285.52	285.91	284.66	285.23	285.62	286.02	1.09	1.42	1.54	1.69	17.66	32.65	47.15	62.43
1265.68	283.59	284.89	285.29	284.9	285.44	285.8	286.19	284.92	285.48	285.85	286.24	0.7	0.86	0.97	1.09	24.42	45.65	65.87	87.7
1346.53	284.04	286.08	286.21	285.17	285.64	285.93	286.26	285.28	285.84	286.24	286.65	1.49	2.01	2.49	2.82	11.58	17.95	22.62	35.01
1447.86	284.86	286.67	287.47	285.75	286.27	286.68	287.05	285.79	286.33	286.76	287.14	0.92	1.12	1.26	1.39	18.78	32.29	47.71	71.85
1467.82	Balvanitý skluz																		

Tab. 4 - Psaný podélný profil - návrhový stav (pokračování)

Staničení lokální 0=4.450 ř.km	Dno	Levý břeh	Pravý břeh	Hladina Q_1	Hladina Q_5	Hladina Q_{20}	Hladina Q_{100}	Čára energie Q_1	Čára energie Q_5	Čára energie Q_{20}	Čára energie Q_{100}	Rychlost koryto Q_1	Rychlost koryto Q_5	Rychlost koryto	Rychlost koryto	Průtočná pl. Q_1	Průtočná pl. Q_5	Průtočná pl. Q_{20}	Průtočná pl. Q_{100}
[m]	[m n.m.]	[m n.m.]	[m n.m.]	[m n.m.]	[m n.m.]	[m n.m.]	[m n.m.]	[m n.m.]	[m n.m.]	[m n.m.]	[m n.m.]	[m/s]	[m/s]	[m/s]	[m/s]	[m^2]	[m^2]	[m^2]	[m^2]
1467.82	Balvanitý skluz																		
1468.92	286.21	287.19	287.28	287.26	287.53	287.74	287.97	287.29	287.6	287.85	288.13	0.72	1.13	1.45	1.8	24.38	33.15	40.46	48.88
1481.91	286.05	287.14	290.04	287.27	287.54	287.76	287.99	287.32	287.66	287.93	288.23	1.05	1.58	1.95	2.35	18.64	27.64	34.8	42.73
1549.67	285.5	288.11	288.53	287.43	287.84	288.15	288.45	287.47	287.91	288.25	288.57	0.79	1.16	1.42	1.59	21.65	31.08	41.71	63.59
1604.36	286.05	288.9	287.75	287.52	287.97	288.32	288.62	287.56	288.06	288.44	288.78	0.9	1.33	1.57	1.86	19.22	28.7	42.88	56.18
1802.46	286.75	288.51	288.52	288.03	288.67	288.99	289.33	288.1	288.74	289.08	289.43	1.15	1.21	1.29	1.43	14.91	31.8	48.48	65.86
1922.34	286.85	288.72	289.2	288.52	289.11	289.39	289.69	288.58	289.21	289.52	289.85	1.15	1.41	1.69	1.91	14.9	29.57	43.15	59.91
2029.81	287.52	289.87	289.5	288.96	289.53	289.84	290.14	289.05	289.66	290.04	290.41	1.31	1.61	1.97	2.33	13.08	22.42	28.32	42.37
2120.61	287.92	290.05	291.82	289.43	289.98	290.36	290.73	289.51	290.12	290.54	290.96	1.27	1.63	1.92	2.19	13.51	22.15	31.38	43.1
2136.45	287.98	290.45	291.83	289.52	290.09	290.48	290.84	289.57	290.18	290.61	291.03	1.01	1.35	1.63	1.95	17.05	26.77	34.42	44.09
2155.56	Stupeň																		
2156.06	288.75	291.17	291.86	289.73	290.16	290.52	290.89	289.88	290.43	290.87	291.36	1.74	2.3	2.65	3.05	9.89	15.71	21.05	26.91
2180.62	288.32	291.99	291.74	289.98	290.51	290.94	291.42	290.06	290.63	291.08	291.57	1.24	1.52	1.64	1.72	13.85	23.7	33.98	47.66
2251.58	289.02	291.89	292.3	290.32	290.88	291.29	291.73	290.41	291.03	291.49	291.98	1.34	1.73	1.98	2.22	12.84	20.86	28.07	36.9
2262.8	289.16	292.82	293.19	290.4	290.98	291.41	291.84	290.45	291.08	291.55	292.04	1.04	1.39	1.67	1.98	16.58	26	33.44	41.46
2269.78	Most																		
2274.8	289.21	292.87	293.24	290.47	291.09	291.56	292.06	290.52	291.18	291.69	292.23	1.02	1.34	1.58	1.84	16.86	26.89	35.18	44.68
2300.96	289.35	292.83	293	290.52	291.14	291.62	292.13	290.6	291.25	291.76	292.3	1.23	1.46	1.64	1.83	13.95	24.76	34.04	44.93
2356.02	289.33	293.17	293.04	290.78	291.33	291.78	292.28	290.93	291.53	292.01	292.54	1.73	1.96	2.11	2.26	9.93	18.43	26.42	36.34
2407.89	289.91	293.12	291.26	291.15	291.67	292.09	292.57	291.23	291.8	292.25	292.76	1.24	1.59	1.81	2.01	13.54	23.57	32.88	43.74
