



POVODÍ OHŘE, s. p. Chomutov
HEPS Terezín

Zvláštní povodeň v důsledku havárie na

VD Podhora

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



Terezín, říjen 2004

Zvláštní povodeň v důsledku havárie na

VD Podhora

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

Zpráva

Zpracoval:
Spolupráce:

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

Terezín, říjen 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. Hydraulické zadání modelu, doba simulace	3
6. Výsledky výpočtu průlomové vlny.	4
7. Mapové a další výstupy ze studie.	8
7.1. Mapové situace se zákresem záplavové čáry průlomové vlny.	9
8. Závěr.	9
Literatura a další použité podklady.	10
Příloha	11

Zvláštní povodeň na VD Podhora

Stanovení rozsahu ohroženého území průlomovou vlnou zvláštní povodně

1. Úvod.

V návaznosti na ustanovení Zákona o vodách č. 254/2001 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.

Prezentace výsledků z výpočtového modelu a z předchozího i následného zpracování byly z časových důvodů omezeny na minimum (zejména proti dosud zpracovaným studiím ZP – VD Jesenice, Skalka, Horka, Kadaň, Březová a Stanovice). Přesto za hlavní výstupy této studie lze považovat

- **zprávu studie** s 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 Podhora je situováno na řece Teplá v ř. km 55.200 – podle TE POH (resp. 56.310 - podle staničení zpracovaného v rámci této studie), 8 km východně od Mariánských Lázní.

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. 4.3 na str. 3) a technické parametry VD (odst. 4.4 na str. 4.).

Řešené území pod VD sestává z úseku Teplé o délce 28.193 km - od hráze VD Podhora až po železniční most v ř. km 28.177 (pod profilem P6D), asi 1 km jihozápadně od Bečova nad Teplou. V posledním výpočtovém úseku před uvedeným mostem poklesne transformovaný kulminační průtok průlomové vlny pod hodnotu stoletého průtoku, platnou pro tento úsek Teplé.

Pro stanovení záplavového území průlomové vlny jsem sestavil výpočtový model (v prostředí programu Mike 11), jenž má délku 45.957 km a zahrnuje úsek Teplé od VD Podhora až po konec vzduť v nádrži VD Březová.

V celém řešeném úseku průlomové vlny nedojde k záplavám velkých sídelních celků, v několika obcích budou zaplaveny „jen“ jednotlivé níže ležící nemovitosti. Dále budou přelity čtyři rybníky a několik mostních objektů.

4. Výchozí údaje a podklady.

Podklady pro zpracování této akce - „Zvláštní povodeň na VD Podhora“ – byly jen velmi omezené. Přesto sestávaly jak z podkladů v klasické psané podobě, tak také z podkladů v podobě digitální.

Z psaných podkladů byl k dispozici již zmiňovaný materiál „VD – Podhora - Parametry zvláštních povodní“, zpracovaný pražskou akciovou společností „Vodní díla – TBD a. s. – lit. [6] a dále již jen dosud zpracované studie zvláštních povodní pro VD našeho podniku.

Digitální podklady tvořily zejména rastrové mapy ZM10 ZABAGED, spolu s vektorově zpracovanými vrstevnicemi a dále hydrologická data v profilu hráze a v dalších profilech Teplé.

V předmětném úseku Teplé – v trati pod VD Podhora – existoval sice výpočtový povodňový model (AQUATIS Brno z 02/2004), který jsem ale neměl k dispozici a proto jsem jej pro model průlomové nemohl použít.

Uvedené podklady nebyly dostatečnými materiály pro sestavení výpočtového modelu a pro zpracování záplavového území průlomové vlny. Proto bylo nutné získat alespoň ještě obrazový materiál terénu a zástavby v území, za jehož pomoci jsem potom z daných digitálních podkladů výpočtový model sestavil. Tímto materiálem byla podrobná fotodokumentace, vztažená k jednotlivým vybraným stanovištím a obdobně zpracované videozáznamy. Obě tyto obrazové pomůcky jsem si v rámci průzkumných terénních prací sám pořídil.

5. Zpracování výpočtového modelu průlomové vlny.

Výpočtový hydraulický model průlomové vlny na VD Podhora (software Mike 11) jsem sestavil z údolních profilů, získaných z digitálních map a z jejich vektorových vrstevnic (importovaných do GIS MapInfo), s vydatnou pomocí uvedené obrazové dokumentace.

Model jsem sestavil ze 17ti údolních profilů, což byl pro dané účely a vzhledem k charakteru území počet profilů dostatečný.

