




OBJEDNATEL			POVODÍ MORAVY, s. p. Dřevařská 11, 601 75, Brno
ZHOTOVITEL	SDRUŽENÍ MORAVA-TLUMAČOV zastoupené Dopravoprojekt Brno a.s. Hlavní inženýr projektu: Ing. Petr Husák		
			

F

AUTORIZACE:

ŘEDITEL ATELIERU	ING. VLADIMÍR NAVRÁTIL	 Kounicova 271/13, 602 00 BRNO tel. +420 549 123 111	
HLAVNÍ INŽENÝR PROJEKTU	ING. PETR HUSÁK		
ZODPOVĚDNÝ PROJEKTANT	ONDŘEJ ŠVANDA, DIS.		
VYPRACOVAL	BC. ROMAN KŘIVOHLÁVEK		
KONTOLOVAL	ING. VLADIMÍR NAVRÁTIL		
NÁZEV AKCE		DATUM	09/2017
MORAVA, TLUMAČOV - OCHRANNÁ HRÁZ NÁZEV ČÁSTI VÝSLEDKY PROVEDENÝCH PRŮZKUMŮ		FORMÁT	A4
		MĚŘÍTKO	
		Č. ZAKÁZKY	16-035-A1-PDPS
		ÚČEL	DSP
NÁZEV OBJEKTU		Č. SOUPRAVY	Č. PŘÍLOHY
STUDIE OVLIVNĚNÍ ODTOKOVÝCH POMĚRŮ			F.5

OBSAH:

1	HYDROTECHNICKÉ VÝPOČTY	3
1.1	ÚČEL HYDROTECHNICKÝCH VÝPOČTŮ	3
1.2	GEODETICKÉ PODKLADY	3
1.3	HYDROLOGICKÉ ÚDAJE	4
1.4	VYMEZENÍ ZÁKLADNÍCH POJMŮ	4
1.5	POPIS MODELU	5
1.6	OKRAJOVÉ PODMÍNKY – POPIS SIMULOVANÝCH VARIANT	5
1.6.1	DOLNÍ OKRAJOVÁ PODMÍNKY	5
1.6.2	HORNÍ OKRAJOVÁ PODMÍNKY	5
1.7	DRSNOSTNÍ PARAMETRY	6
1.8	PŘEDPOKLÁDANÉ PRŮTOKOVÉ POMĚRY	6
1.9	GEOMETRIE	6
2	VÝSLEDKY VÝPOČTŮ	8
2.1	KALIBRACE	8
2.2	VÝPOČET	11
3	ANALÝZA TERÉNU	13
4	VYHODNOCENÍ	13
	SEZNAM OBRÁZKŮ	14
	SEZNAM TABULEK	14
	SEZNAM GRAFŮ	14