2540.45	290.38	293.87	293.3	291.63	292.17	292.58	293.04	291.71	292.31	292.77	293.29	1.25	1.66	1.95	2.21	13.49	21.29	27.91	36.2
2685.69	291.2	293.19	294.22	292.26	292.82	293.26	293.73	292.37	292.96	293.42	293.92	1.45	1.67	1.78	1.92	11.55	21.12	30.6	41.66
2777.13	291.51	293.46	292.49	292.77	293.29	293.7	294.12	292.83	293.4	293.83	294.28	1.14	1.48	1.69	1.9	15.05	26.02	37.11	52.02
2991.89	291.81	294.68	293.13	293.52	294.08	294.47	294.85	293.58	294.15	294.54	294.93	1.1	1.32	1.42	1.47	17.63	38.41	60.3	84.91
3241.91	293.61	296.65	294.64	294.72	295.18	295.49	295.76	294.85	295.39	295.73	296.05	1.64	2.08	2.35	2.67	10.32	20.6	31.58	43.94
3352.3	294.29	296.44	295.11	295.53	296.03	296.37	296.71	295.61	296.15	296.51	296.89	1.26	1.58	1.82	2.11	14.7	28.12	40.41	59.99
3483.25	295.3	296.08	296.2	296.3	296.76	297.1	297.44	296.38	296.9	297.27	297.61	1.31	1.68	1.92	2.03	12.93	22.95	36.14	58.49
3538.62	295.16	299.24	297.78	296.51	297.02	297.38	297.69	296.54	297.08	297.48	297.84	0.78	1.1	1.35	1.67	21.43	32.14	40.34	48.64
3543.88	Balvanitý skluz																		
3554.08	295.57	297.23	296.38	297.42	297.74	297.94	298.16	297.44	297.81	298.07	298.35	0.71	1.21	1.63	2.07	26.47	34.68	42.03	50.12
3637.04	295.91	297.66	297.26	297.5	297.92	298.21	298.53	297.57	298.02	298.34	298.69	1.14	1.55	1.8	2.04	16.2	31.53	44.02	57.64
3719.94	296.82	298.09	299.49	297.84	298.29	298.59	298.9	297.93	298.44	298.79	299.18	1.35	1.69	2.01	2.35	12.42	21.14	27.55	34.84
3726.6	Lávka																		
3743.48	296.89	298.64	298.67	298.04	298.52	298.87	299.22	298.11	298.63	299.01	299.4	1.16	1.46	1.69	1.91	14.44	24.1	33.28	46.58
3798.19	297.43	298.64	298.76	298.37	298.84	299.15	299.48	298.54	299.06	299.39	299.74	1.82	2.11	2.28	2.48	9.21	18.59	29.86	41.82
3804.99	Práh ve dně																		
3808.19	297.49	298.7	298.82	298.44	298.84	299.15	299.48	298.6	299.09	299.43	299.78	1.8	2.26	2.43	2.63	9.35	16.73	27.37	38.96
3888.22	297.85	299.3	299.38	298.97	299.44	299.72	300.02	299.04	299.56	299.88	300.21	1.16	1.52	1.82	2.07	14.5	24.31	37.21	52.35
4145.07	299.11	300.65	299.62	300.19	300.64	300.94	301.2	300.35	300.82	301.13	301.35	1.84	2.12	2.31	2.29	11.41	24.54	45.06	68.44
4223.26	299.86	300.98	300.46	300.72	301.1	301.34	301.53	300.8	301.23	301.51	301.74	1.24	1.61	1.86	2.23	13.95	25.22	41.23	54.57
4305.43	300.42	300.99	301.2	301.19	301.53	301.78	302.02	301.25	301.59	301.85	302.12	1.01	1.15	1.28	1.45	16.97	33.89	48.84	65.02
4380.3	300.8	303.61	301.96	301.68	301.98	302.18	302.39	301.73	302.06	302.27	302.49	1	1.23	1.32	1.44	16.81	29.02	44.01	60.41
4556.43	301.74	303.79	303.1	302.74	303.2	303.38	303.54	302.9	303.41	303.62	303.82	1.75	2.08	2.4	2.73	9.61	22.84	36.97	50.07
4673.83	302.51	303.55	302.95	303.46	303.84	304.06	304.29	303.5	303.87	304.11	304.35	1.01	1.09	1.25	1.44	25.77	52.94	70.62	89.08
4729.83	302.61	303.73	303	303.63	303.98	304.21	304.46	303.64	304	304.25	304.51	0.68	0.87	1.04	1.25	35.73	56.94	71.76	87.35
4864.42	303.32	304.27	303.79	304.08	304.41	304.66	304.94	304.18	304.53	304.81	305.1	1.49	1.78	1.96	2.13	14.31	25.22	37.08	50.73
4980.2	304.02	304.97	305.35	305.12	305.48	305.72	305.96	305.22	305.67	305.98	306.31	1.38	1.94	2.35	2.79	12.4	20.69	28.3	36.61
5190.65	305.37	306.38	307.89	306.46	306.91	307.25	307.62	306.56	307.07	307.44	307.85	1.44	1.78	2.02	2.28	11.76	22.69	31.75	41.65
5269.63	306.4	308.38	307.64	307.14	307.53	307.82	308.13	307.3	307.77	308.11	308.5	1.77	2.16	2.42	2.69	9.47	16.38	22.58	30.06