Okrajovými podmínkami byl vstupní hydrogram z práce [6], v horním okraji modelu a konzumpční křivka, kterou jsem spočítal v okrajovém dolním profilu.

5.1. Hydraulické zadání modelu, doba simulace.

Modelová simulace určité - více či méně reálné - hydrologické situace (zde průlomové vlny), vyžaduje vytvořit v modelovém systému určitý hydrologický scénář. Ten byl v případě průlomové vlny na VD Podhora velmi jednoduchý, neboť výpočtový model údolní říční tratě Teplé má pouze jednu větev a ta byla zatížena právě jen zmiňovaným hydrogramem průlomové vlny.

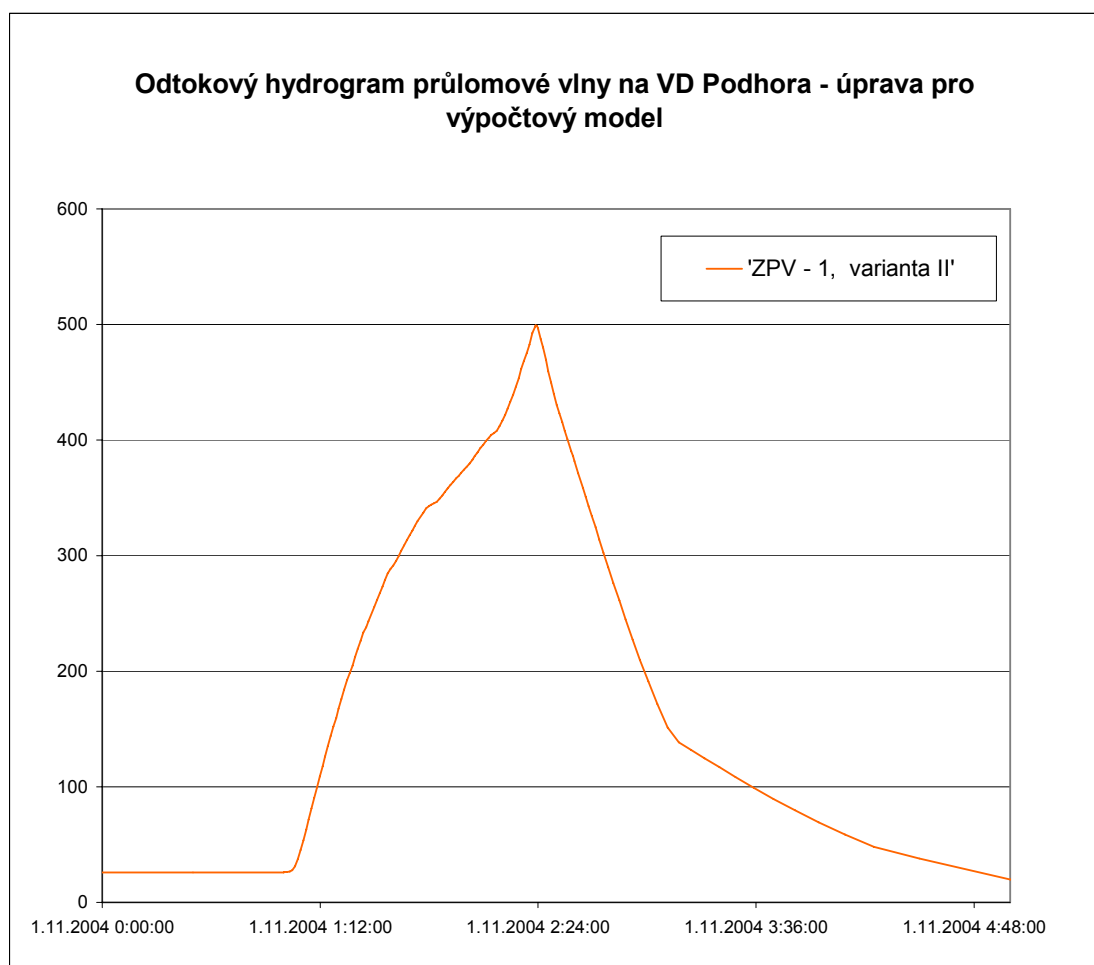
V práci [6], v příloze této zprávy, byla řešitelem studie pro výpočet průlomové vlny na tomto VD doporučena varianta poruchy hráze, nazvaná jako „ZPV 1 – varianta II“. Varianta předpokládá destrukci hráze v důsledku vnitřní eroze na styku štol základových výpustí a tělesa hráze - při převádění povodňového průtoků $Q_{100} = 27.7 \text{ m}^3/\text{s}$. Hladina v nádrži je na začátku vývoje poruchy na kótě 691.68 m n. m. (Bpv).

