



POVODÍ OHŘE, s. p. Chomutov
HEPS Terezín

Zvláštní povodeň v důsledku havárie na

VD Březová

*Stanovení rozsahu ohroženého území průlomovou
vlnou zvláštní povodně*



Terezín, duben 2004

Zvláštní povodeň v důsledku havárie na

VD Březová

***Stanovení rozsahu ohroženého území průlomovou vlnou
zvláštní povodně***

Zpráva

Zpracoval:
Spolupráce:

Ing. Zdeněk Klíma Povodí Ohře, s. p.
Hydrosoft Veleslavín, s. r. o.

Terezín, duben 2004

POVODÍ OHŘE, s. p. Chomutov, oddělení HEPS v Terezíně
Pražská 319, 411 55 Terezín
☎ 416782591-3, 416782164 fax 416782578 e-mail klima@poh.cz

Obsah.

1. Úvod.	2
2. Výstupy ze studie.	2
3. Základní údaje o VD a vymezení řešeného úseku toku pod VD.	2
4. Výchozí údaje a podklady	3
5. Zpracování výpočtového modelu průlomové vlny	3
5.1. Některé prvky výpočtového modelu.	4
5.2. Hydraulické zadání modelu, doba simulace.....	4
6. Výsledky výpočtu průlomové vlny.	6
7. Mapové a další výstupy ze studie	15
7.1. Mapové situace se zákresem záplavové čáry průlomové vlny.	15
7.2. Příloha zprávy.	16
7.3. CD disk přiložený ke studii průlomové vlny.....	16
8. Závěr	16
Literatura a další použité podklady.	18
Příloha	19

Zvláštní povodeň na VD Březová

Stanovení rozsahu ohroženého území průlomovou vlnou zvláštní povodně

1. Úvod.

V návaznosti na ustanovení Zákona o vodách č. 264/2001 Sb. a ve smyslu příslušných ustanovení Nařízení vlády č. 100/99 Sb. o ochraně před povodněmi byl na našem podniku v roce 2002 připraven úvodní koncepční materiál pro řešení zvláštních povodní na vodních dílech (dále VD) Povodí Ohře, s. p. Jeho cílem bylo stanovit harmonogram a podmínky zpracování průlomových vln na jednotlivých VD ve správě našeho podniku. Zejména zde bylo stanoveno období pro zpracování na roky 2003 a 2004, vymezení řešitelé a stanoveny finanční interní i externí náklady na tato řešení.

Cílem řešení těchto studií je rozšíření povodňových plánů územních celků o kategorii zvláštních povodní.

Studie zvláštních povodní se obecně skládají ze dvou částí.

První částí každé z nich je materiál „VD – název díla - Parametry zvláštních povodní“, zpracovaný pražskou akciovou společností „Vodní díla – TBD a. s.“ (je přílohou těchto zpráv). Tyto materiály mimo jiné stanovují způsoby vzniku a rozvoje havarijních stavů na jednotlivých VD a v jejich důsledku zejména i vývoj odtokových hydrogramů.

Druhé části těchto studií se zabývají stanovením průběhu průlomových vln v území pod VD a jsou předmětem těchto prací pod názvy „Zvláštní povodeň v důsledku havárie na VD – název díla – Stanovení rozsahu ohroženého území průlomovou vlnou zvláštní povodně“.

Zpracovatelem těchto částí je Povodí Ohře, státní podnik, odbor HEPS.

Objednatelem práce je Povodí Ohře, státní podnik.

2. Výstupy ze studie.

Za hlavní výstupy této studie lze považovat

- **zprávu studie** se všemi uvedenými údaji o vstupech (viz i část „Parametry zvláštních povodní“ v příloze), o podkladech a jejich zpracování, s údaji o výsledcích výpočtů použitým hydraulickým modelem, s jejich vyhodnocením a i s údaji o přílohách
- **podrobné situace** (ve formátech A1) se zakreslenou záplavovou čarou pro průtok průlomové vlny, dále se zákresem osy, staničení, umístění příčných profilů atd.

3. Základní údaje o VD a vymezení řešeného úseku toku pod VD.

Vodní dílo Březová je situováno na řece Teplé, v ř. km 8.25, na jihozápad od Karlových Varů.

Základní údaje o VD jsou uvedeny v příloze této zprávy, v materiálu „Parametry zvláštních povodní“ a na tomto místě na ně pouze odkazují. V příloze jsou zejména údaje o účelu VD (odst. 4.1 na str. 3) a technické parametry VD i s popisem jednotlivých objektů (odst. 4.2 na str. 4 a 5).

Řešený úsek toku pod VD nesestává jen z úseku Teplé od VD Březová a z přítoku Lomnického potoka pod VD Stanovice, ale také z úseku Horní a Střední Ohře až po VD Nechranice, z úseku nádrže VD Nechranice, z úseků koryt od základových výpustí a od bezpečnostního přelivu se skluzem a z úseku Dolní Ohře od profilu soutoku pod hrází (trať Ohře od výpustí a od skluzu) až po profil jezu Stranná.

Jako součást tohoto modelu byly ponechány i úseky Horní Ohře od VD Skalky, Odnavy od VD Jesenice po zaústění do Ohře pod Odnavou a Libockého potoka od VD Horka po jeho zaústění do Ohře pod obcí Liboc. Ponechány byly i přesto, že průlomovou vlnou z VD Březová zasaženy být nemohou (s výjimkou dolního úseku Horní Ohře – nad vyústěním Teplé).

Sestavit model v uvedené podobě umožnila existence povodňových modelů Horní a Střední Ohře a povodňových modelů hlavních přítoků, které naše oddělení HEPS v Terezíně v minulosti zpracovalo. Tyto modely se po rozsáhlých úpravách staly základem modelů průlomových vln. Úpravy modelových větví Ohře, Odavy a Libockého potoka byly provedeny pro zpracování průlomových vln na VD Skalka, VD Jesenice, VD Horka a VD Kadaň již v minulém roce. Pro tyto nové studie průlomových vln na VD Březová a VD Stanovice byly dále realizovány zásadní úpravy větve Teplá a nově byl pořízen modelový úsek Lomnického potoka, na základě nového zaměření našeho odboru HEPS.

Pro výpočtový model zvláštní povodně VD Březová jsou podstatné říční tratě Teplé od VD Březová po vyústění do Ohře, dolní úsek tratě Lomnického potoka při jeho vyústění do Teplé, dolní část úseku Horní Ohře od jezdeckého závodiště v Karlových Varech – Dvorech až po LG v Karlových Varech – Drahovicích, a úsek říční tratě Střední Ohře od LG v Karlových Varech – Drahovicích až po vyústění Bystřice pod Ostrovem nad Ohří.

4. Výchozí údaje a podklady.

Podklady pro zpracování této akce – „Zvláštní povodně na VD Březová“ i zvláštní povodně na dalším VD (VD Stanovice), řešené v rámci tzv. 2. skupiny zpracovávaných VD – měly dvojitý charakter. Sestávaly jak z podkladů v klasické papírové podobě, tak zejména z podkladů digitálních, jež měly rozhodující význam pro řešení těchto studií.

Nejdůležitějšími byly dva digitální systémy i jejich vytisknutá podoba.

Prvním z nich byl rozsáhlý výpočtový komplex povodňového modelu Horní a Střední Ohře a jejich hlavních přítoků v software Mike 11, které naše oddělení HEPS v Terezíně zpracovávalo v letech 1997 až 2000 - nejprve v DOS verzi 3.22 a později je převedlo do Windows verze 2001. Z uvedeného komplexu vycházely vloni následně zpracované modely průlomových vln pro výpočty o značně větších kulminačních průtocích proti klasickým povodním (průlomové vlny na VD Skalka, Jesenice, Horka a Kadaň), které se staly výchozím podkladem pro zpracování modelů této 2. skupiny – modelů průlomových vln na VD Březová a VD Stanovice.

