

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

KATEDRA BIOTECHNICKÝCH ÚPRAV

KRAJINY



**Fakulta životního
prostředí**

Vodní dílo Fláje – zásobárna pitné vody pro severočeskou hnědouhelnou oblast

Bakalářská práce

Vypracoval: Ladislav Süss

Vedoucí práce: doc. Ing. Jakub Štibinger, CSc.

© 2020 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Ladislav Süss

Krajinářství
Vodní hospodářství

Název práce

Vodní dílo Fláje – zásobárna pitné vody pro severočeskou hnědouhelnou oblast

Název anglicky

The water reservoir as a main source of water for the North Bohemian brown coal area

Cíle práce

Cílem této bakalářské práce je představení a popis zásobování pitnou vodou v severočeské hnědouhelné oblasti. Problematika je v práci popsána formou rešerše.

Bude zpracován podrobný popis historie a současnosti vodních děl ve světě i na našem území. Dále bude provedena analýza výstavby vodních děl a vyhodnocena jejich bezpečnost a vliv na životní prostředí. Podrobněji pak bude analyzována potřeba výstavby vodních děl v severočeské hnědouhelné oblasti. V práci pak bude podrobněji popsáno vodní dílo Fláje. Vyhledány budou všechny dostupné informace z různých literárních zdrojů, které budou v práci shrnuty. V závěru práce bude věnována pozornost úpravě vody Meziboří, u které bude vypracován podrobný popis úpravy vody.

Metodika

Prvním krokem při tvorbě práce bude seznámení s problematikou zásobování pitnou vodou v severočeské hnědouhelné oblasti, která se nachází v Ústeckém kraji na úpatí Krušných hor. Bude vysvětlen pojem vodní dílo a zpracován jejich podrobný popis historie ve světě i na našem území, vliv na životní prostředí a bezpečnost. Zároveň bude podrobněji analyzována potřeba výstavby vodních děl v severočeské hnědouhelné oblasti, které měly klíčovou funkci při vývoji zásobování vodou. Získané a vyhledané informace o vodním díle Fláje budou shrnuty z různých literárních a internetových zdrojů. V závěru práce bude podrobně popsáno fungování úpravny vody Meziboří. Při tvorbě práce bude využívána hlavně literatura od Prof. Ing. Vojtěcha Broži, DrSc., který se specializuje na přehradní nádrže. Přínos práce spočívá hlavně ve shrnutí získaných informací napříč literaturou a z internetových zdrojů. Získané informace budou adresovány zájemcům o problematiku zásobování pitnou vodou v severočeské hnědouhelné oblasti a v oblasti vodního díla Fláje.

Doporučený rozsah práce

60 – 80 stran včetně obrázků a grafů

Klíčová slova

Vodní dílo, úprava vody, Fláje, Meziboří, přehrada, pitná voda

Doporučené zdroje informací

BROŽA, V. a kol. Přehrady Čech, Moravy a Slezka. Liberec: Knihy 555, 2005. ISBN 80-86660-11-7

BROŽA, V. Přehrady v České republice 2010: rekonstrukce, mechanizace, sanace a opravy. Praha: Český přehradní výbor, 2011. ISBN 978-80-260-0789-0

Hospodaření vodou, 2019. Praha: ČKAIT. Stavební kniha. ISBN 978-80-88265-15-3.

JERMÁŘ, Milan, 1982. Vodní hospodářství. Praha: Nakladatelství technické literatury.

PATERA, A., NACHÁZEL, K., FOŠOMPAUR, P. Nádrže a vodohospodářské soustav 110. Praha: ČVUT, 2002. ISBN 80-01-02620-5.

Předběžný termín obhajoby

2019/20 LS – FŽP

Vedoucí práce

doc. Ing. Jakub Štibinger, CSc.

