
MODERNIZACE REJD PLAVEBNÍ KOMORY DOLNÍ BEŘKOVICE
Číslo projektu 521 551 0020

**MODERNIZACE REJD PLAVEBNÍ KOMORY
DOLNÍ BEŘKOVICE**
ZPRACOVÁNÍ PROJEKTOVÉ DOKUMENTACE PRO ÚZEMNÍ ŘÍZENÍ A
SOUVISEJÍCÍ ČINNOSTI

Část C

**C-a.2 POSOUZENÍ NAUTICKÝCH POMĚRŮ NA
ZÁKLADĚ MATEMATICKÉHO MODELU**

STUPEŇ PROJEKTOVÉ DOKUMENTACE:

DATUM:

Dokumentace pro územní rozhodnutí

7.2014



ČESKÁ REPUBLIKA – ŘEDITELSTVÍ VODNÍCH CEST ČR



SWECO 

Paré č. **1**

Sweco Hydroprojekt a.s.

Ústředí Praha
Táborská 31, Praha 4
www.sweco.cz

ČÍSLO ZAKÁZKY: 11 4182 01 0100
ARCHIVNÍ ČÍSLO: 011525/14/1

C-a.2 POSOUZENÍ NAUTICKÝCH POMĚRŮ NA ZÁKLADĚ MATEMATICKÉHO MODELU

NÁZEV AKCE (PROJEKTU): MODERNIZACE REJD PLAVEBNÍ KOMORY DOLNÍ BEŘKOVICE		DATUM: 7.2014
PODÁNÁZEV: POSOUZENÍ NAUTICKÝCH POMĚRŮ NA ZÁKLADĚ MATEMATICKÉHO MODELU		STUPEŇ PROJEKTOVÉ DOKUMENTACE: Dokumentace územnímu řízení
OBJEDNATEL: Česká republika - Ředitelství vodních cest ČR		ADRESA: Nábřeží L. Svobody 1222/12, 110 15 Praha 1
ZHOTOVITEL: Sweco Hydroprojekt a.s.	ADRESA: Táborská 31, 140 16 Praha 4	GENERÁLNÍ ŘEDITEL: Ing. Miroslav Kos, CSc., MBA
HLAVNÍ INŽENÝR PROJEKTU: Ing. Petr Kaňkovský	ŘEDITEL DIVIZE: Ing. Milan Moravec, Ph.D.	TECHNICKÁ KONTROLA: Ing. Holý
PRO SHDP VYPRACOVAL: Ing. Pavel Fošumpaur	ADRESA: Palackého náměstí 115 411 81 Brozany nad Ohří	GENERÁLNÍ ŘEDITEL:
VYPRACOVAL: Ing. Pavel Fošumpaur		TECHNICKÁ KONTROLA:

Společnost **Sweco Hydroprojekt a.s.** je certifikovaná dle norem **ČSN EN ISO 9001:2009**, **ČSN EN ISO 14001:2005** a **ČSN OHSAS 18001:2008**.

© Sweco Hydroprojekt a.s.

Tato dokumentace včetně všech příloh (s výjimkou dat poskytnutých objednatelem) je duševním vlastnictvím akciové společnosti Sweco Hydroprojekt a.s. Objednatel této dokumentace je oprávněn ji využít k účelům vyplývajícím z uzavřené smlouvy bez jakéhokoliv omezení. Jiné osoby (jak fyzické, tak právnické) nejsou bez předchozího výslovného souhlasu objednatele oprávněny tuto dokumentaci ani její části jakkoli využívat, kopírovat (ani jiným způsobem rozmnožovat) nebo zpřístupnit dalším osobám.

Poznámka: Podpisy zpracovatelů jsou připojeny pouze k výtisku číslo 01 nebo originálu přílohy (matrici).

OBSAH / SEZNAM PŘÍLOH

	strana
1. ÚVOD	3
2. POUŽITÉ PODKLADY	3
3. MATEMATICKÝ MODEL	6
3.1 Geometrie oblasti proudění	6
3.2 Okrajové podmínky	8
3.2.1 Horní rejda	8
3.2.2 Dolní rejda	8
4. POSOUZENÍ ČEKACÍHO STÁNÍ V HORNÍ REJDĚ	10
5. POSOUZENÍ ČEKACÍHO STÁNÍ V DOLNÍ REJDĚ	11
6. ZÁVĚRY	12
SEZNAM ZDROJŮ	12
PŘÍLOHY	12

1. ÚVOD

Cílem řešení je posouzení proudových poměrů v rejdách plavební komory Dolní Beřkovice a v navazujícím úseku řeky Labe na 2D matematickém modelu. Posouzení je provedeno pro vybranou dispoziční variantu ve vztahu k nautickým poměrům (zajištění bezpečného plavebního provozu a stability vyvážaných plavidel). Matematický model je zpracován pro celkem 5 průtokových a manipulačních situací.

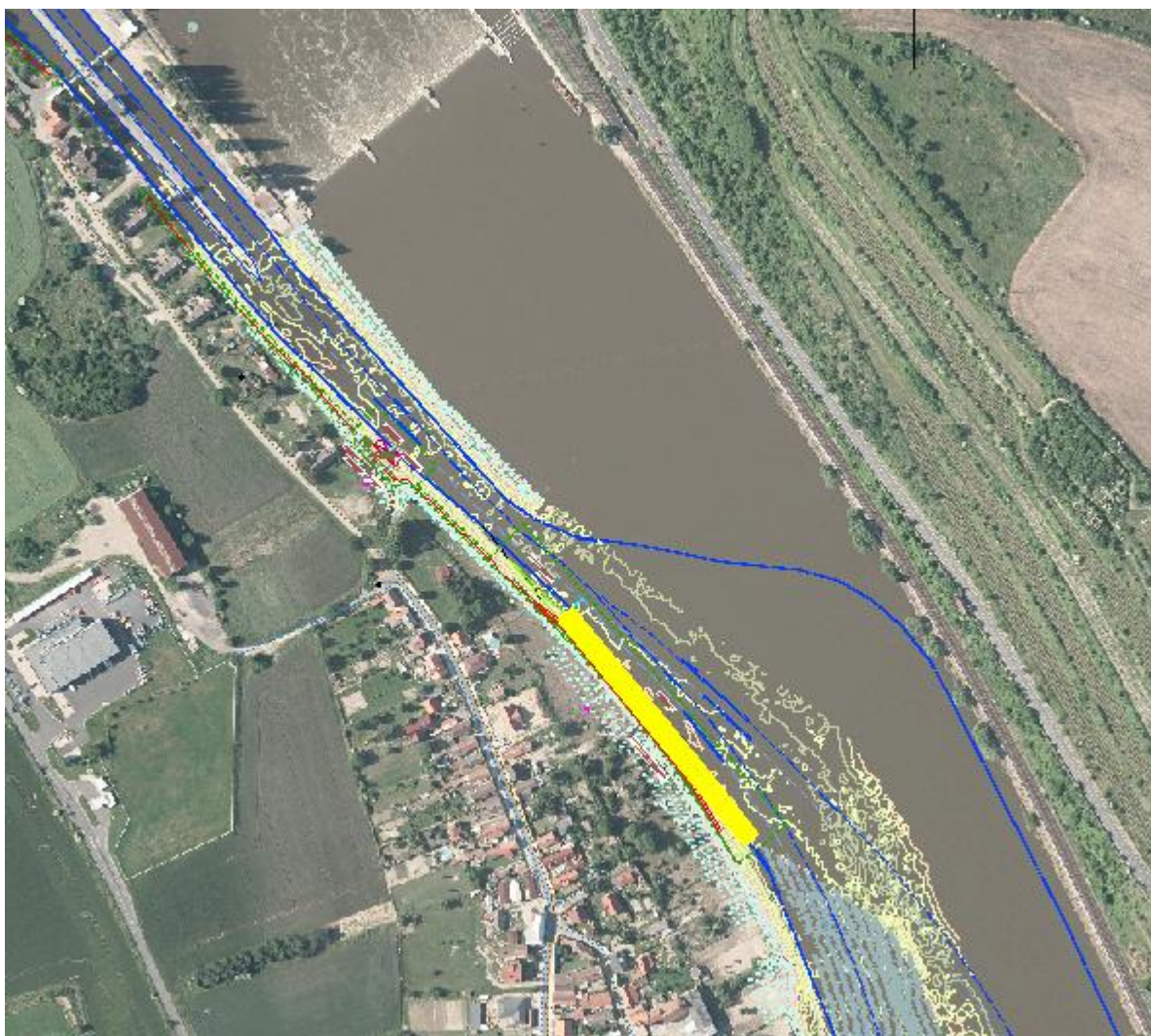
2. POUŽITÉ PODKLADY

Výchozím podkladem pro tvorbu 2D matematického modelu proudění v oblasti horní a dolní rejdy plavební komory Dolní Beřkovice je situace navrženého technického řešení modernizace rejd ve fázi dokumentace k územnímu řízení (Sweco Hydroprojekt a.s., 2014). Podklad definuje polohu čekacích stání v dolní a horní rejdě a obsahuje dále geodetické zaměření v rozsahu cca 20 m do břehu a 20 m do osy plavební dráhy. V místě dolního čekacího stání (viz obr. 2.1) je zajištěna minimální plavební hloubka bez prohrábek.