SEZNAM PŘÍLOH

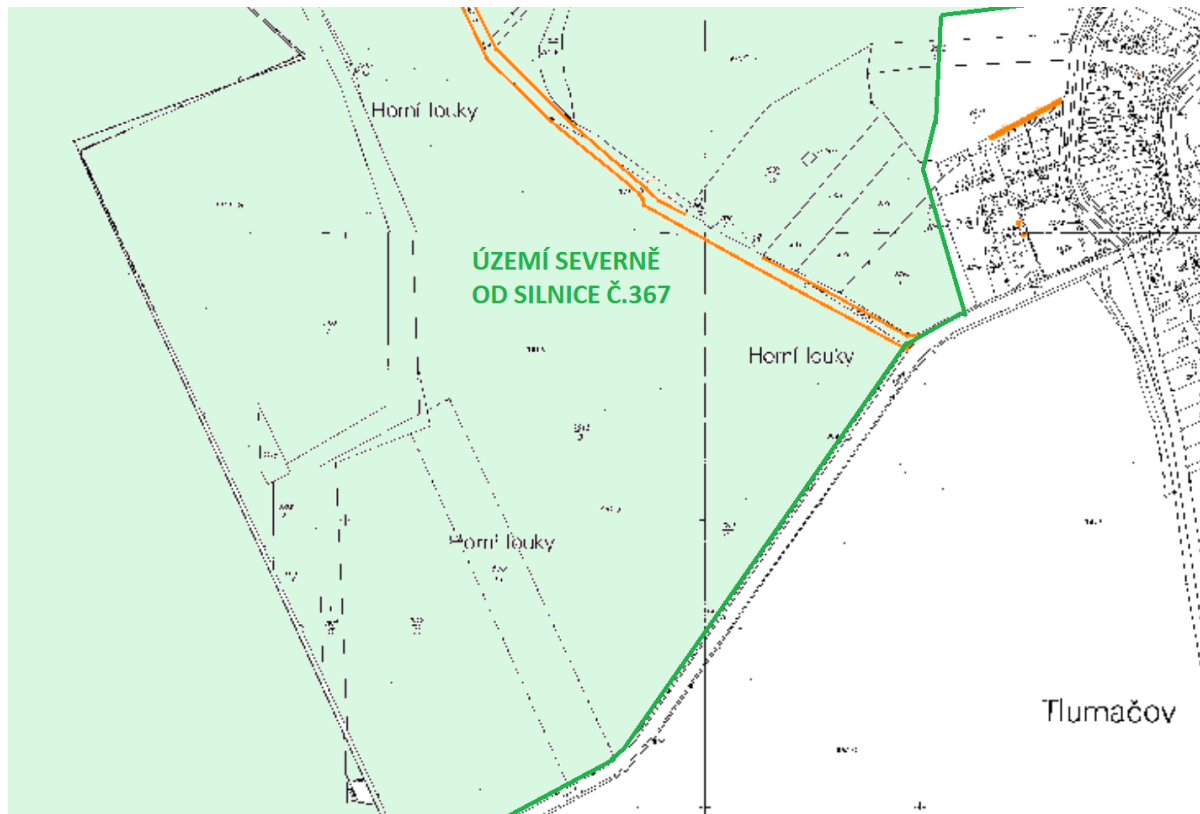
- P1 SITUACE – UMÍSTĚNÍ ŘEZŮ
- P2 SITUACE - HYPSONOMETRIE VÝŠEK

1 HYDROTECHNICKÉ VÝPOČTY

1.1 ÚČEL HYDROTECHNICKÝCH VÝPOČTŮ

Hydrotechnické výpočty byly provedeny pro ověření návrhu protipovodňové zemní hráze dle DUR.

Dalším aspektem bylo ověření vlivu návrhu ochranných hrází na území severně od silnice č.367, respektive posouzení hladiny v záplavovém území při Q_{100} se zemní hrází a bez ní.



Obr. 1- 1 Území severně od silnice č.367 (www.nahlizenidokn.cuzk.cz)

1.2 GEODETICKÉ PODKLADY

- **Geodetická data pro matematické modelová** – Příčné řezy poskytnuté PMO.
- **Digitální model reliéfu České republiky 5. generace** – představuje zobrazení přirozeného nebo lidskou činností upraveného zemského povrchu v digitálním tvaru ve formě výšek diskretních bodů v nepravidelné trojúhelníkové síti (TIN) bodů o souřadnicích x , y , h , kde h reprezentuje nadmořskou výšku ve výškovém referenčním systému Balt po vyrovnání (Bpv) s úplnou střední chybou výšky 0,18 m v odkrytém terénu a 0,3 m v zalesněném terénu. Model vznikl z dat pořízených metodou leteckého laserového skenování výškopisu území České republiky v letech 2009 až 2013. DMR 5G je určen k analýzám terénních poměrů lokálního charakteru a rozsahu, např. při projektování pozemkových úprav, plánování a projektování dopravních, vodohospodářských a pozemních staveb, modelování přírodních jevů lokálního charakteru, apod. DMR 5G je základní zdrojovou databází pro tvorbu vrstevnic určených pro mapy velkých měřítek a počítačové vizualizace výškopisu v územně orientovaných informačních systémech vysoké úrovně podrobnosti.

Zhotovitel:

Dopravoprojekt Brno a.s. | Kounicova 271/13, 602 00 Brno

1.3 HYDROLOGICKÉ ÚDAJE

Kalibrace byla provedena na model poskytnutý z PMO a to na průtok $Q_5 = 512,2 \text{ m}^3/\text{s}$ v řece Moravě. Na kalibraci byl zvolen průtok Q_5 z důvodu jeho nevybřežení z koryta.

Tab. 1 N-leté průtoky Moravy pod Pannenským potokem (viz. data z ČHMÚ 2017)

N-leté průtoky Morava								
N	1	2	5	10	20	50	100	třída
$Q_N[\text{m}^3/\text{s}]$	350	410	500	580	660	760	850	II

Přítoky:

Tab. 2 N-leté průtoky Mojena (převzato z DUR)

N-leté průtoky Mojena							
N	1	2	5	10	20	50	100
$Q_N[\text{m}^3/\text{s}]$	5	8	12,5	17	22	29,5	36,5

Tab. 3 N-leté průtoky Hájská příkopa (převzato z DUR)

N-leté průtoky Hájská příkopa							
N	1	2	5	10	20	50	100
$Q_N[\text{m}^3/\text{s}]$	0,9	1,5	2,7	3,7	5	7	9

Tab. 4 N-leté průtoky Hlavníčka (převzato z DUR)

N-leté průtoky Hlavníčka							
N	1	2	5	10	20	50	100
$Q_N[\text{m}^3/\text{s}]$	1,5	2,5	4,5	6	8	11,5	15

1.4 VYMEZENÍ ZÁKLADNÍCH POJMŮ

- **Záplavová čára** - Křivka odpovídající průsečnici hladiny vody se zemským povrchem při zaplavení území povodní (§ 2 vyhl. č. 236/2002 Sb.)
- **Záplavové území** - Administrativně určené území, které může být při výskytu přirozené povodně zaplaveno vodou (§ 66, odst. 1 zák. č. 254/2001 Sb., o vodách). Území vymezené záplavovou čarou (§ 2 vyhl. č. 236/2002 Sb.).
- **Aktivní záplavové území** - může být stanovena ta část záplavového území, ve které je při povodni soustředěna rozhodující část celkového povodňového průtoku.
- **Inundační území** - Území přilehlé k vodnímu toku, které je zaplavováno při průtocích přesahujících kapacitu koryta vodního toku (§ 2 vyhl. č. 236/2002 Sb.).
- **Periodicita povodně 5, 20 a 100 let** výskyt povodně, který je dosažen nebo překročen průměrně jedenkrát za 5, 20 a 100 let (§ 2 vyhl. č. 236/2002 Sb.).

