

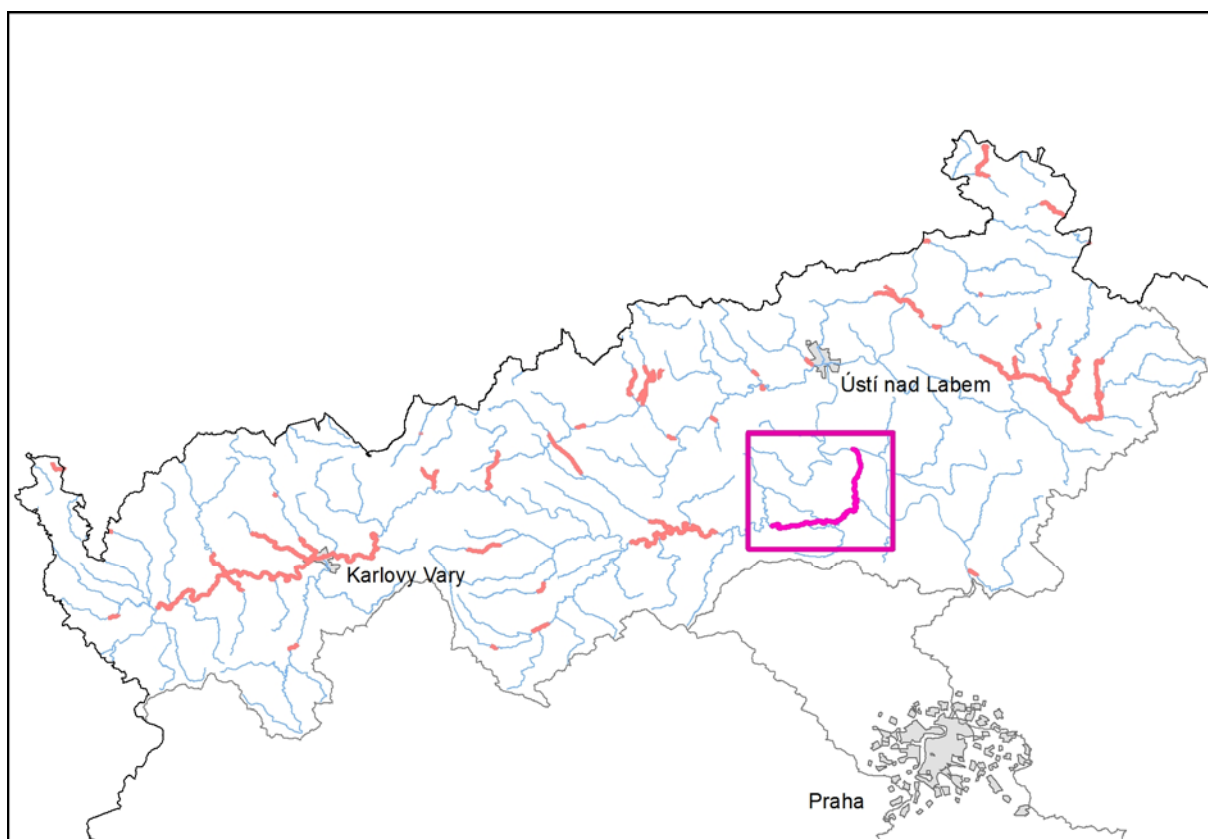


ZPRACOVÁNÍ MAP POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ A POVODŇOVÝCH RIZIK PRO OBLAST POVODÍ OHŘE A DOLNÍHO LABE

DÍLČÍ POVODÍ OHŘE, DOLNÍHO LABE A OSTATNÍCH PŘÍTOKŮ LABE

B. TECHNICKÁ ZPRÁVA – HYDRODYNAMICKÉ MODELY A MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ

OHŘE – 10100004_1 - Ř. KM 00,000 – 30,500



listopad 2013



Povodí Ohře



OPERAČNÍ PROGRAM
ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ



EVROPSKÁ UNIE
Fond soudržnosti

Pro vodu,
vzduch a přírodu

ZPRACOVÁNÍ MAP POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ A POVODŇOVÝCH RIZIK PRO OBLAST POVODÍ OHŘE A DOLNÍHO LABE

DÍLČÍ POVODÍ OHŘE, DOLNÍHO LABE A OSTATNÍCH PŘÍTOKŮ LABE

B. TECHNICKÁ ZPRÁVA – HYDRODYNAMICKÉ MODELY A MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ

OHŘE – 10100004_1 - Ř. KM 00,000 – 30,500

Pořizovatel:



Povodí Ohře, státní podnik
Bezručova 4219
Chomutov
430 03

Zhotovitel: sdružení „HYDROPROJEKT + Hydrosoft + AZ Consult“



Sweco Hydroprojekt a.s.
Táborská 31
Praha 4
140 16



HYDROSOFT Veleslavín s.r.o.
U Sadu 13/62
Praha 6
162 00



AZ Consult, spol. s r.o.
Klíšská 12
Ústí nad Labem
400 01



OPERAČNÍ PROGRAM
ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ



EVROPSKÁ UNIE
Fond soudržnosti

Pro vodu,
vzduch a přírodu

Řešitel:



DHI a.s.
Na Vrších 1490/5
Praha 10
100 00



Sweco Hydroprojekt a.s.
Táborská 31
Praha 4
140 16

V Praze , listopad 2013

Obsah:

1	Základní údaje	7
1.1	Seznam zkratk a symbolů	7
1.2	Cíle prací	8
1.3	Předmět práce	8
1.4	Postup zpracování a metoda řešení	8
1.4.1	Vstupní data	8
1.4.2	Hydrodynamický model	8
1.4.3	Výsledky výpočtů	9
2	Popis zájmového území	10
2.1	Všeobecné údaje	12
2.2	Průběhy historických povodní (největší zaznamenané povodně)	13
3	Přehled podkladů	16
3.1	Topologická data	16
3.1.1	Vytvoření (aktualizace) DMT	16
3.1.2	Mapové podklady	17
3.1.3	Geodetické podklady	18
3.2	Hydrologická data	19
3.3	Místní šetření	19
3.4	Doplňující podklady – technické a provozní informace, zprávy, studie, dokumenty, literatura	20
3.5	Normy, zákony, vyhlášky	20
3.6	Vyhodnocení a příprava podkladů	21
4	Popis koncepčního modelu	22
4.1	Schematizace řešeného problému	22
4.2	Posouzení vlivu nestacionarity proudění	23
4.3	Způsob zadávání OP a PP	23
5	Popis numerického modelu	24
5.1	Použité programové vybavení	24
5.2	Vstupní data numerického modelu	24
5.2.1	Morfologie vodního toku a záplavového území	25
5.2.2	Drsnosti hlavního koryta a inundačních území	25
5.2.3	Hodnoty okrajových podmínek	26
5.2.4	Hodnoty počátečních podmínek	26
5.2.5	Diskuze k nejistotám a úplnosti vstupních dat	26
5.3	Popis kalibrace modelu	26
6	Výstupy z modelu	29
6.1	Záplavové čáry a mapy hladin pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	29
6.2	Hloubky pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	30
6.3	Rychlosti pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	30

6.4	Zhodnocení nejistot ve výsledcích výpočtů	31
-----	---	----

1 Základní údaje

1.1 Seznam zkratek a symbolů

Tab. č. 1.1 Seznam zkratek a symbolů

Zkratka	Vysvětlení
Bpv	Výškový systém Balt po vyrovnání
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
DMR5G	Digitální model reliéfu České republiky 5. generace
DMT	Digitální model terénu
DMT ATLAS	Software pro zpracování digitálního modelu terénu
DOP	Dolní okrajová podmínka
HOP	Horní okrajová podmínka
LGS	Limnigrafická stanice
M21C	Matematický model Mike21C (2D model – curvilinear)
MPN	Mapy povodňového nebezpečí
MŘ	Manipulační řády jezů
MZE	Ministerstvo zemědělství
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
PPO	Protipovodňová opatření
S_JTSK	Souřadný systém jednotné trigonometrické sítě katastrální
SZÚ	Studie záplavového území
ZABAGED®	Základní báze geografických dat – digitální topografický model
ZM-10	Základní mapa 1 : 10 000
ZÚ	Záplavová území

1.2 Cíle prací

Cílem prací je vyjádření povodňového nebezpečí na základě stanovení těchto charakteristik průběhu povodně:

- hranice rozlivů,
- hloubky vody v záplavovém území,
- rychlosti proudění vody v záplavovém území.

Podstatou vyjádření povodňového nebezpečí je určení prostorového rozdělení uvedených charakteristik povodně a zpracování těchto údajů do podoby tzv. map povodňového nebezpečí. Ty slouží v dalším kroku jako podklad pro vyjádření povodňového rizika semi-kvantitativní metodou uvedenou v „Metodice tvorby map povodňového nebezpečí a povodňových rizik“.

1.3 Předmět práce

Předmět práce zahrnuje tyto činnosti:

- popis postupů souvisejících se zajištěním vstupních podkladů – stávající + nové (dodatečné zaměření profilů, objektů atd.),
- sestavení (aktualizace) hydrodynamických modelů a příslušné simulace,
- zpracování výsledků numerického modelování a vytvoření map povodňového nebezpečí (mapy rozlivů, hloubek a rychlostí).

1.4 Postup zpracování a metoda řešení

1.4.1 Vstupní data

Data lze rozdělit do dvou základních skupin:

Hydrologická data

Pro účel studie byla objednána a ČHMÚ stanovena aktuální hydrologická data (N-leté průtoky) v pěti profilech zájmového úseku – jez Křesín, pod Rosovkou, pod Malou Ohří, pod Čepelem, jez Terezín.

Topologická data

Stávající příčné profily byly v některých úsecích (kde vzdálenost profilů přesahovala 300 m) doplněny o nové profily tak, aby bylo možné v zájmovém úseku z těchto dat popisujících tvar a charakter toku (po jeho břehové hrany) vytvořit plně vypovídající DMT vlastního koryta řeky včetně všech mostních a jezových objektů.

Některé nové profily byly přitom zaměřeny v místě již existujících profilů a to z toho důvodu, aby bylo možné posoudit vývoj dna a korytotvorné procesy řeky a porovnat dva rozdílné zdroje dat. Lze konstatovat, že u většiny těchto dvojic příčných profilů bylo dosaženo velmi dobré shody výšek zaměřených bodů – na březích se rozdíl pohyboval do 0,05 m (max. 0,10 m), ve dně do 0,30 m (max. 0,50 m).

