



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV VODNÍCH STAVEB

INSTITUTE OF WATER STRUCTURES

POSOUZENÍ VODNÍHO DÍLA ROUCHOVANY ZA POVODNÍ

SAFETY ASSESMENT OF THE ROUCHOVANY DAM DURING FLOODS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jan Vrátil

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. JAN JANDORA, Ph.D.

BRNO 2019



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV VODNÍCH STAVEB

INSTITUTE OF WATER STRUCTURES

POSOUZENÍ VODNÍHO DÍLA ROUCHOVANY ZA POVODNÍ

SAFETY ASSESMENT OF THE ROUCHOVANY DAM DURING FLOODS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jan Vrátil

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. JAN JANDORA, Ph.D.

BRNO 2019



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FAKULTA STAVEBNÍ

| | |
|--------------------------------|---|
| Studijní program | B3607 Stavební inženýrství |
| Typ studijního programu | Bakalářský studijní program s prezenční formou studia |
| Studijní obor | 3647R015 Vodní hospodářství a vodní stavby |
| Pracoviště | Ústav vodních staveb |

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

| | |
|------------------------|--|
| Student | Jan Vrátíl |
| Název | Posouzení vodního díla Rouchovary za povodní |
| Vedoucí práce | doc. Ing. Jan Jandora, Ph.D. |
| Datum zadání | 30. 11. 2018 |
| Datum odevzdání | 24. 5. 2019 |

V Brně dne 30. 11. 2018

prof. Ing. Jan Šulc, CSc.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

Boor, B., Kunštátský, J., Patočka, C. 1968. Hydraulika pro vodohospodářské stavby, SNTL Praha.

ČSN 75 2935 – Posuzování bezpečnosti vodních děl při povodních.

ČSN 75 2410 – Malé vodní nádrže.

ČSN 75 2405 – Vodohospodářská řešení vodních nádrží.

Vyhláška č. 367/2005 Sb., kterou se mění vyhláška č. 590/2002 Sb., o technických požadavcích pro vodní díla.

Podklady pro vodní dílo Rouchovany.

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Náplní bakalářské práce bude posouzení bezpečnosti VD Rouchovany při povodních podle ČSN 75 2935. Mimo vlastního posouzení a prověření bezpečnosti VD Rouchovany při povodních budou také navržena opatření, která povedou ke zvýšení bezpečnosti VD Rouchovany.

Požadavky na zpracování bakalářské práce:

1. Posouzení mezní bezpečné hladiny pro převedení kontrolní povodňové vlny,

2. Navržení opatření ke zvýšení bezpečnosti.

Práce bude zpracována podle ČSN 75 2935 a bude obsahovat:

A. Úvodní část

B. Účel a popis VD Rouchovany

C. Základní údaje a podklady

C.1. Požadovaná míra bezpečnosti vodního díla při povodni

C.2. Hydrologické podklady

C.3. Technické parametry a podklady

C.4. Okolnosti ovlivňující bezpečnost vodního díla při povodni

C.5. Hydraulické výpočty

D. Stanovení mezní bezpečné hladiny

E. Stanovení kontrolní maximální hladiny v nádrži

F. Závěrečné zhodnocení

G. Nápravná a nouzová opatření

H. Použité podklady

I. Seznam příloh

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).

2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

doc. Ing. Jan Jandora, Ph.D.

Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá posouzením vodního díla Rouchovany za povodní. Součástí posudku je provedení kontrolních výpočtů a následné vyhodnocení bezpečné výšky hladiny v nádrži. V závěru práce jsou navrženy doporučené opravy současného stavu vodního díla Rouchovany.

KLÍČOVÁ SLOVA

Vodní dílo, povodňová vlna, transformace povodňové vlny, těsnící jádro, bezpečnostní přeliv

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with the assessment of the Rouchovany waterworks under the flood. Part of the check is the performance of check calculations and the assessment of the safe level in the tank. In the conclusion of the thesis there are proposed remedies of the current state of the Rouchovany waterworks.

KEYWORDS

Water work, flood wave, flood wave transformation, sealing core, safety spillway

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Jan Vrátil *Posouzení vodního díla Rouchovany za povodní*. Brno, 2019. 24 s., 6 s. příloh.
Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodních
staveb. Vedoucí práce doc. Ing. Jan Jandora, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce s názvem *Posouzení vodního díla Rouchovany za povodní* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 24. 5. 2019

Jan Vrátil
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Posouzení vodního díla Rouchovany za povodní* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 24. 5. 2019

Jan Vrátil
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce doc. Ing. Janu Jandorovi, Ph.D. za užitečné rady a trpělivost při konzultacích. Dále bych chtěl poděkovat přítelkyni a rodině za podporu.

OBSAH

| | |
|--|----|
| Obsah..... | 1 |
| Identifikační údaje..... | 2 |
| Cíle a předmět práce | 2 |
| A Úvodní část..... | 3 |
| B Účel a popis vodního díla Rouchovany..... | 4 |
| B.1 Účel a situace díla..... | 4 |
| B.2 Technický popis díla | 4 |
| B.2.1 Hráz..... | 4 |
| B.2.2 Sdružený funkční objekt | 6 |
| B.2.3 Vývar..... | 8 |
| C ZÁKLADNÍ ÚDAJE A PODKLADY | 10 |
| C.1 Požadovaná míra bezpečnosti díla při povodni..... | 10 |
| C.2 Hydrologické podklady | 10 |
| C.3 Technické parametry..... | 11 |
| C.4 Okolnosti ovlivňující bezpečnost vodního díla za povodní..... | 11 |
| C.4.1 Manipulace za povodní, obsluha díla a údržba | 11 |
| C.4.2 Vymezení retenčního prostoru..... | 12 |
| C.4.3 Stupně povodňové aktivity..... | 12 |
| C.4.4 Konstrukční uspořádání jednotlivých prvků vodního díla | 13 |
| C.5 Hydraulické výpočty | 15 |
| C.5.1 Kontrola a přepočítání čár objemů a zatopených ploch | 15 |
| C.5.2 Odvození měrné křivky koryta pod hrází | 15 |
| C.5.3 Odvození měrné křivky bezpečnostního přelivu | 15 |
| C.5.4 Transformace povodňové vlny PV_{100} | 16 |
| C.5.5 Posouzení stability hráze | 17 |
| C.5.6 Výpočet účinků vln | 17 |
| D Stanovení mezní bezpečné hladiny | 18 |
| E Stanovení kontrolní maximální hladiny v nádrži | 19 |
| F závěrečné zhodnocení | 20 |
| H Použité podklady | 22 |
| I Seznam Příloh | 23 |
| J Seznam obrázků | 24 |

IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Tato práce byla vypracována na základě dokumentu: „Zápis o prohlídce podle § 62 zákona č. 254/2001 Sb. V platném znění technicko – bezpečnostní dohled („TBD“) nad vodními díly, 2017“

| | |
|-----------------------------|---|
| Název akce: | Posouzení vodního díla Rouchovany za povodní |
| Zhotovitel: | Jan Vrátil, Rošického 68, 378 56 Studená |
| Vedoucí práce: | doc. Ing. Jan Jandora, Ph.D. |
| Výškový systém: | Balt po vyrovnání („BPV“) |
| Souřadnicový systém: | S-JTSK |

CÍLE A PŘEDMĚT PRÁCE

Cílem práce je posouzení a prověření bezpečnosti na vodním díle Rouchovany (dále jen „VD Rouchovany“) za povodní na toku Olešná v souladu s ČSN 75 2935 [1]. Posouzení je provedeno pro povodňovou vlnu PV_{100} . V případě nutnosti budou navržena příslušná opatření pro navýšení bezpečnosti VD Rouchovany. Posouzení je strukturováno dle [1] následovně:

- A. Úvodní část
- B. Účel a popis vodního díla Rouchovany
- C. Základní údaje a podklady
 - C.1. Požadovaná míra bezpečnosti vodního díla při povodni
 - C.2. Hydrologické podklady
 - C.3. Technické parametry
 - C.4. Okolnosti ovlivňující bezpečnost vodního díla při povodni
 - C.5. Hydraulické výpočty
- D. Stanovení mezní bezpečné hladiny
- E. Stanovení kontrolní maximální hladiny v nádrži
- F. Závěrečné zhodnocení
- G. Nápravná a nouzová opatření
- H. Použité podklady
- I. Seznam příloh
- J. Seznam obrázků

A ÚVODNÍ ČÁST

V této práci je posuzováno VD Rouchovany za povodně ve smyslu normy ČSN 75 2935 [1], [9]. Posouzení vychází z hydrologických podkladů, které jsou charakteristické pro VD Rouchovany. Z manipulačního řádu [2] je VD Rouchovany zařazeno do kategorie IV. (ve smyslu odst. 2, § 61, zák. 254/2001 Sb.) Dle [1], [9] na VD Rouchovany jsou pravděpodobné škody při hypotetické havárii VD nízké a ztráty na lidských životech jsou nepravděpodobné, čemuž odpovídá kontrolní povodňová vlna (dále jen „KPV“) s dobou opakování $N = 100$ let. Výškový systém je zde použit Balt po vyrovnání (dále jen „BPV“). Výškové hodnoty VD uvedené v [2] jsou upraveny pomocí aktuálního měření v [3]. Při geodetickém měření [3] bylo zjištěno, že nadmořské výšky, které jsou uvedené v [2] jsou podhodnoceny oproti skutečnému naměřenému stavu o cca 0,6 – 0,7 m. Dále při uvádění nadmořských výšek odkazujících na [2], což je důsledně uváděno, bude v tomto posudku přičteno 0,7 m. Pokud se ale bude jednat o výškové kóty, které jsou zaměřené v [3], budou přímo uvedeny zaměřené hodnoty, nikoliv přepočtené.

Tab.1 Požadovaná míra bezpečnosti pro návrh a posouzení vodního díla [1], [9]

| Kategorie vodního díla | Pravděpodobné škody při hypotetické havárii | Potencionální rozsah celkových škod | Uvažované ztráty lidských životů | Periodicita $p = 1/N$ | Doba opakování N (let) |
|------------------------|---|---|---|-----------------------|--------------------------|
| IV. | nízké | nízké ekonomické škody, škody na životním prostředí a sociální dopady v lokálního rozsahu | ztráty lidských životů jsou nepravděpodobné | 0,01 | 100 |

B ÚČEL A POPIS VODNÍHO DÍLA ROUCHOVANY

B.1 Účel a situace díla

Vodní dílo Rouchovany je vodní nádrž, která je na toku Olešná v km 7,827. Ve východní části nádrže je ještě zaústěn Lipňanský potok přitékající přibližně ze severu. VD Rouchovany se nachází přibližně 1 km severovýchodně od obce Rouchovany. Na hrázi vede silnice III/15249 Rouchovany – Skryje.

Účel [2]:

- Tlumení povodní neovladatelným retenčním prostorem
- Sportovní rybolov a chov ryb
- Nalepšování průtoků v korytě pod nádrží
- Využití tělesa hráze pro silniční propojení Rouchovany – Skryje
- Obecné užívání k rekreaci

Původním účelem bylo také akumulace vody pro závlahy. Nyní se již závlaha neprovozuje, tak tento účel byl zrušen a ani v budoucnu se s ním nepočítá.

B.2 Technický popis díla

Vodní dílo Rouchovany má v údolnici délku 700 m a to při kótě 339,90 m n. m. a zatopenou plochu hladiny 9,36 ha. Maximální hloubka při této hladině v nádrži je 6,18 m, a to u hráze u sdruženého objektu. Objem vody při této hladině v nádrži je 221 000 m³.

B.2.1 Hráz

Jedná se o půdorysně přímou, nehomogenní zemní hráz. Příčný řez má lichoběžníkový tvar. Koruna je 9,5 m široká asfaltová silnice III/12249 vedoucí směrem Rouchovany – Skryje. Povrchová voda je sváděna příkopy z vozovky mimo těleso hráze. Hráz je z místního zemního materiálu. Těsnící jádro je svislé, středové hutněné z jílovité zeminy F6-CL dle [4]. Do podloží je připojeno zemním zavazovacím zámkem, který má minimální šířku 4 m, hloubku 1 m a sklon 1:1. Jádro je dle [4] změřeno tak, že v cca 3/10 délky hráze je koruna těsnícího materiálu nejnižší položená na kótě 341,01 m n. m. Těsnící jádro v úrovni základové spáry navazuje na těsnící koberec ve dně zátopy, který je chráněn přechodovou částí. Přechodová část kryjící jádro je 1 m nad korunu těsnícího jádra, a to na kótě 342,01 m n. m. Šíře koruny přechodové části je 6 m a její sklony jsou 1:1. Přechodová část na vzdušné straně hráze plní funkci odvodňovací vrstvy a je napojena na patní drén vedený na vzdušné patě hráze, trouby DN 150 s filtračním obsypem. Kóta minimální hladiny na návodní straně je 335,40 m n. m. Na vzdušném líci hráze je od kóty 336,30 m n. m. stabilizační část přítěžovací lavicí. Vzdušný líc je opevněn ohumusováním a osetím, návodní líc je opevněn kamennou rovnatinou tl.0,6 m.

