

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí  
Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

## **Katastrofa na Bílé Desné**

Dam failure at Bílá Desná

**Bakalářská práce**

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Adam Vizina  
Vypracovala: Helena Šemberová

Školní rok: 2008/2009  
Obor: DÚTSS

**Čestné prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci na téma „ Katastrofa na Bílé Desné“ vypracovala samostatně pod vedením Ing. Adama Viziny. Uvedla jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpala.

V Praze dne: *22. dubna 2009*

*Šumbeová*  
.....  
Podpis autora

## **OBSAH :**

1 Úvod .....	3
2 Jizerskohorská soustava vodních nádrží.....	3
2.1 Povodí, vodní hospodářství.....	3
2.2 Jizerskohorská soustava vodních nádrží .....	4
3 Spojitost mezi přehradami Souš a Bílá Desná .....	10
3.1 Bílá Desná.....	11
3.2 Vodní dílo Souš .....	14
4 Protržení hráze Bílá Desná a důsledky havárie .....	16
4.1 Průběh a následky katastrofy .....	16
4.2 Provedený průzkum Geotechniky v roce 1996.....	18
4.3 Různé pohledy příčin katastrofy .....	20
4.4 Úprava toku a převod vody z Bílé Desné .....	25
4.5 Odběrný objekt .....	25
5 Předcházení havárií přehrad .....	27
6 Závěr.....	28
Seznam literatury .....	30
Seznam příloh .....	33

### *Abstrakt*

Podobně jako povodně na Nise, způsobila v roce 1874 nesnáze i velká voda ve východní části jižních svahů Jizerských hor na řekách Bílé a Černé Desné i Kamenici. Bílá Desná - zemní přehrada a spojovací štola měla sloužit k převodu části povodňových průtoků v oblasti Jizerských hor. Přehrada vystavěná v letech 1911–15 na říčce povodí Lužické Nisy neměla možnost výrazněji prokázat svoji opodstatněnost a přesně 10 měsíců po kolaudaci se při nadržéném objemu 290 000 m<sup>3</sup> vody v odpoledních hodinách 18. září 1916 protrhla. Vzhledem k obětem na životech, které si havárie vyžádala, je katastrofa stále spojována více s tragickou událostí než jako důsledek technologických chyb stavby. Uvedení jasných příčin katastrofy, která se výrazně zapsala do dějin, není ani díky dnešní úrovni technologií zcela jednoznačné. Všimněme si také podrobnějších proměn nádrže Souš na Černé Desné a nových významných účelů vodárenství.

### *Abstract*

Similar to floods on the river Nisa, the high water caused troubles also in the eastern part of southern slopes of the Isera Mountains (Jizerské hory) on rivers Bila Desna, Cerna Desna and Kamenice. The earthfill dam Bila Desna with its connective tunnel was supposed to transfer parts of large flood flows in an area of Isera Mountains. The dam - constructed between the years 1911–15 on a stream of Luzicka Nisa catchment area – did not have time to justify its existence. In the afternoon hours of September 18th in 1916, exactly 10 months after its final construction approval, the dam broke, with 290,000 m<sup>3</sup> volume of water damming. In the face of many human victims caused by this accident, the catastrophe has been always put into a context with this tragic event, rather than as a consequence of technological construction failures. A clear explicit presentation of all factors which had lead to this historical catastrophe is even nowadays using all modern technologies not so evident. Let us also take note of some transformations which the dam Sous on the river Cerna Desna went through over the years and in this context discuss new important trends of water - supply engineering.

### *Klíčová slova:*

Přehrada, protržení hráze, sypaná hráz, vnitřní eroze.

### *Key words:*

Dam, dam failure, earthfill dam, subsurface erosion.

## **1 Úvod**

Bakalářská práce sumarizuje dostupné informace o katastrofě na Bílé Desné a příčiny havárie z pohledu vodního hospodářství a stavitelství. Dosud vydané publikace se věnovaly převážně tragickým následkům pro krajinu, obětem na životech a materiálním škodám. Tato práce analyzuje protržení hráze jako situaci, která odrazila vědecké zkoumání vztahů hydrologických a geologických poměrů ve smyslu erozního činitele. Jak by měla odborná veřejnost zacházet s podklady takovýchto průzkumů? Cílem práce je předat přehled příčin a následků katastrofy na Bílé Desné, které měly dopad na přehodnocení teorie vodního stavitelství v ČR.

## **2 Jizerskohorská soustava vodních nádrží**

### **2.1 Povodí, vodní hospodářství**

Vodní hospodářství je soubor opatření ke zkoumání, ochraně a racionálnímu využívání vodních zdrojů pro potřeby národního hospodářství a k ochraně proti škodlivým účinkům vody s cílem zajištění optimálních parametrů životního prostředí (viz. Příloha č.1 Vodohospodářská mapa povodí). Různost pojetí vodního hospodářství, zejména z hlediska systémového přístupu se odráží i v překladu pojmu do angličtiny. Lze je uvažovat jako water management (řízení vodního hospodářství), water resources policy (politika vodního hospodářství), water economy (ekonomika vodního hospodářství) (Kos – Říha, 2000).

Základní hydrologickou oblastí vodního hospodářství je povodí, ve kterém zkoumáme odtokový proces a zjišťujeme vzájemný vztah bilančních prvků. Je to území po hydrologické stránce uzavřené, nepřitéká do něj žádná voda po povrchu ani pod povrchem a je ohraničeno rozvodnicí.

Ideálním prostředkem pro vyrovnání průtoků a zlepšení jakosti vody jsou vodní nádrže, které zachytí v době nadbytu přebytečnou vodu a umožňují její použití v časovém horizontu její potřeby (Hrádek, Kuřík, 2008).

Definice pojmu vodní stavba a jeho dělení dle účelu vodohospodářské funkce je obsažena v osmé hlavě vodního zákona: vodní stavby jsou stavby, které slouží ke vzdouvání a zadržování vod, umělému usměrňování odtokového režimu povrchových vod, ochraně a užívání vod, nakládání s vodami, ochraně před škodlivými účinky vod nebo k jiným účelům sledovaných tímto zákonem (Zákon č. o vodách č. 254/2001 Sb.).

Nejdůležitějším aspektem při posuzování vodního díla je zajištění bezpečnosti v okolí přehrady. Selhání hrází může způsobit ztrátu lidských životů a obrovské materiálové škody. Z tohoto hlediska může být hráz považována za nejnebezpečnější strukturu stavitelství (Jauhari,1999).

## 2.2 Jizerskohorská soustava vodních nádrží

Morfologie Jizerský hor byla hlavní příčinou vodní srážkové činnosti v této oblasti (viz. Příloha č.2 Mapa lokality, 1927). Nadměrné srážky tak byly obrovskou hrozbou pro objekty v blízkosti vodních toků. Všechny retenční přehrady budované v této lokalitě na konci 19.století byly určeny k zadržení povodňové vlny a snížení průtoků. V souvislosti s rozvojem průmyslu se stal dostatek proudící vody podmínkou úspěšné výroby. Potoky a řeky plnily funkci energetického zdroje, úroveň průtoků pak ovlivňovala výkonnost a rentabilitu podniků. Nepříznivé měsíce a roky s nedostatečnými srážkovými poměry negativně působily na souvislou výrobní činnost.

Tyto skutečnosti vedly ke vzniku na svou dobu ojedinělého projektu výstavby přehrad v Jizerských horách, jehož realizace měla do budoucna regulovat vodní stavby v celém regionu. Vyjednávači vodního družstva v Liberci a vodního družstva v Kateřinkách získali z Německa předního odborníka na stavbu přehrad Dr. Ing. Otto Inzeho. Otto Inze, v té době profesor na technice v Cáchách se zkušenostmi z projektů a staveb přehrad v Porýní, se stal hlavním tvůrcem projektu na vybudování soustavy přehrad v povodí Nisy, tvořících navzájem závislý vodohospodářský systém. Jizerskohorská soustava nádrží byla první soustavou nádrží, která měla řešit vodohospodářské problémy povodí celé řeky na našem území (viz. Příloha č.3 Mapa povodí Jizerskohorských říček, 1901).

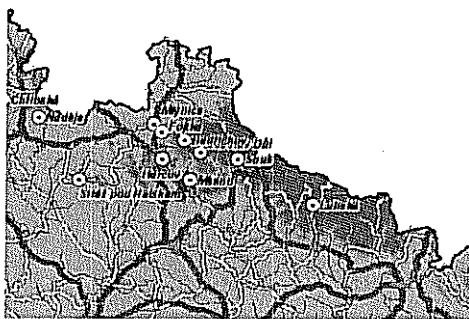
Soustava zahrnovala 9 vodních děl:

- Harcov – zděná přehrada tížného typu vystavěná v letech 1900–04 za účelem zadržování povodňových průtoků Harcovského potoka. Umístění vodního díla v Liberci mělo vliv na její využití a rozvoj města.
- Bedřichov – přehrada tížného typu vystavěná v letech 1902–06 za účelem zadržování povodňových průtoků na dolním toku Černé Nisy. Ve 20. letech bylo hlavním účelem nadlepšování stálého průtoku špičkové vodní elektrárny Rudolfov.
- Fojtka – jedna ze tří přehrad v povodí říčky Jeřice, která ústí do Lužické Nisy. Byla vybudována v letech 1904–1906 za účelem zadržování povodňových průtoků. Zajímavostí je, že přehrada Fojtka patří k nevelkému počtu vodních děl, na nichž nebylo nutné provést žádný významný zásah od uvedení do provozu.
- Mlýnice – přehrada tížného typu byla postavena během let 1904–06 na Albrechtickém potoce, pravostranném přítoku Jeřice, slouží výhradně k zadržení protipovodňových průtoků. Za stoleté provozování vodního díla nebylo nutné na vlastní přehradě provést žádný významný zásah .
- Mšeno – hlavním účelem vodního díla vystavěného v letech 1906–1910, je zadržovat povodňové průtoky z Mšenského potoka, částečně i z Lužické Nisy a Bílé Nisy. Akumulace vody v zásobním prostoru umožňuje zajišťovat užitkovou vodu místnímu průmyslu.
- Souš – přehrady na Černé a Bílé Desné byly vybudovány souběžně v letech 1911–15. Obavy k opakování katastrofy na Bílé Desné vedly k významnějším stavebním zásahům, převážně v letech 1953–54.
- V reakci na protržení přehrad na Bílé Desné (18.9.1916) byl snížen stav hladiny soušské přehrad a v letech 1924–27 proběhla rozsáhlá rekonstrukce, při které bylo zesíleno těleso hráze, které tak mohlo být zvýšeno o jeden metr.
- Zvětšil se tak i retenční objem přehrad a dnes může přehrada zadržet i průtok stoleté vody (Povodí Labe, 2009).
- Bílá Desná - říčka Bílá Desná se vlévá u Tanvaldu do Kamenice, ta pak ve Spálově nad Železným Brodem do řeky Jizery. Účelem výstavby přehrad na Bílé Desné bylo nejen zadržení veliké vody (Turek, 1996), ale také její nadlepšování – vypouštění vody v sušších obdobích za účelem zachovávat tak níže po toku minimální zůstatkový průtok.

- Josefův důl – přehrada vystavěná v letech 1976–82 za účelem zadržetí povodňových průtoků z povodí Kamenice, říčky odvádějící vodu z široké centrální oblasti Jizerských hor. Nároky na zásobování vodou města Jablonec nad Nisou změnily prioritou účelu přehrady Josefův důl a v současné době je pro tuto oblast hlavním zdrojem vody.
- Oldřichov v Hájích – neuskutečněný projekt Dr.Ing. Otto Inzeho na výstavbu zděné hráze v povodí říčky Jeřice. Původně mělo být vodní dílo postaveno po roce 1906 v návaznosti na dokončenou výstavbu přehrad Fojtka a Mlýnice. Finanční situace a předválečné události však neumožnily realizaci projektu.

V Povodí Labe tvoří v současnosti samostatnou skupinu pěti tzv. „Libereckých“ nádrží v povodí Lužické Nisy: Mšeno, Bedřichov, Harcov, Fojtka a Mlýnice. Všechny tyto nádrže jsou dnes víceúčelové a prokazují adaptabilitu nádrží obecně na nové potřeby (80.výročí protržení přehrady, 1996).

Obr. č.1 Mapa tzv. „Libereckých nádrží“



Zdroj: <http://www.prehrady.cz/index1.htm>

Pro adaptaci přehrad k novým účelům je třeba zpracovat vodohospodářské podklady. Úkolem vodohospodářských podkladů je získat možnost správného zhodnocení všech zdrojů vody (viz. Příloha č.4 Hydrologická rajonizace).



Proto je nutno mít k dispozici:

- hydrologické údaje vodního zdroje
- údaje o možnostech odběru vody z vodního zdroje podle plánované funkce nádrže se zřetelem na zachování zaručených průtoků pod nádrží
- údaje o množství a druzích splavenin pro účely prognózy zanášení akumulčního prostoru
- údaje o kvalitě vody
- údaje o rozsahu záplav a škodách, vznikajících při záplavách
- údaje o vodohospodářských i jiných stavbách v povodí, které nějakým způsobem mohou být výstavbou nádrže dotčeny (Beran, 2006).

Hydrologické údaje o povodních vypracovává pro posudky výhradně autorizovaná organizace Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ). Jejich platnost je časově omezena vzhledem k tomu, že mohou být upravovány a zpřesňovány podle nových skutečností.

Hydrologické výpočty k posouzení rizika obsahují prověření současných průtokových kapacit zařízení, která mohou sloužit k odvedení povodí. Měrné křivky těchto zařízení je nutné zpracovat až do úrovně korun hrází, aby bylo možné odhadnout vzhledem k retenční schopnosti nádrže rezervy, v ochraně před přelitím (Přehradní dny, 1989).

Pro projektové práce musí být k dispozici výsledky rozborů z podrobných terénních průzkumů. Každé umístění přehrady má jedinečné geologické charakterové rysy. Získání podrobných znaků je drahé a zdlouhavé. Proto je většinou umístění a navržení hráze založené na částečné znalosti místních poměrů stanoviště (Rui, 2000).