Morava, Tlumačov – ochranná hráz

DSP

F. 5 Studie ovlivnění odtokových poměrů

16-035-A1-PDPS

1.5 POPIS MODELU

Výpočet průběhu hladin byl proveden výpočtem pro ustálené nerovnoměrné proudění v programu HEC - RAS 3.1.3.

Základní schéma výpočtu ustáleného nerovnoměrného proudění je založeno na metodě po úsecích. V programu je možné rozdělení příčného profilu na samotné koryto a levé nebo i pravé inundační území (dále rozdělení na efektivní a neefektivní plochu proudění – oblasti kde se počítá s prouděním vody). Ustálené nerovnoměrné proudění vzniká v přirozených říčních korytech, kde je průtok a hydraulické charakteristiky v čase neměnné a nezávislé, ale po délce proudění se mění. Proudění nastává, když není v korytě rovnováha mezi hnací silou a odpory. Nerovnováha je obvyklá u přirozených koryt, ale může vzniknout i u pravidelných koryt vložení umělých překážek (jezy, mostní pilíře...). Další příčinou může být i změna sklonu dna, drsnosti nebo vložení stupně ve dně. Při pohybu vody dochází ke ztrátám mechanické energie v důsledku tření o stěny a o jednotlivá proudová vlákna (ztráty třením) a změnou průřezové rychlosti (ztráty místní).

Samotné stanovení hladiny je založeno na řešení Bernoulliho rovnice, kde jsou řešeny energetické ztráty místní a ztráty třením. Singularity na toku (např. soutoky, přelivy, propustky, atd.), jsou řešeny na základě upravené pohybové rovnice, případně energetické rovnice, či poloempirické vztahy.

Řídící rovnice 1D model HEC – RAS:

$$z_2 + h_2 + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} = z_1 + h_1 + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} + Li_e + \zeta \left(\frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} \right)$$

Matematickým modelem byl popsán průtok korytem Moravy, včetně inundací a stávajících i navrhovaných objektů.

1.6 OKRAJOVÉ PODMÍNKY – POPIS SIMULOVANÝCH VARIANT

1.6.1 DOLNÍ OKRAJOVÁ PODMÍNKY

Hlavní koryto toku Morava

Jako dolní okrajová podmínka byla dopočítána hladina na základě sklonu čáry energie v posledním profilu. Sklon čáry energie byl změřen v podélném profilu poskytnutém PMO i=0,318 ‰.

Inundační území

Jako dolní okrajová podmínka byla určena hladina v korytě při průtoku $Q_k=590 \text{ m}^3/\text{s}$ (nevybřežený průtok v Moravě).

1.6.2 HORNÍ OKRAJOVÁ PODMÍNKY

Horní okrajová podmínka byla určena jako průtok pro $Q_5 = 512,2 \text{ m}^3/\text{s}$ a to pro kalibraci. Následně byl průtok změněn na základě dat z ČHMÚ, který byl rozdělen do dvou separovaných průtoků v hlavním korytě toku a v inundačním území (viz. 3.3 Předpokládané průtokové poměry).

1.7 DRSNOSTNÍ PARAMETRY

Příčné řezy jsou rozděleny na jednotlivé sekce o různých drsnostech. Součinitel drsnosti („n“ dle Manninga) je pro jednotlivé sekce příčných řezů zadáván jako konstantní hodnota. V závislosti na charakteru povrchu jsou zvoleny následující hodnoty součinitele drsnosti „n“.

Tab. 5 Hodnoty drsnosti n pro jednotlivé povrchy (drsnostní součinitel dle Manninga).

Charakter povrchu	Hodnoty drsnosti n
Dno koryta toku	0,030 s/m ^{1/3}
Travnaté svahy koryt toku-velké vodní toky bez balvanů a keřů	0,040 s/m ^{1/3}
Inundační oblasti (lesy – pole)	0,180 - 0,070 s/m ^{1/3}

Tyto hodnoty odpovídají hodnotám drsnosti uvedeným ve studii „Přírodě blízká POP a revitalizace údolní nivy hlavních brněnských toků“.

Pro hlavní koryto toku byly použity konstantní hodnoty drsnostního součinitele uvedené v tabulce výše. Pro inundační území byly použity různé hodnoty, a to pro profily PF 557 – PF 549 a PF 541 – PF 535 $n = 0,180 \text{ s/m}^{1/3}$ a profily PF 548 – PF 542 $n = 0,070 \text{ s/m}^{1/3}$.

1.8 PŘEDPOKLÁDANÉ PRŮTOKOVÉ POMĚRY

Hlavní koryto toku

V modelu zájmového území je uvažováno s říčním prouděním, pro které byl stanoven maximální průtok $Q_k=590 \text{ m}^3/\text{s}$, při kterém nedojde k rozlitému průtoku do inundačního území. Pro doplněk průtoku $Q_{100}=850 \text{ m}^3/\text{s}$, tedy $Q_i=260 \text{ m}^3/\text{s}$, byla vytvořena nová geometrie.

Inundační území

Geometrie inundačního území byla modelována za předpokladu, že k přelítí ochranné hráze umístěné bezprostředně na břehu toku dojde v profilech PF 549 a PF 550. Zbýlými profilem po toku je uvažován průtok inundačním územím $Q_i=260 \text{ m}^3/\text{s}$. Ze situace řešeného území vyplývá, že průtok v inundační území je separován od hlavního koryta toku v profilech PF 548 – PF 536. K jejich sloučení dojde ve spodní části území v profilech PF 535 a PF 534.