Obr. 2.1 Dolní čekací stání pro návrhové plavidlo 200x12 m (žlutě).

V místě horního čekacího stání je realizována prohrábka na minimální plavební hloubku 2,5 m. Poloha horního stání je znázorněna v obr. 2.2.



Obr. 2.2 Horní čekací stání pro návrhové plavidlo 200x12 m (žlutě).

Podrobná geometrie koryta Labe a břehů mimo uvedené zaměření z DÚR byla převzata z Digitálního modelu terénu, který byl použit pro tvorbu map povodňových rizik v zájmové oblasti (Povodí Labe, s.p.).

Manipulační pravidla s jezem Dolní Beřkovice včetně režimu průběžné vodní elektrárny na pravém břehu byla převzata z manipulačního řádu pro vodní dílo Dolní Beřkovice (Povodí Labe, s.p., srpen 2014). Z Manipulačního řádu rovněž vyplývají základní hydrologické údaje:

Tok	Labe
Profil	nad Liběchovkou
Hydrologické číslo povodí	1-12-03-019
Plocha povodí	42 067,05 km ²
Průměrný dlouhodobý roční úhrn srážek	675 mm
Průměrný průtok	251,9 m ³ .s ⁻¹
Minimální průtok QM355 (355-denní voda)	49,8 m ³ .s ⁻¹
Maximální průtok QN100 (100-letý průtok)	4 145 m ³ .s ⁻¹

Hodnoty m-denních a n-letých průtoků uvádí tab. 2.1.

Tab. 2.1 Základní hydrologické údaje v profilu jezu Dolní Beřkovice.

M-denní průtoky:

M (dny)	30	60	90	120	150	180	210	240	270
QM (m3s-1)	567	393	305	248	206	174	147	124	104

M (dny)	300	330	355	364
QM (m3s-1)	85,6	67,3	49,8	39,6

N-leté průtoky:

N (roky)	1	2	5	10	20	50	100
QN (m3s-1)	1084	1483	2050	2500	2975	3630	4145

Hodnota maximálního plavebního průtoku pro daný úsek vodní cesty je definovaná vyhláškou Státní plavební správy č. 2/2011. Plavba je v úseku zastavována při stavu na vodočtu Mělník:

- 370 cm a vyšším - poproudním vlečným sestavám se dvěma a více závěsy,
- 410 cm a vyšším - sestavám a samostatně plujícím plavidlům delším než 85 m,
- 450 cm a vyšším - všem plavidlům.

Na základě uvedených skutečností byla pro potřeby ověření mezních plavebních podmínek vybrána situace s vodním stavem 450 cm na vodočtu Mělník, kterému odpovídá průtok $991 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

Provozní hladina jezu Dolní Beřkovice: 155,09 (+15/-20 cm) m n. m.,
Provozní hladina jezu Štětí: 152,69 (+15/-10 cm) m n. m.,

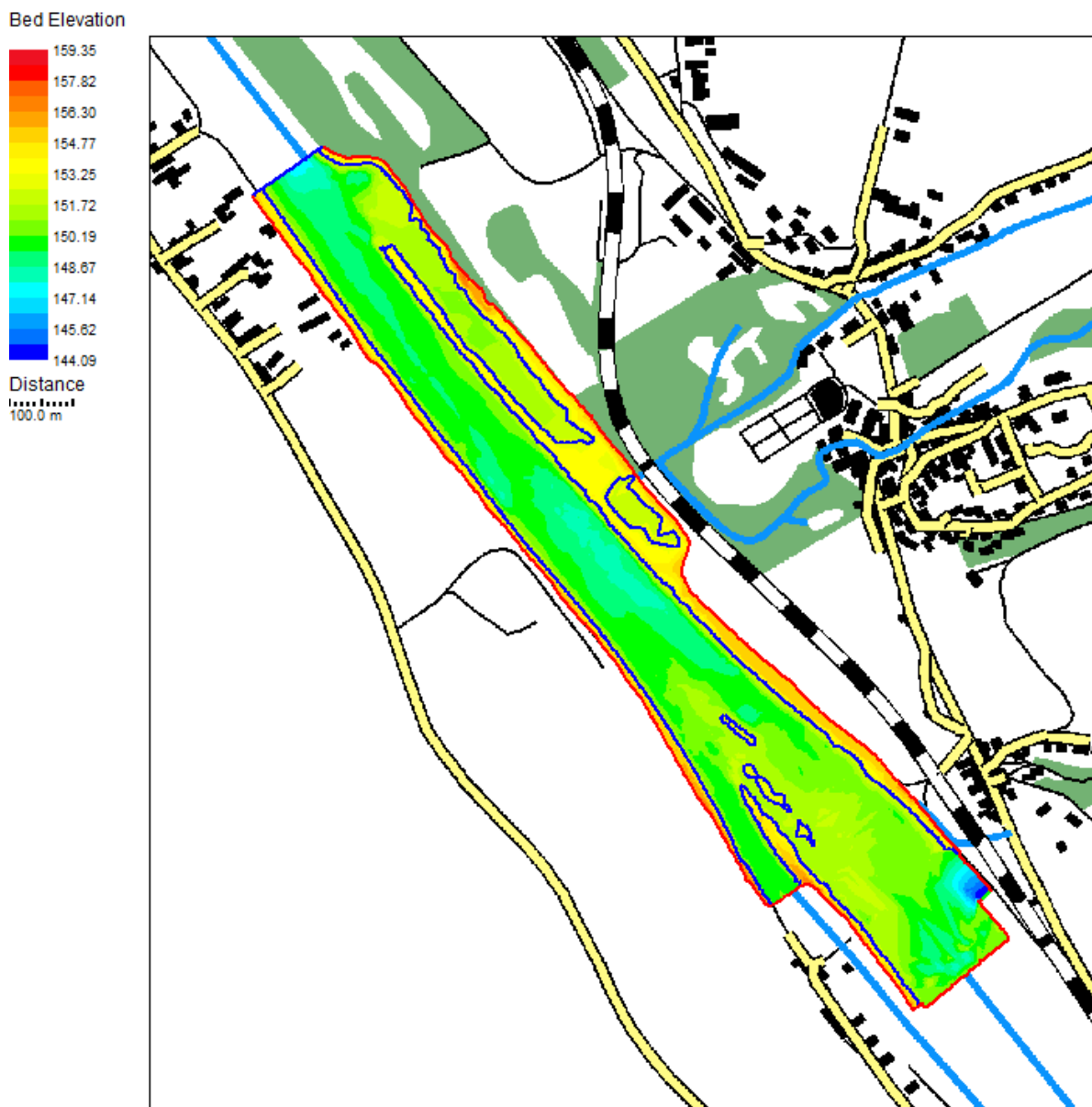
Na základě MŘ vodního díla Dolní Beřkovice vyplývá max. hltnost MVE při pravém břehu hodnotou $150 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Elektrárna je odstavována při překročení celkového průtoku $600 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ v Labi.

3. MATEMATICKÝ MODEL

3.1 GEOMETRIE OBLASTI PROUDĚNÍ

Pro simulaci hydrodynamických poměrů v oblasti dolní a horní rejdy plavebního stupně Dolní Beřkovic byl využit 2D matematický model (River 2D, 2010). Pro potřeby simulace byly formulovány dva samostatné modely, které popisují proudové poměry nad jezem Dolní Beřkovic a pod jezem. Výpočetní oblast pod jezem je znázorněna na obr. 3.1, který znázorňuje morfologii dna. Simulovaný úsek počíná v profilu jezu (ř.km 830,576) a končí ve vzdálenosti 1,676 km pod jezem (ř.km 828,900).