Podle vybrané varianty nastane kulminační průtok v profilu hráze 83 min. od začátku vývoje poruchy a jeho hodnota je $Q_{\max} = 499.17 \text{ m}^3/\text{s}$. Celkový objem vlny odtéký z nádrže je podle [6] 2.578 mil. m³.

Z uvedených hodnot je zřejmé, že se jedná o extrémní vlnu, mnohonásobně (asi 18 krát) převyšující průtok Q_{100} v profilu hráze. Její vliv v ohroženém (záplavovém) území nebude ale až tak fatální, neboť v inundačním území předmětného úseku Teplé je jen minimum obytných objektů.

Pro potřeby hladkého rozběhu a počátečního ustálení výpočtového modelu jsem uvedený hydrogram ve svém počátku rozšířil přechodovou průtokovou přímkou o době trvání 1 hod. a z důvodu řádného ukončení vlny na sestupné větvi a jejího proběhu celým říčním úsekem jsem i

tuto část prodloužil přechodovou křivkou do menších průtokových hodnot – viz hydrogram na následujícím obr. č. 1. Z dále prezentovaných časových údajů výsledků je ale uvedené počáteční rozšíření vzestupné větve vstupního hydrogramu eliminováno, takže tyto údaje se vztahují k začátku vývoje poruchy (podle práce [6]).



obr. č. 1

V souvislosti s prezentovaným hydrogramem průlomové vlny a jejím kulminačním průtokem - pro lepší představu o průtokových poměrech modelu - zde nyní ještě uvedu hodnotu stoletého průtoku v profilu hráze VD Podhora a dále hodnotu téhož průtoku v Teplé - pro profil Bečov n. Teplou, což je profil, nad nímž hodnota kulminačního průtoku průlomové vlny již poklesne pod hodnotu průtoku Q_{100} - viz dále.

Teplá – VD Podhora
Teplá – Bečov n. T.

průtok $Q_{100} = 27.7 \text{ m}^3/\text{s}$
průtok $Q_{100} = 117.0 \text{ m}^3/\text{s}$

ČHMÚ Plzeň 07/2003
ČHMÚ Plzeň 09/1997

6. Výsledky výpočtu průlomové vlny.

V úvodu odst. 2. jsem již uvedl, že z časových důvodů byly prezentace výsledků z výpočtového modelu a z předchozího i následného zpracování omezeny jen na nezbytné minimum, což na tomto místě znovu připomínám.

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 – o průtokovou vlnu.

Charakteristickým znakem průběhu takového povodňového jevu územím je nejen průtok proměnný v jednotlivých profilech v čase (ve tvaru vlny), ale také po toku proměnný průtok kulminační (zmenšující se), což je dáno transformací vlivem koryta a inundačního území.

V případě průlomové vlny pod VD Podhora jsou platná obě tato předchozí tvrzení. Druhá část – transformace po toku – je dosti značná, neboť na řešeném 28 km úseku poklesne kulminační průtok prakticky na pětinu původní hodnoty.

Hlavní výsledky výpočtu průlomové vlny jsou prezentovány v následující výsledkové tabulce č. 1. a mimo jiné také dokládají výše uvedené tvrzení o transformaci kulminačního průtoku. Dále prezentované obrázky (č. 2 až 6) jsou výstupem z výpočtového modelu Mike 11 a jsou zde prezentovány jen jako ukázka možných výstupů z modelu.

Průlomová vlna na VD Podhora - výsledné hodnoty maximálních hladin a průtoků								
tok	úsek	staničení	jméno profilu	jméno profilu modelové	maximální průtoky	maximální hladiny	maximální hloubky	čas dosažení maxima od počátku vývoje vlny
		[ř. km]	--	--	[m ³ /s]	[m n. m.]	[m]	
Teplá	Bečov n. T. až VD Podhora, ř.km 28.2 až 56.2	28.212	P6D	28212.1	93	511.08	2.58	1.11.2004 5:07:30
		31.280	P6F	31279.9	127	542.65	2.15	1.11.2004 5:04:00
		31.989	P6G	31989.3	131	551.01	2.51	1.11.2004 5:03:30
		33.556	P6H	33555.9	139	572.43	3.43	1.11.2004 5:01:00
		34.549	P6I	34548.5	145	585.65	2.65	1.11.2004 4:59:30
		43.479	P7A	43479.2	210	635.33	2.83	1.11.2004 4:01:00
		46.072	P8	46071.9	256	647.53	3.53	1.11.2004 3:18:30
		47.684	P9A	47683.5	286	652.68	2.68	1.11.2004 2:52:30
		48.554	P10	48553.6	296	657.68	1.68	1.11.2004 2:41:29
		48.635	P10A	48634.6	296	658.95	0.95	1.11.2004 2:41:00
		50.864	P10B	50863.7	337	662.56	2.56	1.11.2004 2:12:29
		53.193	P10C	53192.8	407	670.52	2.52	1.11.2004 1:48:59
		53.255	P10D	53255.3	408	671.12	1.12	1.11.2004 1:48:30
		53.802	P10E	53801.6	423	671.89	1.89	1.11.2004 1:40:00
		54.158	P10F	54158.4	441	672.22	2.22	1.11.2004 1:35:59
		54.995	P11	54995.2	459	675.84	3.84	1.11.2004 1:29:29
		56.241	P12	56241.1	499	688.08	2.08	1.11.2004 1:23:00