Druhým rozhodujícím systémem pro řešení, ale i pro prezentaci výsledků je zpracování celého předmětného území výpočtových modelů v GIS MapInfo a to jak v digitální, tak i ve vytisknuté podobě.

Pro zpracování obou těchto rozsáhlých systémů bylo třeba shromáždit mnoho geodetických měření a podkladů, mapových podkladů a mnoho nejrůznějších vodohospodářských materiálů. Informace o těchto podkladech zde neuvádím, pro podrobnosti odkazuji na studie a zprávy uvedených povodňových modelů.

Dalším důležitým vstupním podkladem byla již několikrát zmiňovaná část „Parametry zvláštních povodní“, zpracovaná společností „Vodní díla – TBD a. s.“, kterou jsem pro její důležitost připojil k této zprávě jako celek. Její nejvýznamnější částí pro řešení studie ohroženého území pod VD je výsledná varianta hydrogramu odtoku průřvou v profilu hráze.

Pro řešení jsem využil ještě mnohé další podklady, které naše oddělení HEPS v Terezíně v minulosti shromáždilo nebo vytvořilo. Namátkou bych jmenoval „Korytový model Ohře a jejich přítoků“, manipulační řády a další podklady pro VD Nechanice, VD Kadaň a i další materiály.

5. Zpracování výpočtového modelu průlomové vlny.

Výpočtový hydraulický model průlomové vlny na VD Březová (software Mike 11) byl vytvořen ze zpracovaných modelů průlomových vln na VD Skalka, Jesenice, Horka a Kadaň, jejichž základem byly povodňové modely Ohře a jejich hlavních přítoků (viz výše), dále zásadními úpravami povodňového modelu Teplé a vytvořením nové větve Lomnického potoka.

Předchozí i současné úpravy systému povodňových modelů obecně spočívaly v následujících zásadách. Ze systému byly odpojeny nepotřebné přítoky Svatavy, Rolavy a Bystřice. Model byl dále zjednodušen, byly zrušeny větve inundačního proudění, které by bránily stabilnímu výpočtu při extrémních hodnotách průtoku a z téhož důvodu byla zrušena většina hydraulicky méně významných mostních objektů (zejména na zrušených inundačních větvích, ale i mimo ně, na hlavních modelových větvích). Dále byly zrušeny některé příčné profily, zejména ty, které měly charakter profilů korytových, resp. ty, jejichž hustota v podélním profilu byla nadbytečně vysoká. Naproti tomu bylo nezbytné upravit prakticky všechny zbylé profily tak,

aby jejich břehové inundační partie byly dostatečně vysoko, aby provedly i kulminační hodnoty průtoku průlomové vlny.

Tyto rozsáhlé úpravy profilů jsem realizoval odečítáním výšek a vzdáleností z rastrových mapových podkladů v digitálním GIS systému a pro jejich úpravu jsem je načítal do Excelu a následně do výpočtového modelu.

Další zásahy spočívaly ve výpočtových úpravách a rozšíření měrných křivek rozhodujících mostních a jezových objektů, které jsem v modelu jako objekty zachoval. V modelu bylo dále nutné vytvořit nový systém okrajových podmínek, včetně zadání hydrogramu průlomové vlny. Prakticky beze změny zůstaly některé modelové větve – úsek nádrže VD Nechranice, větev bezpečnostního přelivu a skluzu, kde jsem jen již dříve rozšiřoval měrnou křivku, větev koryta od základových výpustí, s drobnou úpravou regulace zavření průtoku touto větví při dosažení hranice neovladatelného stavu na VD Nechranice a beze změny zůstala i dolní větev až po jez Straná, kde byla opět již dříve jen rozšířena dolní okrajová podmínka.

Výpočtové modely průlomových vln i této tzv. 2. skupiny studií (VD Březová a VD Stanovice) jsou obecně zpracované velmi podobně. Jejich vnitřní parametry a systémy jsou poměrně složité a nelze tedy jednoduše prezentovat všechny jejich důležité aspekty. Přesto se nyní alespoň stručně zmíním o jejich některých důležitých znacích a parametrech.

5.1. Některé prvky výpočtového modelu.

Ke společným znakům modelů zmíněné 2. skupiny patří zejména již uvedené jednotlivé modelové větve, s jejich objektovými parametry, dále celý systém údolních profilů a jejich drsnostních charakteristik i vnitřní výpočtové parametry nastavení modelu.

V modelu se kromě již zmíněných větví a objektů VD Nechranice uplatňují ve výpočtu jako případy i tyto další objekty.

větev	objekt	staničení modelové	staničení říční
Ohře	železniční most vlečky v Kyselce	89.705	160.295
Ohře	silniční most ve Vojkovicích (dolní)	99.204	150.796
Ohře	železniční most pod Mlýnem n. O.	101.909	148.091
Ohře	železniční most v Klášterci n. O.	117.955	132.045
Ohře	VD Kadaň	124.168	125.832
Ohře	železniční most v Kadani	126.008	123.992

5.2. Hydraulické zadání modelu, doba simulace.

Modelová simulace určité - více či méně reálné - hydrologické situace, navíc v kombinaci s variantou průlomové vlny, vyžaduje v takto složitém modelovém systému vytvořit určitý hydrologický scénář. Ten je vždy ovlivněn subjektivní volbou řešitele. Ani v případě tohoto výpočtu průlomové vlny na VD Březová tomu není jinak.

V příloze této zprávy byla řešitelem „Parametrů zvláštních povodní“ pro výpočet průlomové vlny na VD Březová vybrána varianta poruchy hráze, nazvaná jako „typ 1 - varianta II“. Varianta předpokládá destrukci hráze poruchou pilíře přelivných polí bezpečnostního přelivu – blok č. 10 v blízkosti dilatační spáry 9/10 - při zasažení díla povodní $Q_{100} = 140 \text{ m}^3/\text{s}$.

Ve zmíněném materiálu je uvedeno, že k poruše dojde při kulminaci povodně v čase 1.5 minuty od začátku simulace (rozumí se simulace modelem pro stanovení vývoje destrukce hráze a z ní plynoucího hydrogramu průlomové vlny). Podle dále prezentovaných výsledků této varianty (tabulkové formy hydrogramu PV) je počáteční přítok do nádrže (v čase 0 minut) jen $Q = 69 \text{ m}^3/\text{s}$ (odpovídá průtoku Q_{10}) a v čase 1.5 minuty je přítok prakticky tentýž, ale odtok průrvou v hrázi je již kulminačním průtokem průlomové vlny – $Q = 2622 \text{ m}^3/\text{s}$. Tato nepřesnost, či chyba v popisu (odlišnost od deklarovaného přítoku) však pro simulaci průběhu průlomové vlny pod VD není rozhodující. Rozhodující je samozřejmě uvedený hydrogram průlomové vlny.

Hladina při kulminaci povodně, či přesněji výchozí hladina v začátku simulace modelem destrukce hráze (řešitelů z VD – TBD a. s.), je v úrovni 443.80 m n. m., což je o 630 cm výše než je hladina zásobního prostoru nádrže a o 60 cm níže než je úroveň maximální hladiny neovladatelného retenčního prostoru.

Hydrologická situace, při níž jedním z hlavních přítoků Horní Ohře protéká stoletá povodeň (resp. i „již jen“ povodeň desetiletá – viz výše), by pravděpodobně byla výraznou povodňovou situací i pro další významné toky v daném regionu. Proto byly do scénáře výchozí hydrologické situace zahrnuty i odpovídající (nádržemi transformované) povodňové průtoky v dalších okrajových podmínkách (uzlech modelu) – v profilu VD Stanovice na Lomnickém potoce a také v profilech přítoků ponechaných v modelovém systému – t. j. v profilu VD Skalky na Ohři, v profilu VD Jesenice na Odřavě a v profilu VD Horky na Libockém potoce.