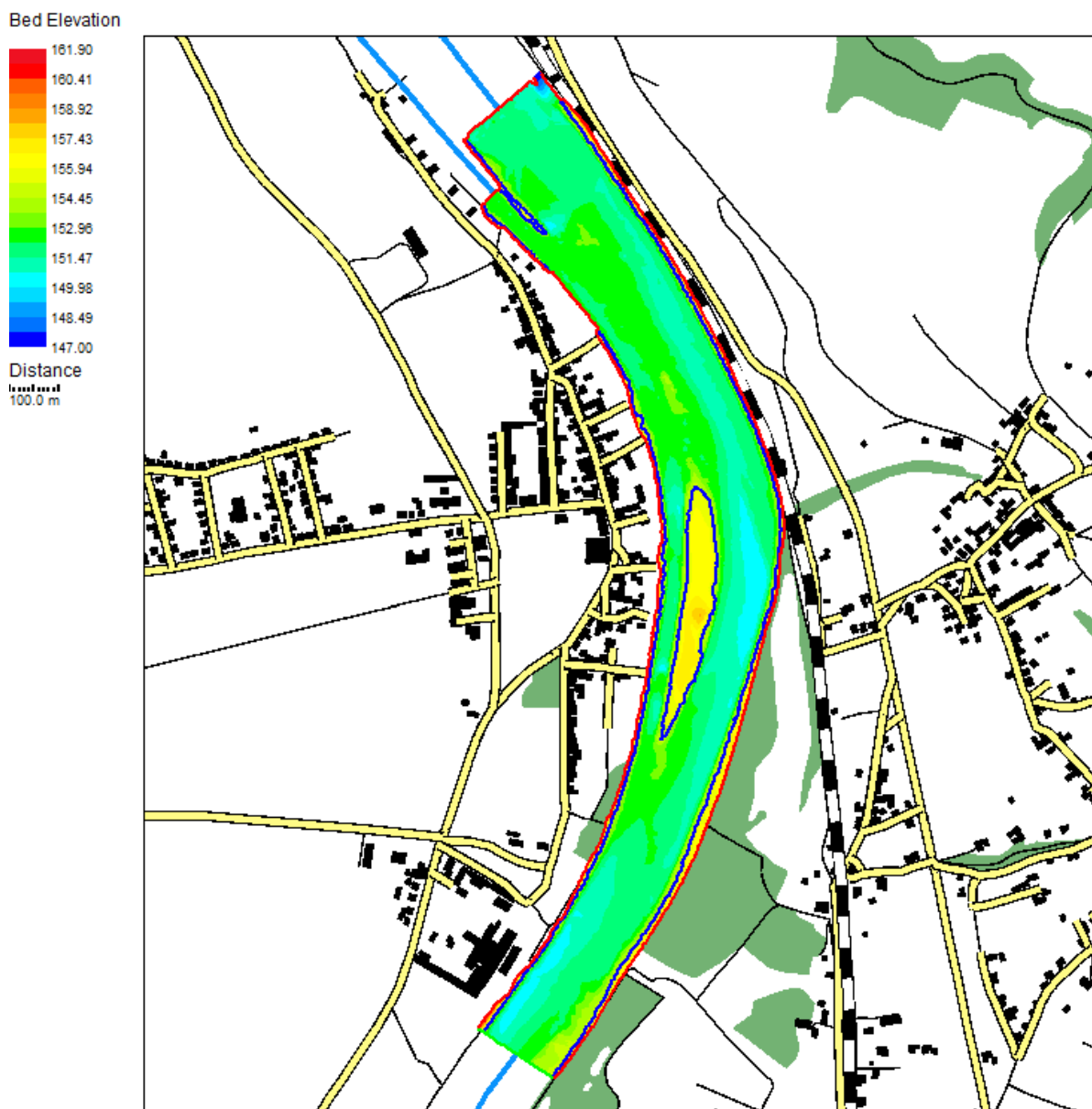
Pokrytí daného úseku body existujícího digitálního modelu terénu (DMT) je na vynikající úrovni v plavební dráze a v břehových partiích. Pokrytí oblasti bezprostředně pod vývarem je uspokojivé. DMT však neobsahoval morfologii tří ostrovů pod jezem v okolí vjezdu do dolní rejdy. Situace byla řešena převzetím jejich polohopisu z ortofotomapy a expertním nastavením výškopisu.



Obr. 3.1 Morfologie dna v simulované oblasti pod jezem.

V oblasti nad jezem byl simulován úsek od jezu (ř.km 830,576) do vzdálenosti 2,174 km proti proudu (ř.km 832,750). Morfologie dna a rozsah simulované oblasti je znázorněn na obr. 3.2.

Datové zabezpečení dna a břehové oblasti na základě dostupného DMT je na vynikající úrovni. Na základě sdělení správce vodního toku (Povodí Labe, s.p.) je však třeba počítat s určitou dynamikou vývoje říčního dna, neboť v zájmovém úseku dochází k poměrně intenzivnímu splaveninovému režimu.



Obr. 3.2 Morfologie dna v simulované oblasti nad jezem.

3.2 OKRAJOVÉ PODMÍNKY

Simulace proudových poměrů byla realizována pro tři charakteristické průtokové situace:

- $150 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ – dle MŘ je veškerý průtok převáděn MVE na pravém břehu, jedná se o průtok, který odpovídá její návrhové hltnosti. S rostoucími průtoky jsou tyto převáděny postupně také přes jez. Poloha hladiny je uvažována na úrovni minimální plavební hladiny.
- $600 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ – průtok je převáděn přes MVE ($150 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) a zbytek přes jez. V rámci simulací byly testovány varianty symetrické a asymetrických manipulací na jezu. Při vyšších průtocích než $600 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, je MVE odstavena z důvodu nedostatečného spádu a veškerý průtok je pak převáděn přes jezová pole. Poloha hladiny je uvažována na úrovni minimální plavební hladiny.
- $991 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ – průtok, který odpovídá maximálnímu plavebnímu průtoku. Celý průtok je převáděn přes jezová pole, v simulaci zde uvažujeme symetrickou manipulaci a polohu hladiny na úrovni maximální plavební hladiny.

3.2.1 HORNÍ REJDA

V oblasti nad jezem byly uvažovány průtokové a manipulační situace dle následující tab. 3.1. Pro průtokové situace 150 a $600 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ byla na jezu Dolní Beřkovice uvažována minimální hladina na úrovni 155,09 m n. m. – 20 cm = 154,89 m n. m. Pro průtokovou situaci $Q_{\text{max.plav}} = 991 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ byla uvažována hladina na jezu v úrovni 155,09 m n. m. + 15 cm = 155,24 m n. m.

Tab. 3.1 Průtokové a manipulační situace v oblasti nad jezem.

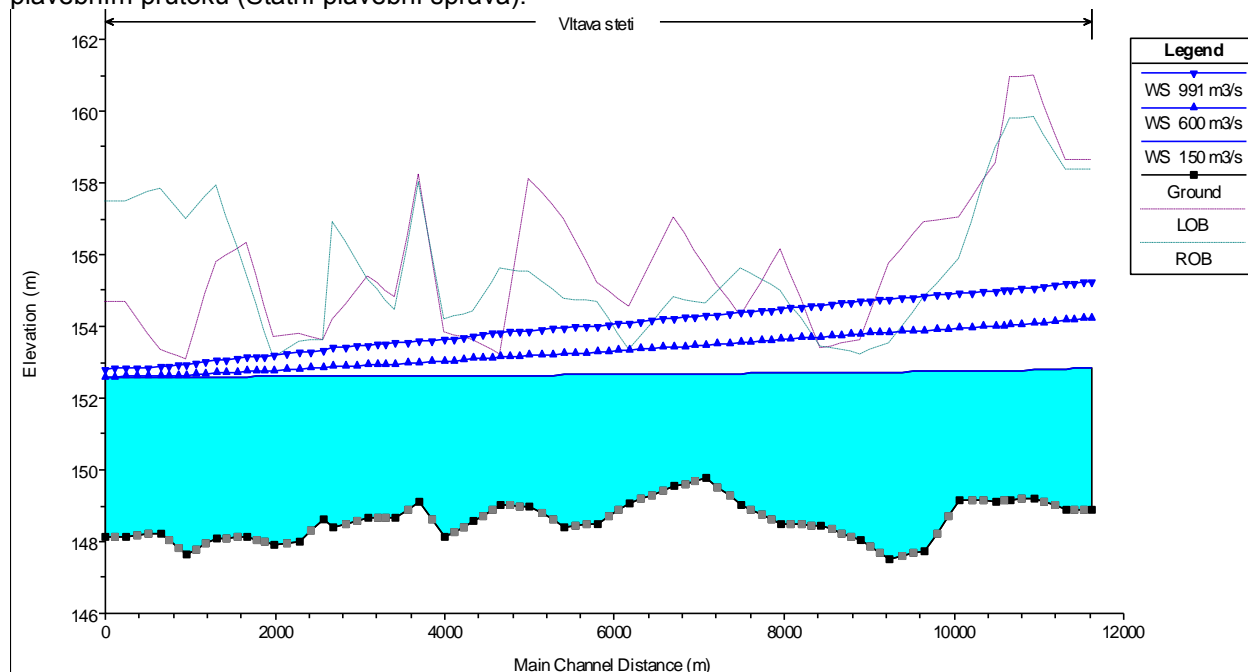
varianta	průtok					H	
	1 pole	2 pole	3 pole	MVE	celkem		
	$[\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}]$	$[\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}]$	$[\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}]$	$[\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}]$	$[\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}]$		
A	0	0	0	150	150	154.89	Hmin
B	0	225	225	150	600	154.89	Hmin
C	225	225	0	150	600	154.89	Hmin
D	150	150	150	150	600	154.89	Hmin
G	330	331	330	0	991	155.24	Hmax

3.2.2 DOLNÍ REJDA

V oblasti pod jezem byly testovány stejné průtokové a manipulační situace jako nad jezem dle tab. 3.1. Pro nastavení 2D matematického modelu však bylo nejprve potřeba určit příslušné hladiny vody v dolním okrajovém profilu v ř.km 828,900. Pro jejich nastavení byl využit pro tyto účely sestavený 1D matematický model celé zdrže jezu Štětí v prostředí HEC-RAS. Model byl kalibrován na základě souboru provozních dat mapujících hladiny pod jezem Dolní Beřkovice při daných průtocích. Po kalibraci 1D modelu byly realizovány simulace průběhů hladin ve zdrži jezu Štětí pro tyto situace (viz také obr. 3.3):

Průtok $[\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}]$	hladina na jezu Štětí $[\text{m n. m.}]$	odvozená hladina v ř.km 828,900 $[\text{m n. m.}]$
150	152,59	152,74
600	152,59	153,93
991	152,84	154,78

Pozn.: Hladiny pro průtok $991 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ byly převzaty z psaného podélného profilu Labe při maximálním plavebním průtoku (Státní plavební správa).



