

VD KAMÝK

Stanovení mezní bezpečné hladiny



VODNÍ DÍLA – TBD a. s., Hybernská 40, 110 00 Praha 1
Telefon 221 408 111* Fax 224 212 803 www.vdtbd.cz

Ředitel	Ing. Miloš Sedláček
Vedoucí útvaru 401	Ing. David Richtr
Vedoucí projektu	Ing. Jan Chroumal
Vypracoval	Ing. Jan Chroumal
Spolupráce	-

VD KAMÝK – STANOVENÍ MEZNÍ BEZPEČNÉ HLADINY

Objednatel	Povodní Vltavy s. p.
Číslo projektu	P1493/11
Archivní číslo	2011/242
Vypracováno	V Praze, srpen 2011

OBSAH

1	ÚVOD	2
2	ZÁKLADNÍ TECHNICKÉ ÚDAJE A PŘEDPOKLADY	2
2.1	Hydrologické údaje pro VD Kamýk	3
2.2	Popis vodního díla a jeho jednotlivých objektů	3
3	STANOVENÍ MEZNÍ BEZPEČNÉ HLADINY	4
4	ZÁVĚR.....	8
5	SEZNAM PŘÍLOH	10
6	ROZDĚLOVNÍK	10
7	GRAFICKÉ PŘÍLOHY	11

1 ÚVOD

Stanovení mezní bezpečné hladiny vody v nádrži na VD Kamýk bylo provedeno pro správce díla Povodí Vltavy, s.p. na základě objednávky číslo 8/511/2011. Účelem prací bylo stanovit mezní bezpečnou hladinu (dále také MBH) v nádrži s ohledem na bezpečnost a provozuschopnost vodního díla při zohlednění technického stavu, konstrukčního uspořádání hráze a dlouhodobých výsledků technickobezpečnostního dohledu (dále také TBD).

V rámci řešené problematiky byly využity poznatky, závěry a doporučení z následujících podkladů:

TNV 752935 – Posuzování bezpečnosti vodních děl při povodních,

VD Kamýk – Statistická analýza výsledků měření TBD (VODNÍ DÍLA – TBD a.s., 2007),

VD Kamýk – Studie opatření k zajištění plné provozuschopnosti vodního díla a vodní elektrárny při extrémních povodních (VODNÍ DÍLA – TBD a.s., 2005),

VD Kamýk – Etapová zpráva o TBD za období 09/2008 – 8/2010 (VODNÍ DÍLA – TBD a.s., 2010),

VD Kamýk – Souhrnná etapová zpráva o TBD za období 07/1992 – 08/2002 (VODNÍ DÍLA – TBD a.s., 2002),

Manipulační řád, (VODNÍ DÍLA – TBD a.s., 1997 + následné aktualizace),

VD Orlik – Transformace povodňové vlny (VODNÍ DÍLA – TBD a.s., 2010),

Zákon č.254/2001 Sb., o vodách a změně některých předpisů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů,

Vyhláška č.471/2001 Sb., o TBD nad vodními díly, ve znění vyhlášky č.255/2010 Sb.

Všechny výškové údaje uváděné v této zprávě jsou uváděny ve výškovém systému Balt po vyrovnání (Bpv).

2 ZÁKLADNÍ TECHNICKÉ ÚDAJE A PŘEDPOKLADY

V souladu s TNV 752935 – Posuzování bezpečnosti vodních děl při povodních jsou dále uvedeny základní termíny a definice spjaté se stanovením MBH.

Mezní bezpečná hladina (MBH) je především pojmem úzce spjatým s bezpečností vodních děl při povodních. Podle definice uvedené ve výše citované normě se jedná o **úroveň hladiny v nádrži, při jejímž překročení nastává aktuální nebezpečí poruchy a havárie vodního díla**. Vzhledem k extrémnosti jevu (průchod povodně) a současně krátké době jeho trvání se obecně nevylučuje vznik drobných škod a počítá se sníženým stupněm bezpečnosti. MBH se stanovuje na základě okolností ovlivňujících bezpečnost vodního díla při povodních a pravděpodobné příčiny havárie.

Kontrolní maximální hladina (KMH) je definována jako **úroveň maximální hladiny vody v nádrži při posuzované kontrolní povodňové vlně**. Její určení je výstupem vodohospodářské úlohy transformace povodňové vlny retenčním účinkem nádrže za předem přijatých provozních podmínek a předpokladů i dalších souvisejících faktorů.

Maximální vodoprávně projednaná hladina je **maximální hladinou v nádrži schválenou vodoprávním úřadem** (měla by být rovněž výsledkem vodohospodářského řešení a na některých dílech je totožná s KMH).

2.1 Hydrologické údaje pro VD Kamýk

Základní hydrologické údaje, odvozené pro přehradní profil nádrže Kamýk, poskytl ČHMÚ Praha dopisem č.j. 432/91/Ch ze dne 3.12.1991. Údaje jsou vyhodnoceny pro období 1931 – 1980 a jsou III. třídy.