ZÚ bylo popsáno podrobnými body nejnovějšího celoplošného měření reliéfu DMR5G, z kterých byl rovněž vygenerován DMT záplavového území.

DMT koryta řeky a záplavového území byla následně spojeny v jeden celek.

1.4.2 Hydrodynamický model

Hydraulické charakteristiky proudění v zájmové oblasti toku byly simulovány dvourozměrným matematickým modelem MIKE21C (rel. 2011, sp.7).

S ohledem na znalost hydraulických charakteristik proudění v dané oblasti, plynoucí ze stavby matematického modelu SZÚ Dolní Ohře, jeho výsledků a průběhu několika povodňových epizod v posledních letech, bylo nutno přistoupit k rozdělení celého řešeného úseku na dvě části:

1. **model A** Křesín – násep MŽ v Bohušovicích n. O.,
2. **model B** násep MŽ v Bohušovicích n. O. – zaústění do Labe.

V dolní části zájmového úseku toku Ohře (**model B** - oblast mezi Litoměřicemi, Terezínem a Bohušovicemi n. O.) dochází za vyšších povodňových stavů k značnému ovlivnění charakteru proudění Ohře hladinami v Labi. K zaplavení velmi rozlehlého a poměrně plochého území dochází směrem od Labe proti toku Ohře, na soutoku lze pozorovat křížení proudění obou toků. Záplavové území Ohře je zde značně dotováno vodou z Labe, v podstatě se jedná o záplavové území Labe.

Vzhledem k těmto uvedeným skutečnostem byl spodní úsek Ohře (**model B**) zahrnut do výpočetní sítě matematického modelu dolního Labu a to jak v celém úseku (ID úseku IDVT CEVT 10100002_1, úsek Mělník – zdymadlo Střekov), tak i v dílčím úseku Labe od obce Hrobce k Portě Bohemice před Litochovicemi.

Jako dělicí profil pro předávání okrajových podmínek byl využit silniční násep železniční tratě Ústí nad Labem – Praha, jehož výše nad terénem 2,0 až 7,0 se plynule se zvyšuje od Lovosic směrem k Hrdlům. Těleso náspu nebylo přelito ani za povodně 08/2002, voda pouze protékala skrze několik levo a pravobřežních drážních propustků a mostků. Násep ŽM byl vybrán také z toho důvodu, že proudění je zde téměř kolmé k profilu mostu a v důsledku vysokého náspu dochází ke koncentraci proudění do hlavního koryta.

Dle metodiky MPN byl soutok Labe a Ohře řešen „vystřídáním schématem“, tzn. že nejprve byl zátěžový průtok Q_N zadán do Labe a do Ohře byl použitelný takový doplněk, aby byl za soutokem dosažen stanovený průtok Q_N , pak následoval opačný výpočet, kdy zátěžový průtok Q_N byl zadán do Ohře a Labem protékal doplněk.

Základní postup tvorby hydrodynamického modelu:

Nad ortofoto-mapami příslušného území byla v programovém prostředí M21C Grid Generatoru (rel. 2011, sp. 7) zkonstruována dvourozměrná křivočará výpočetní síť v takové šíři a rozsahu, aby plně pokryla ZÚ Ohře pro všechny simulované průtoky Q_N .

Tato síť a DMT byly použity při generaci batymetrie (geometrie) zájmového území.

Drsnosti ZÚ byly plošně rozděleny na základě klasifikace území v digitálním geografickém modelu ZABAGED® a postupně upravovány dle kalibračních výpočtů, stejně tak jako drsnosti v korytě řeky.

Průtokové stavy Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500} ve vstupním profilu Ohře (jez Křesín) byly horní okrajovou podmínkou ustálených hydraulických výpočtů modelu. Hodnoty přítoků byly dopočteny vzhledem k bilanci průtoků Ohře mezi pěti známými profily, pro průtok Q_{500} byla uvažována také velikosti mezipovodí jednotlivých přítoků, resp. znalosti jejich hodnot Q_N a poměru Q_{500}/Q_{100} v profilu LGS Louny a jez Terezín.

Dolní okrajovou podmínkou **modelu A** byla vždy hladina odpovídající danému zátěžovému stavu, vzhledem k metodice MPN soutoku se vycházelo z vyšší hladiny vypočtené „vystřídáním schématem“ na soutoku.

1.4.3 Výsledky výpočtů

Z dosažených výsledků byly pro všechny průtokové stavy Q_N vygenerovány:

- záplavové čáry (hranice rozlivů),
- mapy hloubek,
- mapy rychlostí,

na základě kterých byly vytvořeny mapy povodňového nebezpečí.

2 Popis zájmového území

Název toku:	OHŘE
ID úseku IDVT CEVT	10 100 004
Číslo hydrologického pořadí toku:	1-12-03-0430-0-00 (Labe) 1-12-03-0680-0-00 (Úštěcký potok) 1-12-03-0690-0-00 (Labe) 1-12-03-0700-0-00 (Blatenský potok) 1-12-03-0730-0-00 (Labe) 1-12-03-0840-0-00 (Luční potok) 1-12-03-0850-0-00 (Labe) 1-12-03-0860-0-00 (Močidla) 1-12-03-0870-0-00 (Labe) 1-12-03-0880-0-00 (Stará Ohře) 1-12-03-0890-0-00 (Labe) 1-13-04-0370-0-00 (Ohře) 1-13-04-0380-0-00 (Hluboká svodnice) 1-13-04-0390-0-00 (Ohře) 1-13-04-0400-0-00 (Evaňský potok) 1-13-04-0410-0-00 (Ohře) 1-13-04-0420-0-00 (Ohře) 1-13-04-0470-0-00 (Rosovka) 1-13-04-0480-0-00 (Ohře) 1-13-04-0490-0-00 (Malá Ohře (náhon)) 1-13-04-0510-0-00 (Mšenský potok) 1-13-04-0520-0-00 (Malá Ohře (náhon)) 1-13-04-0530-0-00 (Ohře) 1-13-04-0540-0-00 (Ohře) 1-13-04-0550-0-00 (Tvrdoňská svodnice) 1-13-04-0561-0-00 (Ohře) 1-13-04-0562-0-00 (Ohře) 1-13-04-0651-0-00 (Čepel) 1-13-04-0652-0-00 (rameno Ohře) 1-13-04-0653-0-00 (Čepel) 1-13-04-0661-0-00 (Ohře) 1-13-04-0662-0-00 (Brozanský náhon) 1-13-04-0670-0-00 (Ohře) 1-13-04-0680-0-00 (Ohře) 1-13-05-0010-0-00 (Labe) 1-13-05-0020-0-00 (Pokratický potok) 1-13-05-0030-0-00 (Labe) 1-13-05-0080-0-00 (Modla) 1-13-05-0090-0-00 (Labe)
Říční kilometry začátku a konce úseku:	ř. km 0,000 – 30,500 (ř. km 0,000 – 30,254 dle SZÚ Dolní Ohře)
Významné přítoky:	Rosovka Mšenský potok (zaústěný do Malé Ohře)

Čepel

Celý zájmový úsek toku je zařazen MŽP do databáze toků v oblastech s významným povodňovým rizikem (2009, I. Etapa)

Ohře pramení u Wiesenstadtu na svazích Schneebergu ve výšce 752 m n.m., ústí zleva do Labe u Litoměřic ve výšce 141,9 m n.m. Do ČR vtéká severozápadně od Chebu v nadmořské výšce 446,08 m n.m. Plocha celého povodí na našem území je 5613,7 km², délka toku činí 256 km.

Při své cestě naším územím je řeka Ohře v horní a střední části toku sevřena Krušnými horami z levé strany, Slavkovským lesem a Doupovskými vrchy ze strany pravé. Vyznačuje se velkou rozkolísaností průtoků, jejich rychlými změnami a velkým transportem splavenin a plavenin. Dolní tok se svými 100 km míjí po levé straně vzdálené České středohoří a protéká otevřenou krajinou rovinaté Dolno-oharské tabule, jedním z nejúrodnějších území Čech - od Žatce přes Louny až do Litoměřic. Toto území bylo od nepaměti sužováno povodněmi a i v současné době jsou zde úseky toku, jejichž kapacita nestačí ani na jednoletou povodeň. Jedná se však o původní zachovalé a ekologicky vysoce hodnotné lužní lesy a břehové porosty.

Podklady:

Název toku	- zdroj VÚV TGM, v.v.i.
ID úseku IDVT CEVT	- zdroj Ministerstvo zemědělství
Číslo hydrologického pořadí toku	- zdroj ČHMÚ, VÚV TGM, v.v.i.
Úsek toku	- zdroj Povodí Ohře, státní podnik
Významná vodní díla	- zdroj ZM10
Významné přítoky	- zdroj ZM10
Studie záplavového území	- „Studie záplavového území toku Dolní Ohře, od ř. km 0,000 po ř. km 103,44“, DHI Hydroinform, a.s., 2000 a dále „Stanovení průběhu hladin teoretické povodně Q_{200} pro tok Ohře na území Ústeckého kraje“, DHI Hydroinform, a.s., 2003.

Zájmový úsek popisuje tok Ohře od obce Křesín, přes Levousy, Dubany, město Libochovice, obec Radovesice, Žabovřesky nad Ohří, Břežany nad Ohří, Hostěnice, městys Brozany nad Ohří, obec Brňany, město Bohušovice nad Ohří, Terezín až k Litoměřicím, kde se vlévá do Labe před Tyršovým mostem (silnice II. Tř 15, Lovosice – Litoměřice).

Nejvýznamnější historickou stavbou v délce zájmového úseku Ohře je pevnost Terezín, která byla postavena z rozhodnutí císaře Josefa II. v letech 1780 – 1790. Pro jeden z obranných účelů - možnost zaplavování bohušovické a litoměřické kotliny - bylo původní velmi meandrující koryto Ohře zaústěné do Labe pod Českými Kopisty, významně posunuto a zkráceno do dnešní podoby.