tab. č. 1

Z tab. č. 1 je již na první pohled vidět, že v případě této průlomové vlny se jedná o poměrně extrémní povodňovou situaci, což odpovídá shodnému tvrzení uvedenému už výše, při popisu vstupních parametrů vlny (vstupního hydrogramu). To je dáno zejména vstupním kulminačním průtokem a celkovým objemem vlny. Tomu také odpovídají záplavové a pravděpodobně i dynamické účinky vlny v území, která ale naštěstí, v téměř celém úseku, probíhá inundacemi v extravilánech. Z toho důvodu bude průlomovou vlnou jen minimálně dotčena obytná zástavba a hlavními dotčenými objekty tak budou železniční a zejména silniční mosty. Vlna také zaplaví čtyři rybníky v území, včetně jejich hrází, což pravděpodobně povede k jejich protržení a k navýšení průtoků průlomové vlny. Protože však k dispozici nebyly žádné parametry zmíněných rybníků, ani způsoby protržení a z nich plynoucí hydrogramy těchto dílčích průlomových vln, ve výpočtu průlomové vlny z VD Podhora jsem s uvedenými eventualitami nekalkuloval.

Průlomová vlna se hned pod hrází VD Podhora rozlije až do 300 m šíře a bude postupovat na první obec v území (vzdálenou 1300 m) – na obec Mrázov. Zde bude zasaženo několik jednotlivých obytných objektů. Pod obcí Mrázov vlna zaplaví Betlémský rybník a přelije jeho hráz. To pravděpodobně povede k jejímu protržení a k navýšení průtoků o průtoky z dílčí průlomové vlny rybníka.