Plocha povodí 12 217,92 km²

Průměrný roční úhrn srážek 687 mm

Průměrný dlouhodobý roční průtok 83,7 m³.s⁻¹

M-denní průtoky (Q_{Md}) m³.s⁻¹

M	30	60	90	120	150	180	210
Q _{Md}	178,7	127,5	100,2	83,3	70,5	60,5	52,3
M	240	270	300	330	355	364	-
Q _{Md}	45,0	38,4	32,0	25,0	17,1	11,4	-

N-leté průtoky (Q_N) m³.s⁻¹

N	1	2	5	10	20	50	100
Q _N	500	690	975	1201	1453	1785	2065

Hydrologické údaje (N-leté průtoky) pro přehradní profil nádrže Kamýk udávané jako podklad pro projektované parametry vodního díla (odvozené z profilu Kamýk za období 1911 – 1960).

N	1	5	10	20	50	100
Q _N	520	1007	1360	1711	2117	2310

2.2 Popis vodního díla a jeho jednotlivých objektů

Vzdouvací objekt nádrže

Přehradní hráz je tížná betonová, dlouhá 84,0 m. Na přehradní část navazuje k levému břehu stavba elektrárny, u pravého břehu je plavební komora. Přes korunu nevede žádná komunikace.

Nádrž nemá ochranný prostor a nemá tak vliv na snížení velkých vod. Na VD je k dispozici pouze vyrovnávací prostor nádrže o objemu 4,562 mil. m³ (282,10 – 284,60 m n.m.), který slouží k částečnému vyrovnání kolísání průtoku způsobeného špičkovým provozem vodní elektrárny Orlík.

Maximální vodoprávně projednaná hladina	284,60 m n.m.
Kóta koruny hráze	287,10 m n.m.
(jeřábové dráhy, zdi plavební komory, plošina nad vtoky do VE)	

Bezpečnostní přeliv

Čtyři přelivná pole korunového přelivu jsou hrazeny na výšku 5,5 m ocelovými segmenty. Světla šířka jednoho přelivné pole je 18,0 m.

Kóta koruny pevného přelivu	279,10 m n.m.
Kóta těsnícího prahu segmentu	278,79 m n.m.
Kapacita čtyř přelivných polí při plném vyhrazení segmentů při kótě 284,60 m n.m.	2035,0 m ³ .s ⁻¹

Pološpičková vodní elektrárna

Vodní elektrárna se čtyřmi Kaplanovými turbínami je umístěná v samostatném objektu při levém břehu, navazujícím na těleso hráze. Vtoky do turbín jsou zvlášť hrazeny provizorním hradidlovým uzávěrem a provozním tabulovým rychlouzávěrem. Savky turbín jsou proti dolní vodě provizorně hrazeny tabulemi. Maximální spád turbín činí 16,0 m a celková hltnost turbín je $4 \times 90 = 360 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

Plavební zařízení

Plavební komora je umístěná mezi hrázovým tělesem a pravým břehem. Plnění komory je podzáporníkové jednostranným krátkým obtokem v pravé komorové zdi, horní vrata jsou vzpěrná. Prázdnění komory je výtokem pod zdviženými tabulovými vraty. Užité šířka plavební komory je 6,5 m a světla výška otvoru v dolním ohlavi je 10,0 m.

3 STANOVENÍ MEZNÍ BEZPEČNÉ HLADINY

Mezní bezpečná hladina pro VD Kamýk byla stanovena jako úroveň hladiny v nádrži, při které je v dané lokalitě právě ještě zaručena bezpečnost a stabilita díla. Při stanovení MBH na VD Kamýk se vycházelo z konstrukčního řešení díla, stavu injekční clony a založení hráze. Dalšími důležitými aspekty při stanovení MBH jsou výsledky technickobezpečnostního dohledu i zkušenosti z provozu VD, včetně zaznamenaných zatěžovacích stavů při extrémní povodni ze srpna 2002.

Vzhledem k tomu, že vodní dílo Kamýk je tvořeno přímou tížnou betonovou hrází je hypoteticky možná příčina jejího protržení za povodně posunutí, respektive usmyknutí hráze po základové spáře. Pro tento mezní stav je určena i příslušná výchozí úroveň MBH.

Výchozí stanovení MBH na úrovni maximální vodoprávně projednané hladiny 284,60 m n.m. odpovídá požadavkům na bezpečnost hráze. V rámci souhrnné etapové zprávy o TBD za období 07/1992 – 08/2002 byla přešetřena stabilita přelivného, piliřového i elektrárenského bloku pro zatěžovací stav s horní vodou na úrovni 284,60 m n.m. a dolní vodou na úrovni 270,60 m n.m. Výsledky výpočtu jsou přehledně uvedeny v následující tabulce.

Přelivný blok					
Posouzení bezpečnosti proti usmyknutí na základové spáře					
bez uvažování koheze	m =	1,28	>	1,20	Vyhovuje
s uvažováním koheze	m =	6,67	>	3,00	Vyhovuje
Posouzení únosnosti základové spáry					
normální napětí	$\sigma_1 =$	200,55 kPa	<	1111 kPa	Vyhovuje
normální napětí	$\sigma_1 =$	116,86 kPa	<	1111 kPa	Vyhovuje
Posouzení bezpečnosti proti překlopení kolem paty vzdušního líce					
	p =	1,75	>	1,5	Vyhovuje
Pilířový blok					
Posouzení bezpečnosti proti usmyknutí na základové spáře					
bez uvažování koheze	m =	1,46	>	1,20	Vyhovuje
s uvažováním koheze	m =	6,14	>	3,00	Vyhovuje
Posouzení únosnosti základové spáry					
normální napětí	$\sigma_1 =$	251,42 kPa	<	1111 kPa	Vyhovuje
normální napětí	$\sigma_1 =$	163,93 kPa	<	1111 kPa	Vyhovuje
Posouzení bezpečnosti proti překlopení kolem paty vzdušního líce					
	p =	1,82	>	1,5	Vyhovuje
Blok vodní elektrárny					
Posouzení bezpečnosti proti usmyknutí na základové spáře					
bez uvažování koheze	m =	2,90	>	1,20	Vyhovuje
s uvažováním koheze	m =	13,46	>	3,00	Vyhovuje
Posouzení únosnosti základové spáry					
normální napětí	$\sigma_1 =$	212,08 kPa	<	1111 kPa	Vyhovuje
normální napětí	$\sigma_1 =$	154,60 kPa	<	1111 kPa	Vyhovuje
Posouzení bezpečnosti proti překlopení kolem paty vzdušního líce					
	p =	1,95	>	1,5	Vyhovuje