2.2 Průběhy historických povodní (největší zaznamenané povodně)

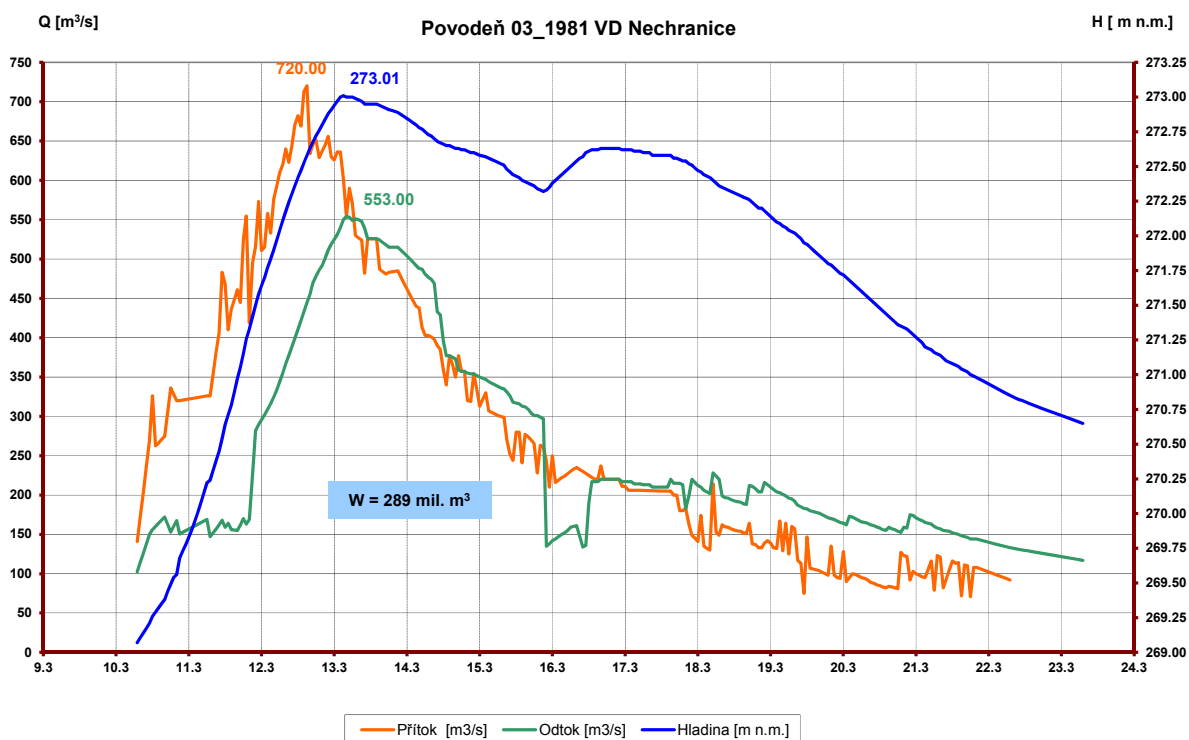
V minulosti docházelo na Ohři často i několikrát v roce k povodním; voda zaplavila rozsáhlá území a způsobila velké škody na stavbách i úrodě. Povodně přicházely jak v jarním období, tak v létě při přívalových deštích, kdy zvláště nebezpečný byl jejich nečekaný a rychlý průběh, daný charakterem toku. Zajímavé je, že většina zaznamenaných velkých povodní vyvrcholila na den sv. Markéty, to je 13. července.

Dle zdroje ENVI SYSTEM byla největší historická povodeň zaznamenaná v roce 1862 a odpovídala svým rozsahem průtoků Q_{250} .

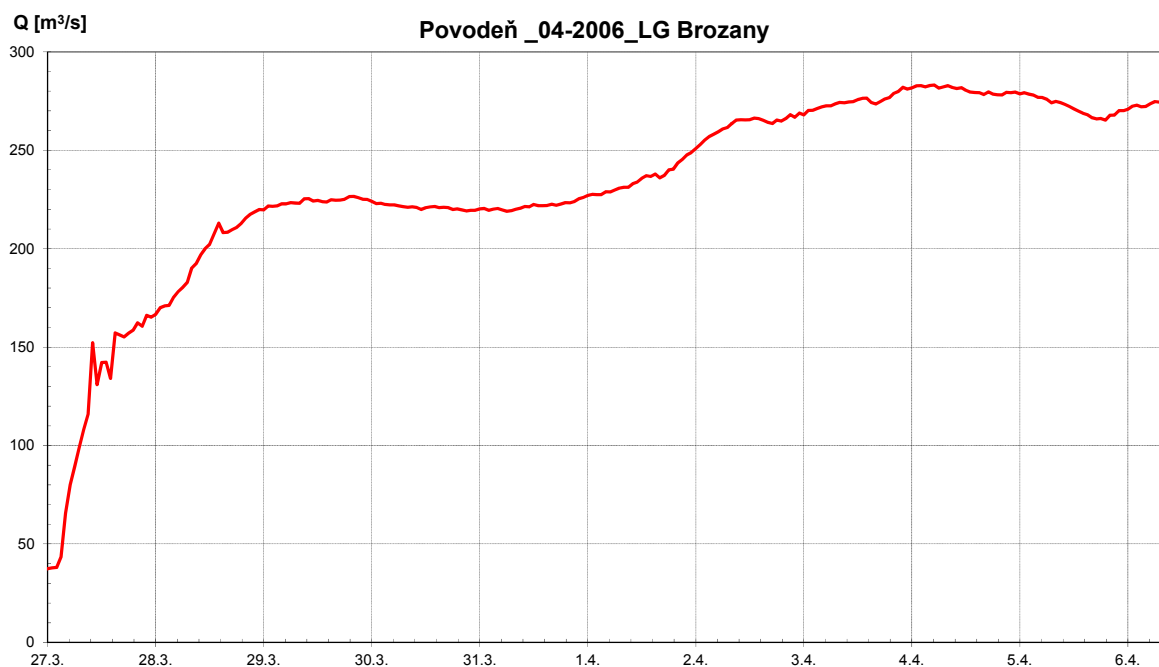
V novodobé historii, po výstavbě nejvýznamnějšího VD Nechanice v letech 1961 – 1968 (které zvyšuje ochranu území pod nádrží před účinky velkých vod a které příznivě ovlivňuje ledový režim na dolní Ohři), bylo zaznamenané pouze několik povodňových epizod menšího významu.

Za jednu z nich lze považovat březnovou povodeň v roce 1981, kdy max. průtok na odtoku z VD Nechanice 13.3. 1981 dosahoval hodnoty $553,0 \text{ m}^3/\text{s}$ (Q_{20}). Pro tuto povodeň neexistuje ucelený soubor dat hladin a průtoků tak, aby zahrnoval souvislou část toku a inundačního území. V dolní části toku je k dispozici pouze čtení na lati v Pístech a záznam hladin v profilu Terezín. Labe tehdy kulminovalo v Ústí n. L. 15.3.1981 průtokem $2300,0 \text{ m}^3/\text{s}$ (Q_5).

Katastrofická povodeň v srpnu 2002 (kdy Labe kulminovalo v litoměřické kotlině 16.8.2002 o průtoku cca $4700,0 \text{ m}^3/\text{s}$) se projevila vzduťm hladin Ohře až k Brozanům n. O. Vlastní průtok korytem Ohře činil v tento den pouhých $39,3 \text{ m}^3/\text{s}$. Povodňová vlna na Ohři menšího významu ($< Q_1$) předběhla povodeň na Labi o 7 dní průtokem $175 \text{ m}^3/\text{s}$, zaznamenaným na LGS Louny 9.8.2002. Po povodni proběhlo zaměření velkého množství povodňových značek v celé šíři litoměřické a bohušovické kotliny, na levém břehu Labe v okolí soutoku dosáhla max. hladina úrovně $150,90 \text{ m n.m.}$



Další významnější povodně na soutoku byla jarní povodeň v dubnu 2006. Ohře dosáhla maxima v profilu Brozany průtokem 283,0 m³/s (Q_1) v ranních hodinách 4.4. 2006, v Litoměřicích byl kulminační průtok Labe 2680,0 m³/s ($Q_5 - Q_{10}$) rovněž 4.4. 2006, max. hladina na LB soutoku byla 148,25 m n.m. Pro tuto povodeň je k dispozici záznam hladin nad a pod jezem Terezín a dvě povodňové značky v blízkosti zaústění Ohře do Labe.

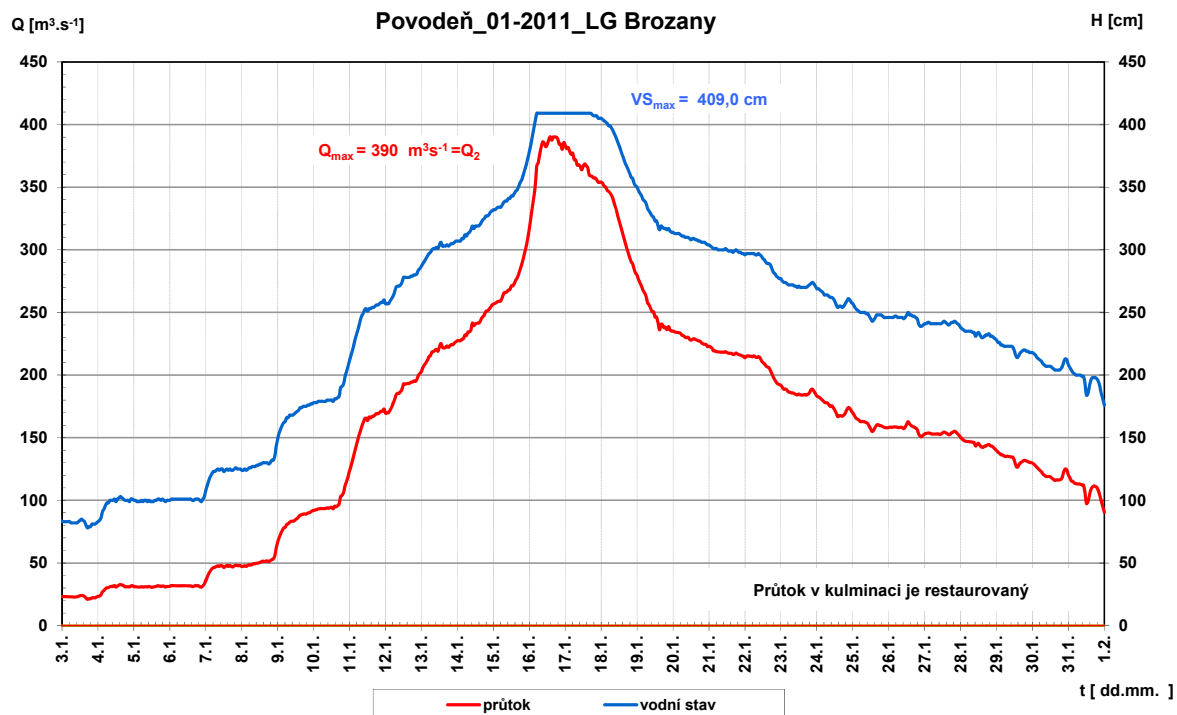


Poslední pozorovanou povodní je ucelený záznam informací z ledna 2011.