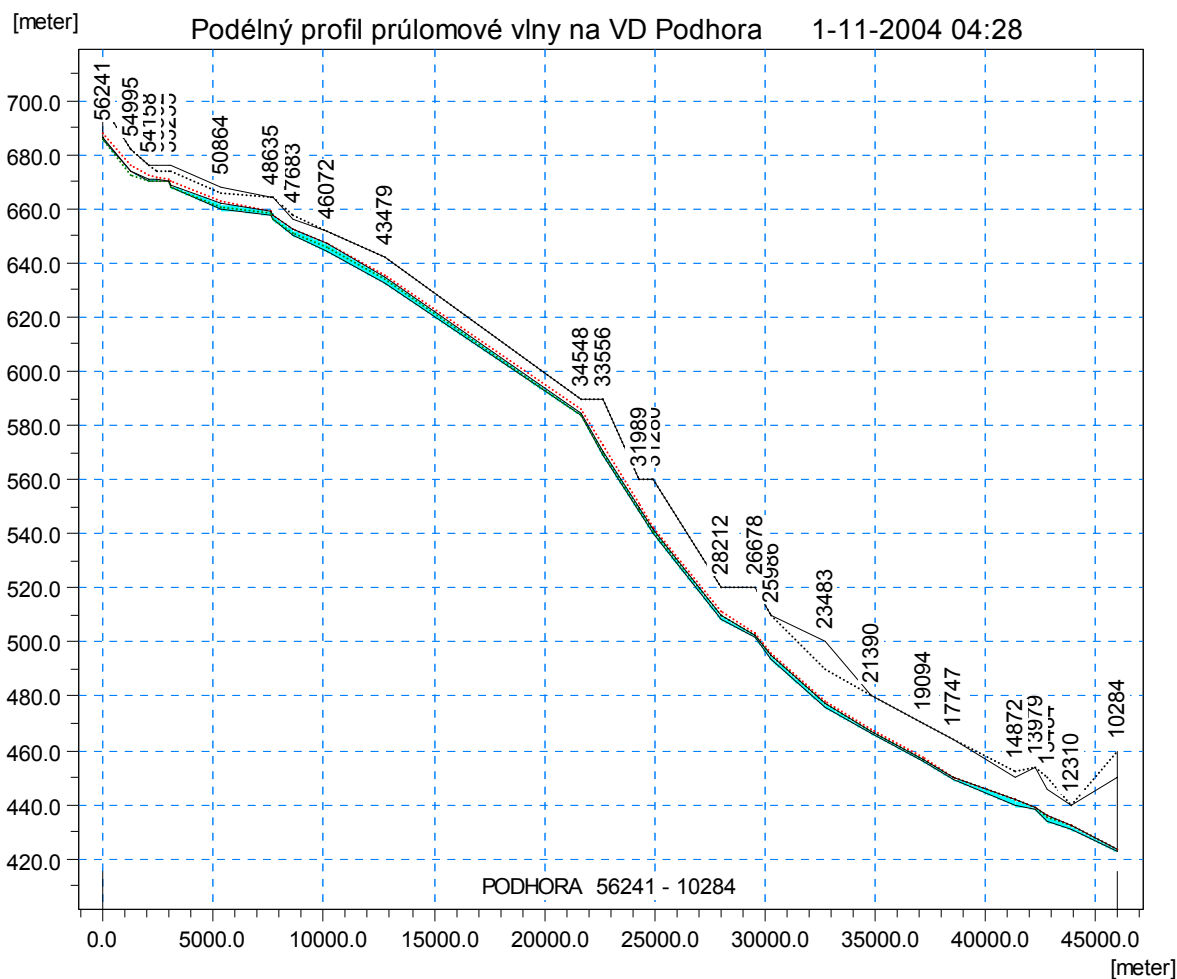
Dále bude vlna postupovat směrem k obci Klášter, kde v bezprostřední blízkosti nad ní zaplaví Starý rybník, jehož hráz zřejmě také protrhne. Obec obteče zprava (východně) a bude postupovat směrem na město Teplá, před nímž nejprve bočně přelije hráz Pivovarského rybníku (i v tomto případě je aktuální možnost protržení, pravděpodobně při zpětném vytékání vlny) a poté zaplaví Sladovský rybník na jižním okraji města, jehož hráz zřejmě také protrhne.

Město Teplá obteče vlevo (západně) a zasáhne zde opět jen několik jednotlivých obytných objektů v inundačním území.

Od tohoto profilu až po Bečov nad Teplou, kde řeka teče výhradně extravilánem v sevřených údolích východní části Slavkovského lesa, bude průlomová vlna transformována nejen postupem po inundačním území, ale také náspovými tělesy mnoha zde existujících silničních a železničních přemostění.

V profilu železničního mostu, v ř. km 28.177 - cca 700 m od jižního okraje Bečova nad Teplou, je již ztransformovaný kulminační průtok průlomové vlny menší než průtok stoleté povodně a proto jsem zde prezentaci průlomové vlny ukončil.