Podle požadavků TNV 752935 musí být pro krátkodobé mimořádné zatížení (povodeň) dosažen stupeň bezpečnosti $m \geq 1,05$. Pro všechny řešené případy byla tato podmínka splněna.

V srpnu 2002 bylo VD Kamýk velmi významně zatíženo průchodem extrémní povodně. Podobná povodeň nebyla za celou dobu existence vodního díla Kamýk zaznamenána. Jak již bylo uvedeno, v nádrži není vymezen ochranný prostor a manipulace byly řízeny v těsné spolupráci s vodním dílem Orlík. Kulminační průtok byl dán odtokem z VD Orlík tj. cca $3100 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Segmentové uzávěry na VD Kamýk byly vyhrazeny na maximální úroveň

13.8.2002 v 9:00 hodin a tak nastal neovladatelný stav (volný přepad). Během povodně došlo k zatopení a odstavení vodní elektrárny. Maximální hladina byla dosažena 14.8.2002. Její přesná poloha byla zaměřena při místním šetření po opadnutí vod na úrovni 286,15 m n.m. Vzhledem k extrémní velikosti povodně byla překročena maximální hladina 284,60 m n.m. v nádrži o 1,55 m.

Maximální dosaženou hladinu ze srpnové povodně 2002 lze považovat za kontrolní maximální hladinu, tj. $KMH = 286,15$ m n.m. Obecně se vodní dílo pro převedení povodně pokládá za bezpečné při platnosti relace $KMH \leq MBH$. Tato podmínka není při výchozí hodnotě $MBH = 284,60$ m n.m. splněna. Protože však byly ve výše uvedených stabilitních výpočtech jisté rezervy (pro přelivný blok $m = 1,28 \geq 1,05$) lze výchozí MBH zvýšit tak, aby platilo $MBH \geq KMH$. Nezbytnou podmínkou pro navýšení MBH je přešetření stability a bezpečnosti hráze.

Ve zprávě VD Kamýk – Studie opatření k zajištění plné provozuschopnosti vodního díla a vodní elektrárny při extrémních povodních (VODNÍ DÍLA – TBD a.s., 2005), bylo zhodnoceno zatížení vyvolané povodní ze srpna 2002 a současně byla zdokumentována místa a konstrukční části VD, kterými může při extrémních povodních (při překročení max. hladiny v nádrži nebo hladiny dolní vody) vnikat voda do objektů a působit provozní obtíže, až jejich vyřazení z provozu. Současně byla vzhledem ke konkrétní situaci ze srpna 2002 doporučena variantní řešení různých opatření k zajištění plné provozuschopnosti vodního díla a vodní elektrárny při extrémních povodních.

Pro objekt hráze byla doporučena realizace protipovodňových opatření na úroveň maximálně 10 cm nad korunu hráze tj. na 287,20 m n.m. Navrhovaná opatření k zamezení zaplavení hráze měla charakter drobných úprav jednotlivých konstrukčních částí objektů, vyplní nebo nejruznějších otvorů (dveří, kabelových žlábků a prostupů). Jejich provedení bylo nutné z důvodů možnosti vniku vody do hráze těmito otvory při extrémních povodních. Zároveň byla, pro převádění extrémních povodňových průtoků, doporučena možnost využití plavební komory. S ní bylo při návrhu vodního díla počítáno jako s možnou „spodní výpustí“ při vypouštění zdrže.

Pro objekt vodní elektrárny byla doporučena realizace protipovodňových opatření od horní vody pro kótu 287,20 m n.m. a protipovodňová opatření od dolní vody na kótu 278,60 m n.m. – plošina nádvoří před VE.

S ohledem na doporučená opatření byla výchozí MBH navýšena na úroveň kóty koruny hráze 287,10 m n.m. Neboť navýšená MBH převyšuje maximální vodoprávně projednanou hladinu vody v nádrži 284,60 m n.m. o 2,5 m, musela být prověřena bezpečnost vodního díla novým statickým výpočtem.

Vstupní parametry pro přešetření stability přelivného bloku

Hladina horní vody = kóta koruny hráze – 287,10 m n.m.

Hladina dolní vody = maximální zaznamenaná hladina vody z 10.8.2002 – 273,72 m n.m., při povodni bude voda ve vývaru významně provzdušněna a proto je ve výpočtu uvažováno pouze se 75% hodnotou výšky (tlaku) vody.