Následující přehled uvádí průtoky v okrajových podmínkách, použité ve výpočtovém modelu. V profilech VD Stanovice, VD skalky, VD Jesenice a VD Horky byly použity konstantní povodňové průtoky pro celou výpočtovou dobu simulace průlomové vlny.

VD Stanovice	konstantní průtok $Q_1 = 19 \text{ m}^3/\text{s}$	ČHMÚ Praha 10/2001
VD Skalka	konstantní průtok $Q_1 = 70 \text{ m}^3/\text{s}$	ČHMÚ Praha 10/1995
VD Jesenice	konstantní průtok $Q_1 = 23 \text{ m}^3/\text{s}$	ČHMÚ Plzeň 01/1998
VD Horka	konstantní průtok $Q_1 = 15.2 \text{ m}^3/\text{s}$	ČHMÚ Plzeň 12/1999

V profilu VD Březová byl jako okrajová podmínka použit již zmíněný odtokový hydrogram průlomové vlny při variantě poruchy hráze podle „typ 1 - varianta II“. Tuto okrajovou podmínku jsem ale pro potřeby modelu na svém počátku upravil přechodovou křivkou z konstantní hodnoty průtoky $Q_5 = 57 \text{ m}^3/\text{s}$ a přechodovou křivkou jsem ji upravil i na jejím konci - do konstantní hodnoty povodňového průtoky $Q_1 = 35 \text{ m}^3/\text{s}$ (obě hodnoty ČHMÚ Praha 10/1995).

Vlastní odtokový hydrogram je tabulkově zpracován v příloze této zprávy na str. Příloha č.9 a spolu s dalšími grafy je znázorněn na str. Příloha č. 9 až č.11. Jeho podobu rozšířenou o uvedené přechodové křivky uvádí obr. č. 1 na následující str. 6.

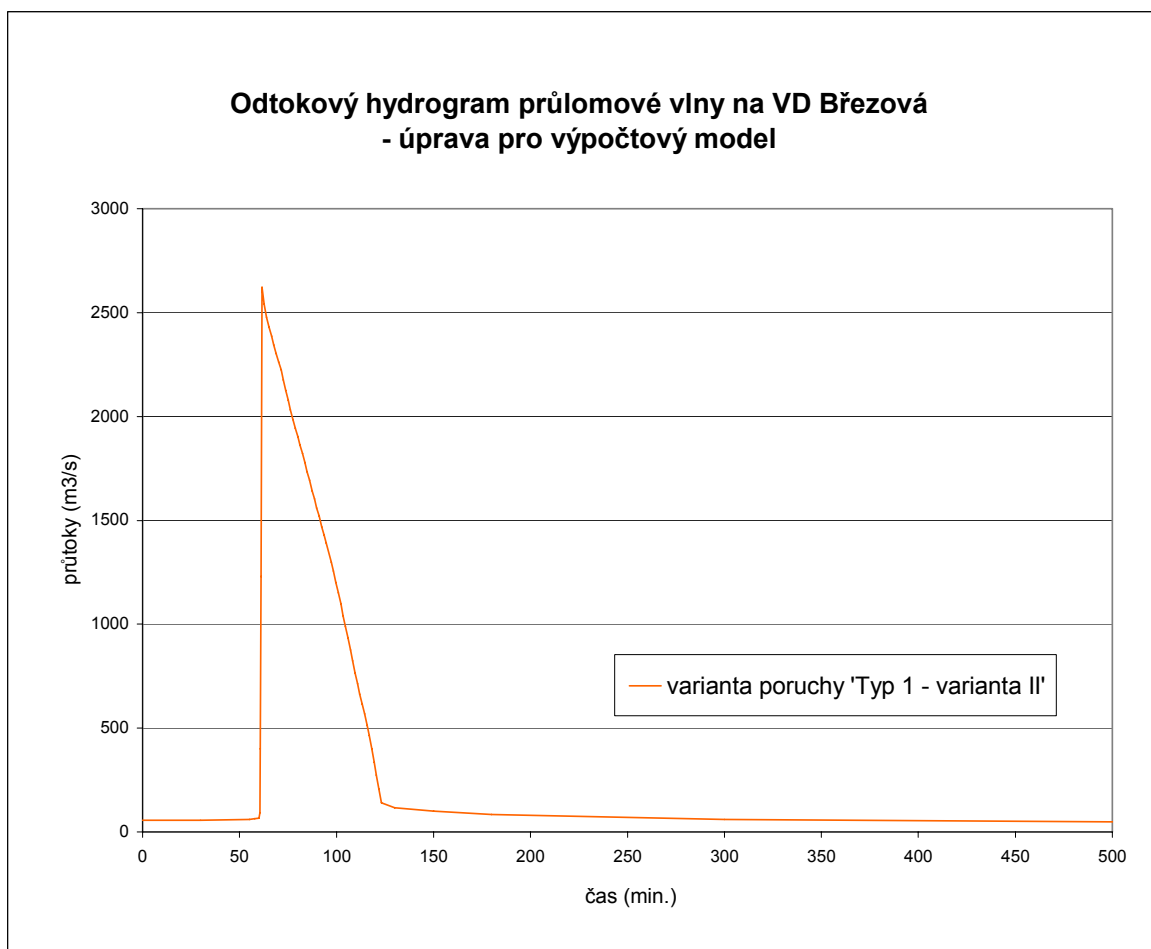
Proti hydrogramu z přílohy je tato jeho podoba ve svém počátku rozšířena o 1 hod., z toho prvních 30 minut trvá konstantní průtok $Q_5 = 57 \text{ m}^3/\text{s}$ a druhých 30 minut tvoří přechodová křivka na hodnotu průtoky $Q = 69 \text{ m}^3/\text{s}$, což je počáteční hodnota původního hydrogramu, zpracovaného a. s. VD – TBD. V konci sestupné větve je hydrogram upraven přechodovou křivkou na průtok Q_1 - na celkový čas 4320 minut t. j. na 3 dny, což je také celkový výpočtový čas simulace této průlomové vlny. Na obr. 1 je ovšem znázorněno jen prvních 500 minut hydrogramu.

Z uvedeného vyplývá, že při prohlížení výsledků výpočtového modelu na přiloženém CD disku a při sledování postupových dob průlomové vlny je nutné od uvedených časů odečíst právě 1 hod., o kterou byl vstupní hydrogram rozšířen na svém původním začátku.

V této souvislosti bych chtěl upozornit na skutečnost, že v tab. č. 1 na str. 7. nejsou prezentovány časy postupu průlomové vlny od počátku simulace, ale jsou zde časy dosažení kulminací průtoky v jednotlivých profilech po toku. Tyto časy nejsou vztaženy k hrázi VD Březová, ale k prvnímu profilu pod ní.

Uvedený hydrogram má kulminační průtok průlomové vlny $2622 \text{ m}^3/\text{s}$. Objem nerozšířené vlny (odteklé vody z nádrže) je podle přílohy (str. 17) 5.4 mil. m^3 .