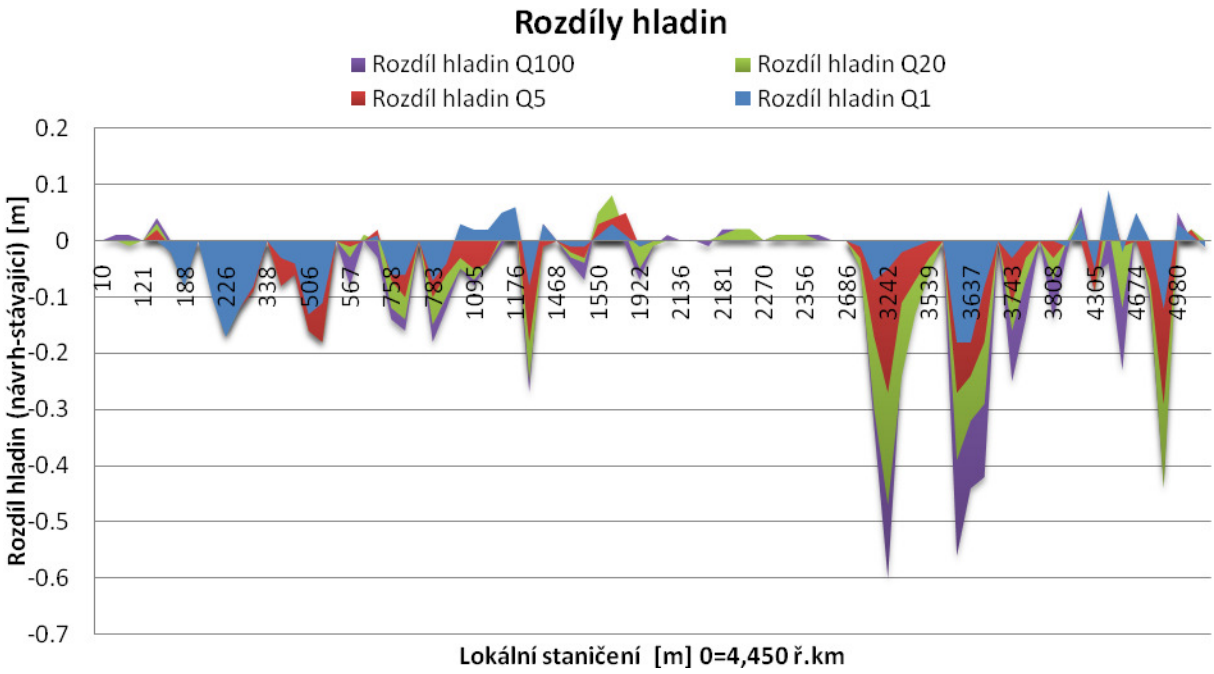
7. Posouzení vlivu revitalizace na odtokové poměry