Garantující pracoviště

Katedra biotechnických úprav krajiny

Konzultant

ing Purnoch

Elektronicky schváleno dne 27. 3. 2020

prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 27. 3. 2020

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 27. 03. 2020

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci *Vodní dílo Fláje – zásobárna pitné vody pro severočeskou hnědouhelnou oblast* jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Litvínově dne 27. 6. 2020

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval doc. Ing. Jakobovi Štibingerovi, CSc. za jeho cenné rady, připomínky a čas, který mi věnoval při vypracování bakalářské práce. Poděkování patří také vedoucímu hráznému vodního díla Fláje, panu Pavlu Michalkovi. Moc rád bych poděkoval mojí mamce Radce Válové za podporu a rady při studiu. Poděkování míří také ke všem, kteří mi během studia pomáhali a pomohli při vypracování bakalářská práce.

Abstrakt

V bakalářské práci se zabývám vodním dílem Fláje, které je zásobárnou pitné vody pro severočeskou hnědouhelnou oblast. V první části se věnuji problematice zásobování pitnou vodou v severočeské hnědouhelné oblasti, obecně se věnuji vodním dílům, kde rozebírám jejich historii, účel a vliv na životní prostředí. Druhou část práce pak věnuji konkrétnímu dílu v Krušných horách. Popisuji zde všechny důležité skutečnosti týkající se přehrady. Dále pak následnou úpravu vody v úpravně vody Meziboří, kde popisuji a vysvětluji celý technologický proces úpravy vody na vodu pitnou.

Klíčová slova: Vodní dílo, úpravna vody, Fláje, Meziboří, přehrada, pitná voda

Abstract

In my bachelor thesis I deal with the water work Fláje, which is a reservoir of drinking water for the North Bohemian brown coal area. The first part is devoted to the issue of drinking water supply in the North Bohemian brown coal area, generally I deal with water works, where I analyze their history, purpose and impact on the environment. The second part of the work is devoted to a specific work in the Ore Mountains. Here I describe all the important facts about the dam. Furthermore, the subsequent water treatment in the water treatment plant Meziboří, where I describe and explain the entire technological process of water treatment for drinking water.

Keywords: Waterworks, water treatment plant, Fláje, Meziboří, dam, drinking water