Obr. 3.3 Průběh hladin ve zdrži jezu Štětí při simulovaných situacích (HEC-RAS).

4. POSOUZENÍ ČEKACÍHO STÁNÍ V HORNÍ REJDĚ

Výsledky hydrodynamického posouzení čekacího stání v horní vodě podrobně znázorňují grafické přílohy č. 1 až č. 5, které obsahují rychlostní poměry v celé simulované oblasti v horní vodě. Pro jednotlivé průtokové a manipulační situace byly v oblasti horního čekacího stání identifikovány rozsahy rychlostí dle následující tab. 4.1.

Tab. 4.1 Rychlostní poměry v horním čekacím stání.

HORNÍ ČEKACÍ STÁNÍ						
varianta	průtok					rychlost v horním čekacím stání
	1 pole	2 pole	3 pole	MVE	celkem	
	[m ³ .s ⁻¹]	[m ³ .s ⁻¹]	[m ³ .s ⁻¹]	[m ³ .s ⁻¹]	[m ³ .s ⁻¹]	[m.s ⁻¹]
A	0	0	0	150	150	0.15 - 0.25
B	0	225	225	150	600	0.60 - 1.00
C	225	225	0	150	600	0.60 - 1.00
D	150	150	150	150	600	0.60 - 1.00
G	330	331	330	0	991	0.90 - 1.40

Z výsledků hydrodynamické simulace v horní vodě vyplývají tyto závěry:

- Natékání profilu jezu Dolní Beřkovice je ovlivněno několika faktory, mezi které se řadí zejména oblouk nad jezem, poloha ostrova v ř.km 832,0 a poloha dna, které je v konkávě hlouběji. Přirozeným důsledkem těchto faktorů je intenzivnější proudění s vyššími rychlostmi podél pravého břehu Labe.
- Poloha nově navrženého čekacího stání v horní vodě při levém břehu před vjezdem do horní rejdě je z tohoto pohledu lokalizována do oblasti s minimálními rychlostmi v celém prostoru nad jezem.
- Simulace prokázaly, že způsob převádění průtoku přes jez (symetrická nebo asymetrické manipulace) nemá pozorovatelný vliv na proudové poměry v oblasti horního čekacího stání.
- Příčné proudění v oblasti zhlaví dělicí hráze mezi horní rejdou a nadejzím vychází z dispozice vodního díla a není navrženou modernizací rejd plavební komory nijak ovlivněno.
- Z nautického hlediska lze považovat proudové poměry v oblasti horního čekacího stání za vhodné.

5. POSOUZENÍ ČEKACÍHO STÁNÍ V DOLNÍ REJDĚ

Výsledky hydrodynamického posouzení čekacího stání v dolní vodě podrobně znázorňují grafické přílohy č. 6 až č. 10, které obsahují rychlostní poměry v celé simulované oblasti v dolní vodě. Pro jednotlivé průtokové a manipulační situace byly v oblasti dolního čekacího stání identifikovány rozsahy rychlostí dle následující tab. 5.1.

Tab. 5.1 Rychlostní poměry v dolním čekacím stání.

DOLNÍ ČEKACÍ STÁNÍ						
varianta	průtok					rychlost v dolním čekacím stání
	1 pole	2 pole	3 pole	MVE	celkem	
	[m ³ .s ⁻¹]	[m ³ .s ⁻¹]	[m ³ .s ⁻¹]	[m ³ .s ⁻¹]	[m ³ .s ⁻¹]	
A	0	0	0	150	150	0.15 - 0.25
B	0	225	225	150	600	0.80 - 0.95
C	225	225	0	150	600	0.85 - 1.00
D	150	150	150	150	600	0.80 - 1.00
G	330	331	330	0	991	1.20 - 1.35

Z výsledků hydrodynamické simulace v dolní vodě vyplývají tyto závěry:

- Proudění pod jezem Dolní Beřkovic je ovlivněno dispozicí vodního díla, hlubšími polohami dna při pravém břehu a existencí několika ostrůvků před vjezdem do dolní rejdy. Přirozeným důsledkem těchto faktorů je intenzivnější proudění s vyššími rychlostmi podél pravého břehu Labe.
- Poloha nově navrženého čekacího stání v dolní vodě je lokalizována v dostatečné vzdálenosti pod vjezd do dolní rejdy z důvodu zajištění bezpečných plavebních podmínek při míjení plavidel při současném dodržení potřebných parametrů plavební dráhy.
- Vliv manipulace s jezem (asymetrická nebo symetrická manipulace) je v oblasti vjezdu do dolní rejdy slabě patrná, ale není významná.
- Při vyšších plavebních průtocích vzniká na vjezdu do dolní rejdy zpětný proud, který má slabou tendenci vtahovat plavidla do rejdy a je z nautického hlediska v podstatě příznivý. Na vjezdu do dolní rejdy nebyly identifikovány zvýšené hodnoty příčných rychlostí.
- Z nautického hlediska lze považovat proudové poměry v oblasti dolního čekacího stání za vhodné.

6. ZÁVĚRY

Z výsledků simulace proudových poměrů v okolí jezu Dolní Beřkovic na 2D matematickém modelu vyplývají ve vazbě na nautické podmínky v navrhovaném horním a dolním čekacím stání tyto závěry:

1. Vzhledem k dispozici vodního díla, poloze dna a existenci ostrovů v korytě Labe jsou proudové poměry orientovány převažující měrou podél pravého břehu Labe.
2. Umístění čekacích stání v horní a dolní vodě je vhodně lokalizováno v místech s nejmenší intenzitou proudění.
3. Simulace prokázaly, že způsob převádění průtoku přes jez (symetrická nebo asymetrické manipulace) nemá pozorovatelný vliv na proudové poměry v oblasti horního čekacího stání. V oblasti dolního čekacího stání je vliv patrný, ale není významný.
4. Příčné proudění v oblasti zhlaví dělící hráze mezi horní rejdou a nadjezím vychází z dispozice vodního díla a není navrženou modernizací rejd plavební komory ovlivněno.
5. Při vyšších plavebních průtocích vzniká na vjezdu do dolní rejdy zpětný proud, který má slabou tendenci vtahovat plavidla do rejdy a je z nautického hlediska v podstatě příznivý. Na vjezdu do dolní rejdy nebyly identifikovány zvýšené hodnoty příčných rychlostí.
6. Z nautického hlediska lze považovat proudové poměry v oblasti horního a dolního čekacího stání za vhodné.