Veškeré přítoky byly zanedbány a je uvažováno pouze s jedním hlavním kanálem. Je nepravděpodobné, že na tocích Mojena, Hájská příkopa a Hlavníčka dojde ke kulminačnímu průtoku Q_{100} současně s kulminačním průtokem Q_{100} v Moravě.

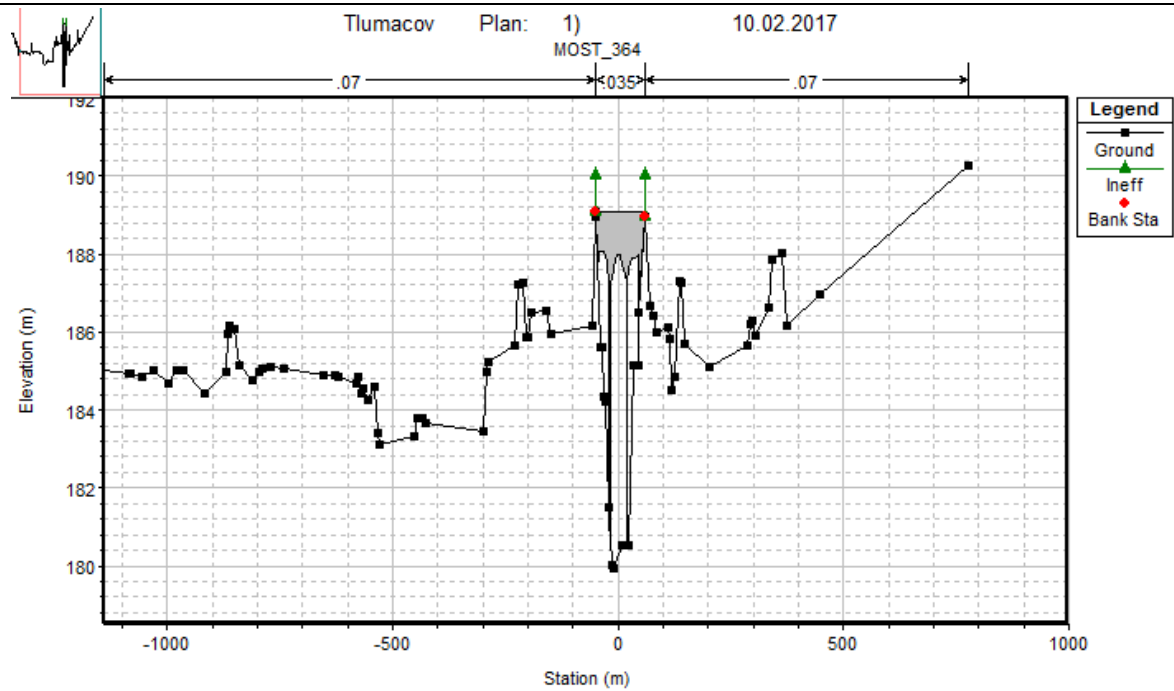
1.9 GEOMETRIE

Výpočtový model je rozšířený i mimo zájmové území, tak aby byly postihnuty všechny prvky ovlivňující výpočet. Délka zájmového úseku je 2,780 km. Celkem zahrnuje tento model 25 příčných řezů, které poskytlo PMO a tyto řezy jsou následně upraveny a kalibrovány na stávající stav.

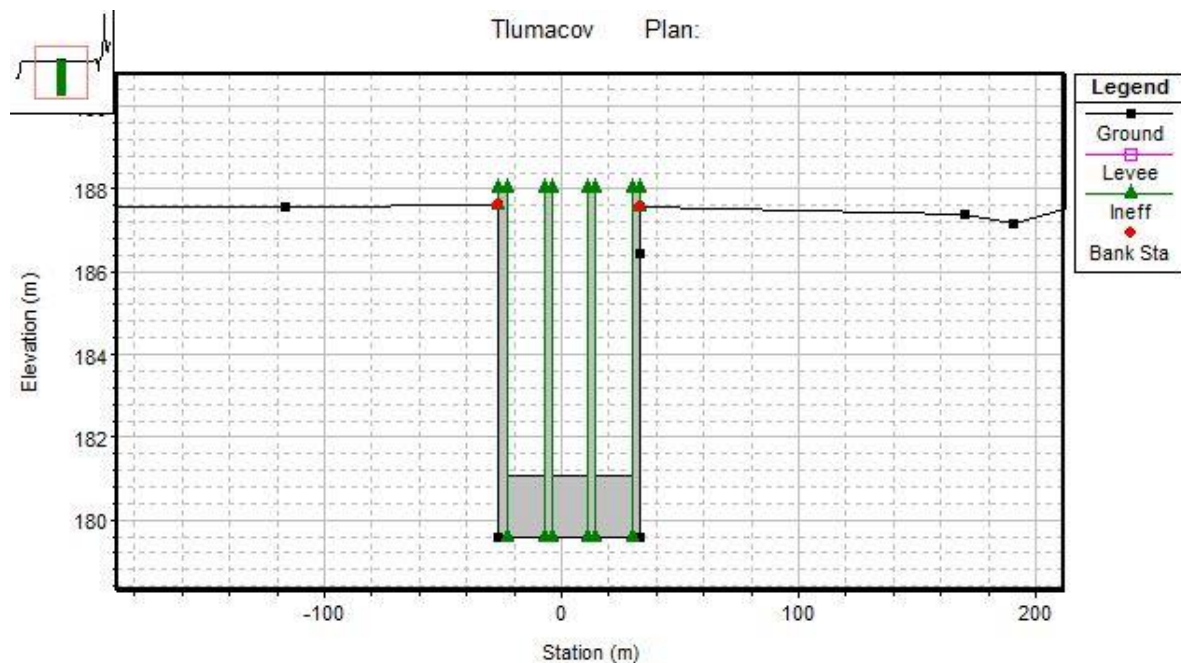
Ve sledovaném úseku je namodelován most a pohyblivý jez. Jedná se o most 367-015 na komunikaci II. třídy v ř. km 170,8990 (třípolový most). Pohyblivý jez je situován v ř. km 166,7800 (třípolový jez). Profily jsou rozvrženy rovnoměrně s dostatečnou vzdáleností horního a dolního profilu od objektů vyskytujících se v modelovaném úseku.