Maximální. průtok na Ohři v profilu LG Brozany 16.1.2011, 13:00 hod. dosáhl 390,0 m³/s (Q_2), na Labi za soutokem 16.1. 2011, kolem 18:00 hod. 1900,0 m³/s ($Q_2 - Q_5$), zaměřená hladina na LB Labe v místech zaústění Ohře byla 147,19 m n.m..

Maximální rozlivy v ZÚ byly zakresleny v digitální podobě a byla zkonstruována záplavová čára v celém povodní dotčeném úseku.

Během kulminace povodňové vlny byl zaměřen průběh podélného profilu hladin od Křesína po zaústění Labe v Litoměřicích a to v blízkosti jezových a mostních profilů zpracovatelem studie, DHI, a.s. Měření bylo doplněno o aktuální fotodokumentaci.



Následující tabulky uvádí tři nejvýznamnější povodně v limnigrafické stanici Louny a dvě ve stanici Brozany nad Ohří, která byla uvedena v činnost v roce 2004 (důvodem vzniku bylo zkreslení měřených dat v profilu Terežín za velkých povodní zpětným vzduším hladiny od Labe).

Tab. č. 2.1 Záznam max. povodní – LGS Louny a Brozany n. O.

LGS Louny ř.km 53,40			
datum kulminace	Q	H	N - letost
dle nejvýše dosaženého vodního stavu	m3/s	cm	
13.03.1981		578	20
15.01.2011	345	562	2
03.01.2003	324	536	< 2

Zdroj ČHMÚ, průtoky doplněny dle VHD Povodí Ohře, s.p.

LGS Brozany nad Ohří, ř.km 9,625			
datum kulminace	Q	H	N - letost
dle nejvýše dosaženého vodního stavu	m3/s	cm	
16.01.2011	390	409	2
06.04.2006	275		< 1

Zdroj VHD Povodí Ohře, s.p.

3 Přehled podkladů

V souladu s vyhláškou č. 236/2002 Sb. byly použity pro zpracování návrhu záplavového území tyto podklady. Pravidla pro citace podkladů se řídí dle ČSN ISO 690 (01 0197).

Hydrologické podklady:

- Hodnoty N-letých průtoků (ČHMÚ, 2011)
- Hydrologické poměry ČSSR III, „modrá kniha“, III. díl (Hydrometeorologický ústav Praha, 1970)

Topologické podklady:

- Příčné profily koryta zaměřené pro SZÚ Dolní Ohře (1993 - 1999)
- Příčné profily koryta a řezy objektů – doplnění k SZÚ (HYDROSOFT Veleslavín, s.r.o., 2011)
- DMR5G (ČZÚK, a.s., 2011)
- ZABAGED - rastrové mapy v digit. podobě poskytlo Povodí Ohře, státní podnik (2009)
- Základní mapy 1:10 000 v digitální podobě poskytlo Povodí Ohře, státní podnik (2009)
- ORTOFOTO (vlastní databáze zpracovatele, DHI, a.s., 2004)
- Výškopisná data DMR 5G, copyright ČÚZK, MO ČR, MZe ČR, 2012.

Další podklady:

- Říční kilometráž (digitální, Povodí Ohře, státní podnik)
- SZÚ Dolní Ohře (DHI Hydroinform, a.s., 2000)
- Povodňový model Labe v úseku Mělník - Hřensko (DHI Hydroinform, a.s., 2002)
- Tvorba map povodňového nebezpečí a povodňových rizik v oblasti povodí Horního a středního Labe a uceleného úseku Dolního Labe (DHI, a.s., 2013)
- Kalibrační podklady – zaměření podélného profilu hladin 16.1. 2011 (DHI, a.s., 2011)
- Kalibrační podklady – Vyhodnocení průtoků v profilu Brozany pro povodeň 012011 a 042006 (Povodí Ohře, státní podnik, VHD, 2012)
- MPN Dolní Labe (DHI, a.s., 2011 – 2012)
- Fotodokumentace a odborné poznatky z terénního šetření (DHI, a.s., 2011)
- Manipulační řady pro jez Křesín, Libochovice, Hostěnice, Doksany, Terezín (Povodí Ohře, státní podnik, 2010 -2011)
- PPO Bohušovice n. O. (HYDROPROJEKT, a.s., 2011) a PPO Terezín (HG Partner, s.r.o., 2009)
- Mapy záplav (rozlivů) povodně na dolní Ohři (Povodí Ohře, státní podnik)

3.1 Topologická data

Topologická data jsou základním zdrojem, který je potřebný pro sestavení hydrodynamického modelu. Pomocí nich je možné popsat řešené území, sestavit digitální model terénu a vytvořit vhodnou schematizaci modelu. Jednotlivé topologické podklady jsou popsány v následujících kapitolách.

3.1.1 Vytvoření (aktualizace) DMT

Pro vytvoření modelu byl použit *Digitální model reliéfu ČR 5. generace* (DMR 5G), který 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 s úplnou střední chybou výšky 0,14 m. DMR 5G byl zpřesněn o 3D křivky hladiny, břehů, objektů a popř. další potřebné hrany popisující břehy a přilehlé území ve vzdálenosti 10 m od břehové hrany. Zpracování těchto křivek proběhlo stereoskopickým zaměřením hran v definovaném okolí toku z archivních leteckých snímků s rozlišením 12,5 cm společností GEODIS BRNO, spol. s r.o.. Výsledné 3D křivky definují směrové a výškové vedení hran v okolí toku, přičemž výškové vedení

zejména v zakrytých prostorech vegetací navazuje na geodetické zaměření příčných profilů. Dno Ohře bylo vymodelováno pomocí lineární interpolace zaměřených příčných profilů s akceptováním směrového vedení toku. Výsledný digitální model terénu zájmového území byl sestaven z výše zmíněných částí.

Trojúhelníková síť (tin) DMT se rovněž převedla na georeferencovaný tif s velikostí pixelu 2 x 2 m.

Zhotovitelem této části byl Sweco Hydroprojekt, a.s., 2012.

Zpracovatel studie si DMT převedl pro vlastní potřeby do softwaru DMT ATLAS.

DMT je prostorová plocha, která více nebo méně zdařile (podle kvality zadání) kopíruje skutečný (zaměřený) nebo projektovaný terén. Vzniká na základě zadaných 3D bodů. Lze zadat i 3D čáry. Zadanými body plocha prochází, mimo ně se dopočítává podle matematických vzorců tak, aby se blížila skutečnosti – výpočet není založen na lineární interpolaci, ale modeluje hladký „oblý“ terén. Tam, kde je to na závadu, lze doplnit terénní hrany. Hlavními zdroji dat pro vytváření (generování) DMT jsou textové soubory (bodové pořady) z geodetických zápisníků (totálků) a výkresy ve formátu DXF (body, linie, plochy).

Základní zobrazení (reprezentace) DMT vzniká při generaci a velmi zjednodušeně lze prohlásit, že Atlas zadané body spojuje do trojúhelníků tak, aby se tyto trojúhelníky co nejvíce blížily rovnostranným. Model uživatel upravuje vkládáním „povinných hran“.

Ke zpracování DMT bylo použito DMR 5G ve verzi k 22.6.2012.

Všechny souřadnice DMT jsou v polohopisném systému S_JTSK a výškovém Bpv.

3.1.2 Mapové podklady

Pro účely studie byla využita **Základní mapa České republiky 1:10 000** aktualizovaná Zeměměřickým úřadem v roce 2009. Jedná se o nejpodrobnější základní mapu středního měřítka.

ZM10 obsahuje polohopis, výškopis a popis. Předmětem polohopisu jsou sídla a jednotlivé objekty, komunikace, vodstvo, hranice správních jednotek a katastrálních území (včetně územně technických jednotek), hranice chráněných území, body polohového a výškového bodového pole, porost a povrch půdy. Předmětem výškopisu je terénní reliéf zobrazený vrstevnicemi a terénními stupni. Popis mapy sestává z druhového označení objektů, standardizovaného geografického názvosloví, kót vrstevnic, výškových kót, rámových a mimorámových údajů. Obsahem mapových listů je i rovinná pravoúhlá souřadnicová síť a zeměpisná síť.

Tvorbu a aktualizaci ZM 10 zajišťuje Zeměměřický úřad.

ZM10 je distribuována ve formátu TIF po segmentech bežešvé mapy – čtvercích 2 x 2 km, se stranami rovnoběžnými se souřadnicovými osami S-JTSK. Kromě grafického umístovacího souboru je dodáván textový umístovací soubor TFW a to pro zobrazení S-JTSK / Krovak EN. Tento soubor obsahuje souřadnice levého horního rohu umístovacího čtverce a velikost pixelu v metrech pro dané rozlišení souboru. Předané soubory TIF mají velikost 3149 x 3149, rozlišení 400 x 400 DPI, hloubku barev 4 bit/pixel

Dále bylo využito informací ze základní báze geografických dat **ZABAGED®**, což je digitální geografický model území České republiky (ČR) na úrovni podrobnosti Základní mapy ČR 1:10 000 (ZM 10). ZABAGED® je součástí informačního systému zeměměřictví a patří mezi informační systémy veřejné správy. Je vedena v podobě bežešvé databáze pro celé území ČR v centralizovaném informačním systému spravovaném Zeměměřickým úřadem. Polohopisná část ZABAGED® obsahuje dvourozměrně vedené (2D) prostorové informace a popisné informace o sídlech, komunikacích, rozvodných sítích a produktovodech, vodstvu, územních jednotkách a chráněných územích, vegetaci a povrchu, terénním reliéfu.

Nedílnou součástí při konstruování výpočetní sítě byly v r. 2004 – 2006 aktualizované **ORTOFOTOMAPY ČR** – čtverce 2,5 x 2,0 km ve formátu tif, se stranami rovnoběžnými se souřadnicovými osami S-JTSK. Kromě grafického umístovacího souboru je dodáván textový umístovací soubor TFW a to pro zobrazení S-JTSK / Krovak EN. Tento soubor obsahuje souřadnice levého horního rohu umístovacího čtverce a velikost pixelu

v metrech pro dané rozlišení souboru. Předané soubory TIF mají velikost 2500 x 2000, rozlišení 96 x 96 DPI, hloubku barev 24 bit/pixel.