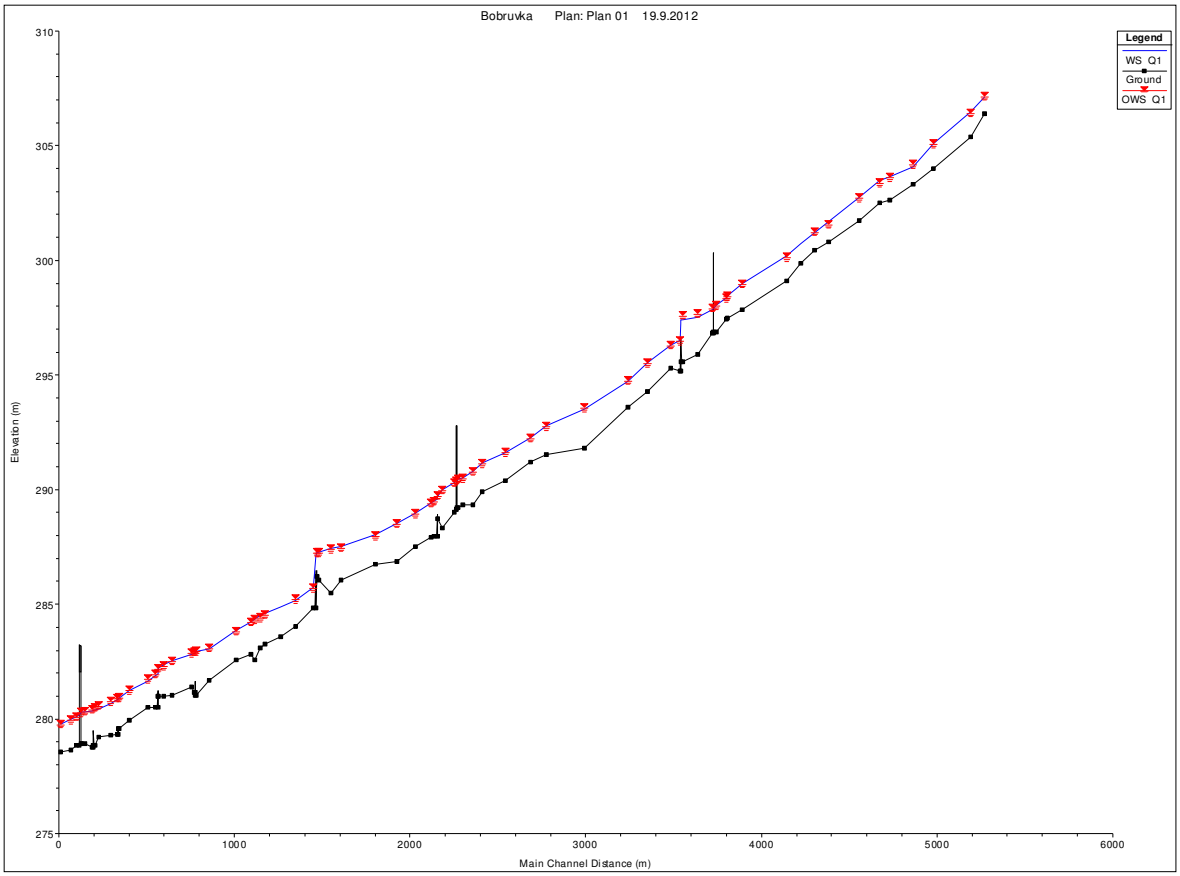
Vliv revitalizace na odtokové poměry je popsán dvěma parametry. Revitalizační efekt lze posoudit pomocí variability rychlostí v jednotlivých příčných profilech. Pro souhrnně lze tato variabilita vyjádřit pomocí statistické veličiny „rozptyl“. Vypočtené podle vztahu:

$$\frac{\sum (x-\bar{x})^2}{(n-1)}$$

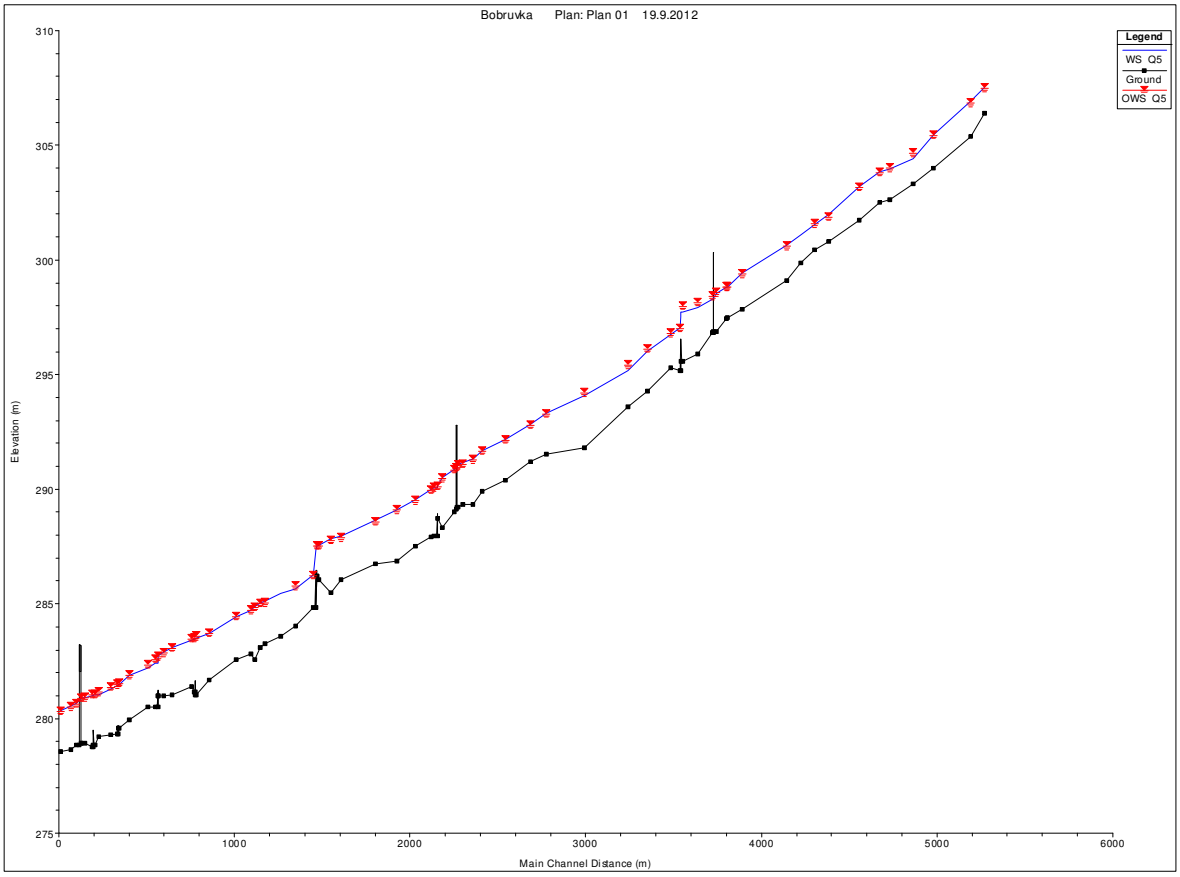
Průtok	Q_1	Q_5	Q_{20}	Q_{100}
Rozptyl - stávající stav	0.075	0.083	0.095	0.119
Rozptyl - návrhový stav	0.087	0.114	0.138	0.170