Vztakový obrazec má u návodní paty pořadnici odpovídající hladině horní vody, následující pořadnice z vrtů před (vrt 5) i za (vrt 6) injekční clonou byla spočtena na základě výsledků regresní analýzy. Pomocí jednoduché regrese lze pro známou úroveň hladiny horní vody spočítat odpovídající úroveň tlaku ve vrtech. Ve vrtech 5 a 6 byla při hladině 287,10 m n.m. vypočtena maximální, a tudíž nejnepríznivější, hodnota tlaku ze všech šestnácti

vztlakoměrných vrtů. Pořadnice vztlaku u „vzdušní“ paty ve vývaru odpovídá 75% hodnotě od dolní vody.

Při kótě hladiny horní vody 287,10 m n.m. a maximálně vyhrazených segmentových uzávěrech bude přepadový paprsek vody významně ovlivňován konstrukcí jeřábové lávky (spodní hrana 285,75 m n.m.) a s velkou pravděpodobností i spodní hranou vyhrazených segmentů. Tvar přepadového paprsku a tlakové poměry (síly) od přepadového paprsku působící na přelivný blok, nelze bez modelového měření přesně stanovit. Vliv svislé složky síly od odhadnutého průběhu přepadového paprsku byl do výpočtu zahrnut ve dvou variantách:

- plocha odhadnutého průběhu přepadového paprsku byla do výpočtu zahrnuta jen svislou složkou – silou S1, která odpovídá cca polovině plochy odhadu přepadového paprsku.
- plocha odhadnutého průběhu přepadového paprsku byla do výpočtu zahrnuta svislou složkou – silou S1, reprezentující plochu paprsku vody k segmentu, a dále svislou složkou – silou S3, reprezentující cca polovinu přepadového segmentu.

Grafická schémata jednotlivých variant jsou uvedeny u příslušných stabilitních výpočtů (přílohy č.1 a 2).

Výsledky přehledu stability přelivného bloku pro úroveň MBH = 287,10 m n.m.

Jednotlivé stabilitní výpočty jsou uvedeny v přílohách č.1 a 2. Výsledky výpočtů jsou přehledně uvedeny v následující tabulce.

Přelivný blok – varianta a)					
Posouzení bezpečnosti proti usmyknutí na základové spáře					
bez uvažování koheze	m =	1,07	>	1,05	Vyhovuje
s uvažováním koheze	m =	5,35	>	4,00	Vyhovuje
Posouzení únosnosti základové spáry					
normální napětí	$\sigma_1 =$	247,59 kPa	<	1111 kPa	Vyhovuje
normální napětí	$\sigma_2 =$	581,22 kPa	<	1111 kPa	Vyhovuje
Posouzení bezpečnosti proti překlopení kolem paty vzdušního líce					
	p =	1,63	>	1,5	Vyhovuje
Přelivný blok – varianta b)					
Posouzení bezpečnosti proti usmyknutí na základové spáře					
bez uvažování koheze	m =	1,14	>	1,05	Vyhovuje
s uvažováním koheze	m =	5,42	>	4,00	Vyhovuje
Posouzení únosnosti základové spáry					
normální napětí	$\sigma_1 =$	153,92 kPa	<	1111 kPa	Vyhovuje
normální napětí	$\sigma_2 =$	507,98 kPa	<	1111 kPa	Vyhovuje
Posouzení bezpečnosti proti překlopení kolem paty vzdušního líce					
	p =	1,68	>	1,5	Vyhovuje

Výsledky stabilitních výpočtů jsou příznivé a potvrzují možné navýšení MBH na úroveň 287,10 m n.m. Posouzení bezpečnosti proti usmyknutí přelivného bloku na základové spáře naznačuje, že při zavedených předpokladech jsou požadované stupně bezpečnosti velmi blízké snížené hodnotě $m \geq 1,05$, která odpovídá krátkodobému mimořádnému zatížení. Variantní řešení naznačuje důležitý vliv tlakových poměrů (sil) od přepadového paprsku působící na přelivný blok.

Pro MBH = 287,10 m n.m. byla zároveň posouzena i stabilita dalších vzorových hrázových bloků - pilířového a elektrárenského. Výsledky výpočtů jsou přehledně uvedeny v následující tabulce. Podrobné výpočty jsou uloženy u zpracovatele posudku.

Pilířový blok					
Posouzení bezpečnosti proti usmyknutí na základové spáře					
bez uvažování koheze	m =	1,91	>	1,05	Vyhovuje
s uvažováním koheze	m =	5,68	>	4,00	Vyhovuje
Posouzení bezpečnosti proti překlopení kolem paty vzdušního líce					
	p =	2,22	>	1,5	Vyhovuje
Blok vodní elektrárny					
Posouzení bezpečnosti proti usmyknutí na základové spáře					
bez uvažování koheze	m =	1,65	>	1,05	Vyhovuje
s uvažováním koheze	m =	8,06	>	4,00	Vyhovuje
Posouzení bezpečnosti proti překlopení kolem paty vzdušního líce					
	p =	1,72	>	1,5	Vyhovuje

Z uvedených výsledků je zřejmé, že jako vzorový pilířový blok, tak i vzorový elektrárenský blok vyhoví při hladině horní vody 287,10 m n.m. požadovaným stupňům bezpečnosti.