Seznam použitých zkratk

VD - Vodní dílo

ÚV - Úpravna vody

MVE - Malá vodní elektrárna

SčVK - Severočeské vodovody a kanalizace

SVS - Severočeská vodárenská společnost

m.n.m. - metr nad mořem

Obsah

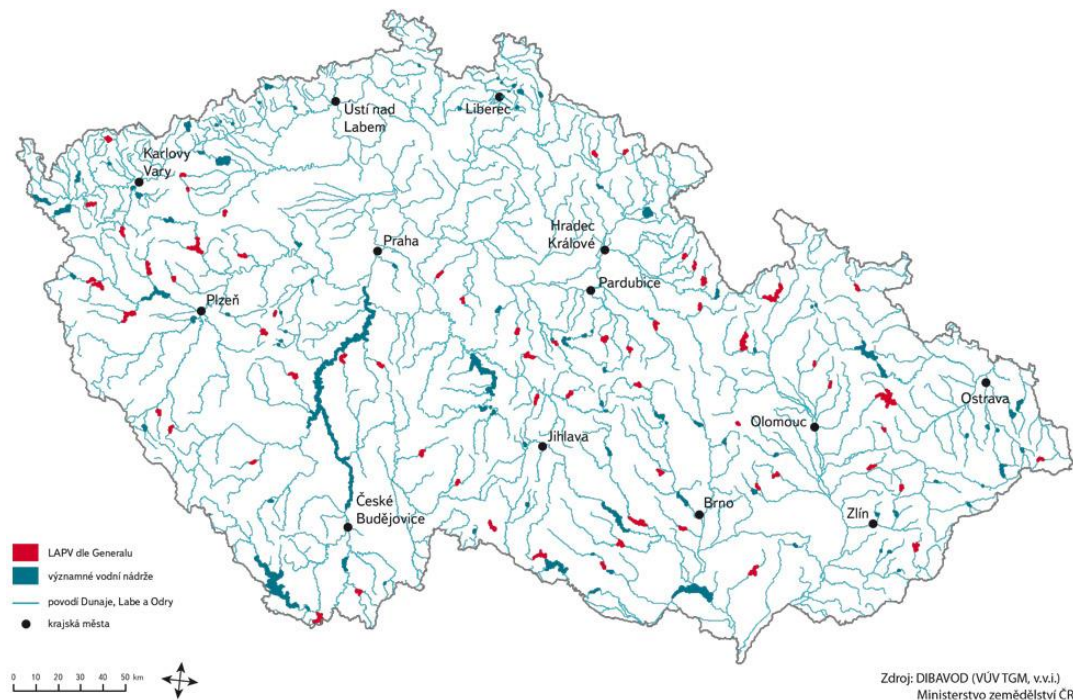
1. Úvod.....	10
2. Cíle práce	13
3. Metodika	13
4. Problematika zásobování pitnou vodou v severočeské hnědouhelné oblasti.....	14
5. Vodní dílo	16
5.1 Definice vodního díla	16
5.2 Přehrady a nádrže	16
5.2 Dělení nádrží	17
5.2.1 Typy přehrad.....	18
5.3 Součásti přehrad	22
5.4 Význam	24
5.5 Historie a současnost	26
5.5.1 Historie ve světě.....	26
5.5.2 Současnost ve světě	28
5.5.3 Historie na našem území.....	28
5.5.4 Současnost na našem území.....	29
5.6 Vliv na životní prostředí.....	30
5.7 Bezpečnost.....	33
6. Přírodní podmínky zájmového území	37
6.1 Krušné hory	37
6.2 Mostecká pánev	38
7. Vodní díla vodohospodářské soustavy v severočeské hnědouhelné oblasti	40
7.1 Vodní dílo Kamenička.....	40
7.2 Vodní dílo Jezeří	41
7.3 Vodní dílo Janov	41
7.4 Vodní dílo Křimov	42
7.5 Vodní dílo Jirkov.....	42
7.6 Vodní dílo Přísečnice	43
8. Vodní dílo Fláje	44
8.1 Historie	44
8.2 Stavba	46
8.3 Účel a kapacita vodního díla	47
8.4 Flájský potok	48
8.5 Technické parametry	48

8.5.1	Vzdouvací objekt – hráz	48
8.5.2	Výpustná zařízení	49
8.5.2.1	Spodní výpusti.....	49
8.5.2.2	Bezpečnostní přeliv	49
8.5.2.3	Odběrný objekt, štola a tlakové potrubí	50
8.5.3	Rozdělení prostoru nádrže	50
8.6	Kvalita vody v nádrži	52
8.7	Ochranné pásmo vodního zdroje	52
8.8	Malá vodní elektrárna Fláje.....	53
9.	Úpravna vody Meziboří	54
8.1	Rekonstrukce	55
8.2	Technologie úpravy vody	56
9.	Malá vodní elektrárna Meziboří.....	58
10.	Diskuse.....	59
11.	Závěr	61
12.	Seznam použitých zdrojů	63
14.	Seznam tabulek	70
15.	Seznam obrázků	71
16.	Přílohy	73