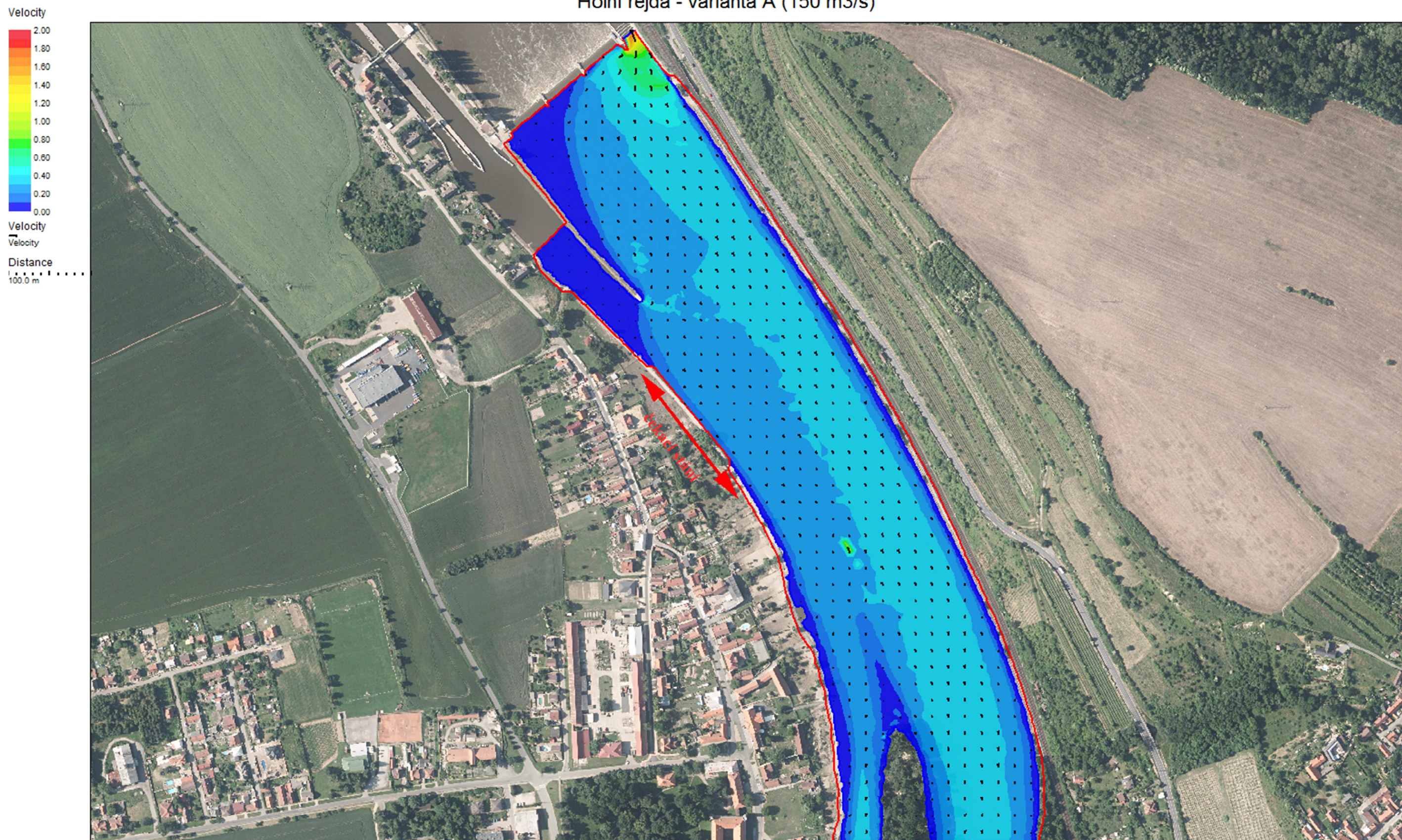
SEZNAM ZDROJŮ

1. Situace VD Dolní Beřkovic. Dokumentace k územnímu rozhodnutí. Rozpracovaná verze k 13.10.2014. Sweco hydroprojekt, a.s.
2. Manipulační řád pro VD Dolní Beřkovic. Povodí Labe, s.p., 08/2014.
3. Nejvyšší plavební hladiny. Psaný podélný profil. Státní plavební správa. 2014.
4. Digitální model terénu. Povodí Labe, s.p.
5. Analýza provozních záznamů VD Dolní Beřkovic. Povodí Labe, s.p. (Ing. Tomáš Svoboda), 2014.
6. Listy plavebních map DL74 až DL78. Státní plavební správa.
7. Plavební vyhláška č. 2/2011 Státní plavební správy ze dne 5. 1. 2011 o omezení, popřípadě zákazu plavby na vodních cestách ČR.

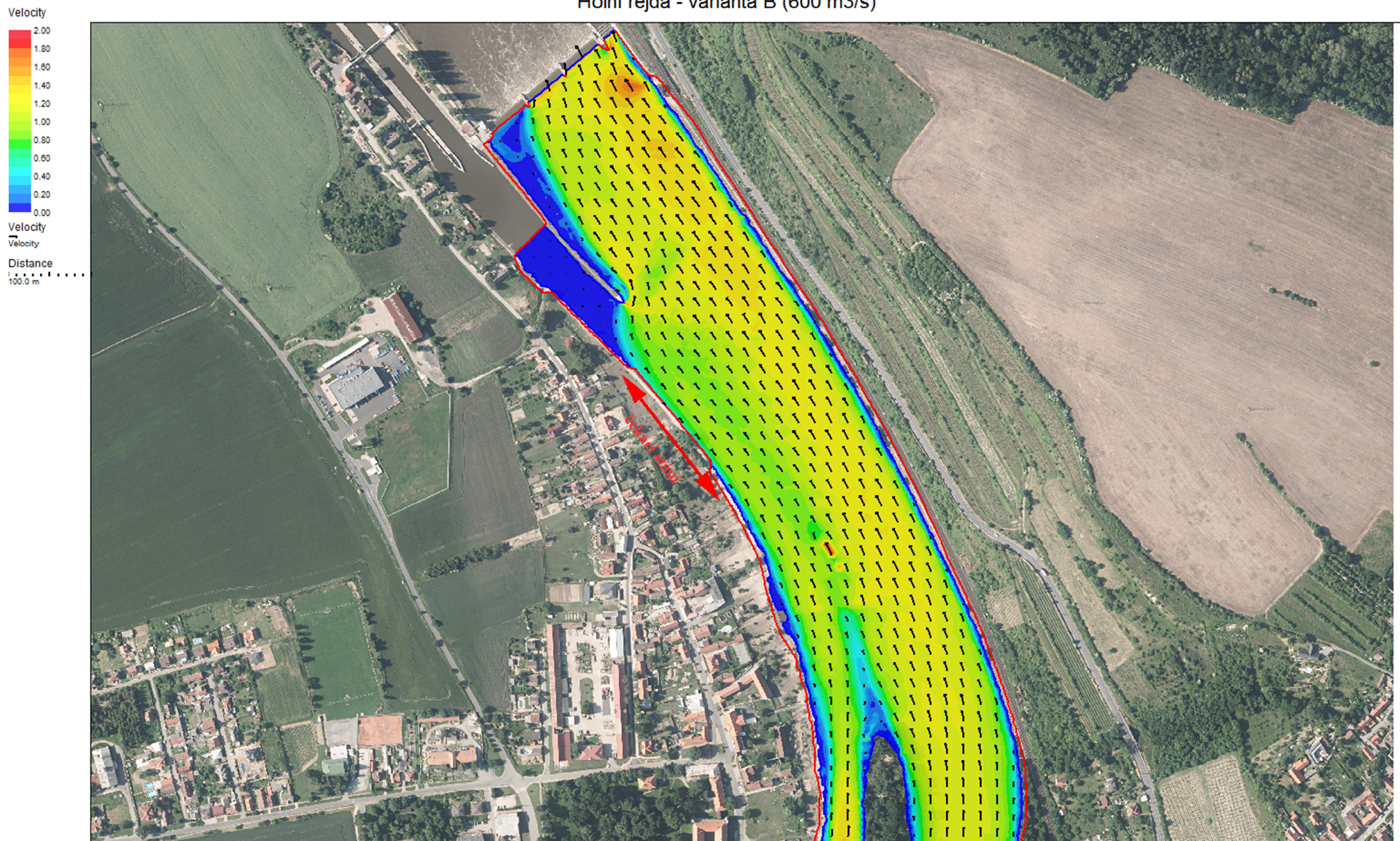
PŘÍLOHY

1. Horní rejda – varianta A ($150 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$), pouze MVE,
2. Horní rejda – varianta B ($600 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$), asymetrická manipulace jezem a MVE,
3. Horní rejda – varianta C ($600 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$), asymetrická manipulace jezem a MVE,
4. Horní rejda – varianta D ($600 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$), symetrická manipulace jezem a MVE,
5. Horní rejda – varianta G ($991 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$), symetrická manipulace jezem.
6. Dolní rejda – varianta A ($150 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$), pouze MVE,
7. Dolní rejda – varianta B ($600 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$), asymetrická manipulace jezem a MVE,
8. Dolní rejda – varianta C ($600 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$), asymetrická manipulace jezem a MVE,
9. Dolní rejda – varianta D ($600 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$), symetrická manipulace jezem a MVE,
10. Dolní rejda – varianta G ($991 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$), symetrická manipulace jezem.