V rámci pravidelného a dlouhodobého hodnocení výsledků měření TBD, nebyly na VD Kamýk zaznamenány stavy či skutečnosti omezující bezpečnost a provozuschopnost vodního díla. I proto může být MBH vyšší než maximální vodoprávně projednaná hladina. **Při zhodnocení výše uvedených podstatných okolností, které bezpečnost hráze při povodni ovlivňují, je pro VD Kamýk stanovena MBH na úrovni koruny hráze – 287,10 m n.m.**

4 ZÁVĚR

Účelem prací bylo stanovit mezní bezpečnou hladinu v nádrži s ohledem na bezpečnost a provozuschopnost vodního díla, při zohlednění technického stavu, konstrukčního uspořádání hráze a dlouhodobě příznivých výsledků TBD. MBH pro VD Kamýk byla stanovena na kótě 287,10 m n.m. (výškový systém Balt po vyrovnání). Neboť MBH překročila maximální vodoprávně projednanou hladinu, bylo nutné prověřit bezpečnost hráze stabilitním výpočtem. Normou požadované stupně bezpečnosti, odpovídající krátkodobému mimořádnému zatížení, nebyly překročeny a zvolená úroveň MBH tak byla potvrzena.

Dalším krokem, v rámci zajištění bezpečnosti VD Kamýk při povodních, musí být zpracování „Posudku bezpečnosti vodního díla při povodních“ podle TNV 752935. Pro jeho vypracování jsou nezbytné zejména aktuální hydrologické podklady – kontrolní povodňová vlna (KPV) s pravděpodobností výskytu kulminace $p_Q = 0,0001$ (doba opakování $N = 10\,000$ let).

VD Kamýk je vyrovnávací nádrží pro VD Orlík. S ohledem na významný objem nádrže VD Orlík lze zcela jistě očekávat ovlivnění průběhu povodně na VD Kamýk. Pro doporučujeme jako KPV uvažovat povodňovou vlnu vzniklou odtokem z VD Orlík při transformaci PV_{10000} v jeho nádrži (viz. posudek bezpečnosti VD Orlík při povodních).

Vzhledem k výsledkům orientačních výpočtů pro posouzení bezpečnosti VD Kamýk při povodních lze očekávat, možné překročení stanovené MBH (287,10 m n.m.). Proto před zpracováním „Posudku“ doporučujeme realizovat modelový výzkum k ověření průtokových poměrů na vzorovém přelivném bloku. Výsledky z podrobného měření na modelu pomohou:

- objasnit míru ovlivnění tvaru přepadového paprsku při hladinách větších než 285,75 m n.m. = spodní hrana mostovky jeřábové dráhy nad přelivem,
- posoudit vliv zcela zdviženého segmentu na přepadový paprsek vody (spodní hrana maximálně zdviženého segmentu = 284,60 m n.m.),
- změřit tlakové poměry (síly) od přepadového paprsku působící na přelivný blok,
- stanovit kapacitu přelivného pole bezpečnostního přelivu až do výškové úrovně 289,00 m n.m. (stávající konzupmční křivka uváděná v platném manipulační řádu končí na kótě 284,60 m n.m.).

Získané poznatky budou velmi přínosné při podrobném přešetření stability přelivného bloku, tak, aby mohla být iteračním postupem stanovena taková „maximální“ úroveň MBH, při které je celková bezpečnost vodního díla právě zaručena.

Současně je potřeba stanovit (změřit na modelu) maximální možnou kapacitu bezpečnostního přelivu. Při hladinách $> 284,60$ m n.m. dojde k zahlcení prostoru pod maximálně zdviženým segmentem a volný přepad se změní na výtok vody pod segmentem. Prostorové uspořádání zcela zdviženého segmentu „proti vodě“ neodpovídá základním hydraulickým parametrům pro výpočet výtoků vody pod segmentem a orientačně spočtená kapacita bezpečnostního přelivu může být, ačkoli bude na straně bezpečnosti, zatížena jistou nepřesností, která může negativně ovlivnit závěry „Posudku“.

Dále se nabízí pro převádění extrémních povodňových průtoků možnost využití plavební komory. Doporučujeme proto výpočtově ověřit dostupnou průtokovou kapacitu a posoudit vliv povodňových průtoků na technologické vystrojení plavební komory. S využitím plavební komory, jako s možnou „spodní výpustí“ při vypouštění zdrže, bylo počítáno již při návrhu vodního díla.

V Praze, srpen 2011

Vypracoval:

Ing. Jan Chroumal
HPTBD

Schválil:

Ing. David Richtř
vedoucí útvaru 401

5 SEZNAM PŘÍLOH

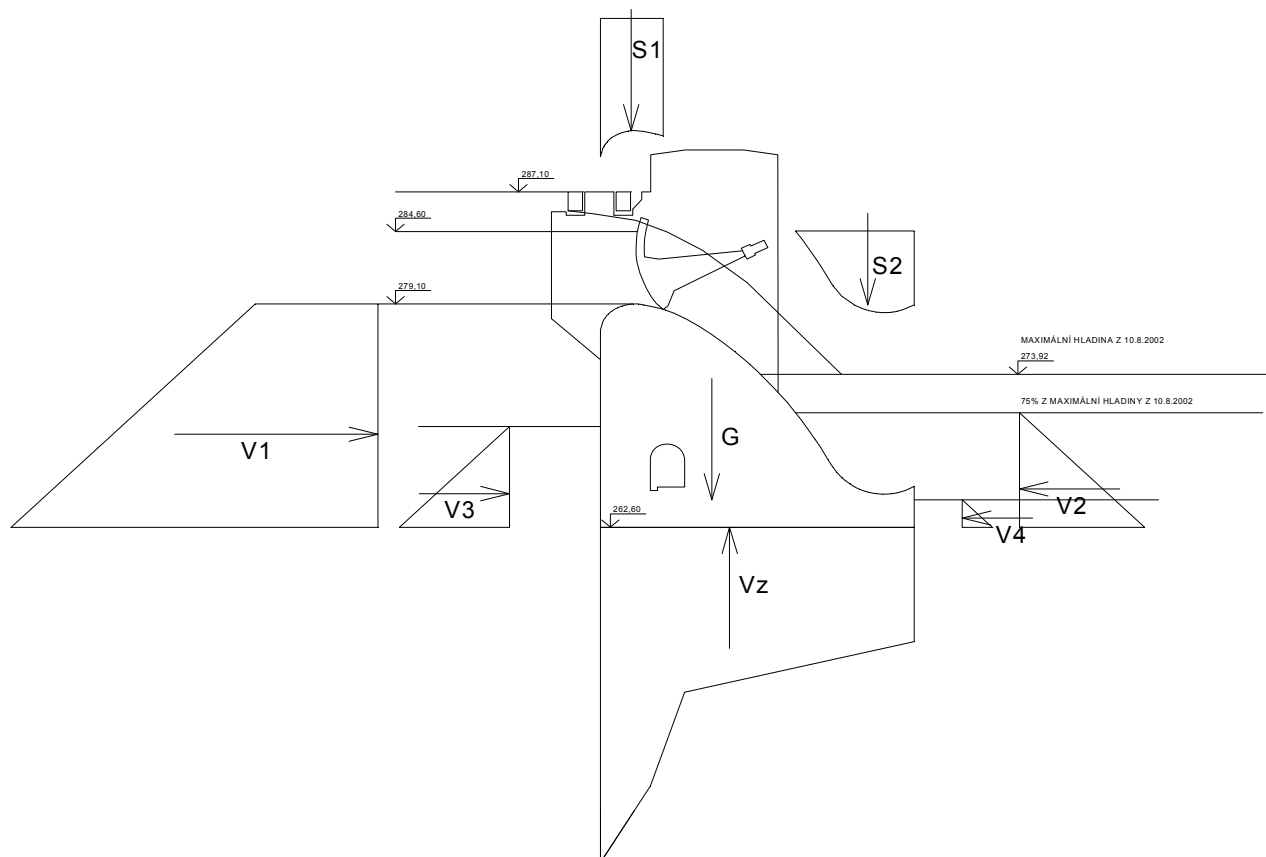
- 1 Přesčetření stability přelivného bloku – varianta a)
- 2 Přesčetření stability přelivného bloku – varianta b)

6 ROZDĚLOVNÍK

- 1 - 3 Povodí Vltavy s.p., Holečkova 8, 150 24 Praha 5
- 4 Povodí Vltavy s.p., přehrada Kamýk, vedoucí hrázny
- 5 VODNÍ DÍLA – TBD a.s., HPTBD, Hybernská 40, 110 00 Praha 1
- 6 VODNÍ DÍLA – TBD a.s., ADIS, Hybernská 40, 110 00 Praha 1

7 GRAFICKÉ PŘÍLOHY

ZATĚŽOVACÍ STAV - hladina vody v nádrži je na úrovni: 287,10 m n.m. - kóta koruny, dolní voda na úrovni z povodně 2002, vztlakový obrazec sestaven podle výpočtů z regresní analýzy v bloku 6 (vrty 5 a 6), varianta a)



Parametry na základové spáře

- souč. tření na základ. spáře $f = 0,75$
- soudržnost na základové spáře $c = 0,5 \text{ Mpa}$
- měrná hmotnost železobetonu $\gamma_z = 24 \text{ kN/m}^3$
- měrná hmotnost vody $\gamma_v = 9,81 \text{ kN/m}^3$

Zemina - zásypový materiál (jedná se o sypký, nesoudržný materiál)

- úhel vnitřního tření $\varphi = 30^\circ$
- soudržnost $c_u = 0 \text{ kPa}$
- suchá zemina $\gamma_{su} = 18 \text{ kN/m}^3$
- zvodnělá zemina $\gamma_{zv} = 9 \text{ kN/m}^3$
- souč. zem. tlaku v klidu $K_f = 0,450$
- souč. aktivního zem. tlaku $K_a = 0,333$
- souč. pasivního zem. tlaku $K_p = 3,000$

výpočet sil - svislé	V (m³)	γ (kN/m³)	F (kN)	r (m)	M (kNm)
vlastní tíha G	218,65	24,00	5247,60	13,73	72049,55
tíha horní vody svislá S ₁	36,70	9,81	360,03	19,20	6912,52
tíha dolní vody svislá S ₂	35,77	9,81	350,90	3,16	1108,86
Vztlak V _z	272,83	9,00	2455,47	12,53	30767,04
výpočet sil - vodorovné	V (m³)	γ (kN/m³)	F (kN)	r (m)	M (kNm)
horní voda V ₁	275,32	9,81	2700,89	6,91	18663,14
dolní voda V ₂	36,13	9,81	354,44	2,83	1003,05
zemina horní zvodnělá V ₃	28,01	9,00	113,44	2,49	282,47
zemina dolní zvodnělá V ₄	2,07	9,00	8,38	0,68	5,70