1. Úvod

Voda představuje jednu ze základních složek na Zemi a její povrch pokrývá ze 71 %. Na severní polokouli je to 61 % a na jižní polokouli 81 %. Celkem je tak na Zemi 1,45 miliard krychlových kilometrů vody. Více jak 99 % těchto zásob ale není zatím využitelných pro potřeby lidské společnosti. Tvoří tak pasivní rezervu, která není bezprostředně v oběhu. Z velké části je tvořena slanou mořskou vodou a zmrzlou sladkou vodou obsaženou v ledovcích v Antarktidě, Arktidě a Grónsku. Pouhou setinu celkových zásob vody na Zemi tvoří tekutá sladká voda. Především je to voda podzemní. Zhruba polovina této vody se ale nachází v hloubkách větších než tisíc metrů. Povrchová voda činí 1,4 % zásob sladké tekuté vody. Z velké části je tato voda obsažena ve velkých světových jezerech. Největší skupinu sladkovodních jezer na Zemi tvoří: Hořejší jezero, Huronské jezero, Michiganské jezero, Erijské jezero a Ontarijské jezero. Tato jezera se nachází v Severní Americe a zasahují jak na území Kanady, tak na území Spojených států amerických. Člověk se začal zabývat problémem hospodaření a zásobování vodou v okamžiku, kdy se začalo rozvíjet zemědělství. Souviselo to se zajištěním pravidelné závlahy polí, na kterých člověk hospodařil. V prvopočátcích osobní potřeba vody byla malá, a proto vodohospodářské činnosti nevyžadovala. To nastalo až s rozvojem civilizace. Existence nejvýznamnějších starověkých kultur závisela na organizovaném vodním hospodářství. Zápory zajišťovaly možnosti přirozených hnojivých závlah výtopou pro úrodná území Číny, Indie, Egypta a Mezopotámie. Vzhledem ke zkušenostem člověka s vodou v krajině se v průběhu historie vyvinul velmi široký obor vodního hospodářství. Podstatnou měrou ovlivnil možnosti života v lidské společnosti. Zároveň se nesmazatelně zapsal do vývoje a vzhledu krajiny. Příkladem může být starověký Egypt, jehož kultura závisela na životodárných záplavách a důmyslných zavlažovacích kanálech. Už kolem roku 4500 před našim letopočtem bylo zřejmě zavlažováno již milión hektarů půdy. Starověké závlahové soustavy zanikaly především z důvodu zasolení půdy, způsobeném nevhodným provozem, zejména trvale zvýšenou hladinou podzemní vody. Dále pak zanesením nádrží a havárií hrází, zničením odběrných objektů erozní činností vodního toku, zvýšením úrovně zavlažovaných polí dlouholetou sedimentací kalů. Důležitým činitelem byly také válečné události, při kterých docházelo často k devastaci důležitých částí soustav.

S rostoucím množstvím závlahových sítí se rozvíjela také ochrana proti povodním. V Číně byly vybudovány kolem roku 2300 před našim letopočtem ochranné hráze podél úseků řek Hoang-ho a Jang-c-Kiang, které zajišťovaly ochranu před dvacetiletou vodou. Velké závlahové kanály, které tvořily síť, umožňovaly vodní dopravu. První přehrady vznikaly především v Číně, Indii, Středomoří a na Středním východě. Na území Íránů je evidováno přes 59 starověkých a středověkých nádrží. Odběrné objekty pro závlahu byly často dočasné. Byly tvořeny neúplnými jezy a vějířovitou soustavou kanálů. Po povodních se pak tyto objekty rekonstruovaly. Využívaná byla systematicky také voda podzemní. Byla jímána studněmi ale i podzemními štolami, které se nazývaly ghanáty a karezy. Budovaly se pomocí spojování studní, vzdálené od sebe 20 až 100 metrů. Pro rozvod vody do měst byly vybudovány vodovody s podzemními, ale i povrchovými přivaděči. Akvadukty překonávaly nerovnosti v terénu a nebyly římským vynálezem. Byly vyvinuty ze starších systémů dopravy vody, jako byly perské ghanáty. Evropské středověké státy na vyspělé vodohospodářské kultury nenavázaly. Vodohospodářská tradice se v tomto období udržovala zejména ve státech na Pyrenejském poloostrově, ve Středomoří a na Středním východě. Česká republika je nazývána střechou Evropy. Znamená to, že všechna voda, která dopadne na naše území odtéká pryč. V Evropě má náš stát 4. nejmenší zásoby vody. Jsme proto závislí na srážkové vodě. V posledních letech jsou čím dál častější období sucha, kdy jsou srážky minimální. To vede k úbytku hladiny podzemních vod a nedostatku vody v zemědělství. Výstavba nových přehrad je proto v poslední době hodně probírané téma. Na obrázku 1 můžeme vidět modrou barvou již vybudované významné vodní nádrže a červenou barvou jsou označena místa, která by byla pro výstavbu nových nádrží nejvhodnější. Jenom výstavbou přehrad ale tenhle problém nevyřešíme. Nejúčinnější způsob uchování srážkové vody je její zadržení v krajině. Musíme se také naučit lépe hospodařit s vodou, efektivněji vodu využívat, minimalizovat její znečištění a zlepšit dostupnost vody v oblastech, kde je jí nedostatek, (Jermář, 1982; Urbanová, 1999; Stoplusjednicka, 2019; Romanaqueducts, 2020; Seznam zprávy, 2020).