Zhotovitel:

Dopravoprojekt Brno a.s. | Kounicova 271/13, 602 00 Brno



Obr. 3-1 Silniční most ř. km 170,8990.



Obr. 3-2 Jez Bělov ř. km 166,7800.

Morava, Tlumačov – ochranná hráz

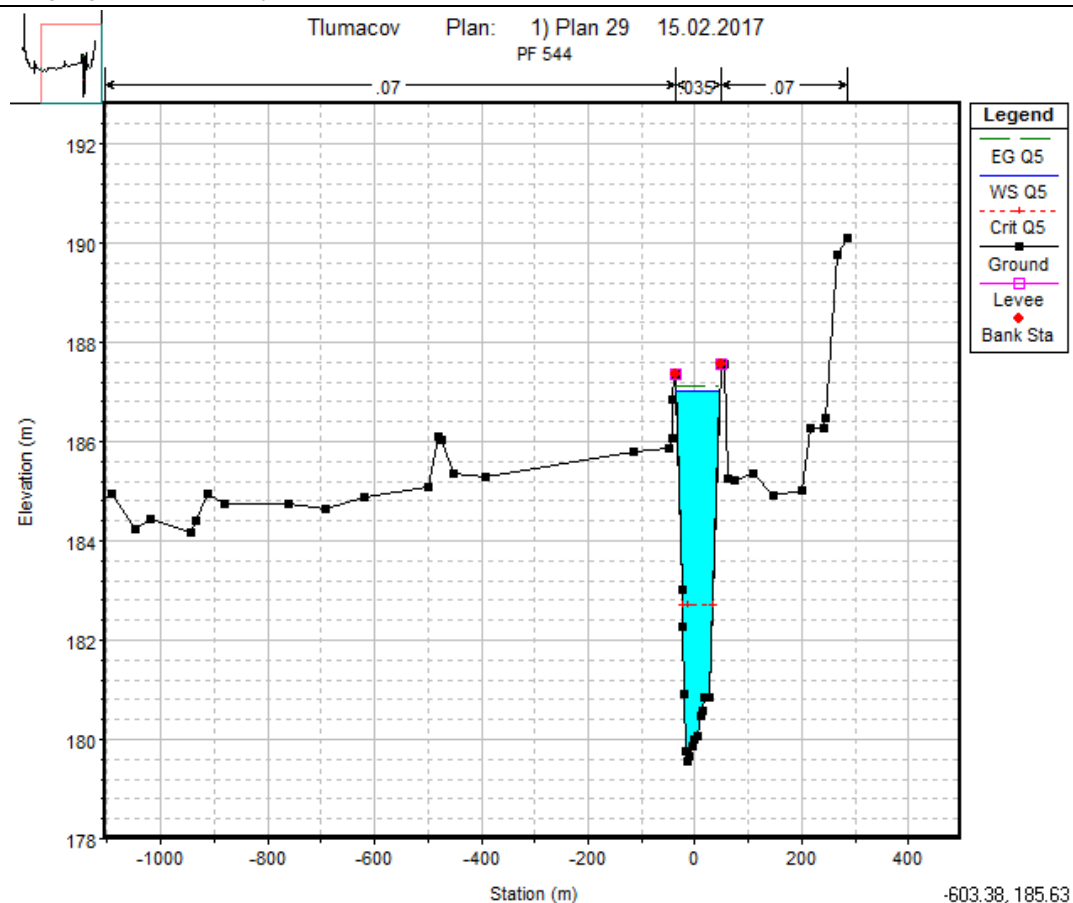
DSP

F. 5 Studie ovlivnění odtokových poměrů

16-035-A1-PDPS

Zhotovitel:

Dopravoprojekt Brno a.s. | Kounicova 271/13, 602 00 Brno



Obr. 3-3 Charakteristický příčný řez koryta toku.

Poloha řezů je volena tak, aby byly zahrnuty všechny významné změny v geometrii koryta a inundačního území.

2 VÝSLEDKY VÝPOČTŮ

2.1 KALIBRACE

Kalibrace modelu byla prováděna na průtok $Q_5 = 512,2 \text{ m}^3/\text{s}$. Teto průtok byl převzat z údajů poskytnutých PMO. Průtok Q_5 byl zvolen z důvodu jeho nevybřežení v celé délce zájmového úseku.