Účelem geodetických měření prováděných pro posudky je ověření parametrů hráze a objektů potřebných pro hydrotechnické výpočty. Často nebylo zaměřeno skutečného stavu díla po jeho výstavbě provedeno (Přehradní dny, 1989).

Právě tak to bylo i při přípravě projektu zemní přehrady na Bílé Desné. Geologický průzkum pro projekt není k dispozici a není známo zda vůbec a v jaké formě existoval. Většina údajů o geologických poměrech byla získána v průběhu stavby nebo až po havárii.

Současné nároky geologických podkladů určují jako jeden ze základních úkolů projektování je stanovení velikosti sedání, jednak samotného tělesa hráze, jednak podloží zatíženého tělesem hráze. Sedání podloží má malý nebo žádný význam v tom případě, že se v podloží hráze nachází pouze malá mocnost náplavových hlín, v jejich podloží písčité štěrky údolní terasy a pod nimi prakticky nestlačené horniny (Ambrož, 1989).

V širších údolích s mírně stoupajícími svahy uvažujeme obvykle výstavbu sypané zemní či kamenité přehrady, pokud morfologie přehradního místa zaručuje stabilitu struktury na vzdušné i návodní straně a pokud se dají v přehradním místě široce rozvinout zemní práce. Co se týče stability hráze jako celku, je snadnější ji zajistit v úzkých údolích než v široce otevřených. Nevýhodou však je možnost vzniku trhlin v důsledku nerovnoměrného sedání mas ve střední části struktury a v oblastech přiléhajících ke svahům.

Ukazatelem nebezpečí jsou trhliny procházející napříč hrází, neboť jimi může snadno pronikat voda z nádrže a eroze materiálu může způsobit vážné poruchy hráze. Těsnící element musí být proto navržen tak, aby byl schopen snášet plasticky vznikající deformace (Horský, 1990).

Materiál na hráz přehrady Bílá Desná byl těžen z pánve nad přehradou. Po katastrofě byl odebrán vzorek materiálu z protržené hráze a ukázal zastoupení 86% písku a 14% hlíny (Turek, 1996).

Díky technologickému pokroku dnes dokážeme s velkou přesností určit pedologické složení hornin. V současné době je podloží v celém úseku toku Bílé Desné tvořeno granitem až granodiritem. V místech rozšiřování koryta toku, v blízkosti soutoku s Černou Desnou, nalezneme výrazný podíl nivního sedimentu (viz. Příloha č.5 Geologická mapa lokality).

Z počtu zemních přehrad na Zemi je více hrází sypaných než plavených. Sypané hráze jsou pak dle provedení stavby a místa výskytu rozděleny na indický, francouzský a anglický způsob. Při výstavbě sypané hráze se zemina sype ve 10 až 15 cm vrstvách. Tato vrstva směsi drobného štěrku a písku s jilem nebo mletým vápnem se pak pečlivě uválcuje

těžkým válcem. Vrstva směsi násypového materiálu by měla tvořit homogenní desku s dalšími vrstvami po celé šířce zábrany.

Odborníci dokazují, že hubený násypový materiál této přehrady nebyl nasycován vápenným mlékem ani hydraulickým vápnem (Turek, 1996).

Tato skutečnost mohla způsobit prosakování vody z podloží hráze.

Voda se může v sypané hrázi a jejím podloží projevit obecně pěti základními způsoby:

- prosakováním (seepage)
- vnitřní erozí (vyplavováním, piping, sufoze)
- porušením pórovým tlakem (hydraulic fracturing)
- snížením smykové pevnosti pórovým tlakem
- konsolidací

K těmto jevům může dojít, jsou-li jednotlivé části zemní hráze nevhodně navrženy nebo provedeny (špatné zhutnění), případně pokud některá část přímo chybí (např. filtry).

Existují čtyři podmínky pro vznik vnitřní eroze:

- proudící voda v zemině
- nesoudržné zeminy
- možnost odtoku vyplaveného materiálu
- schopnost zeminy vytvořit strop nad vznikajícím kanálem.

V okamžiku, kdy erozní tunel dorazí až k návodní straně hráze, stane se proudění vody souvislým. Rychlost a unášecí síly vody se začnou rychle zvětšovat. Od tohoto okamžiku je úplné protržení hráze otázkou několika hodin i méně (Žák, 2006).

Složitostí své struktury představují přehradu technicky velmi náročná díla. Ve srovnání s jinými typy staveb je třeba brát zřetel, především na součinnost stavební struktury a horninového masivu v daném přírodním prostředí.

### 3 Spojitost mezi přehradami Souš a Bílá Desná

Přehrady na Černé a Bílé Desné byly vybudovány souběžně v letech 1911–1915. Pro převody vody z Bílé do Černé Desné byla postavena spojovací štola dlouhá 1105 m s průtočnou kapacitou až 36m<sup>3</sup>/s. Po protržení přehrady dne 18.září 1916 na Bílé Desné slouží k zadržování povodňových průtoků jen přehrada Souš. Od roku 1973 je součástí soustavy VD také pevný jez na Bílé Desné a podzemní trubní přivaděč dlouhý 574 m pro umožnění převodu vody z Bílé Desné do Souše. Účelem akumulace vody v zásobním prostoru nádrže je nadlepšování průtoků v Černé Desné pod přehradou. Po výstavbě vodárenského systému je od roku 1973 zdrojem vody pro zásobování Tanvaldska a Jablonecka pitnou vodou (Žák, 2006).

#### *Porovnání obou děl*

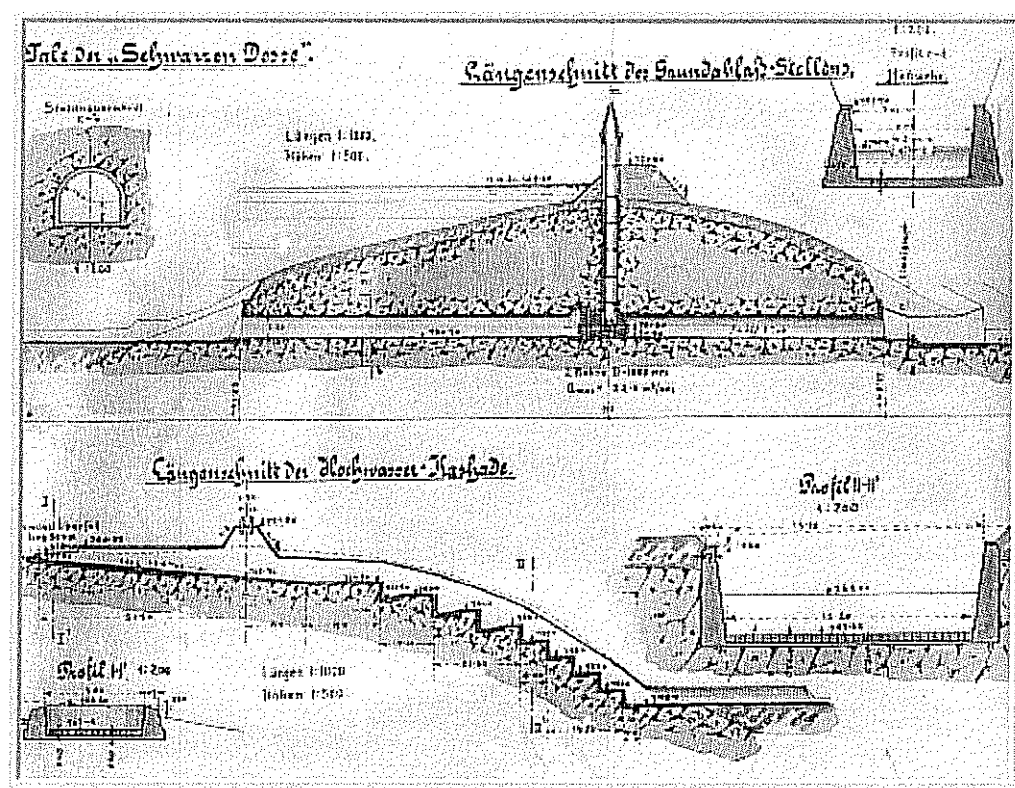
	<i>Bílá Desná</i>	<i>Černá Desná</i>
Povodí	8,05 km <sup>2</sup>	14,75 km <sup>2</sup>
Největší vzduť nad údolím	9,4 m	19,3 m
Objem	258tis. m <sup>3</sup>	6.750tis. m <sup>3</sup>
Nadm.výš.nejniž.hlad.vody	806,34 m n.m.	749,50 m n.m.
Nadm.výš.nejvýše nádrž.vody	918,90 m n.m.	769,35 m n.m.
Nadm.výš.koruny hráze	820,50 m n.m.	771,80 m n.m.
Hloubka zákl.hráze pod dnem	3,69 m	2,00 m
Max.odtok výpustným potrubím	5,20 m <sup>3</sup> /s	25,00 m <sup>3</sup> /s
Délka hráze v koruně	200 m	350 m
Největší množ.přepadáv.vody	29,3 + 8,3 m <sup>3</sup>	80 m <sup>3</sup>
Kubatura nasycené hráze	31.920 m <sup>3</sup>	150.000 m <sup>3</sup>
Šířka v patě hráze	53 + 12 m	108 m
Šířka v koruně hráze	4,0 m	7,10 m
Sklon návodního líce	1:2 až 1:1,5	1:2 až 1:2,5
Sklon vzdušného líce	1:1,5	1:2 až 1:3

(Turek, 1996).

### 3.1 Bílá Desná

Katastrofální škody způsobené povodněmi v roce 1897 firmě Josef Riedel v Dolním Polubném přivedly pan Riedla k myšlence postavit přehradu také na Černé Desné v oblasti osady Souš. Zainteresovaní podnikatelé ustanovili „Vodní družstvo pro stavbu přehradu na Černé Desné“. U příslušných úřadů však naráželi při schvalování projektu a žádosti o státní subvenci na řadu potíží, spojených s otázkami, zda toto ojedinělé dílo je schopné opravdu účinně zabránit při povodních větším škodám. Rovněž uváděný projektant nevzbuzoval u Zemské komise pro regulaci vodních toků patřičnou důvěru. Komise si kladla podmínku, že projekt musí být vypracován profesorem Otto Inzem z Cách.

Obr. č.2 Původní projektová dokumentace hráze

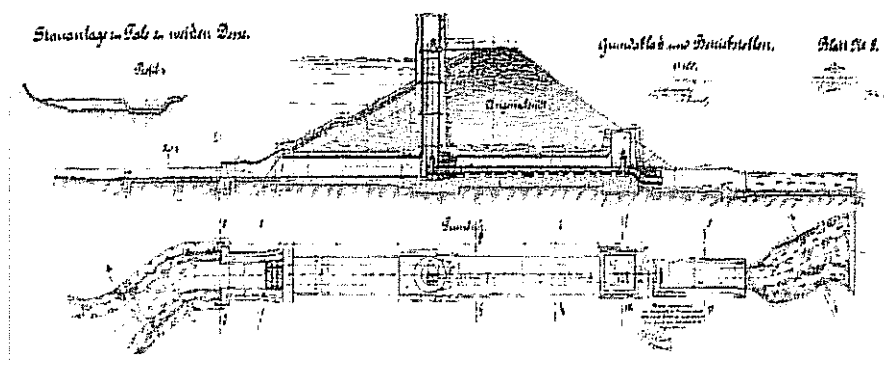


Zdroj: Lauer, 1910.

Tento přední odborník na stavbu přehrad na žádost družstva reagoval kladně a vypracoval podrobný projekt:

Přehradní těleso bylo projektováno podle francouzského způsobu kolmo ke směru údolí. Hráz byla navržena jako sypaná o šířce 54 m v základu a výšce 14,6 m nad terénem. V koruně je 5,2 m široká a má převýšení 1,6 m nad nejvyšší hladinou vody v nádrži. Návodní líc je rozdělen dvěma lavičkami, a to dolní o šířce 1,5 m a horní o šířce 1 m. Sklon od paty po horní lavičku je 1:2 a odtud výše 1:1,5 (viz. a) Obr.č.2).

Obr. č.3 Původní řez tělesem hráze

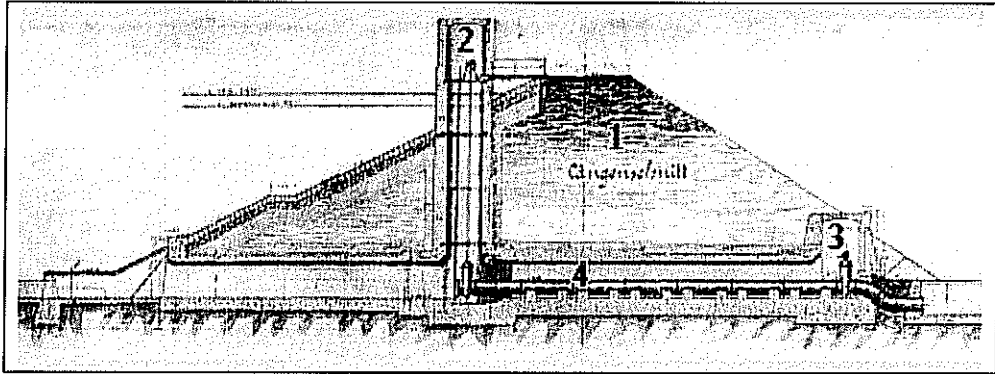


Původní řez tělesem hráze v profilu spodní výpusti

Zdroj: Žák, 2006.

Celý líc je chráněn 30 cm tlustou vyklínovanou žulovou dlažbou položenou na 40 cm vysokém šterkovém loži, které se v dolní části opírá o 2 m široký pruh dlažby ve dně nádrže a nahoře je ukončena 1,5 m širokým pásem dlažby v koruně hráze. Hlinitý těsnicí koberec pod dlažbou o tloušťce 1,0 m byl u návodní paty hráze zapuštěn pode dno do hloubky 3,7 m a nahoře je vyveden až těsně pod korunu. Těsnění podloží u návodní paty hráze je provedeno formou ochranného betonového bloku do hloubky 6 m, z něhož do dalších 2 m hloubky je zaberaněna dřevěná štětová stěna. Vzdušný líc hráze je vyprojektován ve sklonu 1:1,5 a zpevněn travním porostem.