Objem průlomové vlny VD Březová je příliš malý, při porovnání s objemy vln dříve řešených VD – VD Skalka, VD Jesenice, VD Horka - a i při porovnání s objemem současně řešené vlny na VD Stanovice. Proto účinky této vlny nezasahují tak rozsáhlé území jako v případě uvedených vln ostatních – nepropagují se až do nádrže VD Nechranice – jak vyplývá z výsledků prezentovaných v odst. 6. V souvislosti s tímto výsledkem uvedu ještě stoletý průtok Ohře v lokalitě, kde průlomová vlna z VD Březová je průběhem říčními tratěmi Teplé a Ohře transformována právě na tento průtok Q_{100} . Je jím průtok $672 \text{ m}^3/\text{s}$ a uvedenou lokalitou je úsek nad vyústěním Bystřice pod Ostrovem nad Ohří.



obr. č. 1

6. Výsledky výpočtu průlomové vlny.

Z hydraulického hlediska není výpočet průběhu průlomové vlny územím pod vodním dílem zcela obvyklým a častým druhem výpočtu, neboť se jedná o klasicky neustálené proudění dané bodovým průtokovým zdrojem. Na rozdíl od něho se v případě výpočtů obvyklých povodňových průtoků (na dlouhém, zejména říčním úseku toku) jedná většinou o plošné průtokové zatížení, postupně se po toku zvyšující, což je dáno nárůstem průtoků z přítoků hlavního recipientu, tak jak vyplývají z hydrologických hodnot získaných např. od ČHMÚ. Proto se v případech výpočtů klasických povodňových průtoků do hydraulických modelů zpravidla nezadávají obvykle obtížně odhadnutelné skutečné hydrogramy počítané povodňové situace, ale místo nich jen konstantní hodnoty zvolených povodňových průtoků a to pro celý výpočtový čas simulace. Zásadní rozdíl mezi oběma typy výpočtu pak spočívá ve skutečnosti, že zatímco ve druhém případě (obvyklých povodňových výpočtů) je po většinu simulovaného času průtok v jednotlivých říčních úsecích konstantní, je v prvním případě (průlomových vln) charakteristickým znakem nejen průtok proměnný v jednotlivých profilech v čase (ve tvaru vlny), ale také po toku proměnný (zmenšující se) průtok kulminační, což je dáno výraznou transformací vlivem koryta a inundačního území.

Příkladem takové transformace průtoků je i výpočet propagace průlomové vlny pod VD Březová, jak ukazuje tab. č. 1 na následující str. 7.

V tabulce jsou prezentovány hlavní výsledky výpočtů průlomové vlny a její propagace do území pod VD, ve formě výsledných parametrů vlny ve vybraných profilech Teplé a Ohře.

sem přijde tab. č. 1

Říční úsek Teplé (od VD Březová po ústí do Ohře), dlouhý 8.25 km, ztransformuje kulminační průtok průlomové vlny o 27 % - na hodnotu 1910 m³/s a kulminace průlomové vlny proběhne celým úsekem Teplé (dosáhne profilu vyústění do Ohře) za 36 minut. Uvážíme-li výše uvedený fakt, že podle modelu a. s. VD – TBD nastane kulminace průlomové vlny v profilu hráze 1.5 minuty od začátku vývoje poruchy (od začátku jejich simulačních výpočtů), pak kulminace v profilu soutoku s Ohří nastane za 37.5 minuty od tohoto počátečního času.

Uvedená transformace kulminačního průtoku při průběhu průlomové vlny říční tratí Teplé je poměrně významná, zejména pokud si uvědomíme, že celý předmětný úsek Teplé má sevřené, nepříliš široké údolí, bez výrazných inundačních prostorů. I přesto je ovšem pro ochranu příbřežní městské zástavby Karlových Varů téměř zanedbatelným faktem skutečnost, že uvedená transformace proběhne v úseku Teplé, ještě před jejím vstupem do hlavních městských částí. Transformovaný průtok je totiž stále asi 15 krát větší než průtok Q_{100} a i ten by již v některých městských úsecích zaplavoval příbřežní zástavbu.

Postupující průlomová vlna, po průtoku výústním profilem Teplé, je v říční trati Ohře (v úseku dlouhém 58 km - po vtok do nádrže VD Nechranice) dále transformována, z kulminační hodnoty 1910 m³/s na hodnotu 505 m³/s, při vtoku do nádrže VD Nechranice To je již hodnota menší než je průtok Q_{100} . Transformace na hodnotu průtoku $Q_{100} = 672$ m³/s, díky malému objemu průlomové vlny, proběhne na úseku dlouhém jen 21 km, jehož koncový profil leží nad soutokem s Bystřicí, jihovýchodně od Ostrova nad Ohří. Tato lokalita leží mezi modelovými profily PF92 a PF95, v ř. km 154.0. Doba, za kterou kulminační průtok průlomové vlny dosáhne této lokality je 191 minut od počátku poruchy.

I přes uvedený malý objem průlomové vlny by byly její účinky na říčním úseku Teplé a zejména v městské a lázeňské zástavbě Karlových Varů pravděpodobně velmi devastující. To je vidět i z tab. č. 1, kde jsou uvedeny průměrné hloubky vody kulminačních průtoků. Prakticky na celém úseku Teplé se pohybují mezi 4 a 5 m nad úrovněmi břehů koryta. Nejen ovšem poměrně velké hloubky, ale také značná razance průlomové vlny by měla zničující účinky. Z modelových výpočtů totiž vyplývá, že průměrné profilové rychlosti proudění za kulminačních průtoků jsou na Teplé v mezích 4 až 7 m/s, což spolu s hloubkami a s poměrně malými šířkami záplavy dává velké hodnoty průtoků na jednotku šířky a tedy značné dynamické účinky proudu.

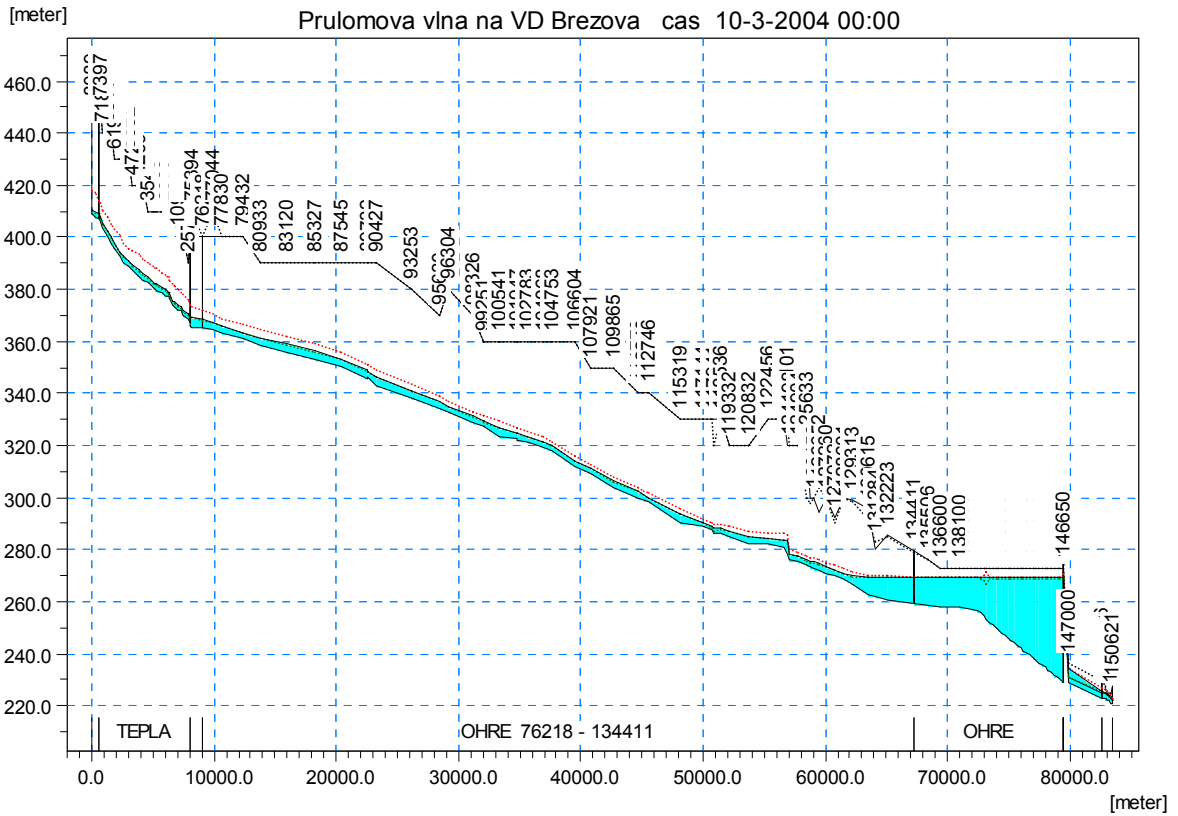
Z výpočtu této průlomové vlny zvláštní povodně by bylo možné získat a zpracovat mnoho podrobných výsledků, zejména týkajících se jejího průběhu jednotlivými lokalitami zasaženého území, ale z časových důvodů to není v tomto okamžiku možné. Lze to však v případě zájmu nebo potřeby provést dodatečně. Vyjímkou je tabulka výsledků maximálních hladin a průtoků téměř celého úseku průlomové vlny v závěru tohoto odstavce, která zde prezentována je (str. 12 a 13).