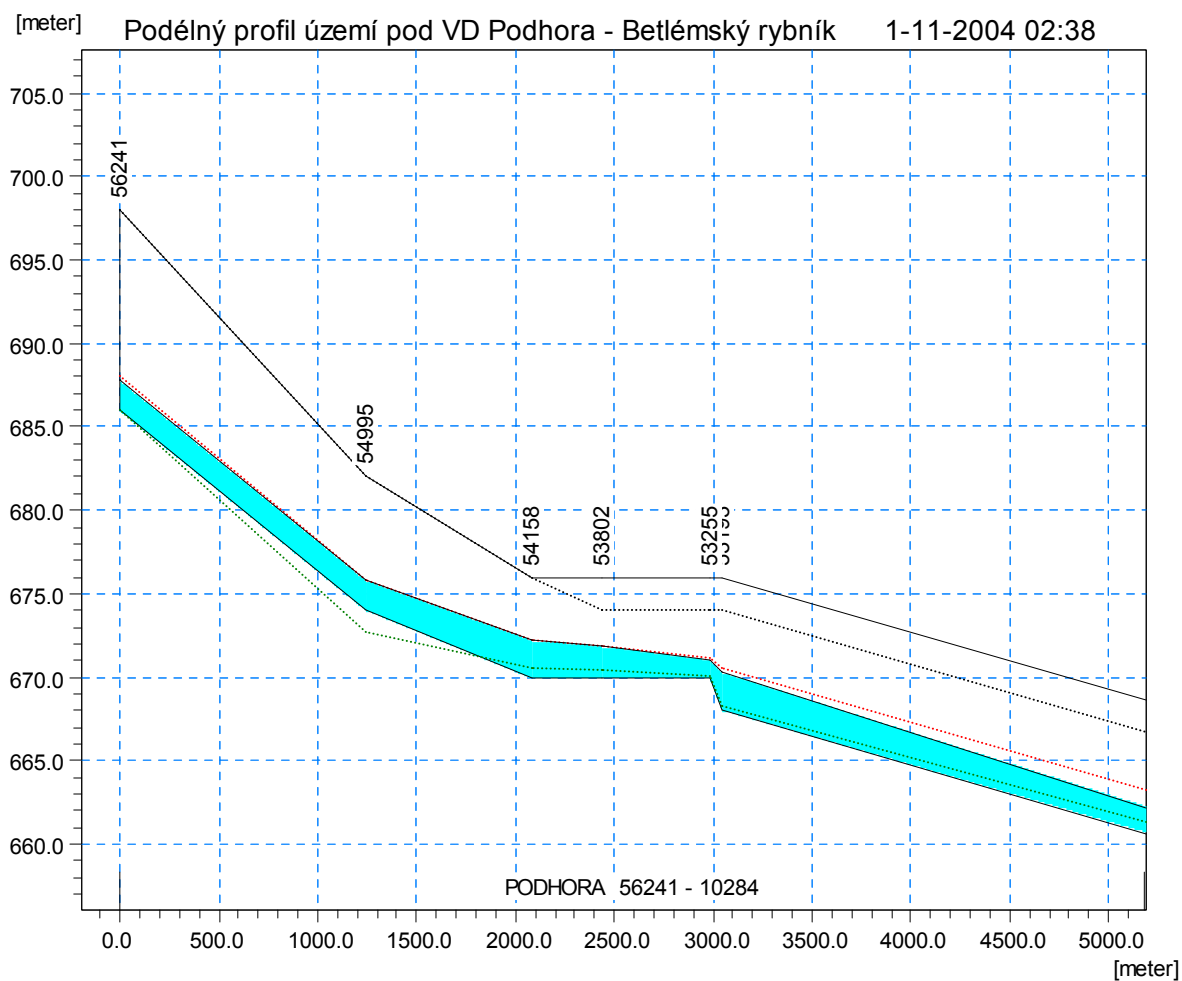
Kulminační průtok průlomové vlny proběhne prezentovaným úsekem (o délce 28 km) poměrně rychle – během 3 hod a 44 minut. Jeho hodnota se směrem po toku ztransformuje asi na pětinu – ze 500 m³/s na 93 m³/s. To je zřejmé z hydrogramu na obr. č. 1 a z tab. č. 1.



obr. č. 2

Z podélného profilu celé tratě Teplé, zahrnuté do výpočtového modelu (t. j. úsek od VD Podhora až po VD Březová), jsou na obr. č. 2 dobře vidět změny sklonových poměrů.

Následující obr. č. 3 na str. 7. znázorňuje část podélného profilu území pod VD Podhora. Na obrázku je dobře patrná situace s přelitím Betlémského rybníka kulminačním průtokem průlomové vlny v čase 4:28 hod. od začátku vývoje poruchy na VD. Vodorovné „dno“ ve středu obrázku je vlastně hladinou v rybníku.



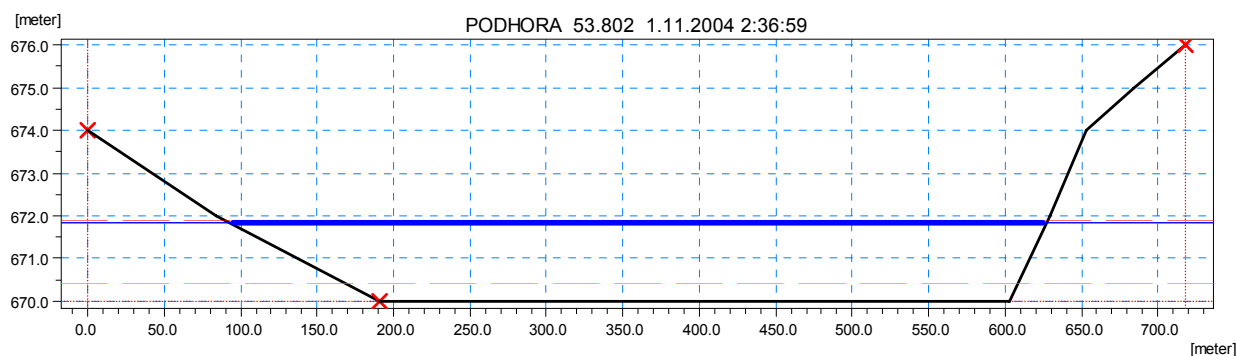
obr. č. 3

Průměrné profilové rychlosti jsou nejčastěji mezi 1.5 a 3.5 m/s, v širokých profilech (např. zaplavený Betlémský rybník) taky jen 0.5 m/s.