Obr. č.4 Řez přehradou Bílá Desná



Zdroj: [http://www.jizerky.eu/bila\\_desna.php](http://www.jizerky.eu/bila_desna.php)

- a) těleso hráze vyplněné hutněnou zeminou
- b) šoupátková věž (manipulační věž základnové výpusti)
- c) šoupátková komora
- d) výpustní štola.

K regulaci odtoku vody a k úplnému vypuštění nádrže byla přehrada vybavena výpustnou štolou se šoupátkovou šachtou umístěnou uprostřed hráze (viz. b) Obr.č.2). Proti sedání základnové půdy pod štolou byl vybudován pilotový rošt s bočními podélnými betonovými prahy, na kterém je štola uložena (viz. Příloha č.6 Fotografie stavby přehrady). K omezení průsaků byly základem štoly provedeny čtyři betonové příčky do hloubky 1,5 m. Do betonové štoly je vloženo ocelové potrubí základové výpusti o průměru 800 mm se šoupadly uzavíratelnými ze šoupátkové šachty, přístupné po ocelové lávce z koruny hráze a dále ze šoupátkové komory u vzdušní paty. Vtokový i výtokový portál štoly je na obou stranách opatřen křídly. Potrubí základové výpusti ústí na vzdušní straně do otevřeného kanálu s malým jízkem zmírňujícím ráz vytékající vody.

Štola se razila ze dvou stran (viz. d) Obr.č.2). Ražení ze směru od Černé Desné šlo rychleji, naopak velmi ztížené podmínky měli miněři v části štoly vedoucí od Bílé Desné (viz. Příloha č.7 Fotografie stavby štoly). Z vyražené části se musela voda neustále odčerpávat. Při ražení štoly narazili kopáči na shluk horského křišťálu.

Pro převádění povodňových průtoků měla hráz vyprojektované dva bezpečnostní přelivy, a to jeden na levé straně nádrže při vtoku do spojovací štoly pro odvedení vody do sousedního údolí Černé Desné, kde měly být zachycovány v přehradě Souš (viz. Příloha

č.8 Fotografie bezpečnostního přelivu). Druhý přeliv na pravé straně s přelivnou hranou o 40 cm výše převáděl menší část velké vody kaskádovitým žlabem do koryta Bílé Desné pod přehradou (Žák, 1996).

Obnovit přehradu na Bílé Desné krátce po katastrofě vedlo k zadání projektu rekonstrukce vodního díla. Vodní družstvo v Porubném proto začalo ihned jednat o obnově přehradní hráze s regulovaným odtokem vody do koryta Bílé Desné a nechalo vypracovat projekty pěti variant obnovy (viz. Příloha č.9 Varianty přestavby hráze).

- Varianta I.: Předpokládá důkladné těsnění podloží při návodní patě, které sestává z betonové zdi založené na pevné skále o hloubce 23,5 m. Prováděcí podmínkou bylo vybetonování podzemní těsnicí stěny v jednoročním předstihu, aby mohlo proběhnout její rovnoměrné usazení.
- Varianta II.: předpokládá rovněž výstavbu sypané hráze s profilem podobným jako u Varianty I.
- Varianta III.: kde je sypaná hráz s betonovým středním těsněním. Betonové jádro dosahuje až na rostlou skálu. Hlavní výpustná štola je vedena mimo těleso hráze.
- Varianta IV: se podstatně liší od všech ostatních. Jedná se o výstavbu zděné hráze. Tato varianta předpokládá odvádění části velké vody do spojovací štoly nově vybudovaných kanálem.
- Varianta V.: je zděná hráz umístěná 2km proti toku Bílé Desné. V těchto místech vystupuje na povrch kompaktní sklaní lože ve dně údolí, což je vhodné pro založení přehradní zdi. (viz. příloha )Následující válečné události neumožnily práci na obnově přehrady (Chorvátová, 1996).

### 3.2 Vodní dílo Souš

Přestavba zemní přehrady Souš v letech 1924–27, krátce po katastrofě, si kladla za cíl zvýšit stabilitu přehrady, zvětšit těsnost zemního tělesa i podloží a zvětšit objem nádrže pro účinnost zachycování povodní.

Výhledová bilance potřeby pitné vody z 60.let minulého století však ukázala nutnost řešit v regionu nové zdroje. Prioritní otázkou se stala jakost vody.

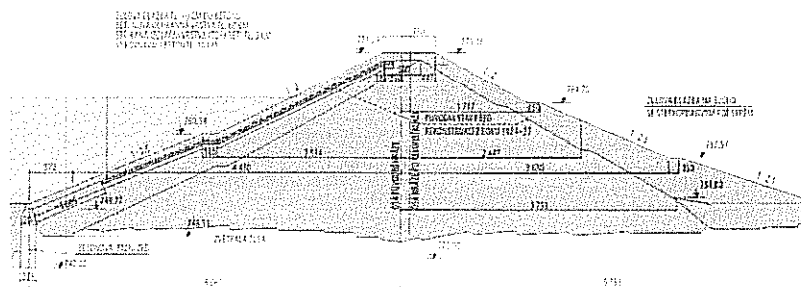


Požadavky na jakost vody (její fyzikální, chemické, biologické a bakteriologické složení) může být za určitých okolností limitujícím činitelem pro použití jinak hojných zdrojů pitné vody. Složení přirozené vody neovlivněné činností člověka závisí na geologickém a pedologickém prostředí, jímž prosakuje (Kos - Říha, 2000).

Z šetření porovnání kvality vody ve vodárenské nádrži Souš a v jejím přítoku Černá Desná vyplývá, že s výjimkou pH,  $CHSK_{Mn}$  a Cr byly průměrné hodnoty všech ostatních parametrů ve vodě z nádrže Souš vyšší než ve vodě z Černé Desné (Macek, 1990).

Finálně byla změna priority využívání nádrže potvrzena novým manipulačním řádem vodního díla Souš z roku 1974.

Obr. č.5 Řez přehradou Souš po rekonstrukci



Zdroj: Žák, 2006.

V letech 2001 – 02 se přikročilo k zásadní rekonstrukci obou spodních výpustí a k obnově obzdvíčky části obtokové štoly. Současně bylo řešeno využití vodní energie vypouštěné vody z nádrže. Osazené turbosoustrojí na odbočce z pravé výpusti má při hltnosti 150 l/s a při spádu 16m dosažitelný výkon 22kW (Žák, 2006).

#### Účel vodního díla Souš

- akumulace vody pro úpravu vody na Souši
- zmírnění velkých vod a částečná ochrana území ležícího pod nádrží před velkými vodami
- zajištění minimálního zůstatkového průtoku v profilu pod nádrží
- nadlepšení průtoku při havarijním znečištění vody v toku pod nádrží nebo jeho přítocích

- ve spolupráci s vodním dílem Josefův Důl možnost krátkodobého nadlepšení průtoku v Kamenici pro zajištění minimálního stavu v profilu
- energetické využití zvýšení průtoků v malé vodní elektrárně v objektu
- nádržové jezy využívat pro účelové rybí hospodářství (Povodí Labe, 2005).

#### *hydrologické údaje Souš*

plocha povodí	13,96 km <sup>2</sup>
prům. dlouhodobá roční výše srážek	1457 mm
prům. dlouhodobý roční průtok	0,508 m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup>
průtok Q100	89,8 m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup>

(Povodí Labe,2009).

## **4 Protržení hráze Bílá Desná a důsledky havárie**

Před protržením bylo v nádrži 260 000 m<sup>3</sup> vody (viz. Příloha č.10 Fotografie napuštěné přehrady). Maximální objem nádrže byl dimenzován na 400 000 m<sup>3</sup> (Tržický, 2009).

### 4.1 Průběh a následky katastrofy

Na Bílé Desné nastal okamžik protržení 18.zář 1916 v 15:30 odpoledne. Z šoupátkové věže se ovládalo první šoupě výpustného potrubí. V okamžiku katastrofy bylo naplno otevřeno. Tehdy z tělesa hráze začal vytékat silný pramen vody. V 15:55 tryskala již voda takovou silou, že dělníci, snažící se v šoupátkové komoře o úplné otevření spodní výpusti, museli utéci. Šoupě šoupátkové komory bylo před katastrofou zčásti otevřeno a zajišťovalo regulérní výtok z přehrady. Po zpozorování průsaku se ho již naplno otevřít nepodařilo.

V 16:15 se pak začala postupně propadávat dlažba na návodním svahu a až kolem 16:45 se propadla zcela (viz. Příloha č.11 Fotografie přehrady po protržení). Zůstala jen vrchní část ve tvaru mostu, ale i ta se brzo propadla a vytvořila se průrva v hrázi široká 40 m (Smrček, 1917).

Velké vodě jako první podlehla pila a dříví z ní odnášené pak násobilo ničící účinky. Na Jizeře došlo ke vzednutí hladiny a zkalení vody. Během půl hodiny vyteklo protřzenou hrází asi čtvrt milionu kubických metrů vody. Počet obětí je udáván 65 osob. Dále kromě uvedené pily bylo zničeno 11 brusíren, 29 domů úplně, 7 domů bylo poškozeno silně, částečně poškozeno asi 50 dalších. Sebevraždou ukončil život vrchní stavební rada Karel Podhájský. Další činitelé byli souzeni. Otto Inze se katastrofy nedožil.

Po katastrofě na Bílé Desné a v poválečných letech je zemním hrázím věnována velká pozornost. Postavené i rozestavěné hráze jsou podrobovány dodatečným průzkumům, znovu jsou posuzovány geologické poměry, příčné profily hrází, použité materiály, stavební postupy, kapacity výpustných i pojistných zařízení atd. Navrhována jsou zařízení pro pozorování a měření deformací, průsaků, tlaků vody v tělese hrází.

Teorie a řešení výstavby sypaných hrází byly zdokonalovány a doplňovány díky zkušenostem získaných z provozu o nové přístupy a prvky (např. drenážní soustavy). Hráze nebyly budovány jako jednoznačně homogenní, veliký rozvoj zaznamenaly hráze betonové. Prostřednictvím odborných institucí začal stát výrazně ovlivňovat, kontrolovat i řídit projektování, výstavbu i financování přehrad. Výsledky a poznatky získané sledováním hrází se začaly systematicky zpracovávat. Hodnocení z těchto analýz bylo podkladem pro provoz přehrad a jejich další projektování. Katastrofa na Bílé Desné se v našem přehradním stavitelství negativně neprojevila. Spíše se díky ní a zjištěným příčinám urychlil rozvoj v celé řadě oblastí vodního stavitelství. Teorie a konstrukční řešení hrází byly doplněny o zjištěné skutečnosti.

S ohledem na závěry jednotlivých dílčích analýz (hlavně příčin havárií ve vazbě na stav příslušných technických disciplín) lze konstatovat, že do prvních desetiletí tohoto století byla pravidla pro výstavbu zejména zemních přehrad dána empirickou zkušeností. Tam, kde specifické podmínky daného díla byly nové a nebyly dosud ověřeny praxí, často docházelo k poruchám, vyjimečně i ke katastrofám. Reakce na tyto poruchy byla další zkušenost a zejména další impuls pro rozvoj specializovaných technických disciplín. V případě zemních hrází je dominantní role geotechniky, zejména mechaniky zemin (80.výročí protřzení přehrady, 1996).

Na počátku 20. století byl ve světovém měřítku zakladatelem moderní mechaniky zemin pražský rodák Karel Terzaghi. Tím bylo umožněno znovu se vrátit v Čechách a na Moravě ke stavbám zemních přehrad a jejich projekty založit již na experimentálních možnostech moderní technické disciplíny, mechaniky zemin (Rozsypal, 1996).

#### 4.2 Provedený průzkum Geotechniky v roce 1996

Výsledkem studie napětíodeformačního stavu hráze prováděné firmou Geotechnika,a.s. v roce 1996 mělo být posouzení platnosti uvedených příčin havárie. Prioritní příčinou porušení hráze bylo totiž označeno velmi špatné zhutnění hráze a příčné trhliny v jejím tělese, které vznikly nestejným sednutím výpustné štoly a hráze.

Vlastnosti zeminy použité do hráze, která byla složena z 86% písku a 14% hlíny, bylo třeba posoudit podle dnešních kritérií. Během stavby a těsně po havárii byly provedeny orientační zkoušky propustnosti a zpracovány křivky zrnitosti.

Z dochovaných údajů o šetření vlastností zeminy je třeba konstatovat, že jde o materiál málo propustný až propustný, vhodný ke stavbě hráze při pečlivém zónování zemin v tělese. V tělese hráze byla jasně zachycena vodorovná struktura, odpovídající technologii zhutňování, použité při stavbě hráze, kdy k dokonalému zhutnění došlo pouze na povrchu 40 cm silných vrstev. Z výsledků klasifikačních zkoušek zemin vyplývá, že jde o materiál, který, je-li řádně zpracován, je pro výstavbu homogenní, vhodně vyprojektované hráze, zcela určitě použitelný. Geofyzikální měření potvrdilo hypotézu o velké hloubce skalního podloží, jehož povrch je navíc navětralý (80.výročí protržení přehrady, 1996).

Cílem průzkumu Geotechniky bylo také poukázat na zjištěné poruchy základového výpustného objektu. V dosavadních posudcích příčin katastrofy není výpustnému objektu věnována pozornost i přesto, že právě trhliny v klenbě štoly mohly, hrát hlavní roli při protržení hráze. Ing. Rozsypal ve své práci uvádí:

Ve stěně, podlaze a později i v klenbě štoly jsou popisovány 2 trhliny ve vzdálenosti cca 7 a 13 m od vstupu do šoupátkové komory a 3. trhlina v místě zesílení klenby štoly před šoupátkovou věží. První trhliny vznikly v podlaze štoly již během stavby a prosakovala

jimi trvale voda ve měřeném množství 3-4l/sek. Třetí trhлина byla objevena až po katastrofě v listopadu r. 1916 spolu s vodorovnými, až 7 m dlouhými trhlinami ve stěnách štoly.