Síly působící na konstrukci

↓ + Síly

↓ + Moment

síly svislé	$\Sigma N =$	3503,06 kN
síly vodorovné	$\Sigma T =$	-2451,51 kN
výslednice	$\Sigma F =$	4275,67 kN
výsledný moment	$M_v =$	31367,02 kNm
těžiště výslednice	$X_t =$	14,07 m
	$Y_t =$	7,32 m

1) bezpečnost proti posunutí

$$m = \frac{f \cdot \sum N}{\sum T} > 1,2$$

$$\underline{m} = \underline{1,07} \geq \underline{1,05}$$

$$m = \frac{f \cdot \sum N + c \cdot s}{\sum T} > 4,0$$

$$\underline{m} = \underline{5,35} > \underline{4,0}$$

2) posouzení únosnosti základové spáry

normálové napětí na základové spáře

$$\sigma = -\frac{\sum N}{s \cdot b} \cdot \left(1 \pm \frac{6 \cdot e}{s}\right) < R_d = \frac{\sigma_c}{r \cdot p}$$

tento vztah platí za předpokladu, že napětí na základové spáře probíhá podle zákona přímky (- tlak).

 R_d ... výpočtová únosnost základové spáry -

pevnost ...	$\sigma_c =$	50 Mpa ... viz tabulka zatřídění hornin
souč. kvality horniny ...	$r =$	15
souč. diskontinuit ...	$p =$	3
excentrita	$e =$	-8,69 m
délka zákl. spáry	$s =$	21,0 m
	$b =$	1,0 m

$$R_d = 1111,11 \text{ kPa}$$

normálové napětí na základové spáře u paty vzdušního líce ...

$$\sigma_A = 247,59 \text{ kPa} < R_d$$

normálové napětí na základové spáře u paty návodního líce ...

$$\sigma_B = -581,22 \text{ kPa} < R_d$$

*Rozdělení napětí podle zákona přímky nelze vzhledem k tvarové složitosti konstrukce zcela předpokládat.**Je nutno proto brát uvedené výsledky jako orientační.***3) bezpečnost proti překlpení okolo paty vzdušního líce**