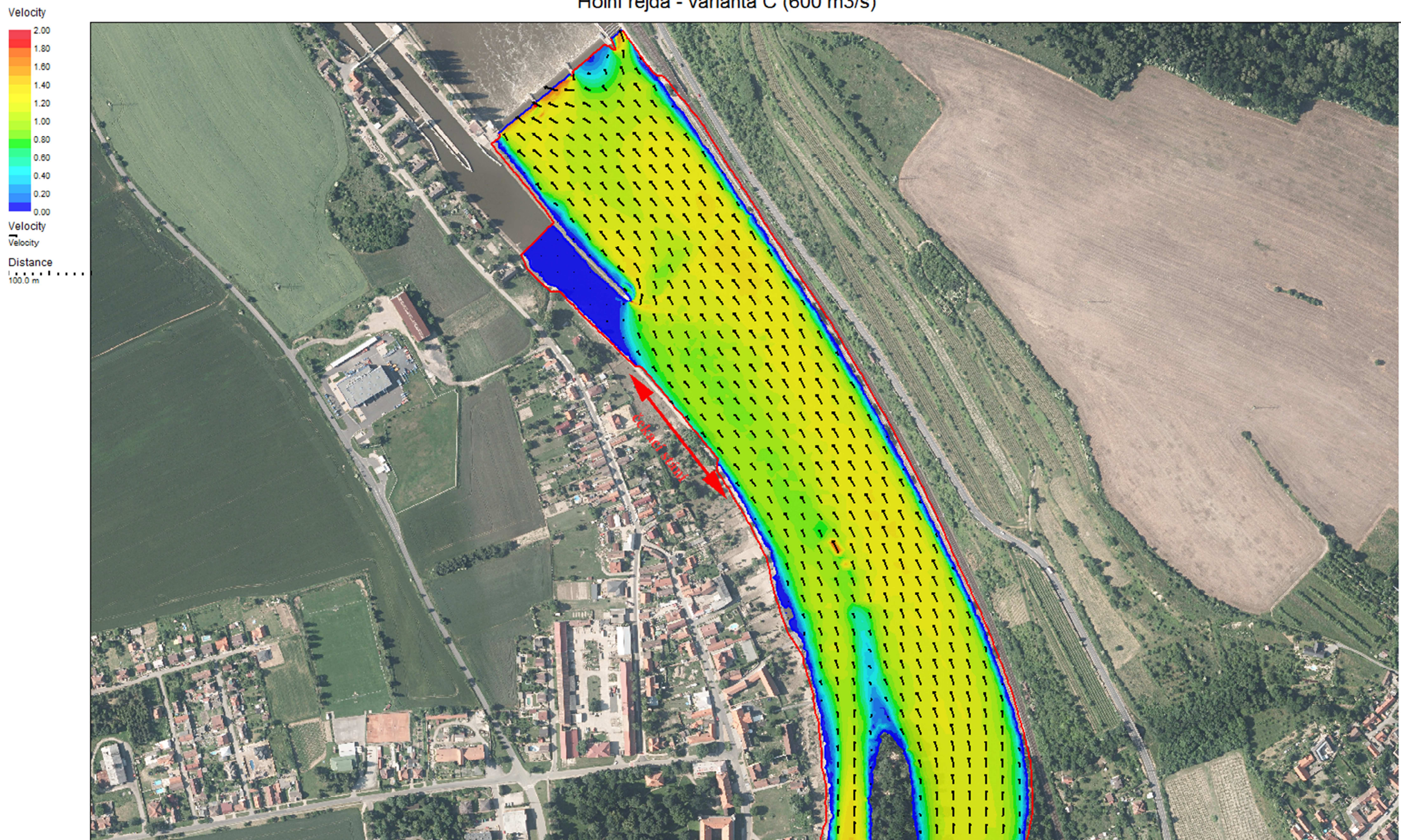
Holní rejda - varianta A (150 m³/s)



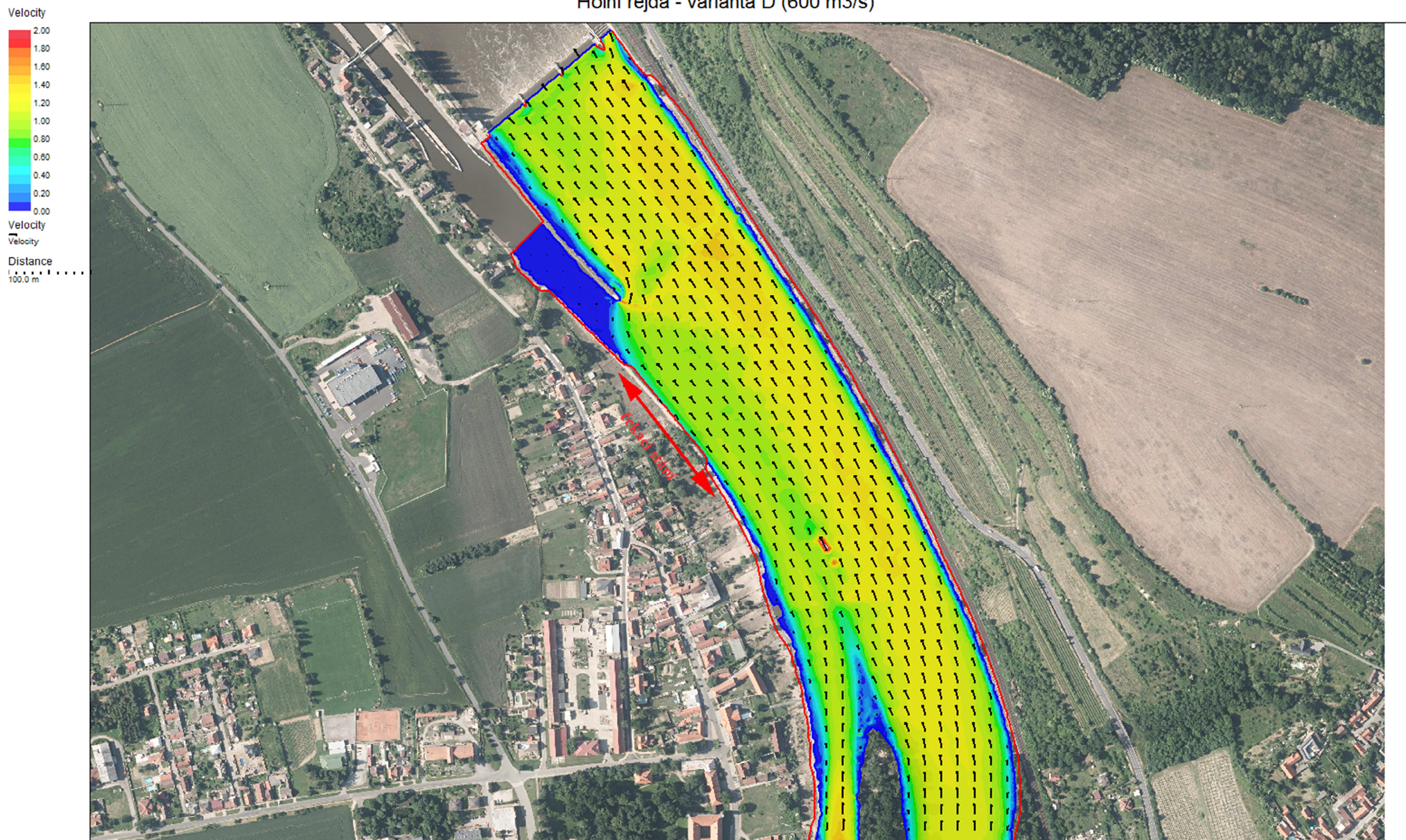
Holní rejda - varianta B (600 m³/s)