Tab. 2 Přehledná tabulka důležitých informací hráze

| | | |
|---|--------|---------|
| Kóta koruny hráze (minimální) [3] | 342,04 | m n. m. |
| Kóta dna nádrže u hráze (minimální) [2] * | 335,40 | m n. m. |
| Maximální výška hráze [2] | 7,30 | m |
| Délka hráze v koruně [2] | 240,00 | m |
| Šířka hráze v koruně [2] | 9,50 | m |
| Šířka koruny v úrovni pláně vozovky [2] | 12,00 | m |
| Návodní líc sklon [2] | 1:3,3 | - |
| Vzdušný líc sklon [2] | 1:2,2 | - |
| Sklon těsnícího jádra [2] | 5:1 | - |
| Šířka jádra v koruně [2] | 4 | m |
| Kóta těsnícího jádra (minimální) [3] | 341,01 | m n. m. |

* kóta přepočtená z [2] na novou úroveň zaměření dle [3] (připočteno 0,7 m)



Obr. 1 Koruna hráze, asfaltová silnice III/12249 směr Rouchovany – Skryje [8]

B.2.2 Sdružený funkční objekt

Funkční objekt se skládá ze dvou částí, a to z přelivné části a skluzu (otevřený a krytý). Tento objekt (monoblok) je situován na levé straně údolí. Je založen na skalním podloží. Funkční objekt je dvoupatrový a plní jak i funkci výpustnou (spodní výpusti), a tak i funkci bezpečnostní (přeliv, skluz).

Bezpečnostní přeliv je na kótě 339,90 m n. m. [3], přičemž není zcela vyrovnaný po celé jeho délce (339,90 m n. m. – 339,92 m n. m., uvažují nižší nadmořskou výšku). Délka přelivné hrany je 16 m. Vrch manipulační šachty je na kótě 341,10 m n. m. [3]. Sklon dna skluzu je 2 %, Délka krytého skluzu je 26,5 m a délka otevřeného skluzu je 5,5 m, tudíž je celková délka skluzu 32 m. Světla výška kryté části skluzu je 3 m a šíře 2,1 m. Při přepadající výšce 0,6 m přes přeliv tedy na kótě 340,50 m n. m. bude převáděno 15,24 m³/s vody. Stoletá voda nově určená dle [5] je $Q_{100} = 19,0 \text{ m}^3/\text{s}$ a bude převedena přes přeliv ve výšce 0,61 m nad přelivnou hranou tedy v 340,51 m n. m.

Spodní výpusti jsou v tomto funkčním objektu dvě. Ze spodní výpusti DN 400 vytéká voda na dno štoly sdruženého objektu, kde dále teče o volné hladině až do vývaru. Druhá spodní výpust' DN 500 o délce 40,5 m je uložena ve dně sdruženého objektu. Měla funkci během výstavby jako převádění běžných průtoků. DN 400 je uloženo na výškové kótě 335,09 m n. m. a DN 500 na výškové kótě 333,94 m n. m. dle [2]. Na spodní výpust DN 400 a DN 500 je provedeno zavzdušnění.

Odběrné potrubí DN 250 určené pro závlahu je zavěšeno pod stropem štoly a vyvedeno do armaturní šachty při vzdušné patě hráze. Je v pravé části vtoku sdruženého objektu spolu se spodní výpustí DN 500. Tento účel pro závlahu byl již zrušen a do budoucna se s ním nepočítá.

V čele objektu je osezen uzávěr DN 40, který zabezpečuje asanační průtok. Ten odtéká o volné hladině, ve dně štoly sdruženého objektu do vývaru.

Před vtokem do jednotlivých spodních výpustí jsou v drážkách osazeny ve dvou polích česle. V případě poruchy šoupátek je možno tyto česle vyjmout a použít dřevěné hrazení o rozměrech 100/300/1090 jako provizorní dřevěné hrazení vtokového objektu.

Pomocí ručního kola je možné ovládat třmenové šoupátko u DN 400 u zbývajících šoupátek pomocí klíče.

Dne 4.4.2011 bylo zjištěno při obchůzce technickobezpečnostního dohledu, že je omezená průchodnost drenážního potrubí, drén je patrně v úseku mezi šachtou a vývarem neprůchodný, propadlý terén vpravo od sdruženého objektu na vzdušném líci hráze, nakloněné schodiště, srážková voda protéká kolem i pod schodištěm, uzávěry potrubí pro závlahu a potrubí pro převádění minimálního průtoku jsou nefunkční. [6]

V roce 2014 proběhla generální oprava uzávěrů spodních výpustí. Na spodní výpusti DN 500 bylo na vtoku instalováno třmenové šoupátko (S 30 111 – 506 Jt 6) a na vtoku spodní výpusti

DN 400 bylo instalováno třmenové šoupátko (S 30 111 – 506 Jt 6), také bylo nově osazeno šoupátko (S 35 111 – 516) na asanační potrubí DN 40 a také na potrubí pro závlahu DN 250, které se již nepoužívá. Dále v tomto roce proběhla výměna pororoštů obslužné lávky na sdruženém funkčním objektu, doplnění poklopů na drenážních studnách, kontrola a ze značné části obnova průchodnosti patního drénu. [7]

Tab. 3 Přehledná důležitých informací sdruženého funkčního objektu

| | | |
|--|----------------|-----------------------|
| Koruna bezpečnostního přelivu [3] | 339,90 | m n. m. |
| Vrch manipulační šachty [3] | 341,10 | m n. m. |
| Kóta při hladině $Q_{100} = 19 \text{ m}^3/\text{s}$ | 340,51 | m n. m. |
| Výška návrhového přepadu [2] | 0,60 | m |
| Kapacita přelivu při návrhovém přepadu 0,60 m [2] | 15,24 | m^3/s |
| Délka přelivné hrany [2] | 16 | m |
| Délka otevřeného skluzu [2] | 5,5 | m |
| Délka krytého skluzu [2] | 26,5 | m |
| Sklon dna skluzu [2] | 2 | % |
| Spodní výpusti [2] | DN 400, DN 500 | - |
| Potrubí pro zajištění asanačního průtoku [2] | DN 40 | - |