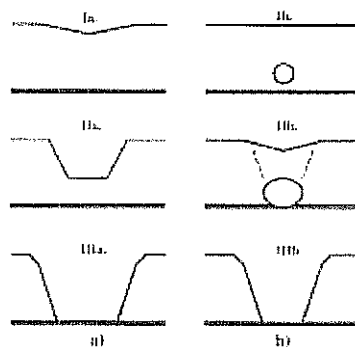
Z dodatkového průzkumu jednoznačně vyplývá, že příčinou vzniku trhliny bylo nerovnoměrné sednutí až 25 m mocného, relativně stlačitelného podloží v důsledku přetížení hrází a zejména koncentrovanou hmotností vstupní věže. V důsledku značného sednutí štoly muselo též nutně dojít k porušení návodního těsnění okolo šoupátkové věže, která jej propichovala pod hladinou vody.

Zcela určitě však bylo příčinou katastrofy nerovnoměrné sedání výpustné štoly podél jejího podélného profilu a jejího vážného porušení trhlinami. Na tom nemohl nic změnit pilotový rošt, který byl v daných geologických podmínkách zcela neúčinný.

Vznik erozních cest, tunelů zde mohlo být podporováno:

- nehomogenitou podloží i tělesa vlastní hráze co se týče propustnosti a zrnitosti,
- rozvolněním podloží podél výkopu pro výpustnou štolou,
- nedokonale zhutněnou zeminou hráze v blízkosti výpustné štoly,
- zkrácením erozní dráhy trhlinami ve výpustní štole.

Obr. č.6 Schéma porušení sypané hráze



Obr. 4.3 Schéma porušení sypané hráze  
a) přetlčením b) volným proudem

Zdroj: Horský, 1990.

V podloží hráze je s ohledem na vysokou propustnost podloží neúnosně krátká průsaková dráha. V návodním těsnění docházelo tak k velkým tlakům prosakující vody, že pevnost těsnění byla pravděpodobně překročena. To pak bylo patrně prolomeno a voda mohla

postupně prosakovat do hráze z nádrže. Rychlost prosakující vody pod hrází představuje hodnoty průsaků cca od 1 – 3,5 litrů/sec./bm. Zajímavé je, že tato hodnota přibližně koresponduje s množstvím vody, které v průběhu plnění hráze vytékalo z trhlin ve stěnách na středu výpustné štoly. Celkové množství prosakující vody pod hrází mohlo dosahovat hodnot 450-500 l/s. Při soustředění takového množství prosakující vody do predisponovaných míst s větší propustností vzniká poměrně velká unášecí síla. Ta mohla vyvolat intenzivní vnitřní erozi (Rozsypal,1996).

Trhliny ve štole svědčí o nedostatečích jejího založení s ohledem na stlačitelné podloží, zasahující do velkých hloubek. Trvalé průsaky čisté vody těmito trhlinami a betonem objektu až 5litrů/sek. musely nutně vést ke vzniku rozsáhlých sufózních kaveren v okolí štoly (80.výročí protržení přehrady, 1996).

Sufoze je podzemní eroze, kdy nezpevněné jemnozrnné sedimenty proudí v podzemní vodě zastavěného území. Jde o vyplavování jemného materiálu a odnášení pryč, které vede ke snížení únosnosti sedimentů a k náhlému, omezenému poklesu terénu při jeho zatížení. Nebezpečí sufoze je v nepředvídatelnosti, materiálních škodách, v hustě zastavěném území i ohrožením stability objektů a následně lidských životů.

Důsledky sufoze jsou praskliny ve stavbách situovaných v inundačním území po povodních, v horším případě zřícení staveb, poklesy terénu (Česká geologická služba, 2009).

### 4.3 Různé pohledy příčin katastrofy

Od havárie se přední odborníci stále vraceli k průběhu katastrofy a snažili se více objasnit její příčiny. Ihned po protržení začala neštěstí vyšetřovat policie a Okresní soud v Tanvaldu. Soudem pověřeni znalci určili jako skutečnou příčinu protržení přehrady chyby v projektu, vlastní výstavbě a odborného dozoru. Rozhodujícím obratem v této kauze bylo přivolení dalších znalců, kteří na základě nalezených trhlin ve štole určili za příčinu protržení hráze spodní vodu.

Prof. Ing. Dr. Smrček, profesor vodního stavitelství na brněnské české technice vedl po povodni v roce 1890 v Praze rekonstrukci Karlova Mostu. Proto byl také povolán

k posouzení příčin havárie na Bílé Desné jako přední český odborník. Jeho odborná publikace nazvaná O bezpečnosti zemních hrází a příčinách katastrofy na Bílé Desné, vydaná v roce 1917, byla v té době jedním z mála veřejnosti dostupným odborným materiálem o havárii.

Doplňkový průzkum a jeho hodnocení provedla společnost Stavební geologie – Geotechnika, a.s., v roce 1996 z piety k obětem tohoto neštěstí a jako příspěvek k rozšíření znalostí o poruchách hrází takového typu, jako sypaná zemní hráz Bílá Desná. Vedoucí projektu, Ing. Alexandr Rozsypal, CSc. v tomto elaborátu vyvrací názory jeho předchůdců a vnáší světlo díky novodobým technologiím.

### *Znalecký posudek okresního soudu v Tanvaldu z roku 1932*

#### Projektové chyby

- umístění projektu; úzké koryto řeky s vysokými strmými břehy omezuje retenční schopnost nádrží. Negativní vliv na výšku hráze má i značný sklon koryta toku. Původní návrh umístit nádrž na sklon 40%, byl upřesněn a přehrada umístěna o cca 600 m výše na sklon 7%.
- příčný profil hráze; s ohledem na výšku hráze, materiály základní půdy a hloubku hráze pod okolním terénem, měla být šířka paty hráze min. 72 m, koruny 6 m. Pozvolnější měl být návodní (1:2) i vzdušný svah (1:2,5).
- umístění štoly uprostřed hráze; vlivem špatného napojení násypového materiálu na materiál tělesa (betonu) štoly, uložené doprostřed hráze, vznikla vodorovná netěsnost. Na větších vodních dílech se doporučuje umístit štolu obtokovou.
- umístění ovládací věže v těsné blízkosti koruny hráze.
- návaznost věže a násypového materiálu; nerovnoměrné napojení struktur vedlo ke vzniku vertikální netěsnosti.
- výpustní štola umístěná na pilový rošt; štola sesedla o 23 mm díky pilotám dosahujícím až na pevné podloží skály. Okolní hráz klesla o 97 mm. Vznikla štěrbina, kterou neustále proudila přefiltrovaná voda v množství více než 3 l/sec.
- absence vodolamů na návodní straně hráze; vnější žebra ztěžují přímý průsak vody do hráze.

### Chyby prováděcí technologie

- vysoké pěchovací vrstvy; vrstvy byly pěchovány o výšce max. 40 cm. Nedostatečné pěchování vrstev způsobilo, že nejnižší část se řádně nespojila s vrstvou předešlou.

### Chyby vzniklé organizací přípravných i hlavních stavebních prací

- geologický průzkum; podrobný pedologický průzkum nebyl zajištěn. Taková povinnost nebyla dána zákonem.
- nedostatečný stavební dozor.
- kolaudační řízení; provozování přehrady bez provedeného vodohospodářského správního řízení (kolaudace). Technická kolaudace byla sice 18.11.1915 provedena, ale ne zcela dle pravidel. Husté sněžení v den kolaudace znemožnilo komisi dojít až k hrázi Černé Desné. Kolaudace v ten den proběhla pouze na přehradě Souš, z cesty mezi oběma přehradami se musela komise vrátit. Kolaudace přehrady Bílá Desná byla odložena.
- systém varování; od zjištění průsaku do protržení hráze uplynulo zhruba 70 min. V případě zajištěného systému varování by to byla dostatečná doba pro pracovníky družstva, aby důkladně a razantně varovali firmy i jednotlivé obyvatele před hrozícím nebezpečím.

### *Nejzávažnější nedostatky hráze dle Smrčka, 1917*

K nejzávažnějším nedostatkům projektu a výstavby hráze podle něj patřily:

- nedostatečná šířka hráze v základě
- nevhodný materiál
- špatně umístěný výpustní objekt
- chybné založení výpustné štoly na pilotový rošt způsobující rozdílné sedání hráze a výpustné štoly
- štětová těsnicí stěna v návodní patě hráze nemohla být vodotěsná, protože byla beraněna do kamenitého materiálu v podloží hráze
- při provádění rýhy pro založení výpustné štoly a beranění pilot pro její založení mohlo dojít ke zvětšení propustnosti okolní zeminy
- nedostatečné zhutňování.



*Příčiny protržení přehrady z pohledu dnešní Geotechniky, 1996*

Primární příčinou poruchy nebylo nedbalé zpracování (nedostatečné zhutnění) nevhodného příliš propustného materiálu, ale fyzikální procesy, které se odehrály pod hrází v jejím podloží, či na kontaktu podloží, vlastní hráze a výpustní štolý. Za předpokladu dobré funkce návodního těsnění kombinovaného i injekční clonou by byla nepropustnost tělesa hráze zcela dostatečná.

Nevylučuje se tak jako jedna z dalších možných příčin poruch hrází, totiž její diferenciální sednutí nad oběma stranami tohoto zlomu. S ohledem na mocnost stlačujícího se podloží se pilový rošt ukázal jako zcela neúčinný. Štola zákonitě popraskala v centrální části. Tím se zkrátila průsaková dráha vody pod hrází podél štolý a na přibližně na dvojnásobek vzrostl i tak nepříjemně velký hydraulický spád daný výškou.

Z analýzy průsakových čar tělesem hráze a zejména pod hrází vyplývá nepříjemně velká rychlost a erozní síla pronikající vody zespoda do tělesa hráze.

Sendvičová struktura zemního tělesa v důsledku 40 cm vrstev hutněných relativně lehkým válcem sama o sobě nebyla problémem z hlediska deformačního chování, ale vnitřní erozi usnadňovala.

Je třeba dodat, že výpočtem proudové sítě bylo prokázáno, že projektované návodní těsnění bylo špatně nadimenzované a že by dlouhodobě nevydrželo soustředěný tlak do něho prosakující vody. Lze souhlasit se znaleckým posudkem, o který se opíral osvobozující výrok okresního soudu v Tanvaldu v září 1932 a sice, že „příčinou eroze hráze bylo vniknutí spodní vody z podloží do tělesa hráze“, ovšem s tou výhradou, že se nejednalo o vodu spodní, ale o vodu z nádrže.

K porušení hráze takto vyprojektované v daných geologických podmínkách muselo dojít v každém případě, i kdyby bylo její zemní těleso perfektně zhutněné. Jako prvotní příčinu porušení hráze Bílá Desná doporučujeme uvést vnitřní erozi a nikoliv špatné zhutnění, jak je tomu dosud (Rozsypal, 1996).

*Příčiny Katastrofy na Bílé Desné uvedené Žákem, 1996*

Žák uvádí jako příčinu havárie:

- použití nevhodného materiálu v návodním těsnění a jeho napojení na funkční objekt,
- nedostatečné zhutňování, které způsobilo odlišnosti v sedání přehradní hráze,

- funkční objekt založený na pilovém roštu dosahující na skalní podklad – tato skutečnost měla podle něj za následek vyvolání vnitřní eroze materiálu hráze,
- souběh nedostatečného poznání a určitého podcenění možnosti selhání lidského faktoru při projektování i provádění stavby.

V publikaci zpracované ICOLD, mezinárodní organizací velkých přehrad, je jako zásadní příčina protržení hráze na Bílé Desné označeno nedostatečné zhutňování materiálu hráze a jako vedlejší příčina pak nevhodné projektové řešení.

Je jednoznačné, že primární příčinou poruchy byla vnitřní eroze pod hrází v jejím podloží či na kontaktu podloží, vlastní hráze a výpustné štolky. Dle dostupných materiálů můžeme konstatovat, že příčinou nebylo nedbalé zpracování nevhodného a příliš propustného materiálu.

Tabulka č.1 Přehled uvedených příčin katastrofy

	<b>soud Tanvald</b>	<b>Smrček</b>	<b>Rozsypal</b>
<i>projektové chyby</i>			
	projekt na této bystřině	nedostatečná šířka hráze v základě	návodní těsnění špatně nadimenzováno
	příčný profil hráze		
	uložení štolky uprostřed hráze		
	ovladací věž v blízkosti koruny hráze		
	návaznost věže a násypového materiálu	špatně umístěný výpustní projekt	
	vypouštěcí šachta na pilotovém roštu s podélnými prahy	chybné založení výpustné štolky na pilotový rošt	neúčinný pilotový rošt
	absence vodolamů	nevodotěsná těsnicí stěna	
<i>chyby technologie</i>	vysoké pěchovací vrstvy	nedostatečné zhutňování	sednutí koruny hráze
	materiál hráze	nevhodný materiál	sendvičová struktura 40 cm vrstev
		propustnost okolní zeminy při stavbě	
<i>chyby organizace stavebních prací</i>	geologický průzkum		
	stavební dozor		
	kolaudační řízení		
	systém varování		
<i>příčina havárie</i>	vniknutí spodní vody z podloží do tělesa hráze	nestanovil příčiny rozhodující	vnitřní eroze

#### 4.4 Úprava toku a převod vody z Bílé Desné

V letech 1923 – 1936 byla v rámci odstraňování katastrofálních důsledků havárie přehrady provedena nákladná úprava devastovaného koryta řeky Bílá Desná (viz. Příloha č.12 Fotografie manipulační věže) v její části od soutoku s Černou Desnou až po horní okraj intravilánu města Desná v Jizerských horách. Úprava spočívala ve vytvoření zcela nového koryta toku s trasou v nejnižším místě údolí, jehož velký podélný sklon je zmírněn kaskádou kamenných stupňů. Touto úpravou byla vyřešena i protipovodňová ochrana obce Desná.