Obr. 1: Lokality chráněné pro akumulaci povrchových vod podle Generelu (2011), (zdroj: <https://www.vtei.cz/2015/12/zvladani-sucha-a-vystavba-vodnich-nadrzi-v-kontextu-uzemniho-planovani/>).

První část bakalářské práce se věnuje problematice zásobování vodou v severočeské hnědouhelné oblasti. Dále jsou popsána vodní díla obecně, jejich historie a současnost ve světě i na našem území. Popsány jsou jednotlivé typy přehrad. Věnována je i pozornost bezpečnosti a vlivu vodních děl na životní prostředí. V druhé části práce jsou vybrána nejdůležitější vodní díla v severočeské hnědouhelné oblasti a následně jsou také popsána. Podrobněji je pak popsáno vodní dílo Fláje včetně podrobných technických údajů s technickými schémata doplněnými fotografiemi. V závěru práce je kladen důraz na úpravu vody Meziboří s podrobným popisem použité technologie na úpravu vody. Bakalářskou prací bylo dosaženo sjednocení získaných informací, které byly vyhledány v různých literárních a internetových zdrojích. Vypracování přineslo ucelené informace o problematice zásobování vodou v severočeské hnědouhelné oblasti a je adresované případným zájemcům o tematiku vodního díla Fláje.

2. Cíle práce

Cílem této bakalářské práce je prostřednictvím literární rešerše představit problematiku zásobování pitnou vodou v severočeské hnědouhelné oblasti. Bude vypracován podrobný popis historie a současnosti vodních děl, a to jak ve světě, tak i na našem území. Dále bude provedena analýza výstavby vodních děl a vyhodnocena jejich bezpečnost a jejich vliv na životní prostředí. Dále bude analyzována potřeba výstavby vodních děl v severočeské hnědouhelné oblasti. V práci bude podrobně popsáno vodní dílo Fláje včetně jeho technických parametrů a jeho součástí. V závěru práce bude věnována pozornost úpravě vody Meziboří, popsána jeho nedávná rekonstrukce a použité technologie při úpravě vody.

3. Metodika

Hlavní metodou této bakalářské práce je literární rešerše. Je využita analýza, sběr a následná kompletace z různých knižních odborných literárních zdrojů, která je doplněna o získané informace z internetových zdrojů. Bakalářská práce je rozdělena do dvou částí. V první části je přiblížena problematika zásobování pitnou vodou v severočeské hnědouhelné oblasti a jsou obecně popsána vodní díla, včetně jejich definice, rozdělení a součásti přehrad. Dále byla vyhledána historie a současnost vodních děl ve světě i na našem území a také jejich vliv na životní prostředí a bezpečnost. V druhé části byly vyhledány důležité dostupné informace o vodních dílech vodohospodářské soustavy v severočeské hnědouhelné oblasti doplněné o vodní díla, které do této soustavy sice nepatří, ale bezprostředně s nimi souvisí. Především společnou historií a účelem, ke kterému byla všechna tato vodní díla vybudována. Podrobněji je pak popsáno vodní dílo Fláje, včetně jeho historie, účelu, technických parametrů a všech jeho součástí. V závěru bakalářské práce je popsána úprava vody Meziboří včetně její nedávné rozsáhlé a důležité rekonstrukce, která zde byla provedena. Podrobně je popsána použitá technologie úpravy vody. Je zmíněna i špičková malá vodní elektrárna, která se nachází u ústí tlakového potrubí, které přivádí vodu z vodního díla Fláje do úpravny vody Meziboří.