Dále mapa na Geoportálu INSPIRE – aktuální ortofotomapa CENIA (což je česká informační služba MŽP). *Infrastructure for SPatial InfoRmation in Europe je iniciativou Evropské komise, která si klade za cíl vytvořit evropský legislativní rámec potřebný k vybudování evropské infrastruktury prostorových informací a pravidel zejména k podpoře environmentálních politik a politik, které životní prostředí ovlivňují.*

3.1.3 Geodetické podklady

Jak bylo uvedeno v předchozí kapitole, koryto řeky bylo v DMT vymodelováno z geodeticky zaměřených příčných profilů. Většina těchto profilů byla zaměřena v předchozích letech pro potřeby Povodí Ohře (nad těmito profily byla postavena SZÚ Dolní Ohře).

Jednalo se o tyto zdroje dat v zájmovém úseku Ohře:

pol.	Profily	Měřil	Termín
1	227-315	InterGeos	1999
2	S1-S15	InterGeos	1999
3	T1-T26	AquaGeo v.o.s.	1999
4	JT1-JT7	AquaGeo v.o.s.	05/1999
5	DUB01-DUB06	AquaGeo v.o.s.	03/1998
6	PF1-PF6	Tomandl – geodetické práce	11/1995
7	B1-B35	Povodí Ohře a.s.	1993
8	D001-D047	Povodí Ohře a.s.	1993
9	Doks_Jpf	Povodí Ohře a.s.	1993
10	H048-H124	Povodí Ohře a.s.	1993
11	Host_Jpf	Povodí Ohře a.s.	1993

Podle specifikace požadavků na doměření podkladů pro hydrotechnické výpočty studií MPN proběhlo zaměření příčných profilů vodního toku, objektů a charakteristiky okolního terénu společností Hydrossoft Veleslavín, s.r.o. během července až září 2011.

Rozsah měření – byl v rozsahu od ř. km 0,000 po ř. km 30,5. Příčné profily byly měřeny ve vzájemných vzdálenostech 300 – 500 m. Zároveň byly oměřeny všechny objekty na toku.

Polohové a výškové připojení – bylo provedeno zaměřením měřických bodů metodou GNSS nebo připojením na trigonometrické a zhušťovací body podrobného polohopisu.

Použité geodetické přístroje – měření GNSS bylo provedeno přístrojem Trimble R8-2, polohové i výškové měření totální stanicí TOPCON GPT-7003.

Podrobné měření – z měřických bodů byly tachymetricky měřeny podrobné body koryta, okolního terénu, objektů atd. Střední souřadnicová chyba nepřesáhla $\pm 0,14$ m.

Zároveň byla v digitální podobě předána fotodokumentace měřených objektů a jejich náčrty.

Pořizovatelem zaměření je Povodí Ohře, státní podnik

Všechny souřadnice geodetických podkladů jsou v polohopisném systému S_JTSK a výškovém Bpv.

3.2 Hydrologická data

Vodní tok: OHŘE
Datum zpracování: 23.9. 2011
Vydal: ČHMÚ, pobočka Ústí nad Labem

Tab. č. 3.1 *N–leté průtoky (Q_N) v $m^3.s^{-1}$*

Hydrologický profil	Datum pořízení	Říční kilometr EU	Q_5	Q_{20}	Q_{100}	Q_{500}	Třída přesnosti
Jez Křesín	23.9. 2011	29,700	498	717	996	-	III.
Pod Rosovkou	23.9. 2011	21,225	509	732	1013	-	III.
Pod Malou Ohří	23.9. 2011	17,063	517	742	1028	-	III.
Pod Čepelem	23.9. 2011	10,660	534	765	1055	-	III.
Jez Terezín	23.9. 2011	2,820	537	769	1061	1454	III.

Třída přesnosti dle ČSN 75 1400

3.3 Místní šetření

Terénní průzkum se uskutečnil od října do listopadu v roce 2011.

Během průzkumu byla pořízena aktuální fotodokumentace všech objektů na toku, významných částí toku, charakteru a překážek v záplavovém území.

Toto šetření bylo pro zpracovatele významné z hlediska stanovení drsnostních parametrů matematického modelu a dále pro kontrolu velkých příčných a podélných hrází, valů a náspů v DMT záplavového území Ohře.

Zájmový úsek řeky Ohře od ř. km 0,000 do ř. km 30,500 je charakteristický meandrujícím tokem a upraveným lichoběžníkovým průřezem. Kapacita koryta činí $Q_1 - Q_5$.

Charakter zaplavené zástavby

Za velkých povodní se v obci Křesín jedná o charakteristickou vesnickou zástavbu, stejně tak v Dubanech, kde se podél levého i pravého břehu nachází zahrádkářská a chatová kolonie. V Libochovicích, před silničním mostem dochází k zaplavení levého ZÚ se sportovním areálem, stadionem a léčebným zařízením, za mostem je zaplaven zámecký park. V Radovesicích, na levém břehu před silničním mostem, bude zaplaveno několik domů místní zástavby, fotbalové hřiště, ČOV, na pravém břehu za mostem to bude zahrádkářská kolonie. V Žabovřeskách na levém břehu za silničním mostem dojde k zaplavení hřiště a několika domů místní zástavby. Na pravém břehu dosahuje záplava až k Budyni n. O., kde jsou zaplaveny rodinné domy, zemědělské statky a průmyslové areály. Dále na pravém břehu to je v Písteckém lese celá obec Písty s klasickou vesnickou zástavbou. V Hostěnicích na levém břehu to je místní zástavba obce lemující Mlýnský náhon a chatová kolonie podél levého a pravého břehu, která se táhne až k dálničnímu mostu (D8), zde se na levém břehu nalézá osada Sv. Kliment. V Doksanech bude zaplaveno několik domů a chat v blízkosti starého ramene. V Brozanech nad Ohří dochází k zaplavení širokého pruhu místní zástavby (rodinné a činžovní domy) a to v ul. Ke Hřišti, Na Průhonu, Na Dílcích, Doksanská, K Přívozu, K Mostu. Na pravém břehu v Dolánkách bude zaplaveno několik rodinných domů a zemědělský statek, stejně tak v Hrdlech. Na levém břehu v Brňanech se nacházejí rodinné domy a zemědělské statky. V Bohušovicích nad Ohří dochází k zaplavení téměř celé obce s rozvinutou městskou zástavbou (rodinné, činžovní a panelové domy, zemědělské statky, hospodářské usedlosti, průmyslové objekty, zahrádkářská kolonie). V rovinaté bohušovické a litoměřické kotlině je za extrémních povodní zcela zaplavena obec Nové Kopisty, České Kopisty a pevnost města Terezín.

Z tohoto důvodu je v současnosti před dokončením výstavba PPO města Terezín a výstavba PPO v Bohušovicích nad Ohří již byla dokončena. Tato sídla byla zaplavována jak od řeky Ohře, tak od mohutného toku Labe.

Za menších povodní ($Q_1 - Q_5$) bude v Dubanech povodní zasaženo několik rodinných domů, stejně tak v Radovesicích. Obec Písty bude zaplaven zcela. V Českých Kopistech to bude jen pár domů u příjezdové silnice od Terezína. Jinak většina chatových osad a zahrádkářských kolonií v těsné blízkosti břehů koryta Ohře bude zaplavena i při těchto menších povodních.

Zemědělsky využívané plochy se v zájmové oblasti vyskytují hojně.

Lesní porosty (převážně listnaté kultury) patří do Přírodního parku Dolní Poohří, který se rozprostírá od Křesína po Bohušovickou kotlinu před Terezínem. – patří sem Šenkýřův les pod Křesínem, mezi Radovesicemi a Budyní Budyňský les, PR Pístecký les od Budyně k Hostěnicím, v Doksanech PR Loužek.

Koryto vodního toku je v celé délce na březích lemováno vzrostlými stromy, svahy jsou porostlé křovisky a hustými travinami, vyjma intravilánu, kde se jedná o udržovaný travní porost.

Inundační území je v intravilánu měst tvořeno budovami a objekty občanského, zemědělského a průmyslového charakteru, travními a ostatními volnými plochami (hřiště, parkoviště, parky). V blízkosti měst, obcí a vesnic se při březích Ohře nacházejí zahrádkářské kolonie a chatové osady. V extravilánu je ZÚ tvořeno rozlehlými poměrně rovinnými plochami – jedná se o zemědělsky obhospodařované pole, chmelnice, louky a lesní porost.

3.4 Doplnující podklady – technické a provozní informace, zprávy, studie, dokumenty, literatura

Povodí Ohře poskytlo zpracovateli **manipulační řády** všech vodních děl na toku.

Jednalo se o pevný jez v Křesíně s MVE, pevný jez v Libochovicích s MVE, pohyblivý jez v Doksanech s MVE a pohyblivý jez v Terezíně.

PPO města Terezín a Bohušovic nad Ohří byla předána samotnými zpracovateli projektové dokumentace ve formě digitální podoby technických zpráv, koordinačních situací, podélných a příčných řezů.

3.5 Normy, zákony, vyhlášky

Postupy zpracování studie byly v souladu s níže uvedenými dokumenty v jejich platném znění:

- [1] ČSN 75 0110 Vodní hospodářství – Terminologie hydrologie a hydroekologie
- [2] ČSN 75 1400 Hydrologické údaje povrchových vod.
- [3] TNV 75 2910 Manipulační řády vodních děl na vodních tocích.
- [4] TNV 75 2931 Povodňové plány.
- [5] Vyhláška MŽP 236/2002 Sb., o způsobu a rozsahu zpracovávání návrhu a stanovování záplavových území.
- [6] Vyhláška č. 178/2012 Sb., kterou se stanoví seznam významných vodních toků a způsob provádění činností souvisejících se správou vodních toků.
- [7] Zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny.

U uvedených zákonů, nařízení a vyhlášek se předpokládá jejich platné znění.

3.6 Vyhodnocení a příprava podkladů

Poskytnuté topologické a hydrologické podklady plně pokryly zájmové území.

Za nedostatečné lze považovat nepřesnost DMR5G několika lokalit s nepřehledným terénem porostlým hustými křovisky a travinami, kde bylo zjištěno převýšení nad skutečným terénem (zaměřeným geodeticky v příčném profilu) o 2 – 3 m, většinou se však jednalo o lokální území, které netvořilo souvislou linii a tudíž zde nemohlo v DMT dojít k umělému zvyšování souvislých břehových hran (to by pak mohlo negativně zkreslit stanovení rozsahu ZÚ).