Hlavním požadavkem zadání bylo stanovení rozsahu ohroženého území. Tomuto požadavku byly přizpůsobeny i prezentace výsledků modelového výpočtu. Hlavním prezentačním výsledkem jsou proto poměrně podrobné mapy záplavového území průlomové vlny, zpracované v samostatné příloze této práce – podrobněji viz odst. 7. Přesto ale i některé další zajímavé výsledky jsou uvedeny v pokračování tohoto odstavce.

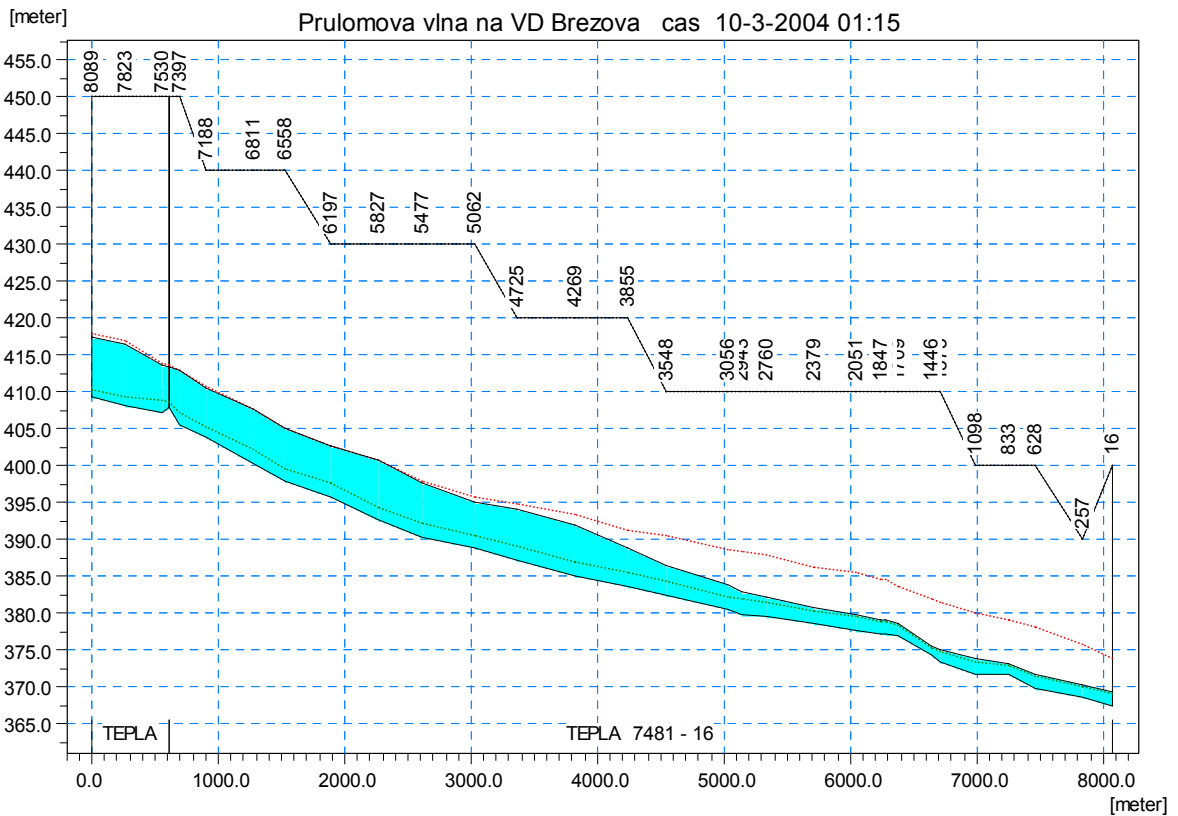
Jedním z nejzajímavějších výsledků modelu průlomové vlny jsou animace průběhu hladiny zejména v podélném profilu, které umožňuje zobrazit prezentační software systému Mike 11. Ty ovšem nelze prezentovat jinak, než s použitím výpočetní techniky. Přesto ale je možné podélný profil s hladinou v určitém okamžiku simulačního času přetisknout, jak ukazuje obr. č. 2 a jeho dílčí modifikace na obr. č. 3 a 4.

V uvedených obrázcích jsou čárkovanými čarami zobrazeny maximální (červená) a minimální (zelená) dosažené hladiny při průchodu průlomové vlny po toku v čase.

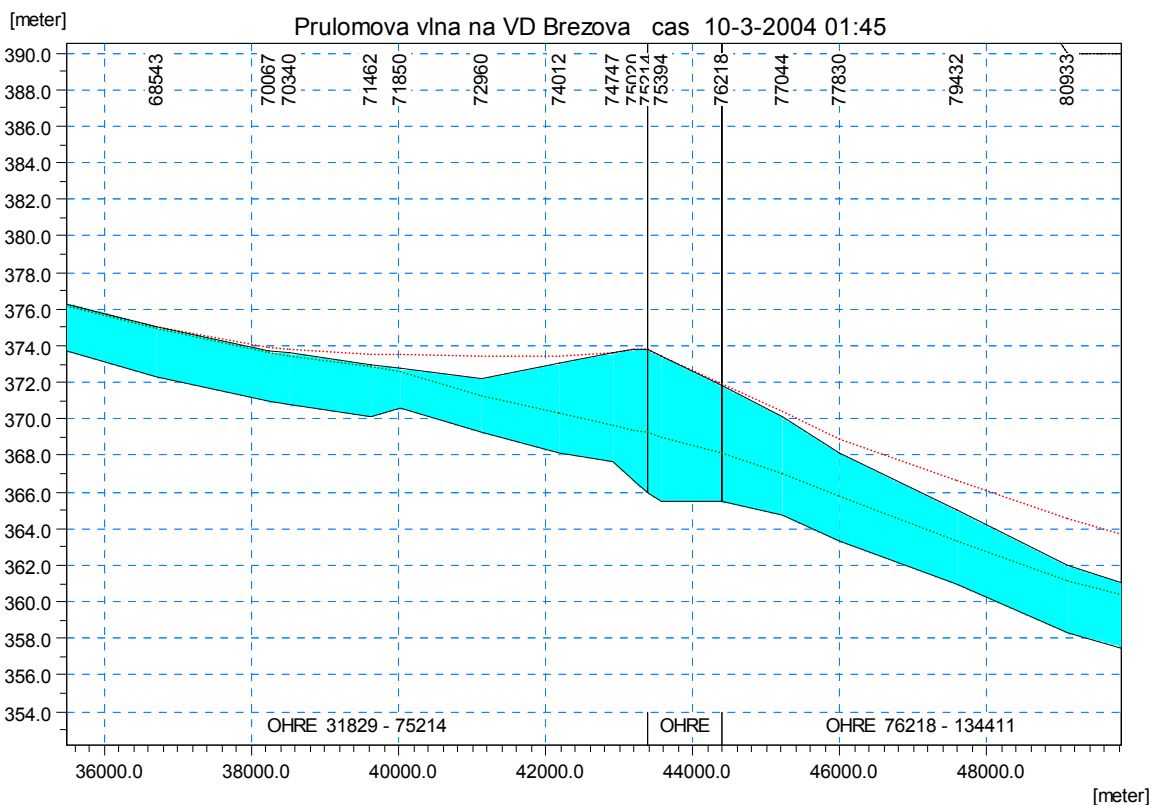
V obr. č. 2 je znázorněn podélný profil celého úseku Teplé a Ohře v simulačním čase 0 min. (simulace byly řešeny ve zvoleném kalendářním čase od 10.3.2004 00:00 hod:min do 14.3.2004 00:00 hod:min) V obr. č. 3 je znázorněn celý úsek Teplé pod VD Březová v čase 10.3.2004 01:15 a je na něm vidět, že čelo průlomové vlny je v tomto čase ještě před lázeňskou částí Karlových Varů.