4. Problematika zásobování pitnou vodou v severočeské hnědouhelné oblasti

S rozvojem a koncentrací průmyslu ve druhé polovině 19. století v severočeské hnědouhelné oblasti, začalo docházet ke kritické situaci. Problémem bylo zajištění dostatečného množství i potřebné kvality vody. Bylo potřeba najít nový způsob, kde získat vodu, která by se dala využít jak pro obyvatelstvo, tak průmysl. Souběžně s rozvojem dobývání uhlí v severočeské hnědouhelné pánvi vznikala i nová průmyslová odvětví. Chemický, ocelářský, sklářský, textilní, keramický a potravinářský průmysl potřeboval novou pracovní sílu. To vedlo k přistěhování nového obyvatelstva převážně z centrálních Čech a začalo tak docházet k projevům nedostatku pitné vody. Voda se do té doby čerpala převážně ze studní, nebyl jí dostatek a její kvalita byla nevyhovující. Řešení tohoto problému přinesl profesor A. R. Harlachner. V letech 1871 až 1872 navrhl rekonstrukci Novodomských rybníků, které se nachází v náhorní části Krušných hor. Plánoval výstavbu zděné přehrady v Bezručově údolí na Chomutovce, přibližně jeden kilometr nad soutokem s Kameničkou. Výška hráze měla dosahovat 38 metrů. Firma Rumpel a Niklas vypracovala projekt, při němž vypočítala potřebu litrů vody na osobu a s tím související potřebný objem nádrže. Dále probíhaly práce na dalších studiích. Výstavba přehrady se na tomto místě ukázala jako nevhodná, z důvodu nedostatečného přítoku na Chomutovce. Po posouzení všech projektů bylo rozhodnuto o výstavbě vodního díla Kamenička v samém konci 19. století. Při mimořádném zasedání obecního zastupitelstva, které se konalo 1. prosince 1898, předložil pan starosta Anton Schiefer plány firmy na realizaci a přitom poznamenal: *„Vzhledem k epochálnímu významu celé stavby, která v současné době nemá sobě rovné v Rakousku, a vzhledem k eminentnímu významu zásobování města vodou, nelze výročí vlády krásněji oslavit než tak, že je učiníme výchozím bodem skutečného řešení otázky zásobování vodou a že označíme nejdůležitější objekt císařovým jménem, který vždy byl vřelým podporovatelem kulturních a humanitárních snah ve všech oblastech.“* Tato slova použil Anton Schiefer z důvodu 50. výročí vlády Jeho Veličenstva Císaře Františka Josefa. Jeho Výsost vzala projev na vědomí a městské obci Chomutov bylo uděleno právo pojmenovat první vystavenou přehradu jako Údolní přehradu Císaře Františka Josefa. Výstavba vodního díla Kamenička na dlouhou dobu vyřešila problematiku pitné vody