Hloubky kulminačního průtoku se pohybují od 1 do téměř 4 m/s (viz tab. č. 1), podle toho, jak se mění šířka a hloubka inundačního území, kterým vlna protéká.

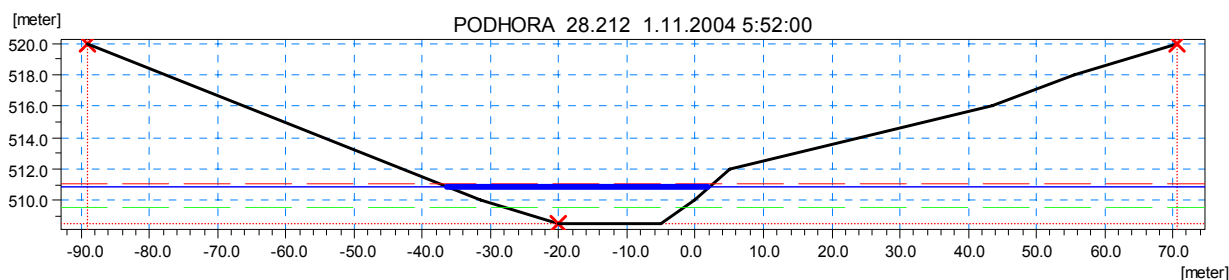
Šířky záplavy jsou v horním úseku od 200 do 400 m a ve středním a dolním úseku od 70 do 200 m.

Na následujících dvou obr. č. 4 a 5 jsou schematické příčné údolní profily při kulminačních stavech. Na obr. č. 4 je široký profil vedený Betlémským rybníkem a na obr. č. 5 je závěreč