obr. č. 2



obr. č. 3

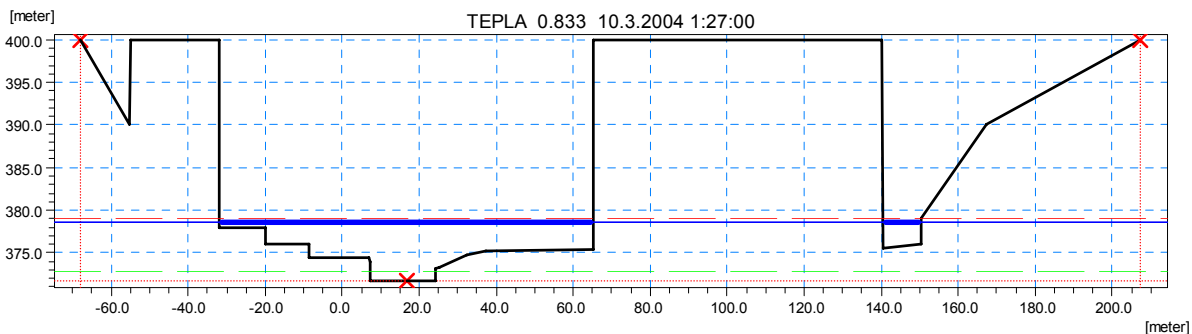


obr. č. 4

Obr. č. 4 zobrazuje Ohři v okolí vyústění Teplé (profil vyústění je zobrazen levou svislou čarou) a znázorňuje stav, kdy kulminační průtok již dosáhl vyústního profilu Teplé a pokračuje po Ohři dolů – simulační čas 10.3.2004 01:45. Obrázek zároveň také ukazuje zajímavý stav, kdy část průtoku se propaguje směrem proti proudu Ohře a zaplavuje území až po závodíště v Karlových Varech – Dvorech. Při opadávání kulminace v profilu vyústění Teplé, začne nateklá voda do úseku Ohře nad vyústěním Teplé opět vytékat zpět.

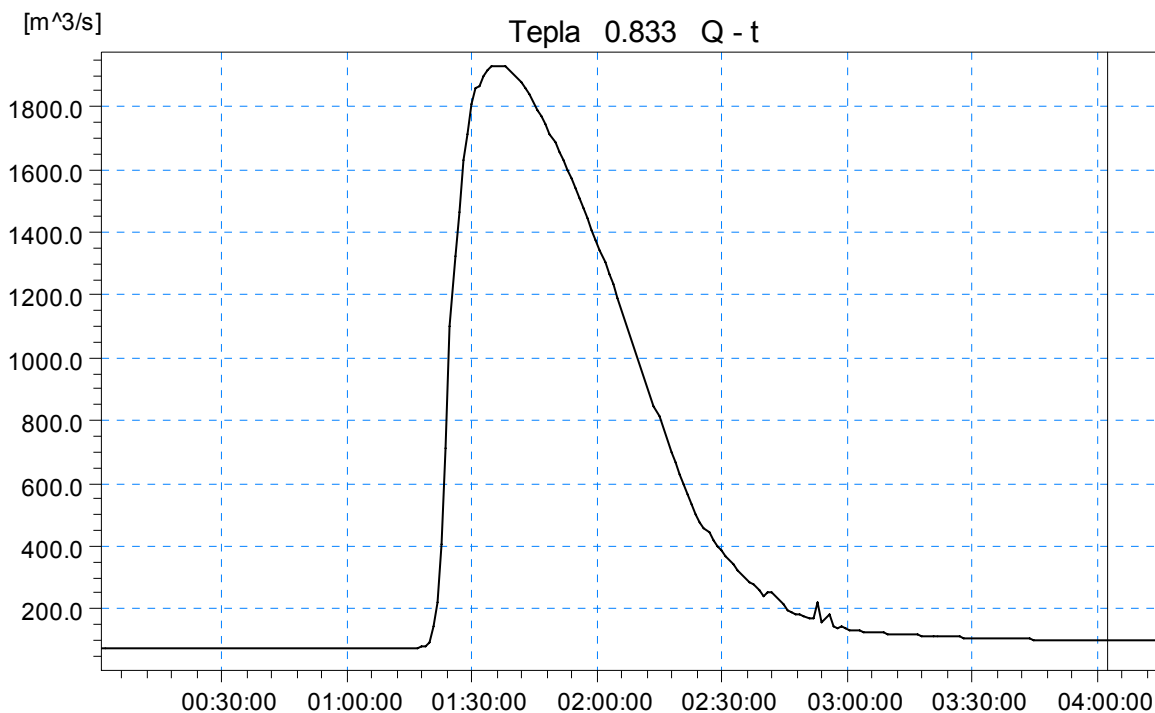
Další prezentované výsledky z výpočetního software ukazují obr. č. 5, 6 a 7.

Obrázek č. 5 zobrazuje příčný profil Teplé v Karlových Varech (km. 0.833). Mimo jiné je na něm zobrazena pobřežní městská zástavba, schematicky zahrnutá do výpočetního modelu (pravá „kostka“ představuje hotel Thermal). V profilu je zakreslena okamžitá hladina průlomové vlny, v čase 1 hod. 27 min po začátku simulace. Tato hladina je současně hladinou kulminační (ztotožňuje se s červenou čárkovanou čarou její maximální polohy), výchozí stav v čase 0 min. vyznačuje zelená čárkovaná linie.



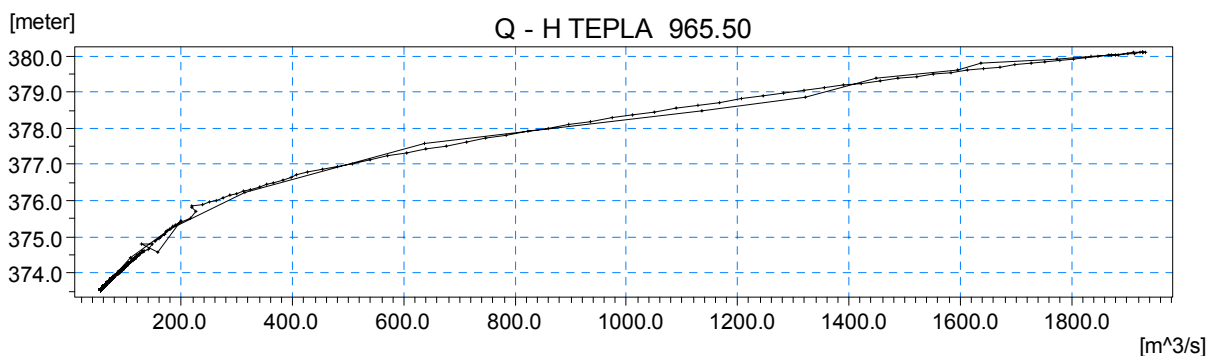
obr. č. 5

Na obr. č. 6 je znázorněn časový nárůst a pokles průtoku (hydrogram průlomové vlny) v témže profilu Teplé v Karlových Varech, jako v případě obr. č. 5.



obr. č. 6

Obr. č. 7 je vyjádřením měrné křivky průtoků v profilu přibližně shodném s obr. č. 5 a 6. Nepatrně rozdílné Q – h vztahy na vzestupné a sestupné větvi jsou důsledkem neustáleného proudění - průtokové vlny.



obr. č. 7

Následující str. 12 a 13 jsou vyhrazeny již výše zmíněné tabulce výsledků maximálních hladin a průtoků téměř celého úseku průlomové vlny.