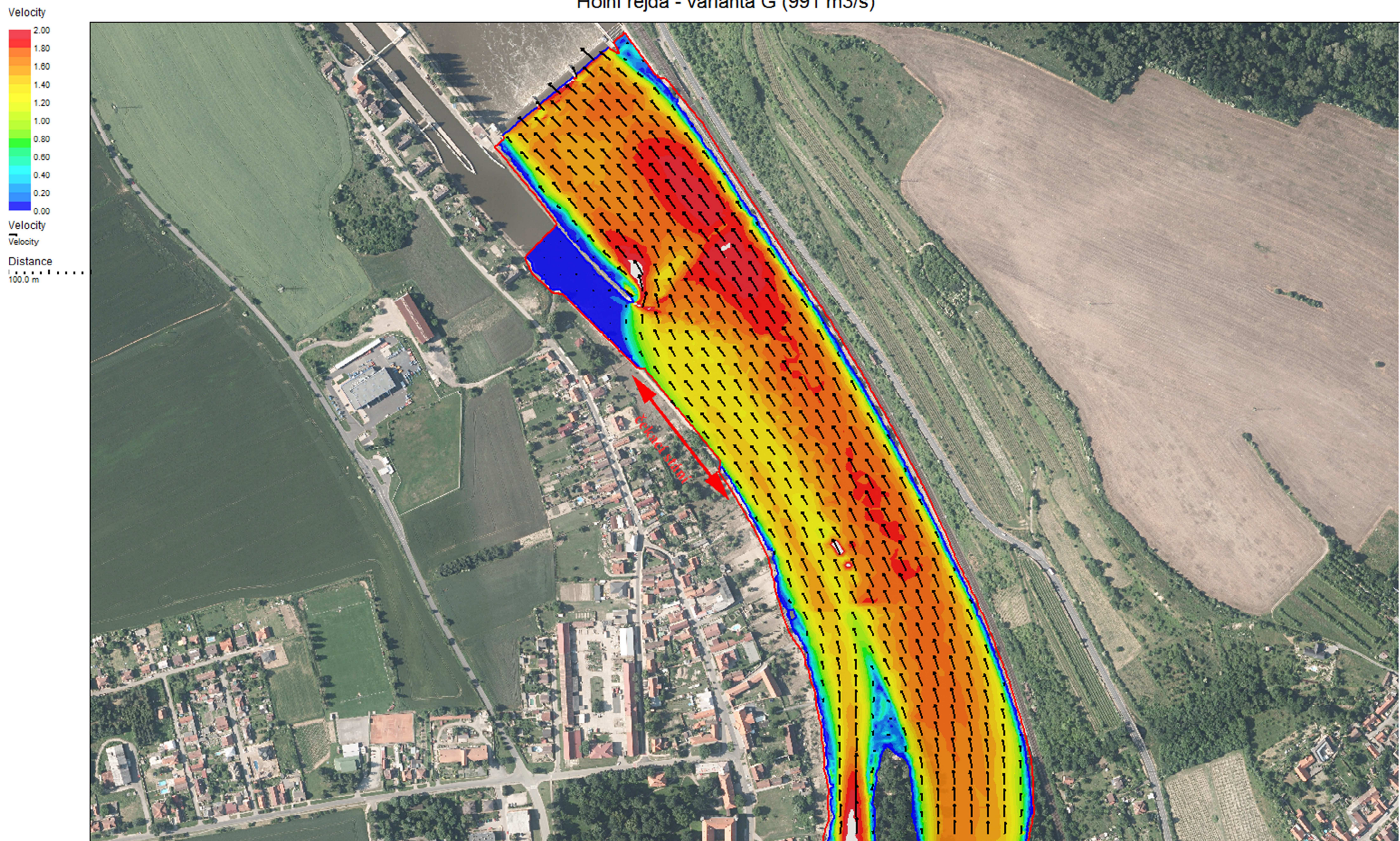
Holní rejda - varianta C (600 m³/s)



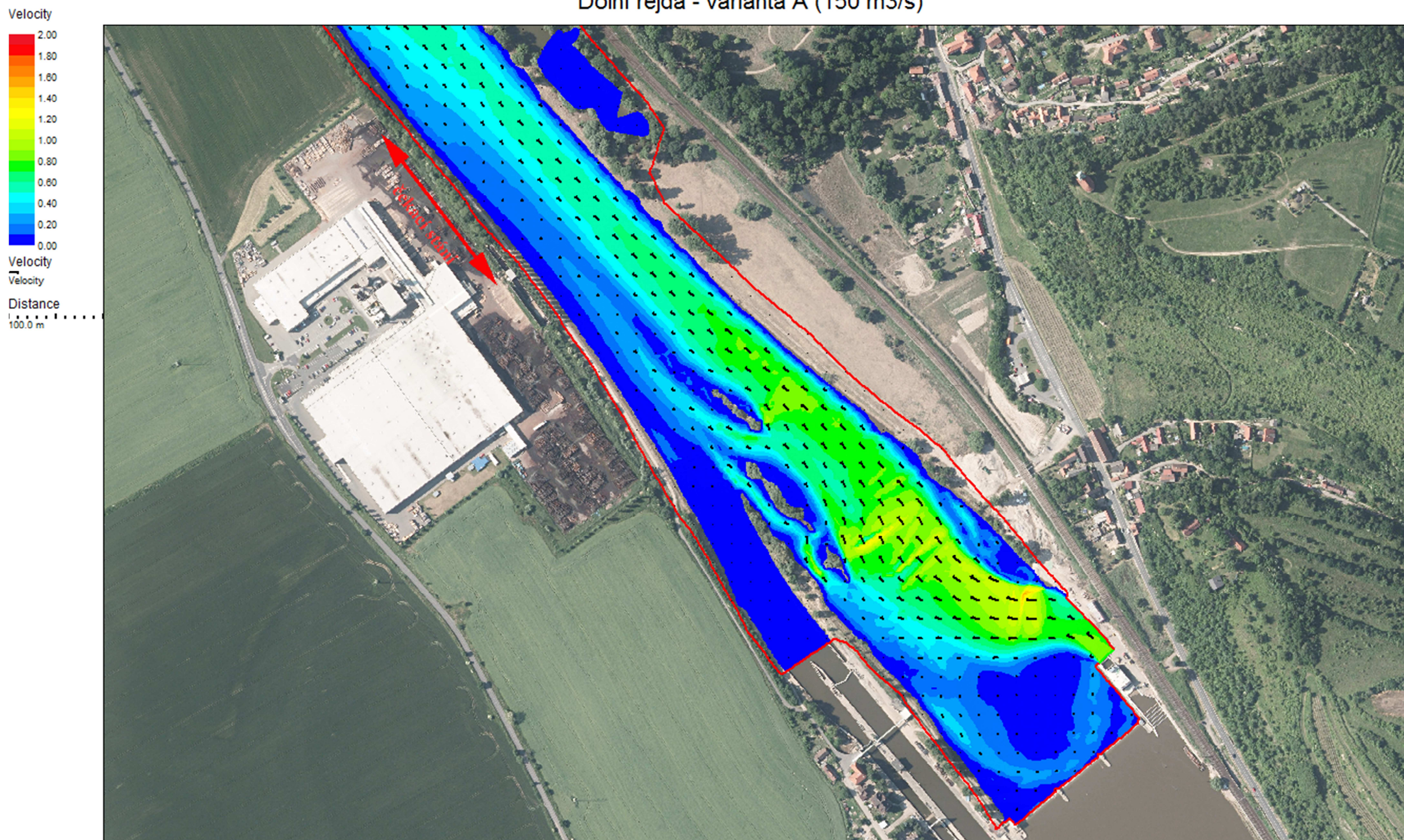
Holní rejda - varianta D (600 m³/s)



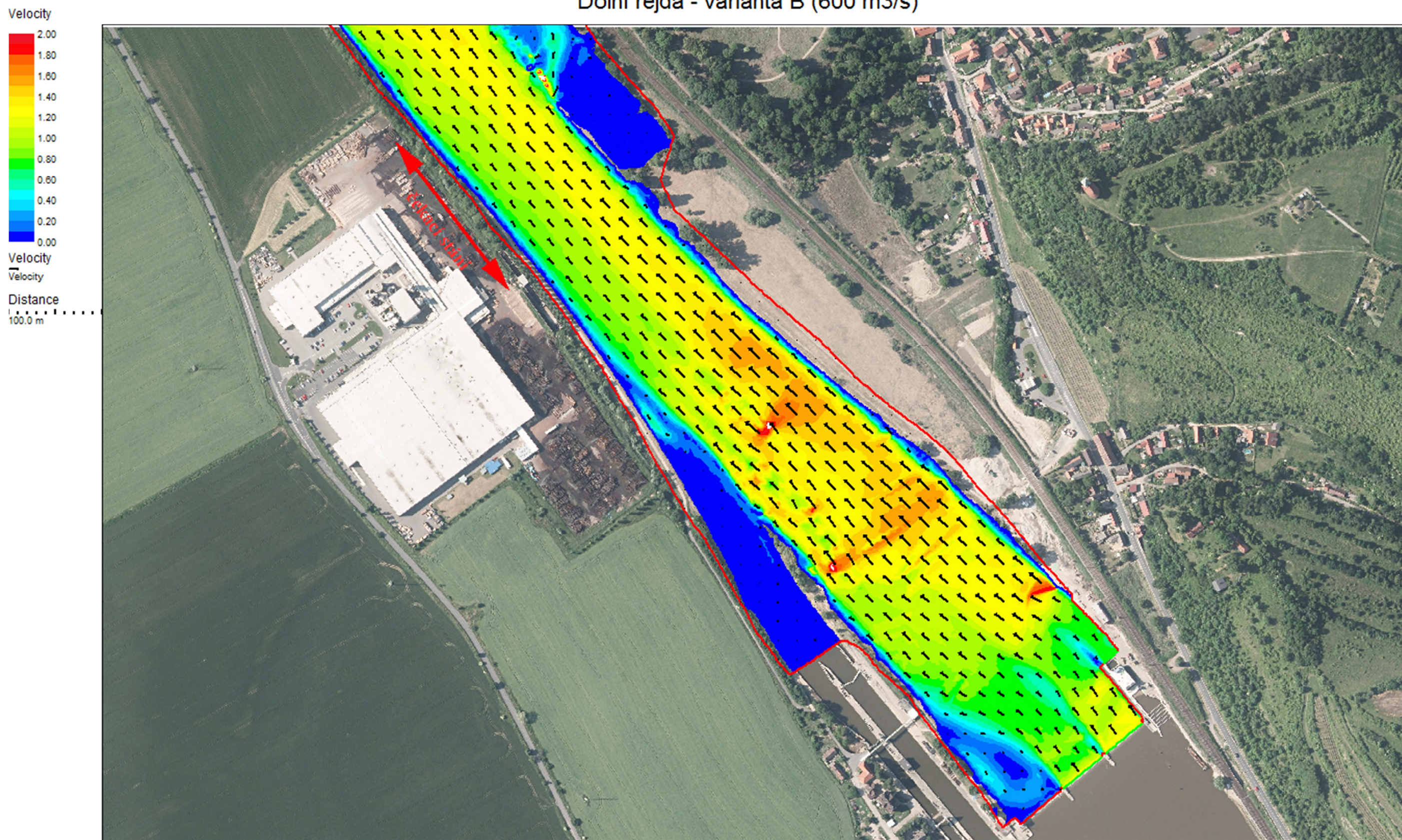
Holní rejda - varianta G (991 m³/s)