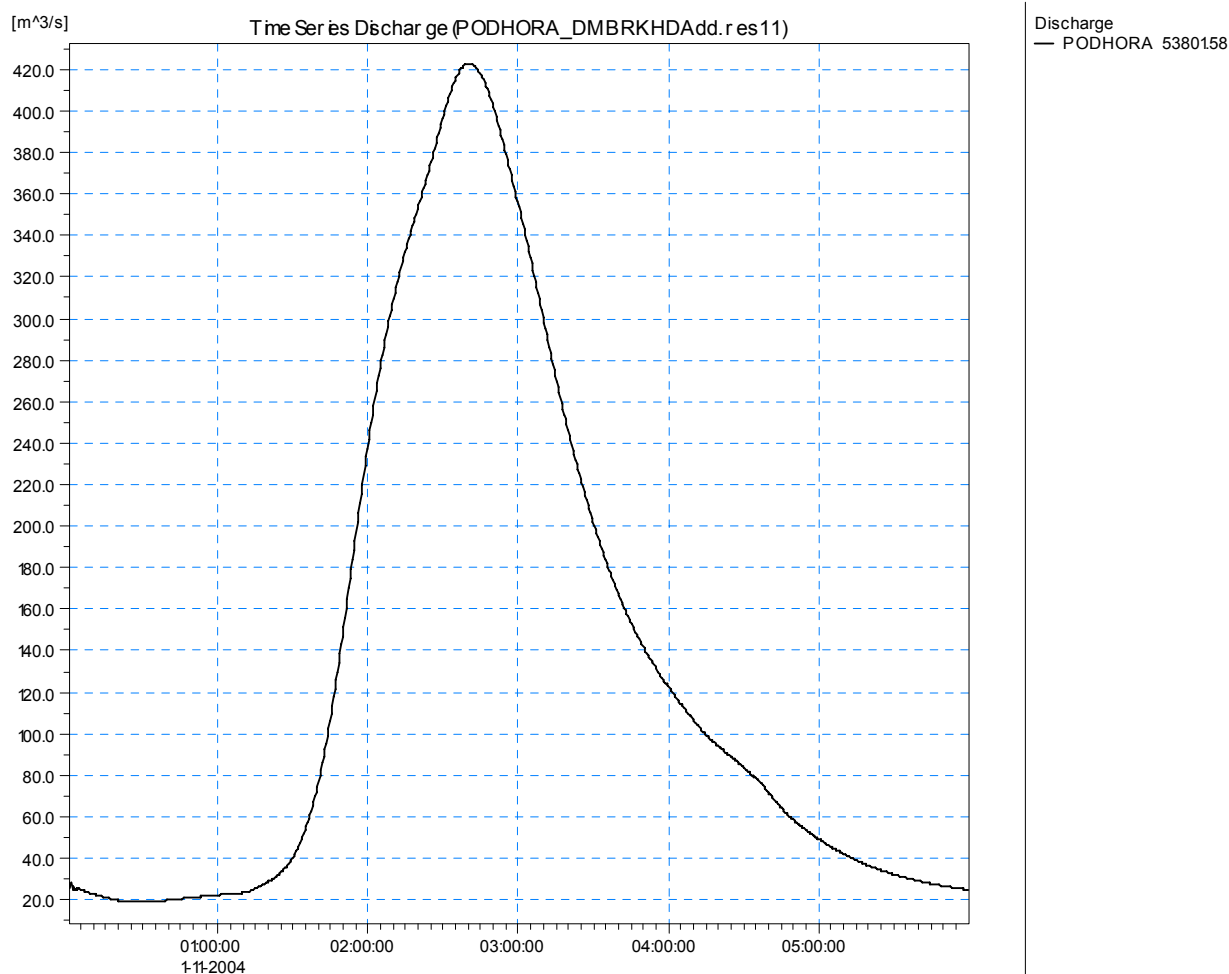
obr. č. 4

ný profil prezentovaného úseku – nad železničním mostem jižně od Bečova nad Teplou.



obr. č. 5

Poslední prezentovaný obr. č. 6 znázorňuje průběh průtoků průlomové vlny v závislosti na čase, v širokém profilu vedeném Betlémským rybníkem.



obr. č. 6

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 – vzhledem k záměrně omezené prezentaci výsledků studie – jsou prakticky celým jejím obsahem, s výjimkou materiálu [6] - „VD Podhora - Parametry zvláštních povodní“ - 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 Podhora jsou druhou samostatnou částí 3 situace v měř. 1 : 10 000, ve formátu A1, zpracované v GIS MapInfo. Základ této přílohy tvoří rastry map ZM 10 ZABAGED a vektorové vrstevnice téhož původu.

V situacích je vykreslena záplavová čára kulminačních stavů průlomové vlny, profily použité ve výpočtovém modelu, osa se staničením a některé další údaje.

8. Závěr.

Studie zvláštní povodně na VD Podhora řeší propagaci průlomové vlny do koryta a záplavového území Teplé od VD, až po Bečov nad Teplou.

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 předmětném úseku.

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 Podhora skutečně došlo.

Hodnoty výsledků jsou popsány v odst. 6. a v podrobnostech na něj odkazují.

Průlomová vlna o kulminačním průtoku 500 m³/s v profilu hráze VD Podhora a o objemu 2.578 mil. m³ se při průchodu řešeným 28mi km úsekem ztransformuje prakticky na jednu pětinu.

Kulminační stavy zatěžují příbřežní pozemky hloubkami do 4 m, při středních profilových rychlostech kulminačních stavů do 3.5 m/s.

Vlna, pokud by v těchto parametrech skutečně vznikla, by neměla výrazně destruktivní účinky na sídelní zástavbu, která v inundaci řešeného úseku prakticky není (resp. je zde jen sporadicky), ale pravděpodobně by poškodila mnoho mostních objektů a také by zřejmě způsobila protržení hrází 3 až 4 rybníků, které by bezesporu zaplavila a jejich hráze by přelila.

Výstupem ze studie je jak tato zpráva se zpracovanými výsledky, tak i situace se záplavovými čarami průlomové vlny v měř. 1: 10 000.

V Terezíně 4. 11. 2004

Ing. Zdeněk Klíma
oddělení HEPS v Terezíně

Literatura a další použité podklady.

- Hydraulika pro vodohospodářské stavby - Boor, Kunštátský, Patočka
- SNTL/ALFA - 1968 [1]
- Hydraulika - příklady – Havlík, Marešová – ČVÚT – 1993 (skriptum) [2]
- manuály programu Mike 11 [3]
- manuál programu Hydrocheck 1 [4]
- manuál GIS MapInfo [5]
- VD Podhora - Parametry zvláštních povodní - Vodní díla – TBD a. s. Praha
- 2001 - je přílohou této zprávy [6]
- Studie zvláštních povodní – VD Březová, VD Stanovice, VD Přísečnice a VD Fláje
- HEPS Terezín – 2003 a 2004 [7]

Příloha.

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