Z tabulky lze mimo jiné vyčíst i hodnoty kulminačních průtoků a hladin v úseku Ohře nad vyústěním Teplé (viz též obr. č. 4), tedy v úseku kde nejprve dojde k negativnímu a následně k pozitivnímu proudění (proti a po toku), tak jak tyto jevy model Mike11 vypočítal. Z tabulky lze ovšem vyčíst pouze pozitivní (výtokové – ne nátokové) kulminační průtoky při následném prázdňení úseku. Ty zvětší do modelu zadaný součet průtoků Q_1 z horních úseků Ohře (VD Skalka, VD Jesenice a VD Horka) o hodnotě $Q = 109 \text{ m}^3/\text{s}$ na maximální hodnotu $Q = 387 \text{ m}^3/\text{s}$ v profilu těsně nad vyústěním Teplé. Z modelových výsledků vyplývá, že negativní kulminační průtoky jsou v tomto úseku ještě větší – dosahují až hodnot okolo $750 \text{ m}^3/\text{s}$.

sem přijde výsledná tabulka

sem přijde výsledná tabulka

Na závěr odstavce 6., popisujícího výsledky průlomové vlny, jsem připojil následující dva obrázky, které ve vybraných profilech, v zástavbě Karlových Varů na březích Teplé, schematicky a jen přibližně zobrazují kulminační hladiny průlomové vlny z VD Březová. Jejich hloubky nad břehy Teplé jsou uvedeny v tab. č. 1 na str. 7.



vtok do krytého profilu
Mlýnské kolonády –
profil PF095 – ř. km
1.446

úsek před Hochbergerovou
lávkou, v pozadí vpravo hotel
Thermal – profil PF104 – ř.
km 1.098



7. Mapové a další výstupy ze studie.

V odst. 2. jsou jako hlavní výstupy ze studie uvedeny zejména tato zpráva a mapové situace se zákresem záplavové čáry propagace průlomové vlny v území pod VD. Tyto dva materiály nejsou ovšem jedinými výstupy této studie. Mezi v odst. 2. neuvedenými, je třeba jmenovat zejména přiložený CD disk, s plně funkčním (výsledným tvarem) výpočtového modelu a se všemi dalšími důležitými výstupy ze studie v digitální podobě. Také je možné znovu připomenout skutečnost uvedenou na jiném místě zprávy, že za výstup lze též považovat materiál „VD Březová - Parametry zvláštních povodní“, zpracovaný pražskou akciovou společností „Vodní díla – TBD a. s.“, který jsem v plném znění připojil k této zprávě.

7.1. **Mapové situace se zákresem záplavové čáry průlomové vlny.**

Vedle zprávy této studie průlomové vlny na VD Březová jsou druhou samostatnou částí situace v měř. 1 : 10 000 a 1 : 25 000, zpracované v GIS MapInfo. Základ těchto mapových situací, včetně „osazených“ rastrových map ZM10, jsem převzal z povodňových modelů Horní a Střední Ohře a z povodňových modelů jejich hlavních přítoků. Chybějící osazené rastry map Lomnického potoka, s VD dílem Stanovice, jsem nahradil rastry Zabaged, který má náš podnik pro tyto účely k dispozici.

Grafické zobrazení území, ohroženého zvláštní povodní, je v situacích provedeno formou zákresu záplavové čáry průlomové vlny, jež je „obálkou“ záplavových čar kulminačních průtoků v jednotlivých dílčích úsecích Teplé a Ohře, shodně jako v případech záplavových čar při „normálních“ povodňových průtocích.

Záplavové čáry průlomové vlny byly zpracovány ve spolupráci s firmou Hydrossoft Vele-slavín, s. r. o.

Existence dříve řešených povodňových modelů umožnila - pro porovnání rozsahu záplavy při řešené průlomové vlně, s rozsahem záplavy při „normální“ povodni - ponechat v prezentovaných situacích i záplavové čáry povodní Q_{100} (na Teplé a na Ohři a také i na Rolavě a na Bystřici). Zde je ovšem potřeba upozornit, že povodňový model Teplé nebyl řešen na hydrologickou hodnotu Q_{100} od ČHMÚ, která je v profilu hráze VD Březová $Q_{100} = 140 \text{ m}^3/\text{s}$, ale na stoletý průtok transformovaný vodními díly Březová a Stanovice, který je i s přítoky z podpovodí $Q_{100 \text{ transform}} = 90 \text{ m}^3/\text{s}$, v profilu zaústění do Ohře.

Řešená průlomová vlna má v celé délce vyšší hodnoty kulminačních průtoků a tedy i vyšší úrovně hladin, než povodeň Q_{100} . Logickým důsledkem je i větší rozsah (šířka) záplavy. To je markantní zejména v celém úseku Teplé, kde šířka záplavy je výrazně větší než šířka záplavy transformované povodně Q_{100} , neboť tento transformovaný stoletý průtok koryto Teplé pod VD Březová prakticky všude provede.

To ale již prakticky neplatí ve většině úseků Ohře pod Teplou, kde vzhledem ke kaňonovitému charakteru údolí (zaříznutému, se strmými svahy), je rozsah záplavy průlomové vlny větší než záplava Q_{100} jen nepatrně, nebo někde prakticky i téměř sleduje záplavu povodně Q_{100} .

V úseku Ohře nad Teplou, až po závodíště v Karlových Varech – Dvorech, kam až průlomová vlna z VD Březová ovlivňuje součet jednoletých průtoků, zadaných do výpočtového modelu (viz výše), je ale situace se srovnáním záplavových čar poněkud jiná. Záplavová čára průlomové vlny z VD Březová prakticky sleduje záplavovou čáru stoleté povodně na Ohři až k menandru Ohře ve Dvorech. Dále pak, až do poloviny závodíště ve Dvorech, se šíře záplavy z průlomové vlny rychle zmenšuje a její rozsah je již menší, než rozsah záplavy při stoletém průtoku Ohře.

Kromě záplavy průlomové vlny a záplavy Q_{100} jsou v situacích zakresleny i mnohé další informace – zkonstruované osy toků s říčním staničením, umístění výpočtových profilů modelu, umístění mostních a jezových objektů s popisy a vyznačeny jsou také přítoky.

poznámka: popis uvedených grafických informací – např. vysvětlení ke zkonstruování os toků, k modelovému i nově zkonstruovanému staničení říčnímu a k údajům o dalších objektech – v této zprávě není a v podrobnostech proto odkazují na studie povodňových modelů, kde tyto informace uvedeny jsou.

Na závěr tohoto odstavce ještě uvedu, že popsané mapové situace jsou zpracovány také digitálně na přiloženém CD disku. Zde jsou v příslušných souborech v adresáři GIS, kde jsou

jednak ve formátu GIS MapInfo, ve kterém byly zpracovány, ale také ve formátu GIS ArcView, do kterého byly na závěr převedeny pro uživatele tohoto systému – viz odst. 7.3.

7.2. Příloha zprávy.

V příloze této zprávy je materiál „VD Březová - Parametry zvláštních povodní“, zpracovaný pražskou společností „Vodní díla – TBD a. s.“ Ten byl jedním ze základních výchozích podkladů pro řešení této studie propagace průlomové vlny.

Materiál kromě jiného obsahuje základní údaje a technické parametry VD Březová, stručný popis jednotlivých funkčních objektů, hydrologické údaje a údaje o manipulacích na díle. Dále obsahuje základní předpoklady a podmínky variantních řešení vzniku poruch díla a z nich odvozené parametry odpovídajících variant průlomové vlny, zejména výsledně doporučené – parametry průtokové, hladinové a objemové, vše vztaženo k času začátku poruchy.