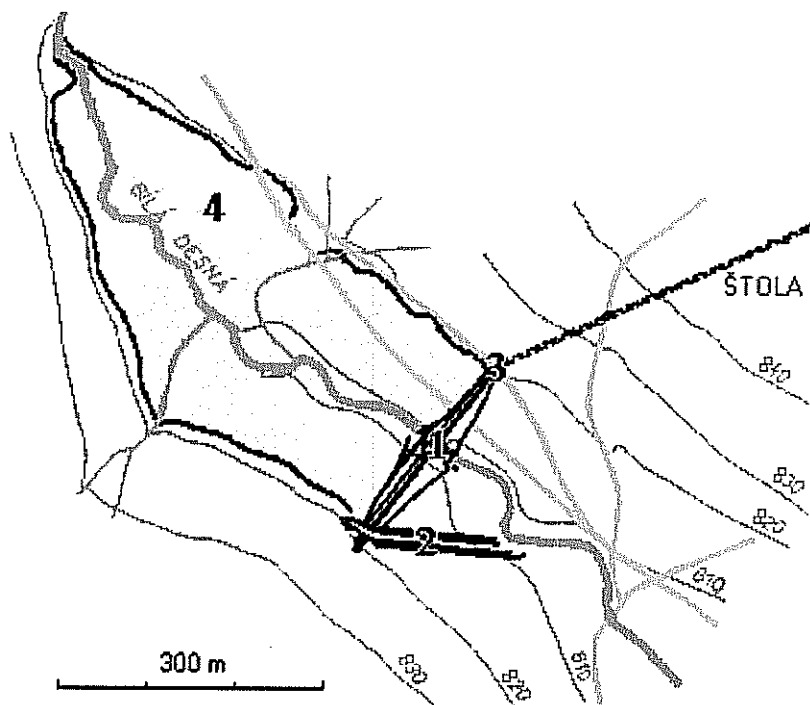
V dolním úseku více jak 1,5 km dlouhém je souvislá regulace toku s pravidelným tvarem koryta, které je důkladně zpevněno, aby nedošlo při jeho naplnění na nejvyšší kapacitu 60 m<sup>3</sup>/s, k poškození dna či břehů. Pro tlumení energie přepadající vody je u převážné většiny stupňů vývar a dále jsou zde vystavěny pobřežní zdi sahající většinou jen po práh, ukončující vývar. Šest stupňů slouží jako náhrada za zničené jezy od kterých byla náhony odváděna voda k turbinám pro energetické využití její síly (Chorvátová, 1996).

#### 4.5 Odběrný objekt

Úkolem převodu vody z Bílé do Černé Desné bylo využívat vodu obou řek. Odběrný objekt se na Bílé Desné zřídil v místě 550 m od protržené přehrady proti toku vody. Voda se vede od nízkého vzdouvací objektu do nevyužívané štolky Souše a zajišťuje tak přívod vody z Bílé do Černé Desné. Souběžně byl vybudován v levobočním sklaním výchozu bezpečnostní přeliv s kaskádou osmi stupňů do údolí k vyústění obtokové štolky.

Z Bílé Desné se přivádějí průtoky nad 27 ls<sup>-1</sup>, které jsou jejím minimálním zabezpečeným průtokem. Průměrné převáděné množství po celý rok je 0,108 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>. Jakmile v ní stoupne hladina vody na kótu 767,17 m n.m. ( tj. 1 m pod korunu přelivu), převod vody z Bílé Desné se uzavře (80.výročí protržení přehrady, 1996).

Obr. č.7 Situační plánek převodu vody



1. V tomto místě se hráz protrhla. V průrvě dosud stojí šoupátková věž se zábradlím, které ji spojovalo s korunou hráze.
2. Přepadová kaskáda pro odvádění velké vody. Hrana přepadu je o 40 cm výše než hrana přepadu do spojovací štoly.
3. Zde je ústí spojovací štoly (nyní zamřížované), kterou se část vod Bílé Desné stále odvádí (díky úpravám ze 70. let) do přítoku Soušské přehrady.
4. Světle modrá barva naznačuje původní obrysy vodní plochy při napuštění přehradě.

Zdroj: [www.pla.cz/planet/public/vodnidila/prehrada\\_sous.htm](http://www.pla.cz/planet/public/vodnidila/prehrada_sous.htm)

*Bílá Desná v profilu odběrného objektu:*

hydrologické číslo povodí	1-05-01-068
plocha povodí	6,28 km <sup>2</sup>
průměrná dlouhodobá výška ročních srážek	1515 mm
průměrný dlouhodobý roční průtok	247 l.s. <sup>-1</sup>

(Povodí Labe, 2005).

Vlastní odběrný objekt je zděný domek se sedlovou střechou se dnem na kótě 818,72 m n.m. (viz. Příloha č.13 Nákres současného stavu protržené přehradě). Za odběrným jízkem, před vtokem do potrubí, je osazen limnigraf (tlakové čidlo) s radiovým přenosem údajů o množství vody převáděné do nádrže Souš do PC v kanceláři hrázného. Jízek zabraňuje přístupu dnových splavenin do vlastního odběrného objektu, ze kterého je voda vedena železobetonovým tlakovým potrubím. Současně se vybuďoval na Bílé Desné nad

profilem protržené přehrady vzdouvací jízek, odkud je možné podle potřeby převádět původní štolou část průtoku Bílé Desné do nádrže Souš (Povodí Labe, 2005).

## **5 Předcházení havárií přehrad**

Z hlediska příčin, tak i stáří havarovaných přehrad, doby provozu přehrad před havárií, velikosti hráze, které havarovaly, je možné konstatovat, že šlo o běžnou havárii (viz. Příloha č.14 Tabulka havárií přehrad ve světovém měřítku). Bohužel s ohledem na umístění přehrad nad silně obydlenou průmyslovou oblastí byly důsledky této havárie podstatně horší než v řadě jiných případů.

Díváme-li se zpět do období 1911 až 1916, ve kterém vznikla přehrada na Bílé Desné, vždy nás napadá, zda by o 100 let později mohlo dojít ke stejné situaci končící havárií.

Současné požadavky na technickobezpečnostní dohled (TBD) určují činnost odborného pracovníka. V elaborátu nazvaném „Vyjádření o rozsah dohledu“, který je investičním záměrem technickobezpečnostního dohledu (TBD), by pracovník dohledu podrobně popsal, rozebral a zhodnotil možná rizika spojená s budoucí existencí díla v dané lokalitě (prostředí). Nejdůležitější součástí TBD jsou požadavky na budoucí prostředky dohledu, tj. na přístroje a zařízení pro pozorování a měření, na varovné a signalizační prostředky i na nouzová opatření při výstavbě a provozu díla.

Současná Vyhláška č.471/2001 Sb. upravuje kritéria kategorií vodních děl. Tehdejší lokalizace Bílé Desné by spadalo pod kategorii III:

Ohroženy řádově desítky až stovky lidí, včetně ztrát na lidských životech. Poškození určitého díla, obnova je proveditelná. V území na vodním toku pod určeným vodním dílem vzniknou škody na obydlí a průmyslové zástavbě i dopravní síti, ohrožena mohou být další méně významná vodní díla.

Pro určené vodní dílo III.kategorie se dohled provádí dle hodnocení jevů, skutečností a jejich vývoje, zjištěných zpravidla při obchůzkách. Z běžných měření se zavádí měření průsaků, popřípadě tlaků vody a měření celkových deformací na povrchu určeného díla. Z povětrnostních a provozních poměrů se zjišťují hladiny vody a průtok vody v nádrži, teploty vzduchu a srážky (Vyhláška č. 471/2001 Sb.).

Kdyby při přípravě výstavby přehrady Bílá Desná prováděn technickobezpečnostní dohled v takovém rozsahu a měřítku jako je prováděn v dnešní době, nebyla by zřejmě ani akceptována koncepce hráze se štolou a věžovým objektem. Dále by byla včas a na důležitých místech díla instalována zařízení dohledu, která by umožnila měření a pozorování již v průběhu výstavby. Samotný provoz stavby by nebyl spuštěn bez řádného kolaudačního řízení (viz. Příloha č.15 Profil protržené přehrady z dnešního pohledu).

## **6 Závěr**

Přehrada jako regulující prvek vodního toku, umožňující výrobu elektrické energie, pěstování ryb nebo jako sportovní a rekreační objekt je jistým potenciálním místem vzniku krizových situací.

V minulosti byly přehrady stavěny převážně ve výhodných geologických a morfologických podmínkách. K jejich projekci a stavbě se ve velké míře využívaly prakticky jen získané zkušenosti a mnohdy podle nich byla volena výška a typ přehradní hráze.

Zvyšující se nároky na vodu a její energetické využití vyvolaly potřebu podstatného zlepšení metodiky projekčních metod a stavebních postupů v závislosti na podrobných ukazatelích hydrologických podkladů.

System sypaných hrází se hojně používá i dnes. Získaná fakta z průzkumů vodních děl postavených v minulosti nebo jako v případě Bílé Desné, podrobným řešením příčin havárie vodního díla, jsou důležitým podkladem pro dnešní projektování takových staveb.

Odpovězme tedy na otázku: Jak by měla odborná veřejnost zacházet s podklady takovýchto průzkumů? Zásadní zjištění těchto průzkumů dokazuje, že důkladné provedení průzkumných prací, dodržování technologické kázně, kvalifikace projektů i zkušenosti techniků a odpovědnou prací všech zúčastněných i použitých materiálů má své opodstatnění.

Přehrada uvedená do provozu je složitý systém, jehož prvky jsou navzájem propojeny a vzájemně se ovlivňují. Je třeba věnovat pozornost historickým událostem a předcházet tak opakovanému pochybení.

Mnohé přehrady slouží svému účelu několik století, jiné, jako Bílá Desná se nedočkaly ani několika málo výročí. Dlouhá desetiletí zůstával areál Protržené přehrady mimo jakoukoliv snahu zachovat a udržovat vodní dílo jako významnou technickou památku. Teprve v roce 1996 Ministerstvo kultury ČR vyhlásilo protrženou přehradu Kulturní památkou.

## Seznam literatury

RNDr. Ambrož, Jaroslav. *Vodní hospodářství*. Brno-Geotest: 1989. Kapitola 11: Napětí v podloží, zatíženém zemní hrází.

Ing. Beran. *Základy vodního hospodářství*. Praha: ČZU, 2006. Kapitola 8: Vodohospodářské řešení.

Ing. Horský, Otto CSc. *Inženýrskogeologický průzkum pro přehrady*. Praha -Geofond: Edice Geoda, 1990. Kapitola 2.2.: Určující faktory pro výběr místa a typu přehradní hráze.

Hrádek, Kuřík. *Hydrologie*. Praha: ČZU, 2008. Kapitola 3: Povodí.

Ing. Chorvátová, Eliška. *Záměry a provedená opatření, která následovala po protržení přehrady*. Hradec Králové: 1996.

Kolektiv autorů, *Sborník příspěvků 80. výročí protržení přehrady na Bílé Desné*. Hradec Králové: Povodí Labe, 1996.

Kos, Říha. *Vodní hospodářství*. Praha: ČVUT, 2000. Kapitola 1: Úvod do předmětu.

Macek, L. *Porovnání kvality vody ve vodárenské nádrži Souš a v jejím přítoku Černá Desná*. In: Nádrže jako zdroj pitné vody. České Budějovice : DT ČSVTS, 1990.

Povodí Labe, s.p. *Manipulační řád pro vodní dílo Souš na Černé Desné v ř. km 7,250*. Hradec Králové: odbor technickoprovozní činnosti, 2005.

Povodí Labe, s.p. *Přehrady povodí Lužické Nisy*. Hradec Králové: 1996.

Turek, Josef. *Protržená přehrada*. Jablonec nad Nisou: 1996.



Povodí Odry, *Přehradní dny Ostrava 1989*. Ostrava: Pobočka ČSVTS Povodí Odry, 1989.

Ing. Rozsypal, Alexandr CSc. a kolektiv. *Protržení přehrady na Bílé Desné s pohledu dnešní Geotechniky*. Praha: Stavební geologie Geotechnika a.s., 1996.

Smrček, A. *O bezpečnosti zemních hrází a příčinách katastrofy na Bílé Desné*. Praha: Česká matice technická, 1917.

Žák, L. a kolektiv. *Jizerskohorské přehrady a katastrofa na Bílé Desné – Protržená přehrada*. Knihy 555: 2006.

Žák, L. *Katastrofa na Bílé Desné*. Městský úřad Desná v Jizerských horách: 1996.

#### Platné právní předpisy:

Vyhláška č. o technickobezpečnostním dohledu nad vodními díly č. 471/2001 Sb.  
Ministerstvo zemědělství: 14. prosince 2001.

Zákon č. o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon) č. 254/2001 Sb., Hlava osmá: Vodní díla.

#### Internetové zdroje:

Česká geologická služba. *Hydrogeologická rajonizace na území české republiky* [online]. Vystaveno 5.2008 [cit.5.2.2009 ]. Dostupné z: [www.geology.cz](http://www.geology.cz) - [http://nts5.cgu.cz/website/hydro\\_rajony](http://nts5.cgu.cz/website/hydro_rajony)

Česká geologická služba. *Geohazardy* [online]. Vystaveno 5.11.2001 [cit.5.2.2009 ]. Dostupné z: <http://www.geology.cz/aplikace/geohazarady/katalog/geohazard-63>

ČVUT, Katedra hydrotechniky. *Mapa přehrad ČR* [online]. Vystaveno 2006 [cit. 7.4.2009 ]. Dostupné z: [www.prehrady.cz/index1.htm](http://www.prehrady.cz/index1.htm)

Povodí Labe, s.p. *Přehrada Souš*[online]. Vystaveno 2004 [cit. 4.2.2009 ]. Dostupné z: [www.pla.cz/planet/public/vodnidila/prehrada\\_sous.htm](http://www.pla.cz/planet/public/vodnidila/prehrada_sous.htm)

Tržický, Martin *Jizerské hory* [online]. Vystaveno 15.9.2006 [cit.18.2.2009]. Dostupné z: [http://www.jizerky.eu/bila\\_desna.php](http://www.jizerky.eu/bila_desna.php)

Výzkumný ústav vodohospodářský T.G.Masaryka.*Hydroekologický informační systém VÚV T.G.M.* [online]. Publikováno 6.5.2008 [cit. 19.2.2009]. Dostupné z: [www.heis.vuv.cz](http://www.heis.vuv.cz)

#### Cizojazyčná literatura:

Dr. V.P.Jauhari.Operation, *Monitoring and Decommissioning of Large Dams in India*.Pradesh:World Commission on Dams,1999. Kapitola 3: Factors Affecting the Dam Safety.