Obr. 2 Sdružený funkční objekt [8]

B.2.3 Vývar

Vývar se nachází u vzdušné paty líce hráze a napojen na otevřenou část skluzu sdruženého objektu. Je založen přímo do skalního podloží a slouží k tlumení kinetické energie vody. Vývar je z železobetonu, má obdélníkový tvar. Je široký 2,2 m, dlouhý 21,5 m a hluboký 2,1 m. Sklon stěn vnitřního líce vývaru je 5:1. Za vtokovým čelem je oboustranně vyústěno potrubí z patních drénů. Dno vývaru je navrženo v půdorysné délce 3,7 m ve sklonu 1:2 poté je v délce 9,0 m vodorovné a dále je v délce 6,3 m ve sklonu 1:3. Při niveletě 332,71 m n. m. [2] plynule navazuje vývar na upravené koryto Olešnice. Koryto je zpevněno kamenným záhozem délky 10 m a šíře 1 m. Délka úpravy od výtokového čela vývaru je 351 m [2].

Účelem je zabezpečit neškodný odtok kulminačních průtoků z podhráží do toku Olešnice.



Obr. 3 Sdružený objekt a vývar [8]

C ZÁKLADNÍ ÚDAJE A PODKLADY

C.1 Požadovaná míra bezpečnosti díla při povodni

VD Rouchovany je posouzeno za povodně dle normy ČSN 75 2935 [1]. Dle manipulačního řádu [2] je VD Rouchovany zařazeno do IV. kategorie [1], [9] (tab.1), z čehož vyplývá, že ekonomické škody jsou nízké, škody dopadnou na životní prostředí a sociální dopad lokálního rozsahu. Dále ztráty na lidských životech jsou nepravděpodobné. Této kategorii odpovídá kontrolní povodňová vlna s dobou opakování $N = 100$ let.

Dle článku 7.2.1 vycházejícího z normy ČSN 75 2935 [1] je kontrolní povodňová vlna (dále jen „KPV“) uvažována jako PV_{100} . Bylo provedeno variabilní vohospodářské měření pro PV_{100} a to za předpokladu, že obě spodní výpusti (DN 500 a DN 400) jsou uzavřené. Dle této úvahy lze zjistit maximální hladinu vody při transformaci povodňové vlny PV_{100} (Příloha 6).

C.2 Hydrologické podklady

Číselné podklady povodňových vln jsou převzaty z nově naměřených dat z [5], které jsou přehledně uvedeny v následující tabulce. Jsou zde uvedeny staré i nové hodnoty.

Tab.4 Číselné charakteristiky průtoků dle [5]

| Povodí - tok | Plocha povodí | Q_1 | Q_2 | Q_5 | Q_{10} | Q_{20} | Q_{50} | Q_{100} |
|---|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | (km ²) | (m ³ /s) | (m ³ /s) | (m ³ /s) | (m ³ /s) | (m ³ /s) | (m ³ /s) | (m ³ /s) |
| pod hrází VD Rouchovany (Olešnice) stávající stav | 24,6 | 1,3 | 1,7 | 2,8 | 4,4 | 6,9 | 12,5 | 18,5 |
| pod hrází VD Rouchovany (Olešnice) nový stav | 24,36 | 1,4 | 1,8 | 3,0 | 4,6 | 7,2 | 12,5 | 19,0 |

C.3 Technické parametry

Popsané technické parametry jsou již uvedeny v kapitole B.2 dle [2]. VD Rouchovany má následující parametry dle [2], [3], [4], [5] uvedené v přehledné tabulce viz níže.

Tab. 5 Přehledné technické parametry

| | | |
|---|--------------|-------------------|
| Plocha povodí [5] | 24,36 | km ² |
| Kóta koruny hráze [3] | 342,04 | m n. m. |
| Kóta dna nádrže [2] * | 335,40 | m n. m. |
| Kóta koruny bezpečnostního přelivu [3] | 339,90 | m n. m. |
| Kóta těsnícího jádra [4] * | 341,01 | m n. m. |
| Objem prostoru stálého nadržení [2] | Ms = 16 000 | m ³ |
| Objem zásobního prostoru [2] | Mz = 205 000 | m ³ |
| Objem retenčního prostoru [2] | Mr = 61 000 | m ³ |
| Objem celkového prostoru (Mmax) [2] | Mc = 282 000 | m ³ |
| Plocha zátopy při kótě 339,20 m n. m. (bezpečnostní přeliv) [2] | 93 600 | m ² |
| Plocha zátopy při maximální hladině [2] | 109 400 | m ² |
| Objem PV_{100} | 1 319 000 | m ³ |
| Kulminační průtok PV_{100} [5] | 19 | m ³ /s |

* kóta přepočtená z [2] na novou úroveň zaměření dle [3] (připočteno 0,7 m)

C.4 Okolnosti ovlivňující bezpečnost vodního díla za povodní

C.4.1 Manipulace za povodní, obsluha díla a údržba

Manipulace probíhá dle manipulačního řádu VD Rouchovany [2]. Manipulační řád byl schválen 13.9.2004 Městským úřadem v Třebíči, odbor životního prostředí. Povolení k nakládání s vodami bylo schváleno Okresním národním výborem v Třebíči, odbor vodního a lesního hospodářství a zemědělství dne 18.9.1987, zn. Vod. 1509/87, 1690/86–235/P.

Přesáhne-li hladina vody v nádrži objem zásobního prostoru Mz, který je v nadmořské výšce 339,90 m n. m., dojde k přelití vody přes hranu bezpečnostního přelivu. Převádění povodňových průtoků není nijak regulováno. Předpouštění nádrže před očekávaným příbytkem povodňové vlny důsledkem jarního tání s cílem zvýšit ochranný účinek nádrže se vzhledem k charakteru povodí neprovádí. Pouze v tomto případě obsluha odstraňuje ledy všemi dostupnými prostředky. Po opadnutí povodní se se provede vizuální prohlídka a popřípadě se

vyčistí bezpečností přeliv, skluz a odpadní koryto a provede se kontrola závad, která se zdokumentuje (fotografiemi, popis) [2].

Transformační účinek nádrže na snížení kulminačních průtoků extrémních N – letých povodní je vzhledem k objemu nádrže retenčního prostoru zanedbatelný.