4 Popis koncepčního modelu

Stanovení záplavového území vychází dle vyhlášky MŽP z výpočtů ustáleného nerovnoměrného proudění, to lze popsat jak 1D, tak 2D modely.

Zájmový úsek toku tvoří upravené, meandrující koryto Ohře (o šíři 30 – 70 m) v rozlehlém a rovinatém záplavovém území Dolno-Oharské nížiny, jejíž terén se často nachází pod úrovní břehových hran řeky. V důsledku morfologické činnosti koryta se v záplavovém území nacházejí stará a slepá ramena, vedoucí rovnoběžně či příčně k hlavnímu toku. V dolní části úseku, za železničním náspem trati Ústí n. Labem – Praha, se ZÚ značně rozšiřuje (cca 6 km) a v podstatě se stává součástí ZÚ Labe, jehož hladiny významně ovlivňují hladiny na Ohři. Za velkých povodní na Labi se vzdutí hladin propaguje proti proudu Ohře až k doksanskému jezu, v oblasti soutoku lze pozorovat křížení proudění z Labe a Ohře.

Z výše uvedených skutečností a na základě znalosti zaměřených hladin v širokém ZÚ po extrémní povodni 08/2002 vyplynula nutnost zajistit výběrem vhodného matematického modelu takové hydrodynamické výpočty, které umožní stanovit rozdílnou úroveň hladin v příčném profilu a detailně zobrazí směry a rychlosti proudění v ZÚ.

4.1 Schematizace řešeného problému

MIKE 21C

Pro takto charakterizované záplavové území Ohře byl vybrán dvourozměrný matematický model, který popisuje reliéf toku ve správné topologii a v celé ploše (půdorysné) – zájmová oblast je pokryta sítí výpočetních bodů. Tato dvourozměrná horizontální schematizace předpokládá zjednodušení ve vertikálním směru – uvažuje rozdělení rychlosti po svislici jako konstantní a zanedbává vertikální složky rychlostí. Na druhou stranu 2D model dává reálnou představu o zakřivené ploše hladiny v celém zájmovém území (např. při ustáleném proudění je hladina v neprotékaném inundačním území výše než v korytě) a umožňuje získat velmi detailní popis sledovaných hydraulických charakteristik (např. hloubek či směru i velikostí rychlostí) včetně jejich plošného rozdělení.

Matematický model **MIKE 21C** je vlastní software vyvíjený společností DHI (DHI Water & Environment & Health, Hørsholm, Dánsko).

Dvourozměrný matematický model neustáleného proudění MIKE 21C je **založen na řešení Saint-Venantových diferenciálních rovnic (rovnice kontinuity a rovnice zachování hybnosti)** metodou konečných diferencí v jednotlivých bodech půdorysné výpočetní sítě. Řídící rovnice modelu MIKE 21C:

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial q}{\partial y} = 0$$

$$\frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{p^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \zeta}{\partial x} + \frac{gp \sqrt{p^2 + q^2}}{C^2 h^2} - \frac{1}{\rho_w} \left[\frac{\partial}{\partial x} (h \tau_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y} (h \tau_{xy}) \right] - \Omega q - f V V_x + \frac{h}{\rho_w} \frac{\partial}{\partial x} (p_a) = 0$$

Model MIKE 21C pracuje v **neekvidistantní krivočaré síti**; tzn. že jeho výpočetní síť lze, na rozdíl od pravouhlých (obdélníkových) sítí, přizpůsobit tvaru území a tak omezit počet bodů a tím i velikost výpočetní matice. Neekvidistantní síť dále umožňuje zahuštění výpočetních bodů (tj. zmenšení velikosti výpočetních „buněk“) v oblastech, kde je třeba podrobněji modelovat reliéf terénu (např. objekty na toku), resp. v oblastech, kde požadujeme velmi detailní znalost výsledků.

4.2 Posouzení vlivu nestacionarity proudění

Použitá metodika výpočtu charakteristik proudění nepočítá s vlivem neustáleného proudění na odtokové poměry (v souladu s Metodikou zpracování SZÚ).

Pokud bychom chtěli tuto otázku vůbec diskutovat (přímo nesouvisí s řešenou úlohou!), je třeba uvést, že vliv nestacionarity je v daném úseku Ohře poměrně významný. V úseku Křesín – Bohušovice nad Ohří dochází k vyběžování při Q_1 až Q_5 ; při vyšších povodňových průtocích jsou zaplavována rozsáhlá inundační území, která samozřejmě mají vliv na transformaci povodňové vlny. V úseku Brozany nad Ohří až ústí Ohře do Labe jsou charakteristiky proudění v korytě i záplavovém území při povodních ovlivněny zpětným vzdutím z Labe.

Výše uvedená úvaha je však vzhledem k řešené úloze irelevantní. Hydrologická data ČHMÚ (N-leté průtoky) jsou výsledkem metod, které se nezabývají postupem povodňové vlny daným územím, její transformací. Hydrologické metody pro stanovení N-letých průtoků vycházejí z pravděpodobnostních analýz dlouhodobých řad pozorovaných vodních stavů (a z nich odvozených průtoků) v konkrétních profilech na toku, bez vazby na průběh (nestacionarit) té které povodňové události v zájmovém území.

Výpočet charakteristik proudění metodou ustáleného proudění zcela odpovídá Metodice zpracování SZÚ, metodice pořizování hydrologických dat (N-letých průtoků) a především požadavkům Směrnice 2007/60/EC.

4.3 Způsob zadávání OP a PP

Horní okrajová podmínka modelu A – ustálený průtok – byl zadáván dle tab. 5 na vstupu do výpočetní sítě, tj. v ř. km 30,5. Levostranný přítok Rosovka, pravostranný Malá Ohře a Čepel byly do modelu zadávány jako bodové zdroje (hodnoty průtoků dle tab. 5).

Dolní okrajová podmínka modelu A – hladina – byla zadána do příčného profilu železničního mostu v Bohušovicích nad Ohří. Násep tvoří „ideální“ profil pro předání okrajové podmínky, protože proudění je zde téměř kolmé k profilu a rozdělení rychlostí po profilu nevykazuje žádné anomálie. Hladina byla konstruována z vypočtených průběhů hladin níže ležícího **modelu B**, ten je součástí matematického modelu.

Horní okrajová podmínka modelu B – průtok – je vlastně boční okrajová podmínka na okraji výpočetní sítě modelu dolního Labe, detailní rozdělení průtoků skrze propustky a mostky železničního náspu vychází z výpočtů **modelu A**. Tento model je součástí úseku dolního Labe (ID úseku IDVT CEVT 10100002_1), kde výpočet hydraulických charakteristik na soutoku Labe – Ohře probíhal v dílčím modelu **SOUTOK** (od obce Hrobce k Portě Bohemice před Litochovicemi, ř. km Labe 780,543 – 804,490). Model zahrnuje tok Ohře od zaústění v Litoměřicích, přes Terezín po železniční most v Bohušovicích n. O. včetně poměrně plochého a širokého záplavového území.

Dolní okrajová podmínka modelu B – hladina **Labe** – byla zadána do profilu Porta Bohemica, v ř. km Labe 780,543, hladiny byly vypočteny modelem DL_A (tj. v úseku Mělník – zdymadlo Střekov).

Počáteční podmínky – kóty hladiny ve všech bodech výpočetní sítě – byly odvozovány z výsledků dříve provedených výpočtů 1D⁺ a 2D modely.

5 Popis numerického modelu

5.1 Použité programové vybavení

Pro simulaci ustáleného nerovnoměrného proudění byl použit dvourozměrný matematický model proudění v otevřeném korytě s inundačním územím MIKE 21C, rel 2011, sp 7.

Výstupem modelu MIKE 21C jsou primárně tyto charakteristiky proudění:

- hodnoty úrovní hladiny vody
- vektory rychlostí (tj. směr a velikost vektorů rychlostí, nebo též možno vyjádřit pomocí velikosti podélné a příčné složky vektorů rychlostí)

ve všech výpočetních bodech zájmové oblasti a pro všechny počítané časové kroky. 2D model tak dává reálnou představu o zakřivené ploše hladiny v celém zájmovém území (např. při ustáleném proudění je hladina v neprotékaném inundačním území výše než v korytě) i o rozdělení rychlostí v celé oblasti.

Charakteristiky proudění ovlivňují především reliéf terénu (tvar koryta, inundačního území, sklonové poměry) a odpory proudění (drsnost a tvarové odpory – zúžení resp. rozšíření průtočného profilu, oblouky, obtékání překážek, proudění přes objekty, apod.). Velkou pozornost je proto třeba věnovat přípravě souboru s geometrickými daty pro 2D model, neboť tento soubor v sobě obsahuje jak vlastní reliéf terénu tak i veškerá data pro výpočet tvarových odporů.

Podrobná specifikace modelu, detailní popis všech jeho vstupních souborů a jeho použití lze najít v manuálech programu - *M21C_User_Guide.pdf*, *M21C_GridGenerator.pdf*, *MIKE21C_Scientific_documentation.pdf*.

5.2 Vstupní data numerického modelu

Modelu A, od Křesína po násep železničního mostu v Bohušovicích n. O.

Při přípravě modelu v daném úseku byla vytvořena křivočará (vnitřně ortogonální) síť o rozměru 3583 x 339 bodů, která vymezuje oblast modelu. Z dostupných podkladů (viz kap. 3.1 Topologická data) byl sestaven digitální model terénu zájmové oblasti v modelu Atlas DMT. Promítnutím této sítě na DMT byl získán geometrický (batymetrický) model terénu ve **výpočetní síti modelu MIKE 21C o rozměru 3582 x 338 bodů**. Výpočetní síť byla v oblastech objektů (mostů) zahuštěna až na vzdálenost bodů 5 m v podélném směru a 3-5 m v příčném směru, zatímco v některých místech relativně plochého inundačního území je vzdálenost mezi body 10 – 15 m. Pro potřeby studie je míra schematizace zájmového území dostatečně jemná pro podrobný popis prostorových jevů proudění v oblasti. Pilíře mostů jsou v geometrickém modelu reprezentovány zvýšeným terénem v místě jejich polohy. Domy a bloky domů byly modelovány pomocí podstatně vyvýšeného terénu (nepřelítné překážky); ploty a jiné překážky podobného charakteru byly simulovány pruhy zvýšené drsnosti.