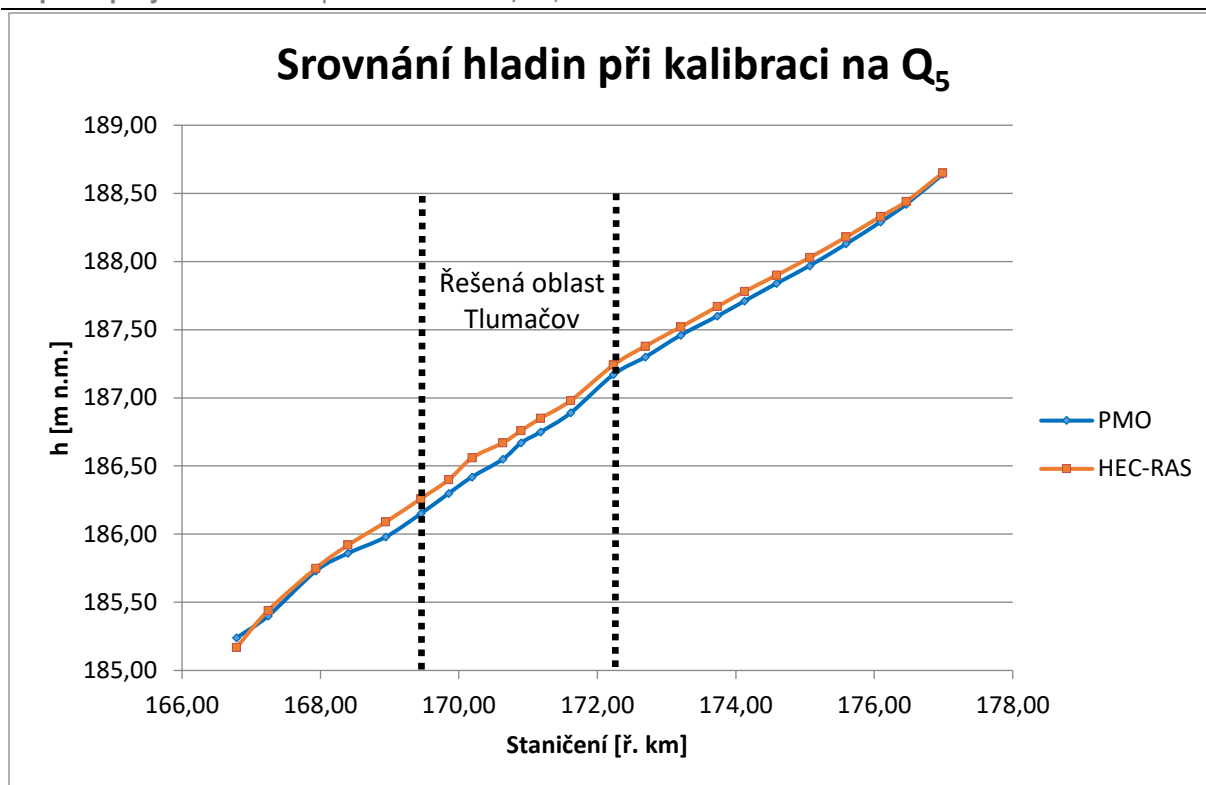
První krok spočíval v nakalibrování matematického modelu pro průtok Q_5 . Jako vstupní dolní okrajová podmínka byla použita hladina vypočtena na základě sklonu čáry energie v posledním profilu modelu.

Podle obchůzky při místním šetření, fotografií a informací ze „Přírodě blízká POP a revitalizace údolní nivy hlavních brněnských toků“ byly určeny parametry součinitele drsnosti dle Manninga.

Nad objektem jezu jsou pro model přidány další řezy, tak by byl model hydrotechnicky správně.

Tab. 6 Kalibrace polohy hladiny dle řezů PMO.

Číslo profilu	Staničení	Hladina PMO Q ₅	HEC-RAS Q ₅	rozdíl hladin (abs)
	[ř. km]	[m n.m.]	[m n.m.]	[m]
PF 558	176.9900	188.64	188.65	0.01
PF 557	176.4600	188.42	188.44	0.02
PF 556	176.0900	188.29	188.33	0.04
PF 555	175.5950	188.13	188.18	0.05
PF 554	175.0700	187.97	188.03	0.06
PF 553	174.5900	187.84	187.90	0.06
PF 552	174.1250	187.71	187.78	0.07
PF 551	173.7350	187.60	187.67	0.07
PF 550	173.2050	187.46	187.52	0.06
PF 549	172.6950	187.30	187.38	0.08
PF 548	172.2300	187.17	187.24	0.07
PF 547	171.6150	186.89	186.98	0.09
PF 546	171.1800	186.75	186.85	0.10
PF 545	170.8990	186.67	186.76	0.09
PF 544	170.6350	186.55	186.67	0.12
PF 543	170.1900	186.42	186.56	0.14
PF 542	169.8550	186.30	186.40	0.10
PF 541	169.4500	186.15	186.26	0.11
PF 540	168.9450	185.98	186.09	0.11
PF 539	168.4000	185.86	185.92	0.06
PF 538	167.9350	185.73	185.75	0.02
PF 537	167.2450	185.40	185.44	0.04
PF 536	166.7900	185.24	185.17	0.07