Za povodní se postupuje dle Zákona č. 254/2011 Sb. O vodách. Opatření na ochranu VD Rouchovany před povodněmi provádí správce, který koná dle pokynů Povodňové komise obce Rouchovany a města Třebíč dle povodňového plánu.

C.4.2 Vymezení retenčního prostoru

Tab. 6 Manipulace v ochranném (retenčním) prostoru a za povodní

| | | |
|--|---------|---------|
| Kóta minimální hladiny retenčního prostoru [3] | 339,90 | m n. m. |
| Kóta maximální hladiny [2] * | 340,50 | m n. m. |
| Objem retenčního prostoru (M_r) [2] | 61 000 | m^3 |
| Zatopená plocha při maximální hladině [2] | 109 400 | m^2 |

* kóta přepočtená z [2] na novou úroveň zaměření dle [3] (připočteno 0,7 m)

C.4.3 Stupně povodňové aktivity

Vodní dílo Rouchovany není napojeno na žádnou předpovědní a hláskou službu. Dle manipulačního řádu VD Rouchovany [2] jsou uvedeny 3 stupně povodňové aktivity a to:

- I. stupeň povodňové aktivity neboli „Bdělost“ nastává při dosažení úrovně hladiny v nádrži při kótě 340,05 m n. m. [2] (přičteno 0,7 m), to je 0,15 m nad korunou bezpečnostního přelivu, odtok $Q = 2,0 \text{ m}^3/\text{s}$ přibližně odpovídá $Q_I = 1,4 \text{ m}^3/\text{s}$. Dosažením I. stupně oznámí obsluha vodního díla správci vodního díla a povodňovým orgánům obce Rouchovany, přičemž se vodní stavy odečítají 3 x denně.
- II. stupeň povodňové aktivity neboli „Pohotovost“ nastává při dosažení úrovně hladiny v nádrži při kótě 340,20 m n. m. [2] (přičteno 0,7 m), to je 0,30 m nad korunou bezpečnostního přelivu, odtok $Q = 5,39 \text{ m}^3/\text{s}$ přibližně odpovídá $Q_{10} = 4,6 \text{ m}^3/\text{s}$. Dosažením II. stupně oznámí obsluha vodního díla správci vodního díla, povodňovým orgánům obce Rouchovany, města Třebíč a Povodí Moravy, s.p., Brno. Vodní stavy se odečítají 2 x za hodinu. Při rychlém nástupu povodně s vyšší četností se vodní stavy odečítají dle pokynů pracovníků Povodí Moravy
- III. stupeň povodňové aktivity neboli „Ohrožení“ nastává při dosažení úrovně hladiny v nádrži při kótě 340,50 m n. m. [2] (přičteno 0,7 m), to je 0,6 m nad korunou bezpečnostního přelivu, odtok roven $Q = 15,24 \text{ m}^3/\text{s}$ přibližně odpovídá $Q_{50} - Q_{100} = 12,5 - 19 \text{ m}^3/\text{s}$. Dosažením III. stupně oznámí obsluha vodního díla správci

vodního díla, povodňovým orgánům obce Rouchovany, města Třebíč a Povodí Moravy, s.p., Brno. Vodní stavy se odečítají 4 x za hodinu.

C.4.4 Konstrukční uspořádání jednotlivých prvků vodního díla

- Těleso hráze

Těleso hráze je dle manipulačního řádu VD Rouchovany [2] přímá, nehomogenní hráz s těsnícím jádrem z jílové zeminy. Jádro je svislé, středově hutněné. Do podloží je připojeno zemním zavazovacím zámekem, který má minimální šířku 4 m a hloubku 1 m a sklon 1:1. Jádro je dle [4] zaměřeno tak, že v cca 3/10 délky hráze má úroveň těsnícího jádra nejnižší a to v nadmořské výšce 341,01 m n. m. [4] (přičteno 0,7 m dle [3]). Těsnící jádro v úrovni základové spáry navazuje na těsnící koberec ve dně zátopy, který je chráněn přechodovou částí. Přechodová část kryjící jádro je 1 m nad korunu těsnícího jádra, a to na kótě 342,00 m n. m. Šíře koruny přechodové části je 6 m a její sklony jsou 1:1. Přechodová část na vzdušné straně hráze plní funkci odvodňovací vrstvy a je napojena na patní drén vedený na vzdušné patě hráze, trouby DN 150 s filtračním obsypem. Bylo zde provedeno 5 průzkumných geologických vrtaných sond, při kterých bylo zjištěno, že těsnící jádro je v hloubkách od 1,4 – 2,0 m pod korunou hráze, tedy na kótách 341,01 – 341,63 m n. m. [4]. Je tvořeno jemnozrnnými soudržnými zeminami charakteru šedého až šedohnědého jílu prachovitého až středně plastického, písčitého s ojedinělými úlomky kamene drobné až hrubé zrnitosti frakce. Konzistence zemin je tuhá až tvrdá a řadí se geotechnicky do třídy F4-CS (jíl písčité) a F6-C1 (jíl se střední plasticitou). Jedná se o zeminy velmi slabě propustné až nepropustné. Dle ČSN 75 2410 [10] obě dvě zeminy jsou velmi vhodné pro těsnící jádro [4].