Hlavním posuzovaným parametrem byl rozdíl hladin ve výpočtových profilech. Přehledně jsou změny hladin prezentovány v grafické podobě.

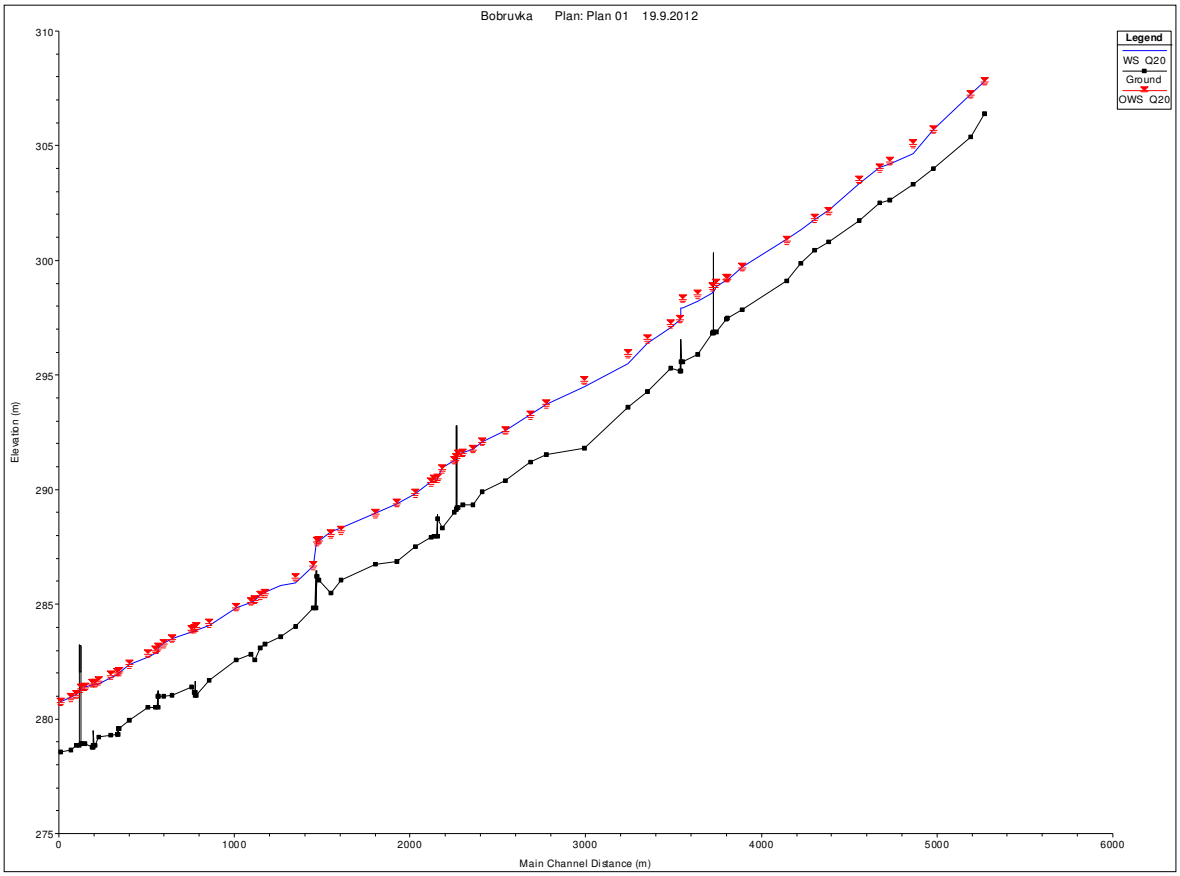




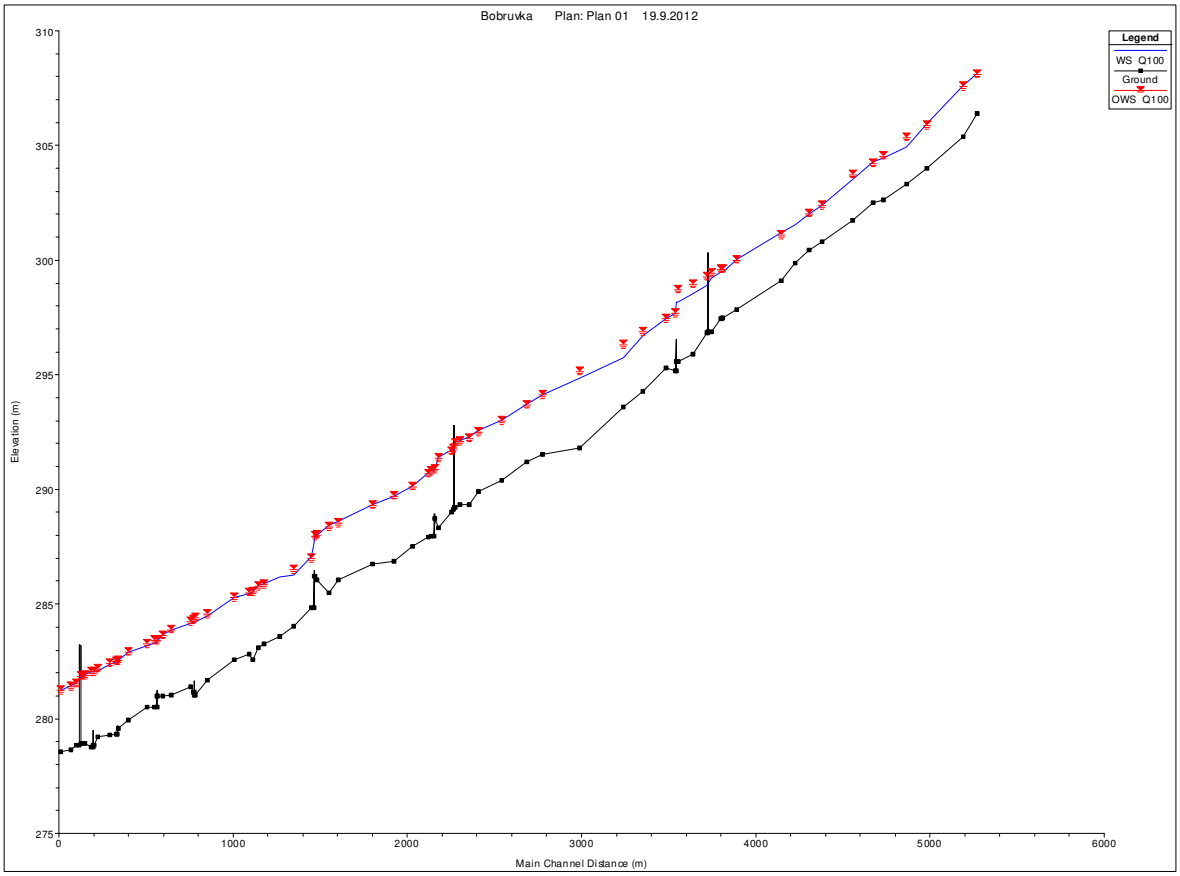
Obr. 9 - Q_1 - porovnání hladin návrhového stavu (modrá linka) se stávajícím (červené body)