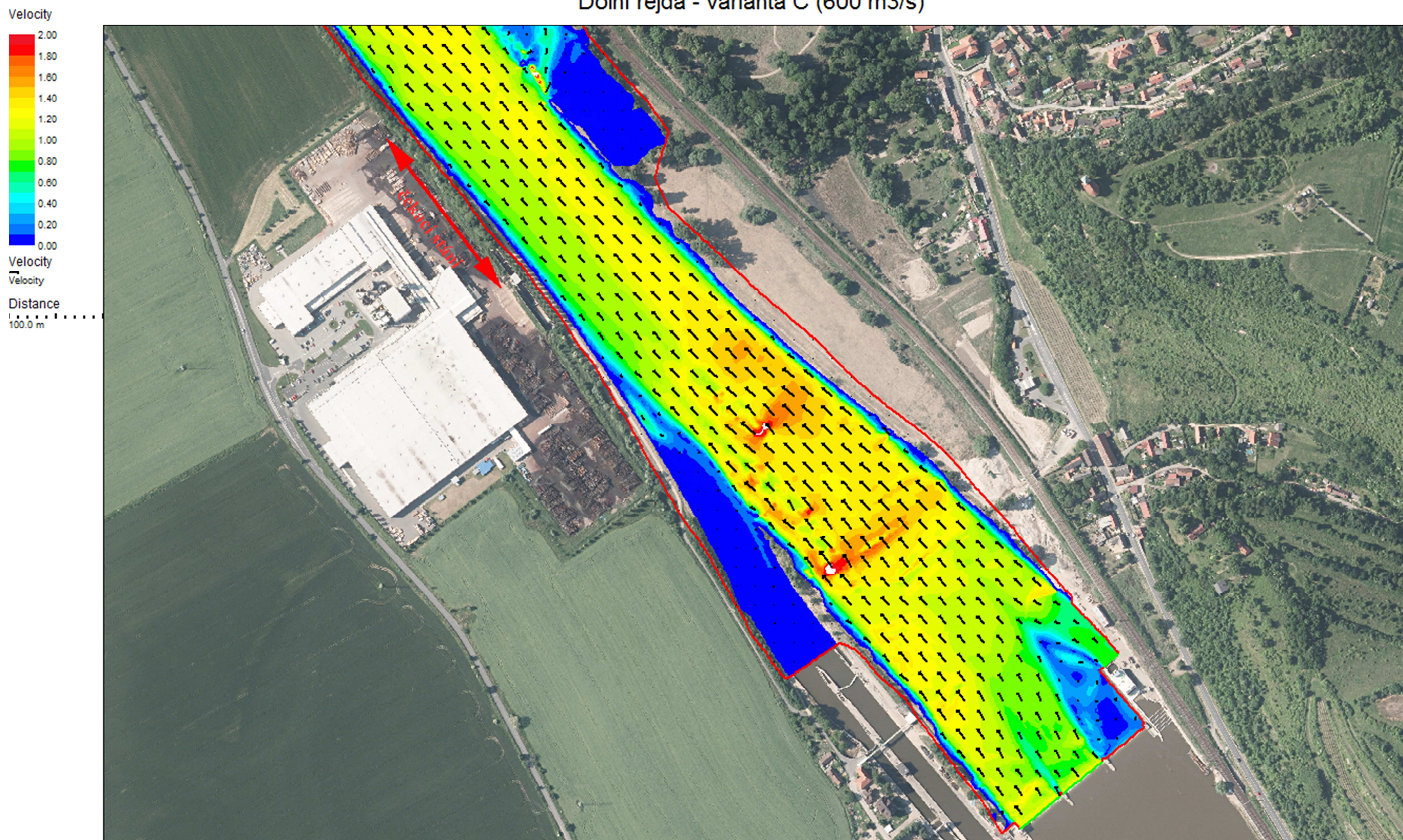
Dolní rejda - varianta A (150 m³/s)



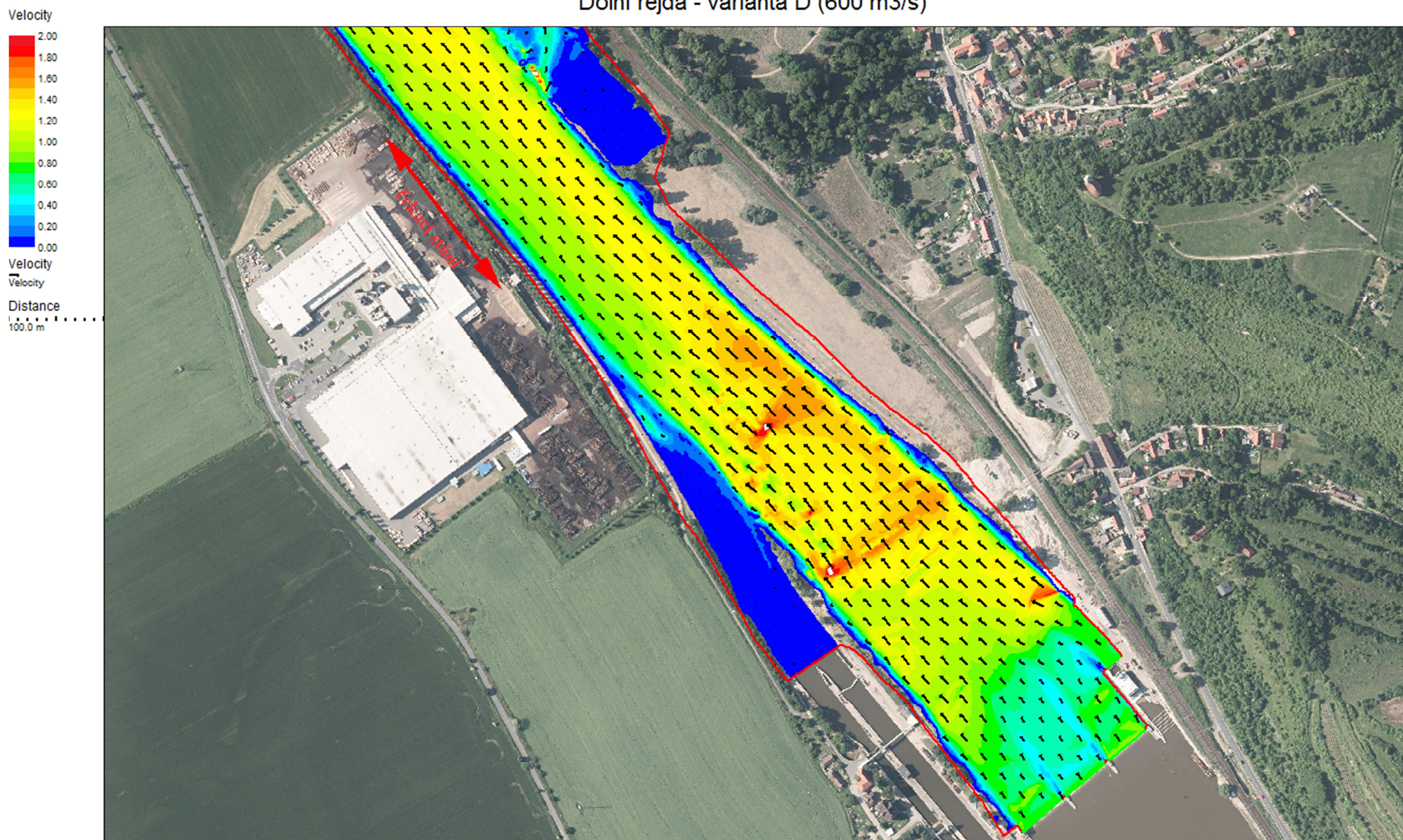
Dolní rejda - varianta B (600 m³/s)



Dolní rejda - varianta C (600 m³/s)



Dolní rejda - varianta D (600 m³/s)



Dolní rejda - varianta G (991 m³/s)