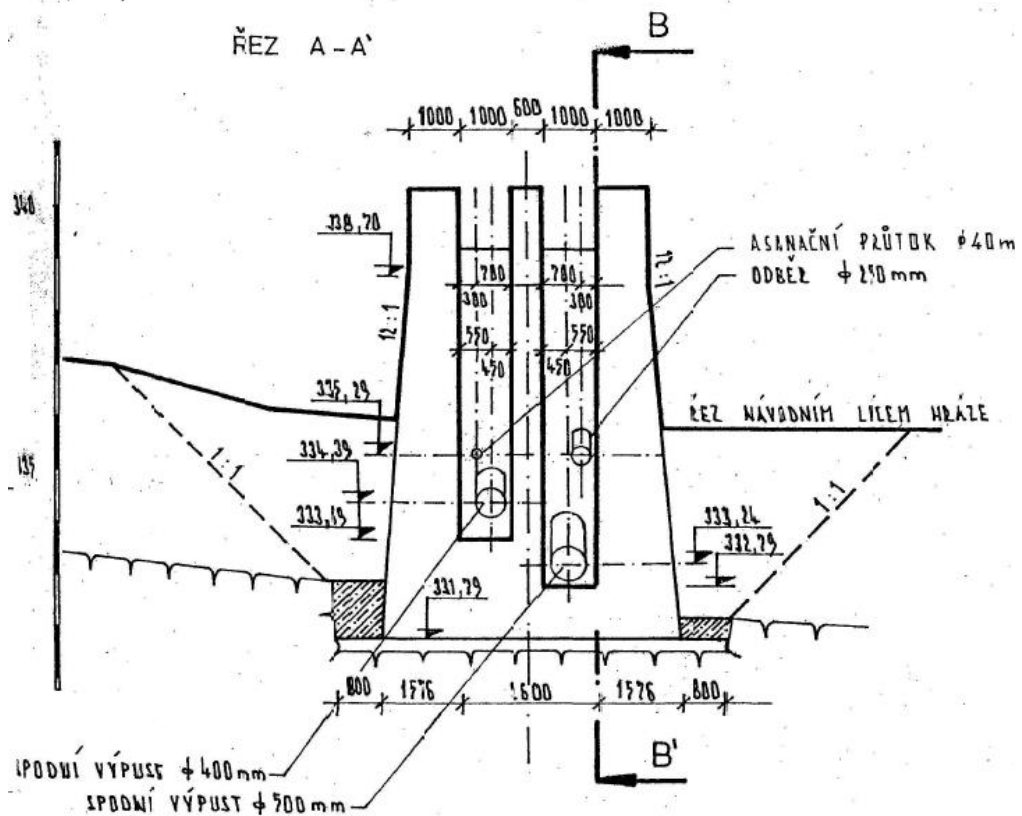
- Bezpečnostní přeliv

Bezpečnostní přeliv je společně se spodní výpustí umístěn ve společně ve sdruženém objektu. Jeho délka přelivné hrany je 16 m. Bezpečnostní přeliv je umístěn na kótě 339,90 m n. m. [3]. Dle výpočtů nedojde k zahlcení krytého skluzu při povodňové vlně PV_{100} . Délka krytého skluzu je 26,5 m a délka otevřeného skluzu je 5,5 m, to nám dává dohromady celkovou délku skluzu 32 m. Světlá výška kryté části skluzu je 3 m a šíře 2,1 m. Při přepadající výšce 0,6 m přes přeliv tedy na kótě 340,50 m n. m. bude převáděno 15,24 m³/s vody. Stoletá voda určená dle [5] je $Q_{100} = 19,0$ m³/s a bude převedena přes přeliv ve výšce 0,61 m nad přelivnou hranou v 340,51 m n. m. Dle zjištěné závady těsnícího jádra, které je níže než se předpokládalo je nyní hladina vody udržována cca 0,4 m hranou bezpečnostního přelivu, tedy na kótě 339,50 m n. m. Přítok a odtok z nádrže se nemění.

- Spodní výpust

Spodní výpusti jsou v tomto funkčním objektu dvě. Ze spodní výpusti DN 400 vytéká voda na dno štoly sdruženého objektu, kde dále teče o volné hladině až do vývaru. Druhá spodní výpust' DN 500 o délce 40,5 m je uložena ve dně sdruženého objektu. Měla funkci během výstavby jako převádění běžných průtoků. DN 400 je uloženo na výškové kótě 335,09 m n. m. a DN 500 na

výškové kótě 333,94 m n. m. dle [2] (připočteno 0,7 m dle [3]). Na spodní výpust DN 400 a DN 500 je provedeno zavzdušnění. Před vtokem do jednotlivých výpustí jsou osazeny v drážkách ve dvou polích česle. V roce 2014 proběhla generální oprava uzávěrů spodních výpustí. Na obě výpusti byla instalována nová šoupátka. Obě spodní výpusti jsou nyní provozuschopné. V čele sdruženého objektu je také umístěno odběrné určené pro závlahu o DN 250. Tento účel byl zrušen a již nyní se nepoužívá. Dále v čele je osazen uzávěr DN 40, který zabezpečuje asanační průtok.



Obr. 4 Dispoziční uspořádání osazení spodních výpustí [2] (nejsou zde přepočítané výškové kóty)

C.5 Hydraulické výpočty

Byly provedeny následující výpočty:

- Kontrola a přepočet čár objemů a zatopených ploch
- Odvození měrné křivky koryta pod hrází
- Odvození měrné křivky bezpečnostního přelivu
- Transformace povodňové vlny PV 100
- Posouzení stability hráze
- Výpočet účinků vln

C.5.1 Kontrola a přepočet čár objemů a zatopených ploch

Hodnoty čár zatopených ploch a objemů byly převzaty z manipulačního řádu VD Rouchovany [2], přičemž proběhla oprava úrovně koruny bezpečnostního (kóta přepočtená z [2] na novou úroveň zaměření dle [3] (připočteno 0,7 m) na 339,90 m n. m. dle [3]. Dále proběhla oprava kóta koruny hráze na 342,04 m n. m. dle [3]. Čáry zatopených ploch a objemů jsou uvedeny v Příloze 2.

C.5.2 Odvození měrné křivky koryta pod hrází

Měrná křivka koryta byla odvozena pomocí manipulačního řádu VD Rouchovany [2]. Výpočet měrné křivky byl proveden metodou po úsecích. Následně proběhlo porovnání hodnot z [2] a nově vypočítaných hodnot při navýšení $Q_{100} = 19 \text{ m}^3/\text{s}$ [5]. Bylo zjištěno že se hladina vody v korytě liší o 0,16 m. Původní hodnota uvádí při $Q_{100} = 17 \text{ m}^3/\text{s}$ [2] výšku v korytě 1,58 m. Nově vypočítaná hodnota při $Q_{100} = 19 \text{ m}^3/\text{s}$ je cca 1,74 m, tudíž rozdíl je 0,16 m. Tento rozdíl je zanedbatelný. Koryto je dle zaměření [3] hluboké 2,3 m, z čehož vyplývá, že je schopné pojmout PV 100 a nedojde k rozliti vody do okolní krajiny.