a vody pro průmysl na Chomutovsku. Realizace stavby byla také prvním článkem v dnešní vodohospodářské soustavě severočeské hnědouhelné oblasti. Na přelomu 19. a 20. století, kdy došlo k první vlně hospodářského rozvoje a vodní zdroje nepostačovaly rostoucím potřebám vody měst a průmyslových závodů, začala vznikat další vodní díla, která byla vrcholnými inženýrskými díly. Přípravou a realizací se zabývaly české i zahraniční firmy. Dalším v pořadí vybudovaným vodním dílem bylo v roce 1904 Jezeří, později pak v roce 1914 Janov. Druhá vlna výstavby vodních děl patří do poválečného období v rozmezí let 1950 až 1980. Situace z roku 1962, kdy se v Chomutově přidělovalo na obyvatele 15 litrů vody denně, byla alarmující. V té době se už naštěstí začaly budovat nové zdroje vody, kterými byly Fláje, Křimov a Jirkov. Rozhodujícím zdrojem bylo vybudování vodního díla Přísečnice. Propojení jednotlivých zdrojů, skupinových vodovodů a realizace převodů, vedly ke vzniku vodohospodářské soustavy. Ta slouží v případě nedostatku vody v jedné oblasti jako zásobení vodou z jiného zdroje. Soustava zajistila dodávku vody od Chomutovska až po Ústecko. Je také zajištěna stabilita kvality vody a na dlouhou dobu minimalizována možnost nedodání vody v oblasti. Plánovaná potřeba užitkové vody se v předpokládané spotřebě nikdy nenaplnila. V 90. letech 20. století nastal prudký pokles odběrů vody nižšími potřebami dosavadních odběratelů. V roce 2003 došlo k definitivnímu ukončení vodárenského odběru z vodního díla Janov a Jezeří a k uzavření úpravny vody, napájené vodou z těchto děl. Do budoucna ale nabízejí kapacitu a možnosti, jak se vypořádat s očekávanými změnami klimatu. V současnosti, kdy se zdá být problematika zásobování pitnou vodou vyřešena, je důležité zachovat již vybudovaná vodní díla. I ta nejstarší vodní díla můžou posloužit opět jako nepostradatelný zdroj vody, (Němec, 2009; Valášek, 2009; Přehrady Povodí Ohře, 2010; Dvořák, 2016).

5. Vodní dílo

5.1 Definice vodního díla

Vodní díla jsou stavby, které slouží ke vzdouvání a zadržování vod, umělému usměrňování odtokového režimu povrchových vod, k ochraně a užívání vod, k nakládání s vodami, ochraně před škodlivými účinky vod, k úpravě vodních poměrů nebo k jiným účelům sledovaným zákonem 254/2001 Sb. o vodách. Za vodní díla nejsou považována jednoduchá zařízení, ke kterým není potřeba povolení ani souhlasu vodoprávního úřadu. Příkladem mohou být jednoduché hrázky na pozemcích sloužící k zachycení a k neškodnému odvedení vody. Na ochranných hrázích je zakázáno vysazovat dřeviny, jezdit po nich vozidly. Dále není dovoleno poškozovat měřicí zařízení a značky a další zařízení, sloužící k plnění úkolů díla. Na návrh vlastníka vodního díla, může vodoprávní úřad stanovit ochranná pásma vodního díla a omezit či zakázat na nich provádění některých činností a staveb. Vlastníci pozemků nacházejících se na území ochranných pásem mají nárok na náhradu majetkové újmy. Vlastník vodního díla je povinen dodržovat podmínky rozhodnutí o nakládání s vodami, stavebního a kolaudačního rozhodnutí. Vodoprávní úřad může požadovat ke schválení předložení manipulačního a provozního řádu vodního díla podle ustanovení vyhlášky č. 195/2002 Sb. Je to z důvodu zajištění bezpečného provozu vodního díla, (§ 55 odst. 1 zákona č. 254/2001 Sb.; Slavík, Neruda, 2004).