Rui, Martins. *Dam safety and protection of human lives*.Lisabon:National laboratory od Civil Engineering, 2000.

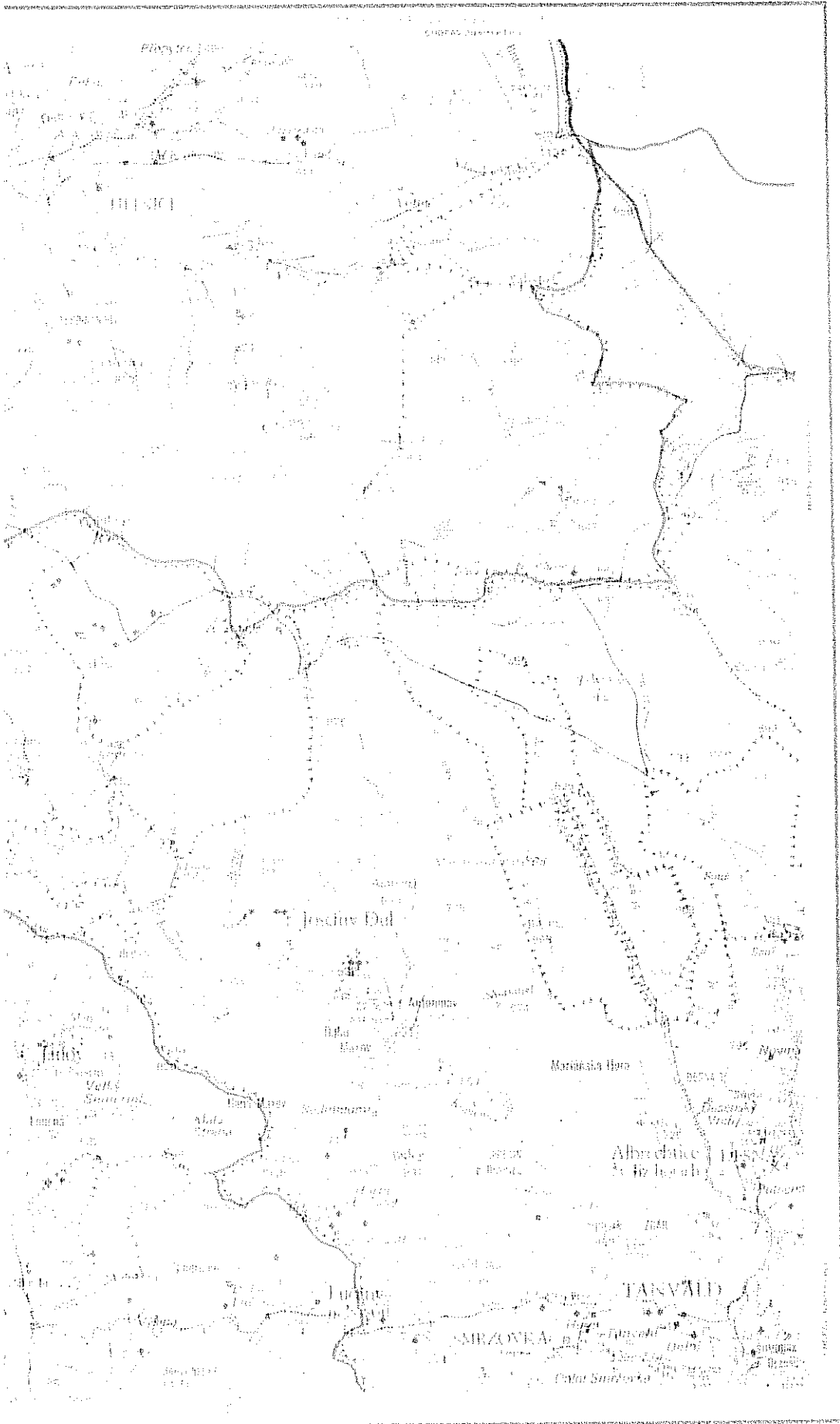
#### Jiné zdroje:

Lauer. *Osobní archiv historických fotografií a pramenů*, Desná: 2009.

## Seznam příloh

Příloha č.1	Vodohospodářská mapa povodí
Příloha č.2	Mapa lokality, 1927
Příloha č.3	Mapa povodí Jizerskohorských říček, 1901
Příloha č.4	Hydrologická rajonizace
Příloha č.5	Geologická mapa lokality
Příloha č.6	Fotografie stavby přehrady
Příloha č.7	Fotografie stavby štoly
Příloha č.8	Fotografie bezpečnostního přelivu
Příloha č.9	Varianty přestavby hráze
Příloha č.10	Fotografie napuštěné přehrady
Příloha č.11	Fotografie přehrady po protržení
Příloha č.12	Fotografie manipulační věže
Příloha č.13	Nákres současného stavu protržené přehrady
Příloha č.14	Tabulka havárií přehrad ve světovém měřítku
Příloha č.15	Profil protržené přehrady z dnešního pohledu

Příloha č.1 Vodohospodářská mapa povodí  
Zdroj: <http://www.geology.cz/extranet/geodata/mapserver>

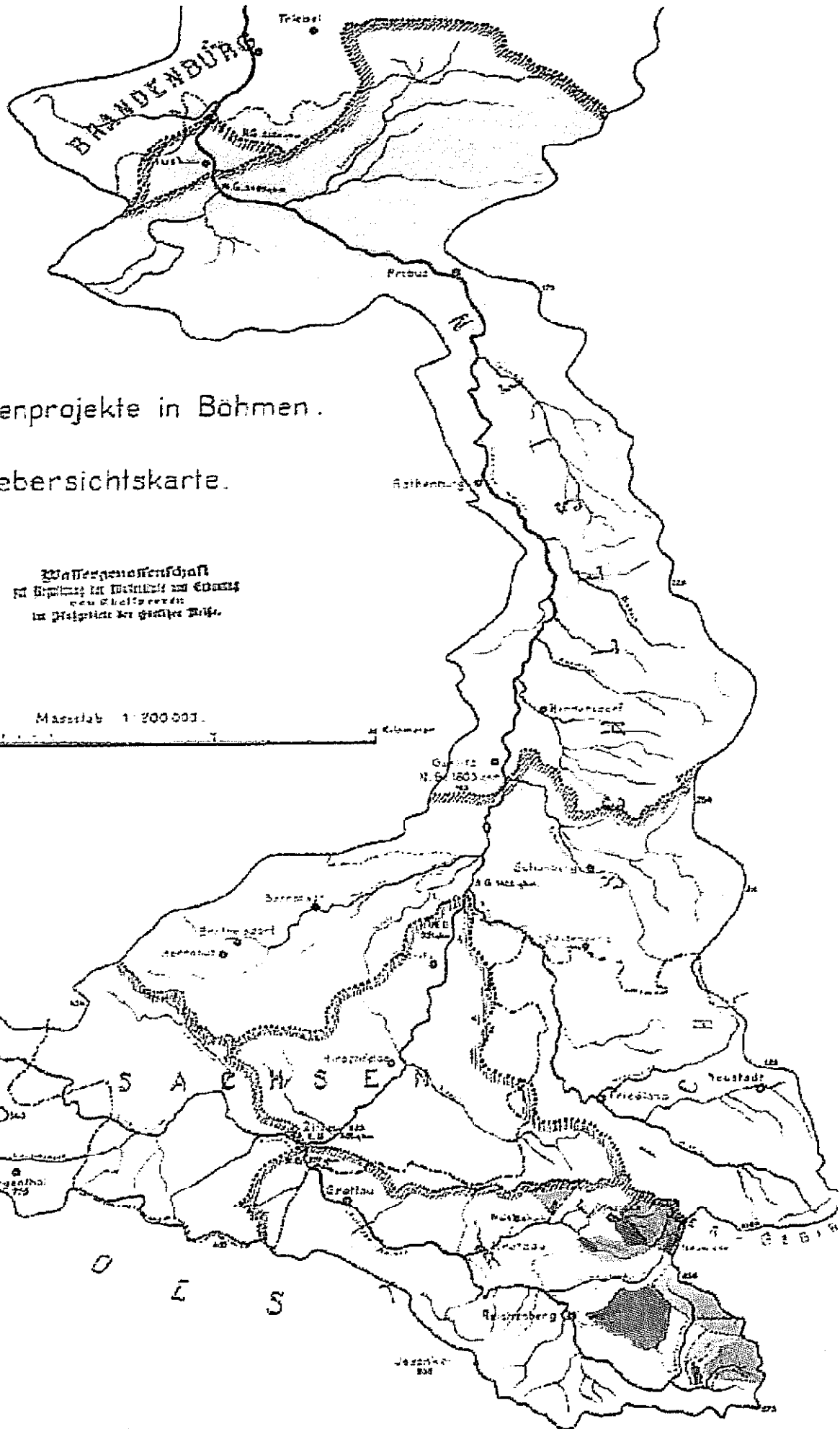


Příloha č.2    Mapa lokality, 1927  
Zdroj: Žák, 2006.



Příloha č.3    Mapa povodí Jizerskohorských říček, 1901  
Zdroj: Žák, 2006.





Thalsperrenprojekte in Böhmen.

Uebersichtskarte.

Wassergemeinschaft  
 im Interesse der Industrie und Erwerbs  
 von Schiffsverkehr  
 im Interesse der öffentlichen Werke.

Maßstab 1 : 200 000.



Dresden, im Januar 1901

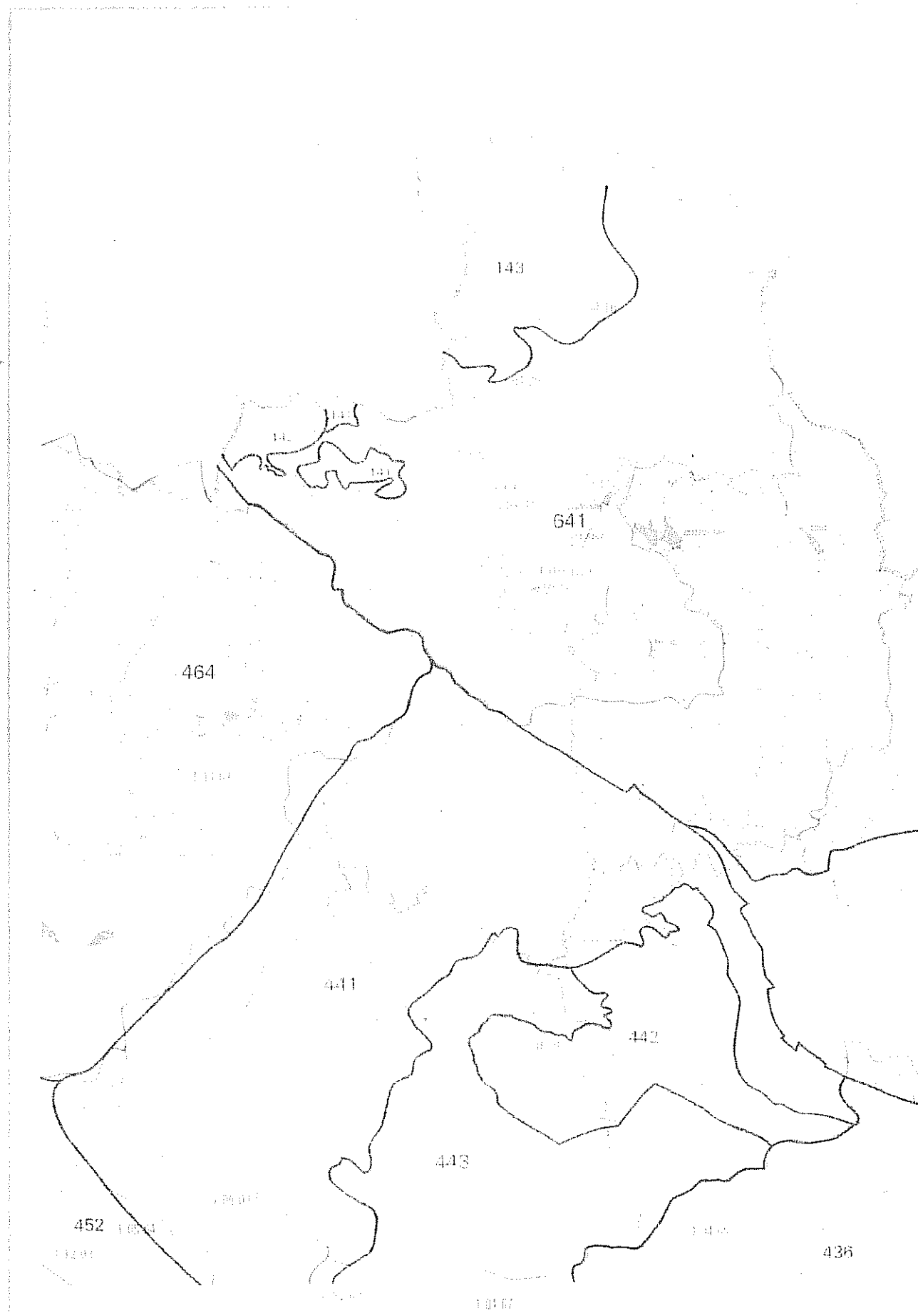
*O. Hübner*     *J. Hübner*     *Johann V. Schilling*  
 Direktor.     Direktor.     Ingenieur  
 Geh. Reg. Rath.     Reg. Baumeister.