C.5.3 Odvození měrné křivky bezpečnostního přelivu

Odvození měrné křivky přepadu bylo počítáno pomocí podkladů z [2], [3]. Přepadové množství bylo počítáno dle [11] pro přepad přes širokou korunu. Rov.1

$$Qp = \frac{2}{3} \times \mu \times b_0 \times h^{\frac{3}{2}} \times \sqrt{2 \times g} \quad (1)$$

kde Qp je přepadové množství, které přetéká přes účinnou délku bezpečnostního přelivu b_0 , dále h je přepadová výška vodního sloupce přetékající přes bezpečnostní přeliv, dále g je gravitační zrychlení ($g = 9,81 \text{ m/s}^2$), μ je součinitel výtoku, který se spočítá dle vztahu Rov. 2 podle Rehbocka, přičemž $\mu = \frac{3}{2} * m$ [11]

$$m = \frac{2}{3} \times \left[0,312 + 0,09 \times \frac{h}{s_1} + \sqrt{0,30 - 0,01 \times \left(5 - \frac{h}{r} \right)^2} \right] \quad (2)$$

Tento vztah platí pouze pro kruhové zaoblení koruny přelivu, kde m je přepadový součinitel s je hloubka vody k přelivné hraně, h výška paprsku vody přepadající přes bezpečnostní přeliv a r je poloměr zaoblení. [11]

Dle výpočtů jsou rozdělené jednotlivé hloubky vody k přelivné hraně a to na čtyři různé s . Bylo tak jednáno z důvodu různých výšek u bezpečnostního přelivu vůči sklonu návodního líce. Tímto se mění přepadový součinitel pro různé výšky paprsku vody přepadajícího přes přelivnou hranu. Následně byly spočítány jednotlivé průtoky (které byly následně sečteny) pro tyto různé přepadové součinitele. Tímto bylo dosaženo vyšší přesnosti výpočtu bezpečnostního přelivu po úsecích.

Z výpočtů vyplývá, že při $Q_{100} = 19 \text{ m}^3/\text{s}$ [5] nedojde k zahlcení sdružené funkčního objektu. Zjištěné výpočty však uvádějí odlišný součinitel výtoku μ , než jaký je uvedený v manipulačním řádě VD Rouchovany dle [2]. Dle tohoto se odvíjejí i ostatní vypočtené hodnoty. Výsledný graf je uveden v Příloze 4.

C.5.4 Transformace povodňové vlny PV_{100}

Dle zjištěných parametrů [9] bylo provedeno přešetření povodňové vlny PV_{100} . Hodnoty odpovídající PV_{100} jsou uvedeny v tabulce č. 5 v kapitole C.3. Výsledky výpočtů jsou znázorněny v Příloze 5. Přešetření bylo provedeno za předpokladu nezatopeného sdruženého objektu a zároveň uzavření obou spodních výpustí DN 500 i DN 400.

Přešetření bylo zjištěno za pomoci programového vybavení „NADRZ1“ [12], kde se využívá následujících vztahů:

$$\frac{dV(t)}{dt} = Q_1(t) - Q_2(t)$$

$$dV(t) = A_s(h(t)) * dh(t)$$

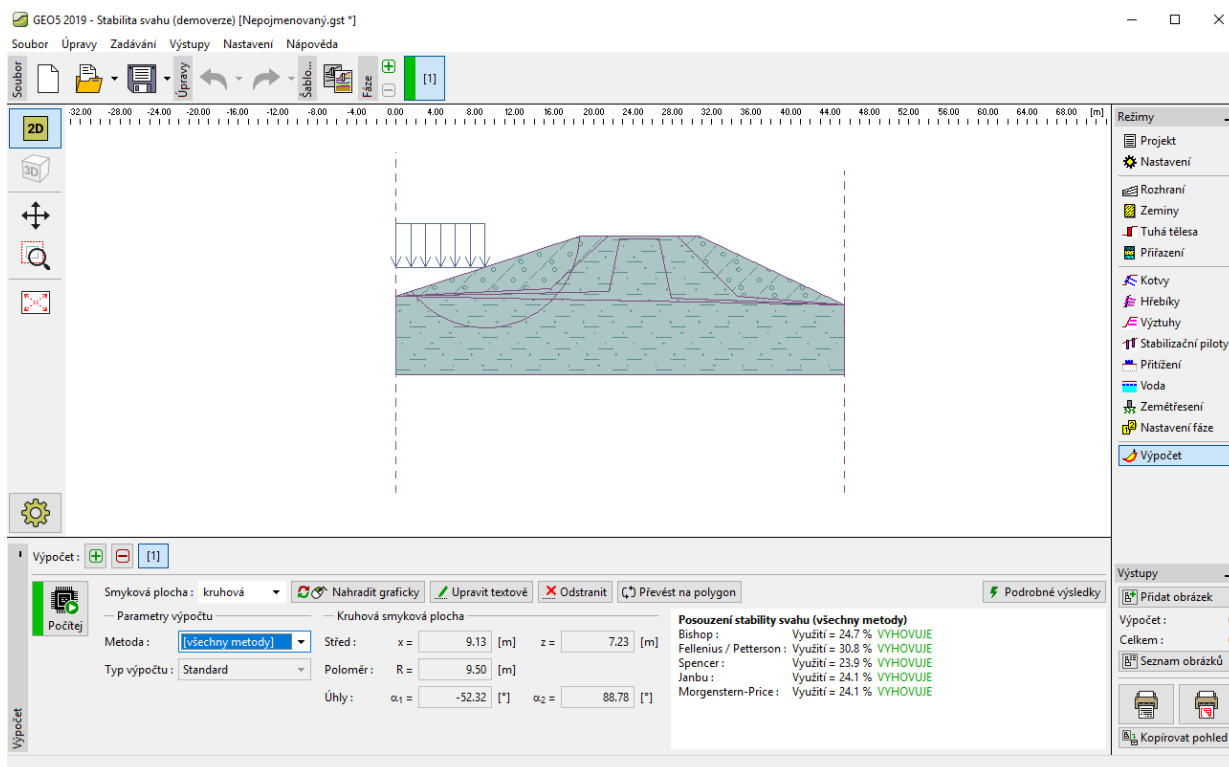
$$A_s(h(t)) * \frac{dh(t)}{dt} = Q_1(t) - Q_2(t)$$

$$Q_2(t) = Q(h(t)) \quad (3)$$

kde $dV(t)/d(t)$ je okamžitá změna objemů v závislosti na čase v nádrži, $Q_1(t)$ je přítok vody do nádrže, $Q_2(t)$ je odtok vody z nádrže, $A_s(h(t))$ je zatopená plocha v nádrži, $dh(t)/d(t)$ je okamžitá změna hloubky v nádrži.

C.5.5 Posouzení stability hráze

Posouzení stability hráze bylo provedeno pomocí programu GEO5. Parametry pro posouzení byly převzaty z manipulačního řádu VD Rouchovany [2] a dále z inženýrsko-geologického průzkumu [4]. Hodnoty, které nebyly obsaženy jak v [2] či [4], byly převzaty z ČSN 75 2410 [10]. Posouzení vyhovuje všem metodám výpočtu. Výsledek je uveden v následujícím obrázku č.5.