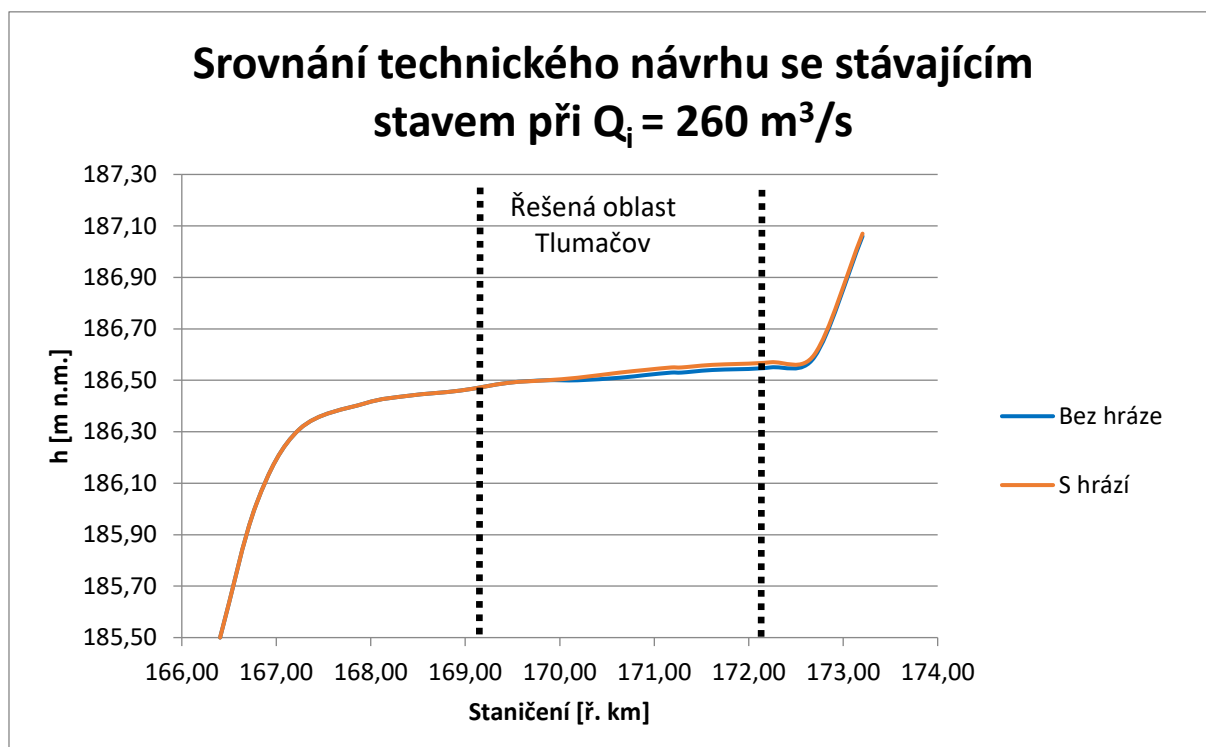
Graf. 2-1 Kalibrace matematického modelu na hodnoty PMO.

2.2 VÝPOČET

Úprava v zájmové oblasti přímo ovlivní pouze hladinu v inundačním území. Pro vlastní posudek bylo tedy uvažováno pouze s průtokem inundační oblastí $Q_i=260 \text{ m}^3/\text{s}$. Pro posouzení vlivu na parcelu č. 20862/16 byl přidán profil, jehož geometrie byla složena z dat lineárně interpolovaných z profilů PF 547 a PF 548 (vlastní koryto toku) a z dat z 3D modelu zájmového území.

Tab. 7 Porovnání hladin pro variantu s hrází a bez hráže.

Číslo profilu	Q_i	Staničení	HEC-RAS Q_i bez hráže	HEC-RAS Q_i s hrází	rozdíl hladin (abs)
	[m ³ /s]	[ř. km]	[m n.m.]	[m n.m.]	[m]
550	260	173.2050	187.06	187.07	0.01
549	260	172.6950	186.59	186.60	0.01
548	260	172.2300	186.55	186.57	0.02
547	260	171.6150	186.54	186.56	0.02
parcela 2082/16	260	171.2880	186.53	186.55	0.02
546	260	171.1800	186.53	186.55	0.02
545	260	170.8990	186.52	186.54	0.02
544	260	170.6350	186.51	186.53	0.02
543	260	170.1900	186.50	186.51	0.01
542	260	169.8550	186.50	186.50	0.00
541	260	169.4500	186.49	186.49	0.00
540	260	168.9450	186.46	186.46	0.00
539	260	168.4000	186.44	186.44	0.00
538	260	167.9350	186.41	186.41	0.00
537	260	167.2450	186.31	186.31	0.00
536	260	166.7900	186.02	186.02	0.00
535	260	166.4050	185.50	185.50	0.00

Graf. 2-2 Porovnání technického návrhu se stávajícím stavem Q_i

3 ANALÝZA TERÉNU

Z provedené analýzy výškových poměrů terénu v inundačním území vyplývají následujícím závěry:

- Výškový rozdíl terénu v inundačním území je minimální, jedná se téměř o rovinu.
- Z hypsometrie výšek je viditelné, že těleso silnice č. 367 (Tlumačov – Kvasice) inundační území přehrazuje. Tímto dochází k delšímu zdržení vody v území severně od zmíněné silnice.
- Analýzou bylo zjištěno několik nejnižších lokalit, kde se voda bude držet nejdéle. Rozdíl výšek terénu severně od zmiňované silnice je přibližně 0,9m. Grafické znázornění hypsometrie výšek je v příloze 2 (P2 Situace – hypsometrie výšek) zde lze určit nejnižší místa terénu, kde se voda bude držet nejdéle – červená a žlutá barva.
- Severně od silnice č.367 je Mojena momentálně pravobřežně ohrázována přibližně 0,5m hrázkou. Realizací ochranné hráze na pravém břehu Mojeny (výšky přibližně 2,2m) dojde k zabránění rozlivu inundačních vod do obce.