Příloha č.4 Hydrologická rajonizace

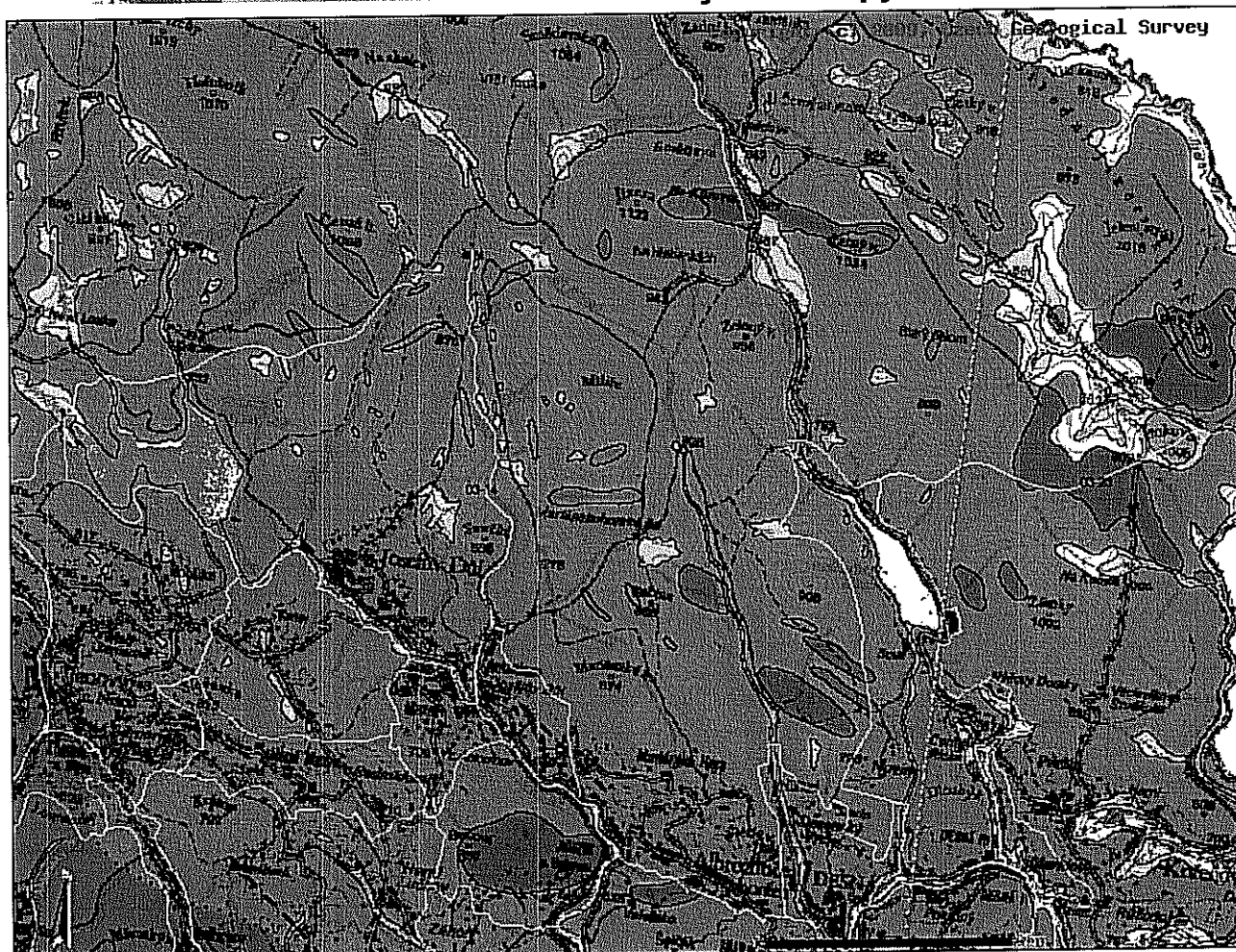
Zdroj: [http://www.geology.cz/extranet/geodata/hydro\\_rajony](http://www.geology.cz/extranet/geodata/hydro_rajony)

SMERNY VODOHOSPODARSKY PLAN CSR  
HYDROGEOLOGICKA RAJONIZACE  
VODOHOSPODARSKÉ PODEPLADKY A MAPA CSR

1:100 000 M 2000/02/04



Příloha č.5 Geologická mapa lokality  
Zdroj: <http://www.geology.cz/extranet/geoinfo>



Levý horní a pravý dolní roh (Křovák) :[-680674; -966125][-665470; -977839], 1:49000

### Sjednocená legenda GeoČR 50

#### kenozoikum

##### kvartér

	<i>holocén</i>		
<b>6</b>	nívní sediment (fluviální nečlenené + sedimenty vodních nádrží)	<b>1495</b>	
<b>9</b>	slatina, rašelina, hnilokal (organická)	<b>1496</b>	granit (složení biotit)
<b>14</b>	hlinito-kamenitý, balvanitý až blokový sediment (deluviální) (složení oligomiktní)	<b>1497</b>	granit (složení biotit)
		<b>1498</b>	granit až granodiorit

### ČESKÝ MASIV - POKRYVNÉ ÚTVARY A POSTVARISKÉ MAGMATITY

#### terciér (paleogén - neogén), kvartér

*eocén, oligocén, miocén, pliocén, pleistocén*

<b>198</b>	olivnický nefelinit (složení nefelín, pyroxen, (olivín), magnetit, analcím)
------------	---

### ČESKÝ MASIV - KRYSTALINIKUM A PREVARISKÉ PALEOZOIKUM

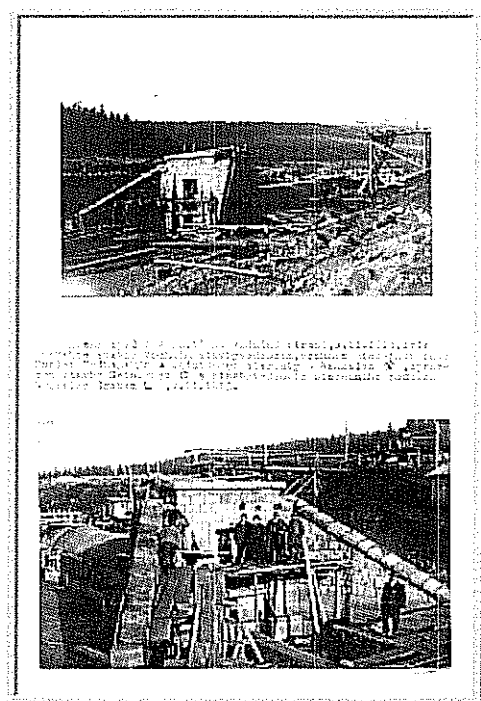
#### paleozoikum

##### karbon

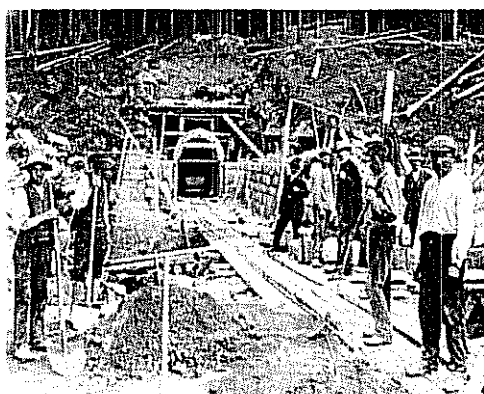
*karbon svrchní*

aplitický granit (složení biotit)

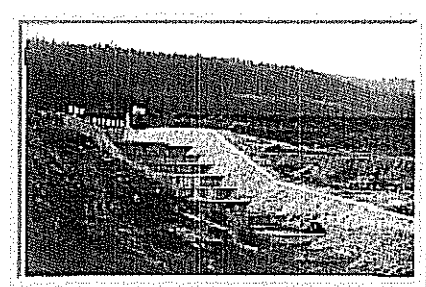
Příloha č.6      Fotografie stavby přehrady  
Zdroj: Lauer, 1913.



Příloha č.7      Fotografie stavby štoly  
Zdroj: Lauer, 1913.

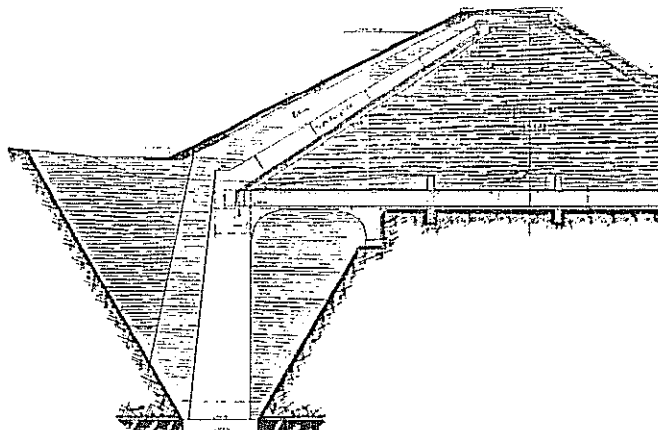


Příloha č.8      Fotografie bezpečnostního přelivu  
Zdroj: Lauer, 1913.

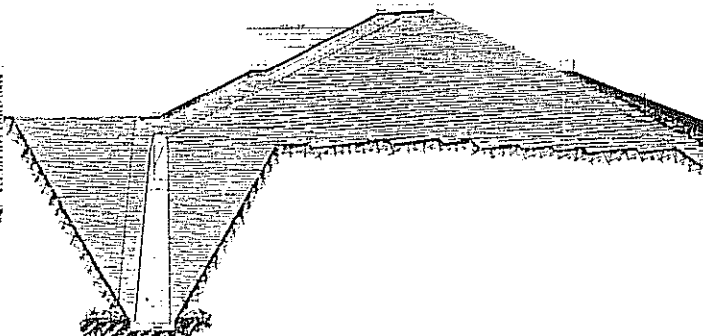


Příloha č.9 Varianty přehrady hráze  
Zdroj: Chorvátová,1996.