Model B, od železničního mostu v Bohušovicích n. O po zaústění do Labe

Dolní úsek Ohře je součástí hydrodynamického modelu „MPV Dolní Labe“, který pokrývá území od Mělníka po zdymadlo Střekov a je schematizován křivočarou sítí o rozměru 5658 x 395 bodů. Stavba modelu probíhala dle výše uvedeného odstavce. Hustota sítě je proměnlivá - v rozsahu cca 5-15 m v podélném směru (směru rovnoběžném s osou toku) a cca 3-10 m v příčném směru. Ve městech a v úsecích, kde se nacházejí objekty na toku (mosty, plavební stupně) je výpočetní síť hustší, ve volných říčních tratích a v širokém záplavovém území je výpočetní síť řidší.

Linie a stavby PPO byly do batymetrie zadány s kótami horních úrovní PPO konstrukcí (zemní valy, zdi a mobilní hrazení s osazujícími prvky) dle projektové dokumentace.

5.2.1 Morfologie vodního toku a záplavového území

Charakter toku byl již podrobně popsán v kap. 3.3 Místní šetření.

Popis objektů na toku, je uváděn proti směru proudu, staničení je jak ze studie SZÚ, tak použité v této studii (Evropské).

Oba dva pohyblivé jezy v Terezíně a v Doksanech byly dle MŘ za všech simulovaných průtoků Q_N vyhrazeny, naopak všechny MVE byly zahrazeny (zavřeny).

Název profilu	ř. km SZÚ	ř. km EU	vyhrazení / zahrazení Jez / MVE
Jez pohyblivý (klapkový) - Terezín	2,581	2,820	Jez vyhrazen při všech Q_N
Jez pohyblivý (klapkový) - Doksany + MVE	10,309	10,548	Jez vyhrazen, MVE zahrazena při všech Q_N
Jez pevný - Hostěnice	13,809	14,053	
Jez pevný - Libochovice + MVE	22,535	22,762	MVE zahrazena při všech Q_N
Jez pevný - Křesín + MVE	29,466	29,315	MVE zahrazena při všech Q_N
Most silniční - Terezín	2,514	2,736	
Most silniční - Bohušovice nad Ohří	4,761	4,990	
Most železniční - Bohušovice nad Ohří	5,103	5,330	
Most silniční - Doksany	9,201	9,430	
Most dálniční D8 - Doksany	11,700	11,925	
Most železniční - Budyně n. O.	17,420	17,702	
Most silniční - Budyně n. O.	17,857	18,109	
Most silniční - Radovesice	21,557	21,808	
Most silniční - Libochovice	23,698	23,936	
Most silniční - Křesín	29,081	29,315	

5.2.2 Drsnosti hlavního koryta a inundačních území

Hydraulická drsnost a místní zvýšené odpory proudění jsou pro model MIKE 21C zadávány pro každý bod výpočetní sítě. Základní „mapa drsností“ byla vytvořena zpracováním podrobných ortofotomap a informací ZABAGED® (každý bod získal drsnost „propíchnutím“ výpočetní sítě s databází klasifikující území) v modelové oblasti; hodnoty Manningova součinitele drsnosti „n“ ukazuje tab 5.1.

Tab. č. 5.1 – Hodnoty Manningova součinitele drsnosti „n“

popis povrchu	n
říční koryto, plavební dráha	0,028 ÷ 0,034
hladké plochy, ulice, volná prostranství	0,030
nízká, sekaná tráva	0,035
vyšší, nesekaná tráva, pole	0,040
řidký lesní porost	0,052
hustý lesní porost	0,075
keře	0,100
technické stavby	0,070 ÷ 0,100
ploty	0,090 ÷ 0,200

5.2.3 Hodnoty okrajových podmínek

Horní okrajové podmínky tvoří N-leté průtoky, jež byly získány od ČHMÚ u profilů v místě významných přítoků – viz kap. výše.

Tab. č. 5.2 N-leté povodňové průtoky uvažované při hydraulickém řešení

Úsek / název vodního toku / N-leté průtoky Q_N (m^3/s)	Úsek toku (ř.km EU od - do)	Q_5	Q_{20}	Q_{100}	Q_{500}	Poznámka
od nadjezí v Křesíně po zaústění Rosovky v Radovesicích	30,500 – 21,225	498	717	996	1365	
Rosovka v Radovesicích	21,225	11	15	17	23	
Od zaústění Rosovky po zaústění Malé Ohře v Břežanech n. O.	21,225 – 17,063	509	732	1013	1388	
Malá Ohře	17,063	8	10	15	21	
Od zaústění Malé Ohře po zaústění Čepele v Doksanech	17,063 – 10,660	517	742	1028	1409	
Čepel	10,660	17	23	27	37	
Od zaústění Čepele po zaústění Mlýnského náhonu v Brozanech n. O.	10,660 – 8,952	534	765	1055	1446	
Mlýnský náhon	8,952	3	4	6	8	
Od zaústění Mlýnského náhonu až k soutoku s Labem v Litoměřicích	8,952 – 0,000	537	769	1061	1454	
Profil / vypočtená hladina modelem Dolní Labe pro Q_N (m n.m.)	Úsek toku (ř.km EU od - do)	HL_5	HL_{20}	HL_{100}	HL_{500}	
Železniční most v Bohušovicích n. O.	5,330	150,25	150,89	151,64	152,29	

5.2.4 Hodnoty počátečních podmínek

Počáteční podmínky – kóty hladin ve všech bodech výpočetní sítě – byly odvozovány z výsledků dříve provedených výpočtů 1D+ modelem (SZÚ Dolní Ohře).

5.2.5 Diskuze k nejistotám a úplnosti vstupních dat

Každý výpočetní model je vždy schematizací skutečnosti. Chyba výsledných vypočtených charakteristik proudění (úrovně hladin, hloubky, rychlosti) je dána superpozicí chyb dat a procesů vstupujících do celého systému. Míra nejistoty tak plyne především z chybných vstupních dat (nedostatečně popsaná topologie území a koryta, chyby v zaměření a zpracování geodetických dat, špatný odhad drsnostních charakteristik a hydraulických odporů, chyby/nejistoty v hydrologických datech).

5.3 Popis kalibrace modelu

V zájmové oblasti dolní Ohře existuje jeden ucelený soubor dat, který je vhodný ke kalibraci matematického modelu. Jedná se o data nashromážděná z povodňové epizody v lednu 2011.

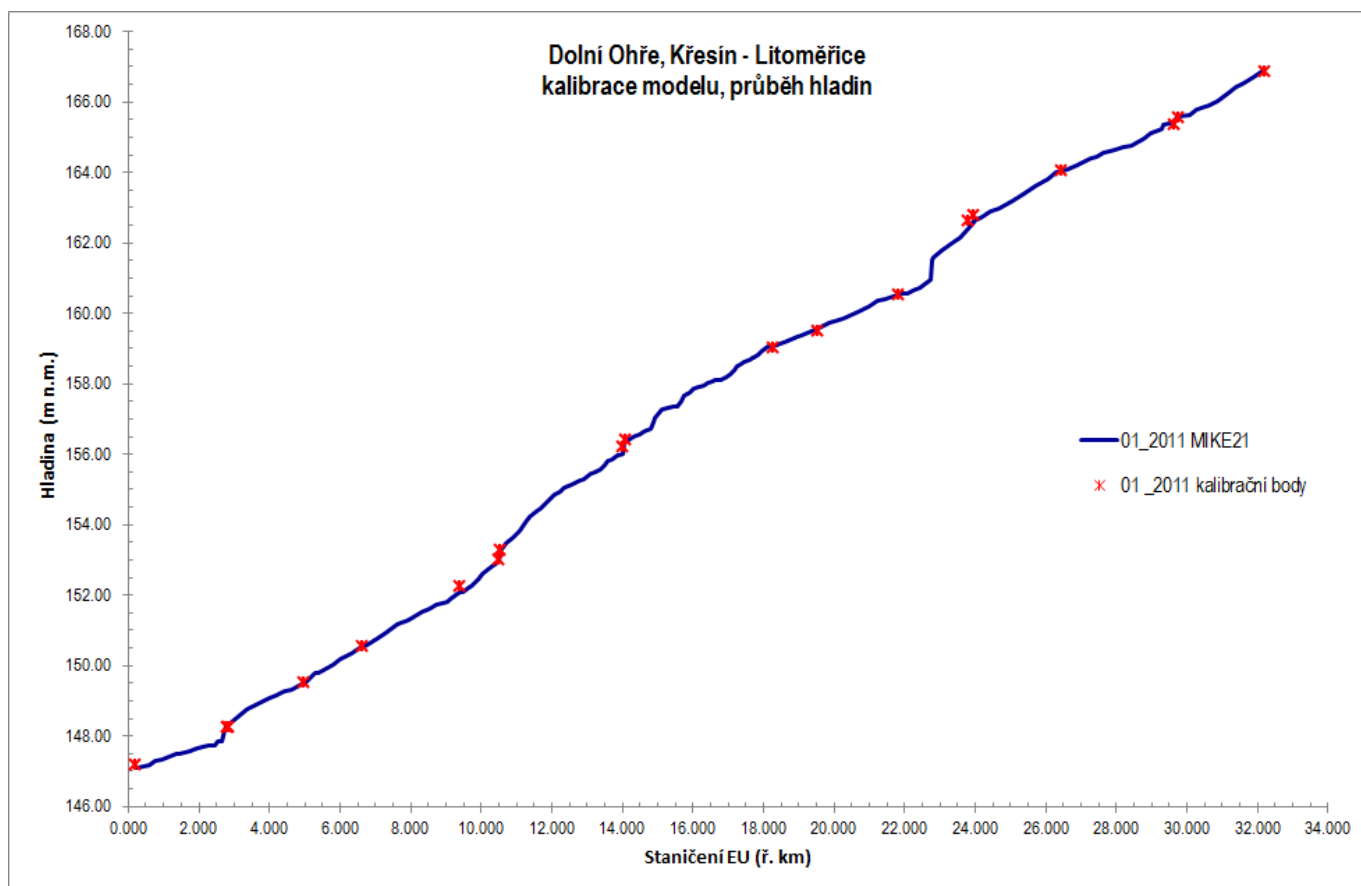
VHD Povodí Ohře poskytl zpracovateli údaje (Q , H) ze dvou měřicích profilů – Louny a Brozany, tyto údaje byly použity k sestavení vstupních okrajových podmínek. Dále předal zpracovateli vyhodnocenou mapu rozlivů.