Obr. 10 - Q_5 - porovnání hladin návrhového stavu (modrá linka) se stávajícím (červené body)



Obr. 11 - Q_{20} - porovnání hladin návrhového stavu (modrá linka) se stávajícím (červené body)



Obr. 12 - Q_{100} - porovnání hladin návrhového stavu (modrá linka) se stávajícím (červené body)

8. Závěr

Předmětem hydrotechnického posouzení je vliv revitalizace na odtokové poměry Bobrůvky v úseku od soutoku s Libochovkou v Dolních Loučkách po Vrbku (ř.km 4,500 – 9,350).

Revitalizace toku zahrnuje snížení sklonu svahů, snížení nivelety inundačního území, odsazení ochranných hrází, prostorové rozvlnění toku, přestavba migračně neprostupných jezů a stupňů na balvanité skluzy, které netvoří migrační bariéru. Déle se jedná o zřízení tůní, rozvětvení toku, v intravilánu na dolní části úseku je navrženo zkapacitnění koryta výstavbou levobřežní zdi.

Pro posouzení vlivu revitalizace byl sestaven jednorozměrný hydraulický model proudění, který byl pro dosažení věrohodnosti kalibrován na stávající model poskytnutý podnikem Povodí Moravy, s.p.. Kalibrovaný model stávajícího stavu byl využit jako podklad pro stavbu modelu návrhového stavu, byly do něho zaneseny všechny podstatné změny vyvolané posuzovanou revitalizací. Vliv revitalizace na odtokové poměry byl vyhodnocen pro N-leté průtoky Q_1, Q_5, Q_{20}, Q_{100}.

Vliv revitalizace byl hodnocen pomocí statistické veličiny „rozptyl“ pro soubor vypočtených rychlostí. Souhrnně lze konstatovat, že vlivem navržených opatření dojde k zvětšení variability průtočných rychlostí, vytvoří se tak potenciálně vhodnější podmínky drobné živočichy a ryby během povodňových průtoků. Dojde k vytvoření úseků s nízkou průtočnou rychlostí, četné proudové stíny za vloženými překážkami určenými k rozčlenění proudu. Současně se vyskytnou i úseky s rychlostí vyšší, zejména v místech koncentrovaného proudu. Vlivem snížení břehových hran a umožnění rozlivu vyšších průtoků do inundačního území klesne hydraulické namáhání koryta, což přináší příznivý efekt v podobě nižších požadavků na opevnění koryta.

Druhým posuzovaným parametrem při hodnocení vlivu revitalizace byl rozdíl hladin mezi návrhem a stávajícím stavem. Z výsledků prezentovaných v této zprávě vyplývá, že dojde na řadě úseků ke snížení hladin N-letých průtoků v řádu až desítek centimetrů. Největší vliv na průběh hladin mají souvislá revitalizační opatření na delších úsecích, u kterých byl zaznamenán pokles hladiny Q_{100} až o 50cm. V některých úsecích došlo k zanedbatelnému lokálnímu zvýšení hladiny – ve všech případech do 10cm.