moment působící proti překlpení

$$M_1 = 81079,7 \text{ kNm}$$

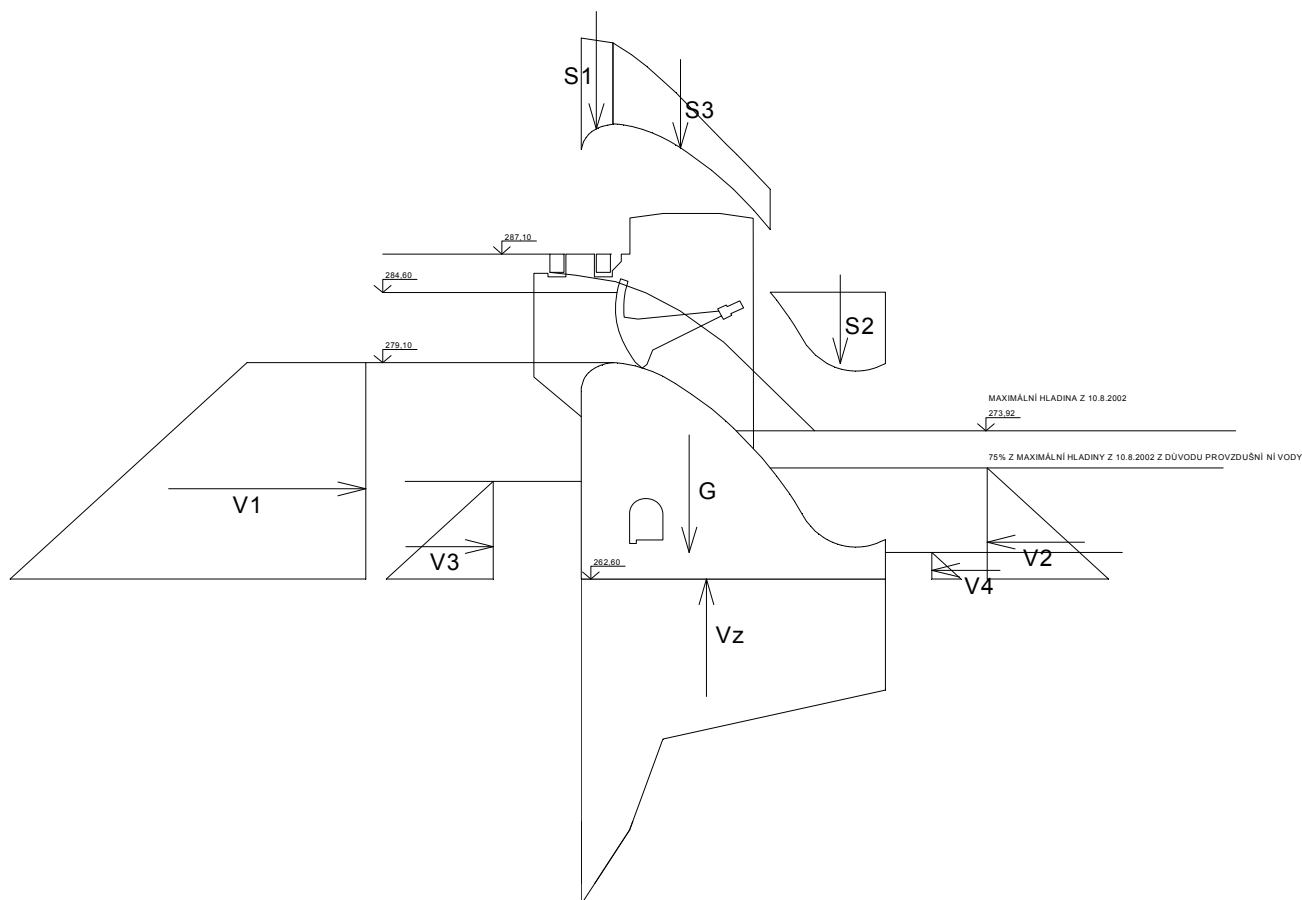
moment působící překlpení

$$M_2 = 49712,7 \text{ kNm}$$

$$p = \frac{M_1}{M_2} > 1,5$$

$$\underline{p} = \underline{1,63} > \underline{1,5}$$

ZATĚŽOVACÍ STAV - hladina vody v nádrži je na úrovni: 287,10 m n.m. - kóta koruny, dolní voda na úrovni z povodně 2002, vztlakový obrazec sestaven podle výpočtů z regresní analýzy v bloku 6 (vrty 5 a 6), varianta b)



Parametry na základové spáře

- souč. tření na základ. spáře	$f =$	0,75
- soudržnost na základové spáře	$c =$	0,5 Mpa
- měrná hmotnost železobetonu	$\gamma_z =$	24 kN/m ³
- měrná hmotnost vody	$\gamma_v =$	9,81 kN/m ³

Zemina - zásypový materiál (jedná se o sypký, nesoudržný materiál)

- úhel vnitřního tření	$\varphi =$	30 °	- souč. zem. tlaku v klidu	$K_r =$	0,450
- soudržnost	$c_u =$	0 kPa	- souč. aktivního zem. tlaku	$K_a =$	0,333
- suchá zemina	$\gamma_{su} =$	18 kN/m ³	- souč. pasivního zem. tlaku	$K_p =$	3,000
- zvodnělá zemina	$\gamma_{zv} =$	9 kN/m ³			

výpočet sil - svislé	V (m ³)	γ (kN/m ³)	F (kN)	r (m)	M (kNm)
vlastní tíha G	218,65	24,00	5247,60	13,73	72049,55
tíha horní vody svislá S ₁	15,28	9,81	149,90	20,23	3032,41
tíha paprsku vody S ₃	43,30	9,81	424,77	14,35	6095,49
tíha dolní vody svislá S ₂	35,77	9,81	350,90	3,16	1108,86
Vztlak V _z	272,83	9,00	2455,47	12,53	30767,04
výpočet sil - vodorovné	V (m ³)	γ (kN/m ³)	F (kN)	r (m)	M (kNm)
horní voda V ₁	275,32	9,81	2700,89	6,91	18663,14
dolní voda V ₂	36,13	9,81	354,44	2,83	1003,05
zemina horní zvodnělá V ₃	28,01	9,00	113,44	2,49	282,47
zemina dolní zvodnělá V ₄	2,07	9,00	8,38	0,68	5,70

Síly působící na konstrukci

↓ + Síly

↓ + Moment

síly svislé	$\Sigma N =$	3717,70 kN
síly vodorovné	$\Sigma T =$	-2451,51 kN
výslednice	$\Sigma F =$	4453,23 kN
výsledný moment	$M_v =$	33582,41 kNm
těžiště výslednice	$X_t =$	12,22 m
	$Y_t =$	7,32 m

1) bezpečnost proti posunutí

$$m = \frac{f \cdot \sum N}{\sum T} > 1,2$$

$$\underline{m = 1,14 \geq 1,05}$$

$$m = \frac{f \cdot \sum N + c \cdot s}{\sum T} > 4,0$$

$$\underline{m = 5,42 > 4,0}$$

2) posouzení únosnosti základové spáry

normálové napětí na základové spáře

$$\sigma = -\frac{\sum N}{s \cdot b} \cdot \left(1 \pm \frac{6 \cdot e}{s}\right) < R_d = \frac{\sigma_c}{r \cdot p}$$

tento vztah platí za předpokladu, že napětí na základové spáře probíhá podle zákona přímky (- tlak).

 R_d ... výpočtová únosnost základové spáry -

pevnost ...	$\sigma_c =$	50 Mpa ... viz tabulka zatřídění hornin
souč. kvality horniny ...	$r =$	15
souč. diskontinuit ...	$p =$	3
excentrita	$e =$	-6,54 m
délka zákl. spáry	$s =$	21,0 m
	$b =$	1,0 m

$$R_d = 1111,11 \text{ kPa}$$

normálové napětí na základové spáře u paty vzdušního líce ...

$$\sigma_A = 153,92 \text{ kPa} < R_d$$

normálové napětí na základové spáře u paty návodního líce ...

$$\sigma_B = -507,98 \text{ kPa} < R_d$$

*Rozdělení napětí podle zákona přímky nelze vzhledem k tvarové složitosti konstrukce zcela předpokládat.**Je nutno proto brát uvedené výsledky jako orientační.***3) bezpečnost proti překlpení okolo paty vzdušního líce**

moment působící proti překlpení

$$M_1 = 83295,1 \text{ kNm}$$

moment působící překlpení

$$M_2 = 49712,7 \text{ kNm}$$

$$p = \frac{M_1}{M_2} > 1,5$$

$$\underline{p = 1,68 > 1,5}$$