Obr. 5 Program GEO5 – Posouzená stability svahu

C.5.6 Výpočet účinků vln

Výpočet vln proběhl dle ČSN 75 0255 [13]. Bylo zjištěno, že výška výběhu vlny na návodní líc je do výše 0,26 m. Tudiž nyní od hladiny v nádrži, která je 339,50 m n. m. bude maximální hodnota vlivem vlny 339,76 m n. m.

D STANOVENÍ MEZNÍ BEZPEČNÉ HLADINY

Stanovení mezní bezpečné hladiny (dále jen „MBH“) je uvažováno v souladu s ČSN 75 2935 [1]. Dle vypočtených hodnot bylo zjištěno, že transformace povodňové vlny VD Rouchovany při $Q_{100} = 19 \text{ m}^3/\text{s}$ bude nejvyšší hladina v nádrži 340,59 m n. m. K této hladině připočteme výběh vlny dle kapitoly C 5.6, která je do výše 0,26 m, tedy MBP = 340,85 m n. m. Nedojde k přelítí hráze, protože nadmořská výška hráze je stanovena dle [3] na 342,04 m n. m. Nedojde ani k průsaku skrz hráz, neboť výška těsnícího jádra je stanovena na kótu 341,01 m n. m.

E STANOVENÍ KONTROLNÍ MAXIMÁLNÍ HLADINY V NÁDRŽI

Při stanovení kontrolní maximální hladiny je uvažována varianta uzavření obou spodních výpustí (DN 500 a DN 400). Počáteční hladina je nyní dle [7] (připočtena dle [3] o 0,7 m) stanovena na maximálně 0,4 m pod hranou bezpečnostního přelivu tedy na kótě 339,50 m n. m. Kontrolní maximální hladina byla odvozena z výsledků, které jsme stanovili transformací povodňové vlny PV_{100} (Příloha 6).

Výsledkem transformace kontrolní povodňové vlny PV_{100} je, že hráz VD Rouchovany nebude přelita a ani nedojde k průsakům nad horním těsnícím jádrem, jež se předpokládalo.

Maximální hladina v nádrži byla stanovena na kótu $M_{max} = 340,59$ m n. m., což splní hodnotu těsnícího jádra nádrže, která je stanovena dle [4] na 341,01 m n. m. (kóta přepočtená na novou úroveň zaměření dle [3], připočteno 0,7 m)

F ZÁVĚREČNÉ ZHODNOCENÍ

Dle výpočtů, které byly provedeny je zřejmé, že nedojde k přelití ani k průsaku vody nad těsnícím jádrem hráze. Z těchto výpočtů vyplývá, že nejsou zapotřebí žádné úpravy na VD Rouchovany, jež byly předpokládány. Dále dle zjištěných závad uvedených v [7] se doporučují provést tyto opravy:

Osazení vodoměrné latě, která je připevněná na sruženém objektu návodním jílcí v hrázi, na sružený objekt co nejvíce do zátopy viz obr. 6



Obr. 6 Vodoměrná lat' (žlutá šipka je stávající stav, oranžová doporučený) [8]

Dále dle [7] bylo zjištěno že schodiště vedoucí kolem skluzu na vzdušném líci jsou vlivem lokálního sednutí zborčené viz obr. 7. Doporučuji schodiště opravit a současně s tím i sanovat propadlý terén vzdušného líce pod schodištěm a také vpravo od něj směrem ke skluzu.



Obr. 7 Detail zborčeného schodiště na vzdušném líci

H POUŽITÉ PODKLADY

- [1] ČSN 75 2935 – Posouzení bezpečnosti vodních děl při povodních
- [2] Manipulační řád VD Rouchovany, tok Olešná, k.ú.: Rouchovany, Lipňany u Skryjí. Ing. Milan Drahoš, Vodní díla – TBD a.s., pracoviště Brno, 11/2009. Schválil Ing. Stanislav Holomek.
- [3] Geodetické zaměření koruny hráze VD Rouchovany. Zaměření hráze a betonových objektů. Ing Láska, Ing Mlejnek a Holý. Duben 2017
- [4] VD Rouchovany – hráz, podrobný inženýrsko-geologický průzkum (Ověření polohy a úrovně zemního těsnění hráze nádrže), AQUATIS a.s., Brno – 04/2017
- [5] Stanovení navýšení průtoků do vodotečí vlivem výstavby NJZ EDU.
- [6] Zápis o prohlídce podle § 62 zákona č. 254/2001 Sb. V platném znění technicko – bezpečnostní dohled (TBD) nad vodními díly, 2011
- [7] Zápis o prohlídce podle § 62 zákona č. 254/2001 Sb. V platném znění technicko – bezpečnostní dohled (TBD) nad vodními díly, 2017
- [8] Fotodokumentace Povodí Moravy pořízené na Vodním díle Rouchovany
- [9] Vyhláška 367/2005 Sb. Technické požadavky pro vodní díla
- [10] ČSN 75 2410 – Malé vodní nádrže
- [11] BOOR, B. – KUNŠTÁTSKÝ, J. – POTOČKA, C. 1968. Hydraulika pro vodohospodářské stavby, SNTL Praha.
- [12] JANDORA, J. Programový produkt NADRZ1, 2006-2009
- [13] ČSN 75 0255 – Výpočet účinků vln na stavby na vodních nádržích a zdržích

I SEZNAM PŘÍLOH

1. Situace VD Rouchovany
2. Čáry zatopených ploch a objemů VD Rouchovany
3. Měrná křivka koryta pod hrází VD Rouchovany
4. Měrná křivka bezpečnostního přelivu VD Rouchovany
5. Teoretická povodňová vlna PV_{100} potoka Olešnice v profilu hráze VD Rouchovany
6. Transformace povodňové vlny PV_{100}

J SEZNAM OBRÁZKŮ

1. Obr. 1 Koruna hráze, asfaltová silnice III/12249 směr Rouchovany – Skryje [8]
2. Obr. 2 Sdružený funkční objekt [8]
3. Obr. 3 Sdružený objekt a vývar [8]
4. Obr. 4 Dispoziční uspořádání osazení spodních výpustí [2]
5. Obr. 5 Program GEO5 – Posouzení stability svahu
6. Obr. 6 Vodoměrná lať (žlutá šipka je stávající stav, oranžová doporučený) [8]
7. Obr. 7 Detail zborceného schodiště na vzdušném líci