7.3. CD disk přiložený ke studii průlomové vlny.

Součástí studie je i přiložený CD disk, na němž jsou jak výpočtové, tak i prezentační soubory – zprávy, tabulky, soubory GIS aj.

Obsah disku CD:

Výsledkové a datové soubory jsou na přiloženém CD-ROM rozděleny do následujících podadresářů, ve kterých jsou soubory těchto výstupů.

- podadresář Zpráva
obsahuje tuto zprávu, její úvodní listy, soubor s polepkou desek studie a grafické soubory leteckých fotek VD Březová, použitých na titulním listu a na deskách studie.
- podadresář Model - výpočty
v tomto podadresáři jsou všechny aktuální modelové výpočtové soubory, které po spuštění výpočtu (v prostředí Mike 11, verze 2001) - bez úprav vstupních podmínek - dají přesně shodný výsledek, jaký je prezentován ve výsledkových souborech „BR_DMBRK_OHODLITELO.RES11“ a „BR_DMBRK_OHODLITELOAdd.RES11“.
- podadresář GIS
obsahem je zpracovaná situace celého předmětného území studie zvláštní povodně VD Březová se záplavovými čarami průlomové vlny a s dalšími vektorově zpracovanými datovými strukturami (viz též odst. 7.1.), včetně rastrů map ZM 10. V adresáři jsou spouštěcí soubory pro GIS MapInfo (*.wor) i pro GIS ArcView (*.apr).
- podadresář Vstupy a výstupy
v podadresáři je upravený soubor vstupního hydrogramu průlomové vlny ve formátu „*.xls“, dále celý výsledkový soubor (ze str. 12 a 13 této zprávy) v témže formátu „*.xls“ a soubory „*.hc1“, v nichž jsou profily celého předmětného úseku Teplé a úseku Ohře, které v této podobě byly použity i ve výpočtovém modelu (Mike 11).

Uvedený obsah (včetně jmen některých souborů) je též v ochranném obalu přiloženého CD disku.

8. Závěr.

Studie zvláštní povodně na VD Březová řeší propagaci průlomové vlny do koryta a záplavových území Teplé, od VD Březová po vyústění do Ohře a další její propagaci do koryta a inundačních území Ohře, od závodíště v Karlových Varech – Dvorech, až po soutok s Bystřicí, jihovýchodně od Ostrova nad Ohří.

Vstupní hydrogram této vlny byl stanoven pražskou akciovou společností „Vodní díla – TBD a. s.“, v rámci zpracování 1. etap tzv. zvláštních povodní pod názvy „VD – název díla - Parametry zvláštních povodní“ (celá tato práce pro VD Březová je v příloze této zprávy).

Výchozími podklady této práce byly studie povodňových modelů Horní a Střední Ohře a jejich hlavních přítoků, které oddělení HEPS v Terezíně zpracovalo ve druhé polovině devadesátých let. Výpočtové modely z těchto studií (v systému Mike 11) byly dodatečně spojeny a pro

potřeby výpočtů průlomových vln značně upraveny. Jako podklad pro zpracování této práce a pro její výstupy bylo použito digitální zpracování mapových podkladů se záplavovými čarami „klasických“ povodní v GIS MapInfo.

Výpočtové práce byly provedeny pro průlomovou vlnu danou vstupním hydrogramem, tedy pro neustálený průtok. Výsledkem výpočtu modelem Mike 11 je stanovení parametrů této vlny v celém úseku Teplé od VD Březová a v úseku Ohře od závodíště v Karlových Varech – Dvorech, až po soutok s Bystřicí, jihovýchodně od Ostrova nad Ohří. Nejdůležitějšími výsledky jsou stanovené průtoky a úrovně hladin v jednotlivých profilech modelu a jejich časový průběh. Z nich jsou určeny kulminační hodnoty, které jsou prezentovány v této zprávě a ve zpracovaných situacích – záplavová čára průlomové vlny. Záplavová čára byla zpracována ve spolupráci s firmou Hydrossoft Veleslavín, s. r. o. Určuje rozsah území, které by bylo zasaženo průlomovou vlnou, kdyby k předpokládané havárii na VD Březová skutečně došlo.

Hodnoty výsledků jsou podrobně popsány v odst. 6. Průlomová vlna o kulminačním průtoku $2622 \text{ m}^3/\text{s}$ v profilu VD Březová a o objemu 5.4 mil. m^3 se při průchodu uvedeným územím ztransformuje na hodnotu průtoku Q_{100} v Ohři, v profilu nad soutokem s Bystřicí, který je v této lokalitě $Q_{100} = 672 \text{ m}^3/\text{s}$.

Kulminační stavy zatěžují příbřežní pozemky Teplé nad Karlovými Vary a příbřežní zástavbu ve městě hloubkami mezi 4 a 5 m nad úrovněmi břehů, při středních profilových rychlostech kulminačních stavů mezi 4 až 7 m/s. Šířka zátopy se pohybuje mezi 50 až 250 m. V inundačních partiích Ohře jsou v některých úsecích tyto hloubky větší než 3 m a šířky záplav jsou v mnoha případech i stovky metrů, což se týká i některých sídelních celků v území.

Výstupem ze studie je jak tato zpráva se zpracovanými výsledky, tak i situace se záplavovými čarami průlomové vlny. To ovšem nejsou výstupy jediné. Součástí je též přiložený CD disk se vstupem a výsledky v digitální podobě.

Obsahem CD disku jsou všechny hlavní vstupní podklady a výpočtové i prezentační výstupy ze studie. Tato forma zpracování umožňuje zájemcům prohlížet si výsledky studie mnohem podrobněji, než to umožňuje jen „papírový“ výstup.

V adresáři „Model – výpočty“ je uvedena konečná podoba výpočtového modelu a výsledkové soubory provedeného výpočtu průlomové vlny. Model lze též použít pro kontrolní i další dodatečné výpočty.

V adresáři GIS jsou zpracované soubory mapových situací se záplavovými čarami průlomové vlny a s dalšími zpracovanými datovými strukturami. Jsou zde také spouštěcí soubory pro GIS MapInfo i ArcView.

V Terezíně 25. 5. 2004

Ing. Zdeněk Klíma
oddělení HEPS v Terezíně

Literatura a další použité podklady.

- Hydraulika pro vodohospodářské stavby - Boor, Kunštátský, Patočka
- SNTL/ALFA - 1968 [1]
- Základy hydrauliky a hydrologie pro inženýrské konstrukce a dopravní stavby
– Kunštátský, Patočka – SNTL/SVTL - 1966..... [2]
- Hydraulika pre stavebných inžinierov /1/ – Mäsiar, Kamenský – ALFA - 1986..... [3]
- manuály programu Mike 11 [4]
- manuály programu Hydrocheck 1 a 2 [5]
- manuál GIS MapInfo [6]
- VD Březová - Parametry zvláštních povodní - Vodní díla – TBD a. s. Praha - 2001
- je přílohou této zprávy [7]
- Povodňové modely Horní a Střední Ohře a povodňové modely přítoků - soubor studií
- Povodí Ohře, s. p., odbor HEPS, pracoviště Terezín - 1997 až 2001..... [8]
- Korytové modely Horní, Střední a Dolní Ohře a korytové modely přítoků - soubor studií
- Povodí Ohře, s. p., odbor HEPS, pracoviště Terezín a Hydrosoft Veleslavín, s.r.o.
- 1994 a 1998 až 2001 [9]
- Přehrada Nechanice, Hydraulická zabezpečení – VRV Praha - 1981..... [10]
- Manipulační řady VD Nechanice a VD Kadaň a mnoho dalších materiálů k VD
a objektům v povodí – podnikových i vlastních [11]
- Studie zvláštních povodní – VD Skalka, VD Jesnice, VD Horka a VD Kadaň
– HEPSTerezín – 2003 a 2004..... [12]

Příloha.

„VD Březová - Parametry zvláštních povodní“ - Vodní díla – TBD a. s. Praha