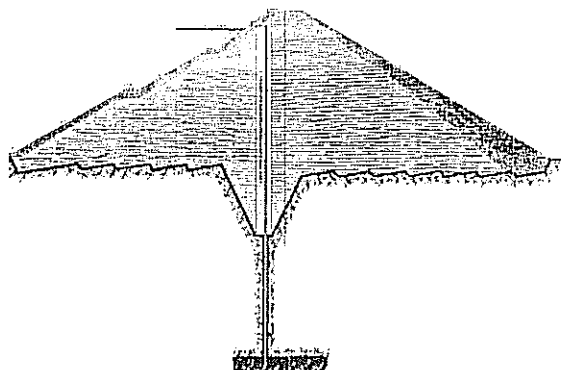
Obr.č.1 Varianta č. I



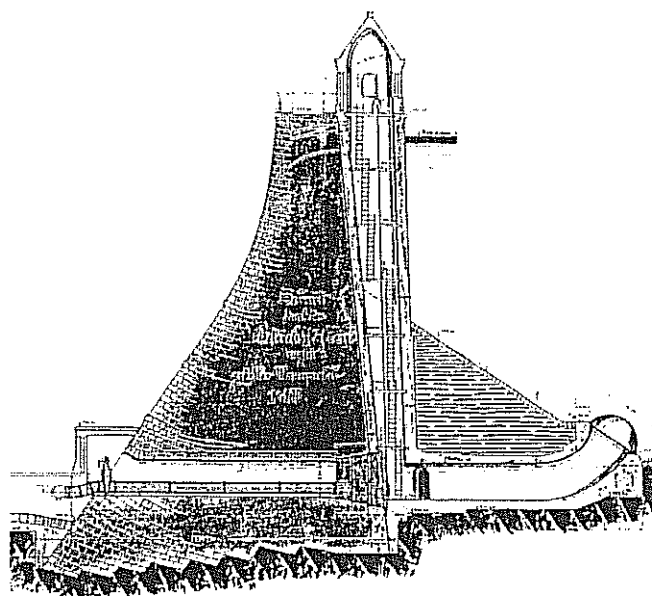
Obr.č.4 Varianta č.V



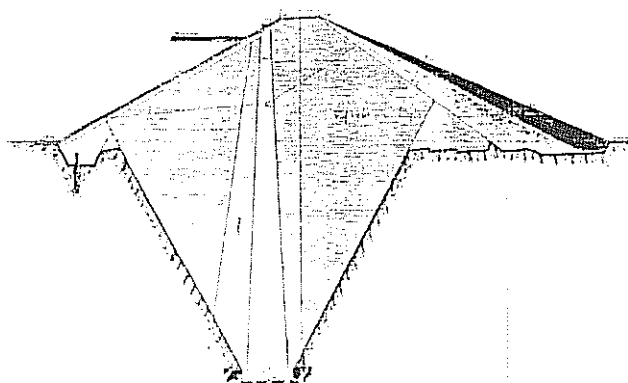
Obr.č.2 Varianta č.II



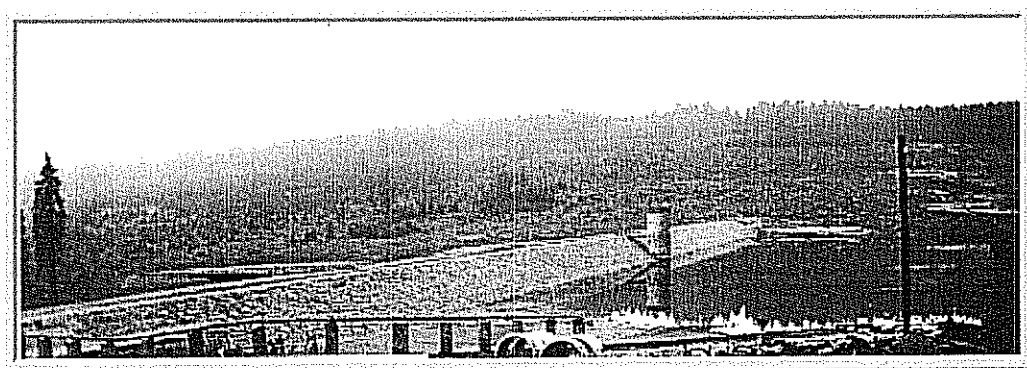
Obr.č.5 Varianta č.IV



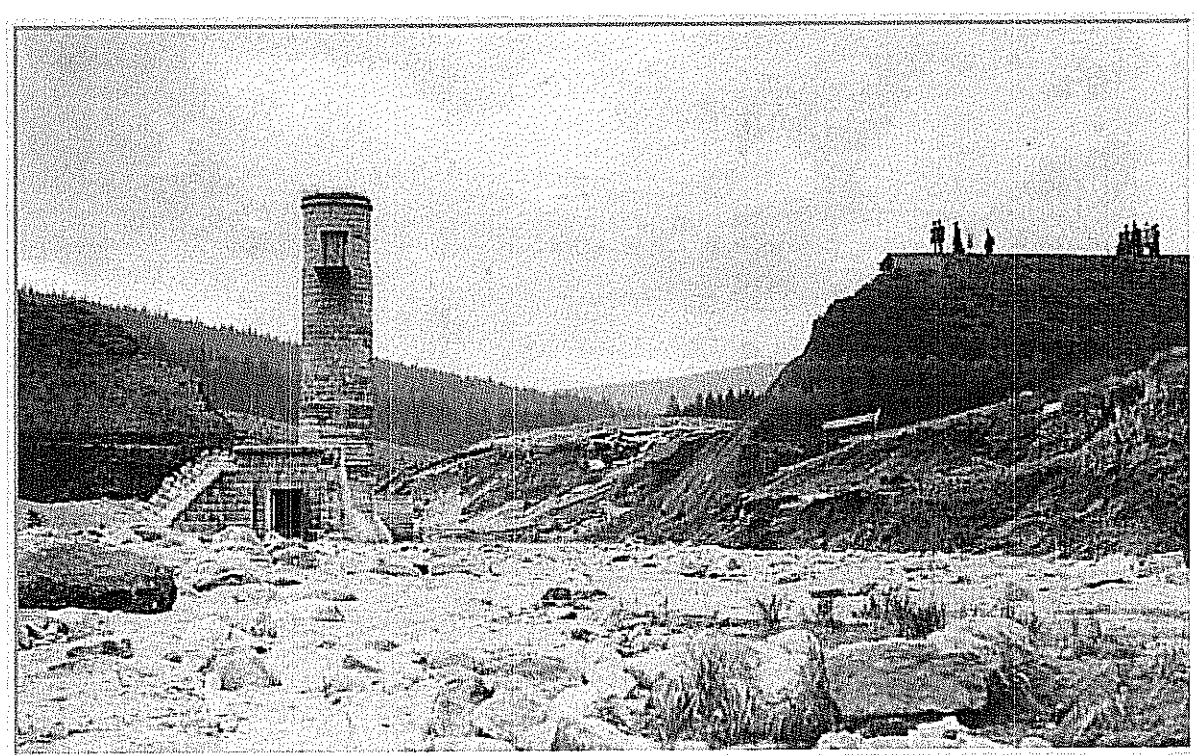
Obr.č.3 Varianta č.III



Příloha č.10 Fotografie napuštěné přehrady  
Zdroj: Lauer, 1915.



Příloha č.11 Fotografie přehrady po protržení  
Zdroj: Lauer, 1916.



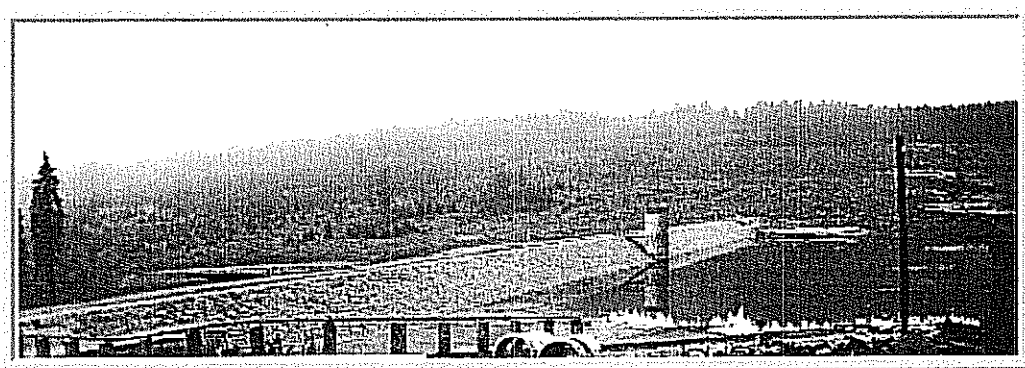


Příloha č.12 Fotografie manipulační věže

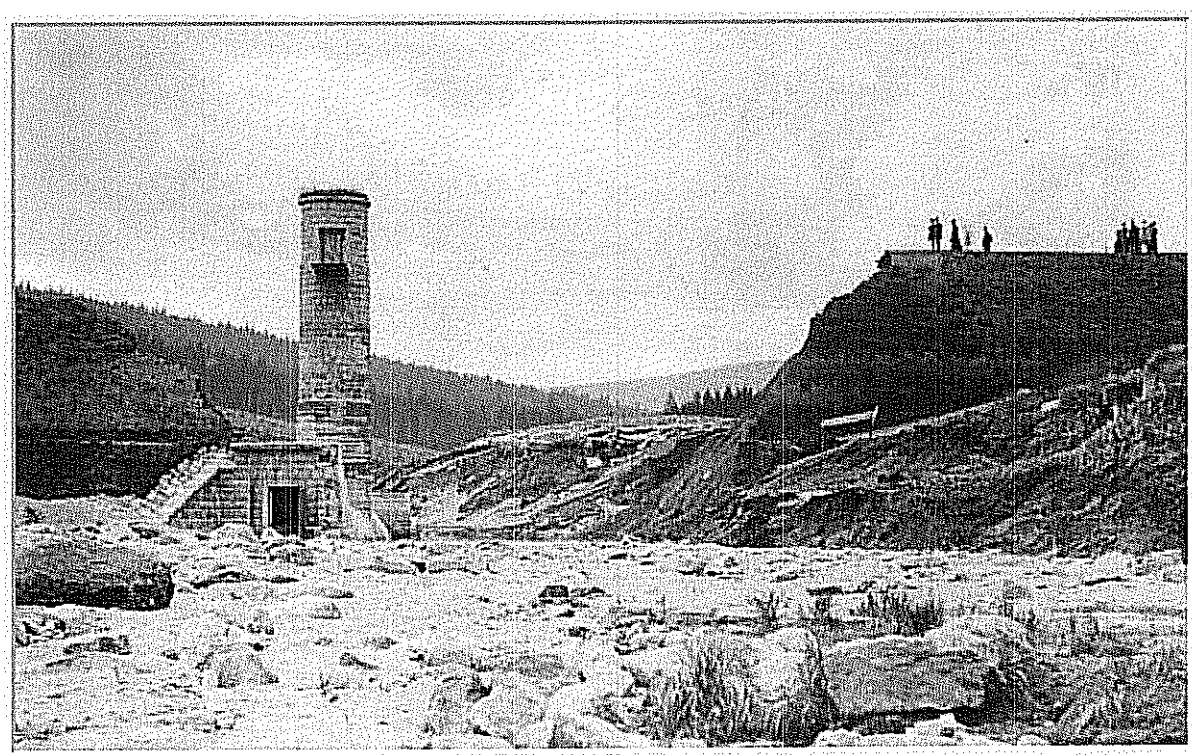
Zdroj: [www.hradv.cz](http://www.hradv.cz) - [http://www.jizerky.eu/bila\\_desna.php](http://www.jizerky.eu/bila_desna.php)



Příloha č.10 Fotografie napuštěné přehrady  
Zdroj: Lauer, 1915.

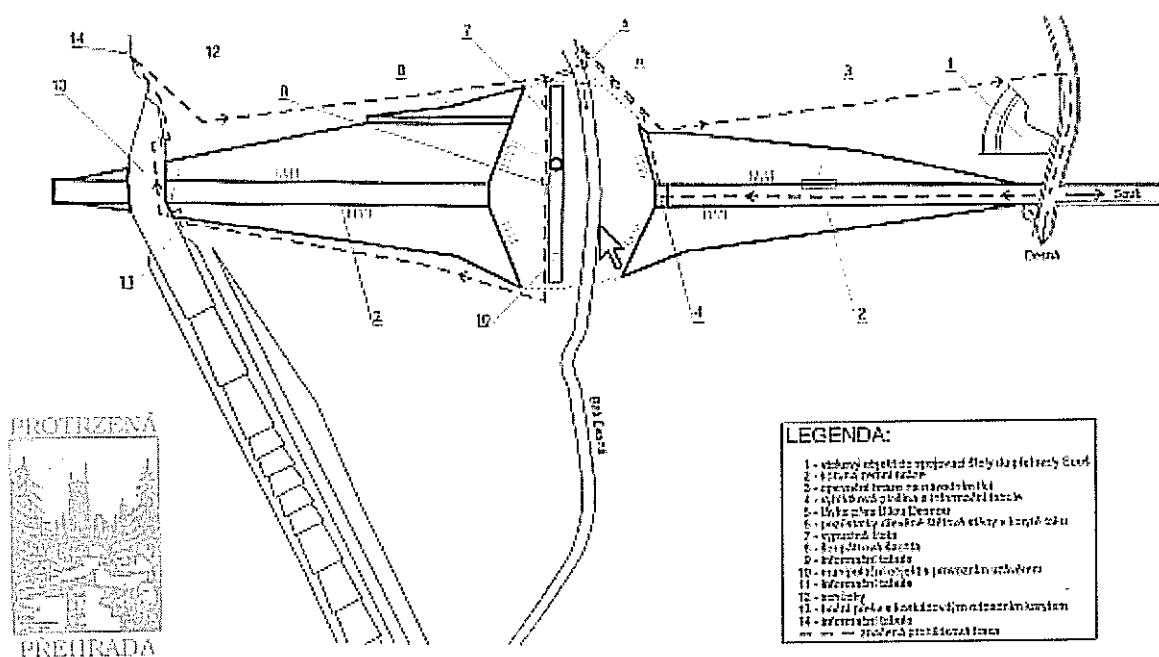


Příloha č.11 Fotografie přehrady po protržení  
Zdroj: Lauer, 1916.



# PROTRŽENÁ PŘEHRADA NA BÍLÉ DESNÉ

## SITUACE SOUČASNÉHO STAVU KULTURNÍ PAMÁTKY



- Legenda:
- 1 - vtokový objekt do spojovací štoly do přehrady Souš
  - 2 - koruna zemní hráze
  - 3 - opevnění hráze na návodním líci
  - 4 - vyhlídková plošina a informační tabule
  - 5 - lávka přes Bílou Desnou
  - 6 - pozůstatky dřevěné stěny v korytě toku
  - 7 - výpustní štola
  - 8 - šoupátková šachta
  - 9 - informační tabule
  - 10 - manipulační objekt s provozním uzávěrem
  - 11 - informační tabule
  - 12 - schůdky
  - 13 - boční přeliv s kaskádovitým odpadem
  - 14 - informační tabule
  - - - značená prohlídková trasa

Příloha č.14 Přehled havárií přehrad datovaný od roku 1860, jejich protržení přineslo oběti na lidských životech  
Zdroj: Jauhari,1999.

Přehrada	Stát	Typ hráze	Výška hráze (m)	rok výstavby	rok havárie	důvod protržení	počet obětí
Dale Dyke	Anglie	sypaná	29	1858	1864	přelití	250
Iruhaike	Japonsko	sypaná	28	1633	1868	přelití	>1000
Mill river	MA, USA	sypaná	13	1865	1874	chyby výstavby	143
El habra	Alžír	kamenná	36		1881	přelití	209
Valparaíso	Chille	sypaná	17		1888	chyby výstavby	>100
South Fork	PA, USA	sypaná	22	1853	1889	přelití	2
Walnut Grove	AZ, USA	kamenná	34	1888	1890	přelití	150
Bouzey	Francie	tížná	15	1881	1895	chyby výstavby	150
Austin	PA, USA	tížná	15	1909	1911	chyby výstavby	80
Lower Otay	CA, USA	kamenná	40	1897	1916	přelití	30
Bílá Desná	ČR	sypaná	17	1915	1916	chyby výstavby	65
Tigra	Indie	tížná	24	1917	1917	přelití	>1000
Gleno	Itálie	tížná	44	1923	1923	chyby výstavby	600
Eigiau	Wales	tížná	11	1908/19	1925	přelití	16
St. Francis	CA, USA	klenbová	62	1926	1928	chyby výstavby	450
Alla Sella Zerbio	Itálie	tížná	12	1923	1935	přelití	>100
Malpasset	Francie	klenbová	61	1954	1959	eroze	421
Orós	Brazílie	sypaná	54	1960	1960	přelití	1 000
Panshet	Indie	sypaná	54	1879	1961	přelití	>1000
Nanaksagar	Indie	sypaná	16	1962	1967	přelití	100
Sempor	Indonésie	kamenná	54	1967	1967	chyby výstavby	200
Frias	Argentina	kamenná	15	1940	1970	přelití	42
Canyon Lake	SD, USA	kamenná	6	1938	1972	přelití	237
Machhu	Indie	kamenná	26	1972	1979	přelití	>2000
Baniquao	Čína	kamenná		po 1950	1975	chyby výstavby	230
Taus	Španělsko	kamenná	77	1980	1982	přelití	20
Kantalai	Srí lanka	kamenná	15	1952	1986	eroze	82
Sargazon	Tádžikistán		23	1980	1987		19
Belci	Rumunsko	sypaná	18	1962	1991	přelití	48
Gouhou	Čína	kamenná	71	1987	1993	eroze	342
Tirlyan	Rusko	sypaná	10	1987	1994	chyby výstavby	37

Příloha č.15 Profil protržené přehrady z dnešního pohledu  
Zdroj: [http://www.jizerky.eu/bila\\_desna.php](http://www.jizerky.eu/bila_desna.php)