Kulminace povodňové vlny v řešené oblasti nastala 16.1. 2011 a její průběh v podélném profilu hladin byl zachycen měřením hladin v blízkosti objektů na toku, a to od silničního mostu v Křesíně po zaústění do Labe v Litoměřicích zpracovatelem studie, DHI, a.s. Tyto zaměřené hladiny byly porovnány s vypočítanými hodnotami, viz níže tab. 6

Tab. č. 5.3 Kalibrace modelu

Ř. km EU 2012	Lokalizace kalibračního bodu měřené hladiny	Výška srovnávací hladiny	Výška vypočítané hladiny	Rozdíl (m)
0,200	Soutok. budova společnosti KISS. LB	147,19	147,08	-0,11
2,800	Terezín. za jezem u měrné latě. na PB	148,23	148,26	0,03
2,842	Terezín. před jezem u měrné latě. na PB	148,24	148,27	0,03
4,975	Bohušovice n. O. za sil. mostem. cesta u kaštanů. LB	149,50	149,51	0,01
6,655	Brňany. na LB u řeky. místní cesta	150,54	150,55	0,01
9,400	Doksany. na LB. za sil. mostem ul. Doksanská	152,23	152,22	-0,01
10,520	Doksany. měrná lať pod jezem	152,99	152,95	-0,04
10,560	Doksany. měrná lať nad jezem	153,28	153,28	0,00
14,005	Hosténice. za jezem. na LB	156,19	156,10	-0,09
14,100	Hosténice. před jezem. na LB. zahrada RD	156,40	156,31	-0,09
	Silnice z Hradčan do Pístů. pravé ZÚ. mostek přes Malou Ohři	156,91	156,83	-0,08
18,265	Břežany n. O. na LB. sil. 246. u statku č.p. 67	159,02	159,10	0,08
19,544	Žabovřesky n. O. na LB. ul. Růžová. pod č.p. 57	159,49	159,56	0,07
21,839	Radovesice. před sil. mostem v parku. na LB	160,51	160,55	0,04
23,819	Libochovice. za sil. mostem. na LB u zámku. Kerkovo nábř.	162,61	162,54	-0,07
23,970	Libochovice. před sil. mostem. na LB v parku	162,79	162,67	-0,12
26,429	Dubany. místní komunikace. na LB u č.p. 144	164,04	164,02	-0,02
29,630	Křesín. za jezem. na LB u náhonu pod MVE	165,36	165,45	0,09

Graf č. 5.1 Výsledky kalibrace modelu, schematický podélný profil hladin



Pro povodeň 01/2011 je patrná velmi dobrá shoda mezi zaměřenými a vypočtenými hladinami, odchylka se pohybuje od -0,10 m do +0,10 m (max od -0,12 m do +0,11 m) v celém úseku Křesín - Litoměřice, což je v rozsahu stanovené úplné střední chyby výšek modelu DMR5G (0,18 m v odkrytém terénu a 0,30 m v zarostlém terénu).

Výsledná kalibrační drsnost byla použita při výpočtech zatěžovacího stavu Q_5 a Q_{20} , pro průtok Q_{100} byla drsnost koryta zvýšena o 3% oproti kalibrační drsnosti, pro průtok Q_{500} pak o 8%. Takovéto zvýšení drsností je podloženo zkušeností zpracovatele vyplývající z porovnání velkého množství výpočtů na několika tocích obdobného charakteru (byly zde k dispozici kalibrační značky pro malé i velké povodňové epizody).

6 Výstupy z modelu

Základní informací, kterou poskytují výsledky 2D matematického modelu, je **průběh hladin** a rozložení **vektorů rychlostí** (tj. směrů a velikostí vektorů rychlostí) v celé zájmové oblasti (tj. „v ploše“). Vektory svislicových rychlostí mohou být rozloženy na podélnou a příčnou složku (vzhledem k zakřivené ose výpočetní sítě, resp. jinému souřadnicovému systému). S užitím základních hydraulických vztahů mohou být vyjádřeny další veličiny: **hloubka** vody (rozdíl vypočtené úrovně hladiny a terénu, resp. nivelety dna) a **měrné průtoky** (násobky vektorů rychlostí a hloubek).

Z průběhu hladin byl sestaven psaný podélný profil, který obsahuje úrovně obou břehových linií, niveletu dna a úrovně hladin pro Q_5 , Q_{20} a Q_{100} a Q_{500} nad osou koryta.

Mapy hloubek a rychlostí byly základními vstupními parametry pro stanovení míry povodňového nebezpečí v záplavovém území.

6.1 Záplavové čáry a mapy hladin pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}

Pomocí softwaru ESRI ArcMap a DHI Flood Tool Box byly z vypočtených hydraulických charakteristik pro Q_5 , Q_{20} a Q_{100} a Q_{500} vygenerovány záplavové čáry a mapy hladin v zájmové oblasti.

Formát záplavových čar *.shp – polygon, vektorový formát ESRI
Formát map hladin *.tif – rastr, georeferencovaný tif velikost pixelu rastru 2x2 m

V oblastech soutoků vznikly rozlivy pro jednotlivé Q_N jako polygonová obálka záplav obou výpočetních stavů, tedy např. Q_N z Ohře s dopočtem průtoku z Labe a Q_N z Labe s dopočtem z Ohře.

Analýzou průniku maximálního rozlivu (při průtoku Q_{500}) a správních území byly zajištěny informace o dotčených správních území obcí uvedené v následující tabulce.

Tab. č. 6.1 Dotčené správní území obcí maximálním rozlivem

Kód ORP	Název ORP	Kód ICOB	Název obce
4205	Litoměřice	564591	Bohušovice nad Ohří
4205	Litoměřice	564613	Brňany
4205	Litoměřice	564621	Brozany nad Ohří
4205	Litoměřice	553646	Dolánky nad Ohří
4205	Litoměřice	565083	Křešice
4205	Litoměřice	564567	Litoměřice
4205	Litoměřice	565296	Mlékojedy
4205	Litoměřice	542539	Píšťany
4205	Litoměřice	565431	Polepy
4205	Litoměřice	565717	Terezín
4205	Litoměřice	565741	Travčice
4205	Litoměřice	565857	Velké Žernoseky

Kód ORP	Název ORP	Kód ICOB	Název obce
4205	Litoměřice	565946	Žalhostice
4207	Louny	566284	Koštice
4208	Lovosice	565016	Keblice
4208	Lovosice	565075	Křesín
4208	Lovosice	565164	Libochovice
4208	Lovosice	565229	Lovosice
4208	Lovosice	565237	Lukavec
4208	Lovosice	565521	Radovesice
4211	Roudnice nad Labem	564656	Budyně nad Ohří
4211	Roudnice nad Labem	564753	Doksany
4211	Roudnice nad Labem	565342	Nové Dvory
4211	Roudnice nad Labem	565938	Žabovřesky nad Ohří

Pozn.: * dotčené správní území v Povodí Labe

6.2 Hloubky pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}

Mapa hloubek vznikne odečtením vypočítané úrovně hladiny a sestaveného digitálního modelu terénu. V barevné škále zobrazuje názorně hloubku vody při povodni v záplavovém území a upozorňuje na rizikové oblasti s vysokými hloubkami vody.

Formát map hloubek *.tif – rastr, georeferencovaný tif velikost pixelu rastru 2 x 2 m

Mapy hloubek vznikly jako rastrová mapa obálky maximálních hodnot hloubek obou výpočetních stavů, tedy např. Q_N z Ohře s dopočtem průtoku z Labe a Q_N z Labe s dopočtem z Ohře.

6.3 Rychlosti pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}

Informace o rychlosti proudění vody v korytě a v inundačním území u dvourozměrného modelu jsou známy ve všech výpočetních bodech. Výsledné zobrazení rychlostí je součástí mapy rizik, kdy informace o rychlosti spolu s hloubkou vody dávají názornou představu o charakteru nebezpečí při povodni v pozorovaném úseku.

Pomocí softwaru ESRI ArcMap a Flood Tool Box byly z vypočtených hydraulických charakteristik pro Q_5 , Q_{20} a Q_{100} a Q_{500} vygenerovány mapy rychlostí.

Formát map rychlostí *.tif – rastr, georeferencovaný tif velikost pixelu rastru 2 x 2 m

Mapy rychlostí v oblasti soutoku byly vytvořeny podobně jako mapy hloubek, jako rastrová mapa obálky maximálních hodnot rychlostí obou výpočetních stavů, tedy např. Q_N z Ohře s dopočtem průtoku z Labe a Q_N z Labe s dopočtem z Ohře. Obálku maximálních hodnot v případě rychlostí vytváří skalární hodnoty maximálních rychlostí v každém bodě výpočetní sítě.

Výsledkem této metody je tedy pouze skalární matice, resp. mapa rychlostních maxim, u které ovšem nelze vytvořit vzhledem ke kombinaci dvou rychlostních stavů smysluplné vektorové pole.

6.4 Zhodnocení nejistot ve výsledcích výpočtů

Pokud odhlédneme od nejistot vlastního hydrologického zadání (N-leté průtoky) a budeme vztahovat rozsah záplavového území ke konkrétnímu průtoku (a nikoliv k deklarované četnosti povodně), můžeme odhadnout nejistotu ve výsledných vypočtených úrovních hladin (nejzásadnější výstup při použití metody matematického modelování) následujícím postupem.

Směrodatná chyba σ_u výsledné funkce u náhodných a nezávislých veličin je dána vztahem [9]:

$$\sigma_u = \sqrt{\sum_{i=1}^n k_i^2 \sigma_i^2} \quad (1)$$

kde σ_u směrodatná chyba výsledné funkce u
 k konstanty (pro z, σ_i směrodatná chyba jednotlivých veličin

Popis chyby	Předpokládaná chyba [cm]
chyba geodetických dat (zaměření koryta, inundačního území) – data zpracovaná v DMT	15 - 30
chyba kalibrace 2D matematického modelu	15
přesnost 2D matematického modelu – interpretace dat do souboru „batymetrie“ a výpočtu	5

Celkovou nejistotu ve vypočtené úrovni hladiny můžeme tedy s využitím rov. (1) vypočítat

$$(15^2 \text{ až } 30^2 + 15^2 + 5^2)^{1/2} \sim 22 - 34 \text{ cm}$$

Dalším faktorem, s nímž model nepočítá, je množství plavenin, které postupují tokem při povodni, ať už se jedná například o ledové kry nebo antropogenní materiál či dřevní hmotu. Tyto plaveniny, pak zejména v prostoru objektů, mohou značně pozměnit průtočný profil (částečné nebo úplné ucpání), což má zásadní vliv na jeho průtočnou kapacitu a následně na průběh hladin nad objektem.