V této lokalitě momentálně pravobřežní hrázka dosahuje v nejnižším místě kóty 185,65m n.m.; silnice za obcí Tlumačov je v jednom úseku níže a to na kótě 185,50m n.m.. Z toho vyplývá, že v současné době by severní část území byla přednostně odvodňována přes nejnižší místo silnice č.367 (Tlumačov-Kvasice). Stavbou hráze nebude tato situace ovlivněna.

Dobu zdržení vody v krajině nelze objektivně určit, je závislá na mnoha proměnných (zamokření před nátokem vody do území, využití zemědělských ploch, klimatické podmínky, hladina podzemní vody atd.).

- Jižně od silnice č.367 byla analyzována nejnižší místa a to viditelně po zasypaní původní meandrovité trasy toku (Mojena). Tato meandrovitá trasa je znázorněna na historických mapách z období let 1770-1830.

4 VYHODNOCENÍ

Výpočty a analýzy byly provedeny tak, aby se co nejvíce podobaly přírodním jevům a jejich charakteristikám, které se v daném povodí vyskytují.

Vlivem realizace hráze dojde jen k minimálnímu zvýšení hladiny inundovaných vod a to o $\Delta h = 0,02$ m.

Po realizaci ochranné hráze nevzniknou na území nové nejnižší lokality v území. Na zjištěných nejnižších lokalitách se bude voda držet nejdéle i nyní, když hráze nejsou realizovány.

Po realizaci hráze nedojde k prodloužení doby zdržení vody v krajině, jelikož i nyní by voda ze severní části byla odváděna přes nejnižší místo tělesa silnice Tlumačov-Kvasice a na tom se nic nezmění.

Pokud by bylo nutné zajistit rychlejší odvod vod z inundačního území, lze například vybudovat průleh nejvhodnějšími nejnižšími místy území a svést ho níže do toku Mojena. V tomto konkrétní případě je inundační území rozděleno tělesem silnice č. 367 vedoucí z Tlumačova do Kvasic. Bylo by tedy nutné vytvořit průleh a zároveň úpravu v tělese komunikace č. 367 (propust či místní snížení části tělesa), aby byl zajištěn odtok z úrovně terénu z území severně nad tělesem silnice a bylo tak dosaženo požadovaného efektu. Hladina toku Mojena je ovlivněna hladinou v Moravě. Již při 5-ti letém průtoku na Moravě dochází k zpětnému vzduť na Mojeně, které dosahuje až k obci Tlumačov. Tedy průleh by svou funkci plnil, až dojde k snížení hladiny v Moravě.

Z hypsometrie výšek v severní části území nad silnicí č. 367 je patrné, že je několik nejnižších lokalit. K návrhu odvodu vody ze všech těchto lokalit by se muselo přistoupit komplexně. Zřejmě by bylo nutné navrhnout více krajinných prvků, aby se dosáhlo rychlejšího odvodnění celého inundačního území.

Zhotovitel:

Dopravoprojekt Brno a.s. | Kounicova 271/13, 602 00 Brno

K návrhu těchto krajinotvorných prvků se musí přistoupit jak hlediska technického tak dále v závislosti na ochranu obyvatel a majetku (finančních důsledku při zaplavení území) a samozřejmě je nutná celkové finanční analýzy návrhu (zhodnocení nákladů na výstavbu a provozní náklady).

V Brně, únor '18

Bc. Roman Křivohlávek

Ing. Gabriela Zelíková

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1- 1 Území severně od silnice č.367	3
Obr. 3- 1 Silniční most ř. km 170,8990.	7
Obr. 3- 2 Jez Bělov ř. km 166,7800.	7
Obr. 3- 3 Charakteristický příčný řez koryta toku.....	8

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 N-leté průtoky Moravy pod Pannenským potokem (viz. data z ČHMÚ 2017)	4
Tab. 2 N-leté průtoky Mojena (převzato z DUR)	4
Tab. 3 N-leté průtoky Hájská příkopa (převzato z DUR).....	4
Tab. 4 N-leté průtoky Hlavníčka (převzato z DUR).....	4
Tab. 5 Hodnoty drsnosti n pro jednotlivé povrchy (drsnostní součinitel dle Manninga).....	6
Tab. 6 Kalibrace polohy hladiny dle řezů PMO.....	9
Tab. 7 Porovnání hladin pro variantu s hrází a bez hráze.	11

SEZNAM GRAFŮ

Graf. 4-1 Kalibrace matematického modelu na hodnoty PMO.....	10
Graf. 4-2 Porovnání technického návrhu se stávajícím stavem Q_i	12