5.2 Přehrady a nádrže

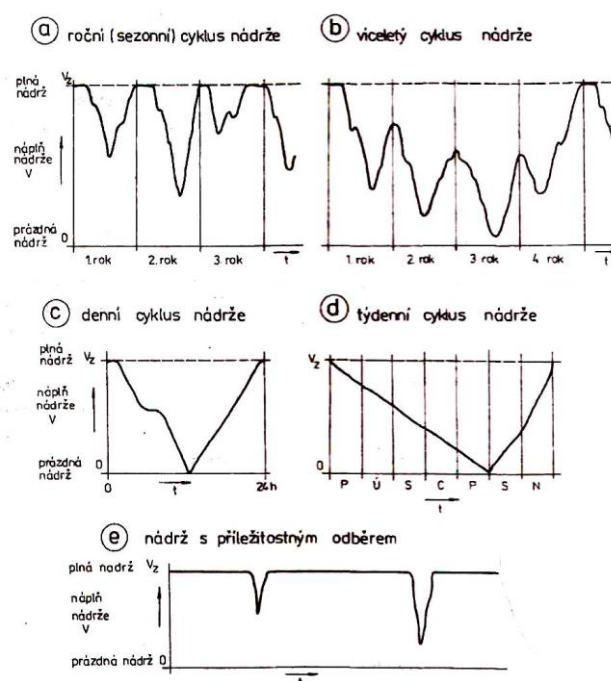
Přehrady a údolní nádrže jsou důležité vodohospodářské stavby. Jejich potřeba je přirozeně vyšší v zemích bez moří, velkých jezer a s převahou horních toků. Mají velký význam pro akumulaci vody, podílí se na tvorbě klimatu a zvětšení zásob podzemních vod. Vodní nádrží označujeme omezený prostor k hromadění vody pro její pozdější využití. Dále pak k zachycení povodňových průtoků a ochraně údolí pod nádrží. Nádrž vymezuje návodní líc přehrady, maximální hladinu, dno a okolní údolí. Nádrže obvykle plní jednu nebo více funkcí a budují se za určitým účelem. Důležitost výstavby vodních nádrží si patřiční odborníci uvědomovali již na konci 19. století. V první polovině 20. století pak nastal výrazný rozvoj, kdy vzniklo velké množství návrhů, z nichž se některé realizovaly až po roce 1950. Spousty dalších pak zůstaly neuskutečněné dodnes. Generace před námi zřejmě vnímaly naléhavěji potřebu

zadržování vody v krajině pro její všestranné využití a ochranu před povodňovými stavy. Spousta lidí se domnívá, že to byl požadavek komunistické éry. Není tomu tak. Množství návrhů vzniklo ještě před socialistickým obdobím naší republiky. Lidé, kteří tedy s těmito návrhy přišli, rozhodně nebyli nijak zatíženi komunistickou ideou, která u nás panovala v druhé polovině 20. století. Na tomto tvrzení nic nemění ani skutečnost, že byly tyto stavby veřejnosti prezentovány jako významné úspěchy komunistické vlády v tehdejší Československu a stejně tak vnímané jako její negativní dědictví. Výstavba vodních nádrží je u nás nezbytná. Hlavním důvodem je skutečnost, že je většina obyvatel České republiky zásobována pitnou vodou z povrchových vodních zdrojů, velkou částí z vodních nádrží. Podle vodohospodářů rozlišujeme nádrž jako prostor, ve kterém je možné zadržovat vodu pro její pozdější využití nebo zachytit přívalovou vodu v období povodní. Přehradou nazýváme stavbu, která umožnila vytvoření umělé nádrže. V médiích i mezi laickou veřejností se často setkáváme se zaměňováním pojmů přehrady a nádrže. Kdy přehrada je betonový objekt nebo zhutněný násyp, který umožňuje zadržet vodu a nádrž místem, kde je zadržena voda. Pojem vodní dílo pak používáme souhrnně pro nádrž, přehradu, přeliv, výpusti, popřípadě další související objekty, (Broža, 2005b; Milerski, 2005).

5.2 Dělení nádrží

Existuje několik rozdělení nádrží, které se dělí podle vzniku, účelu, způsobu vedení toku a podle trvání cyklu řízení odtoku. Podle vzniku dělíme nádrže na přírodní a umělé. Přírodní nádrže vznikly bez zásahu člověka a jejich původ může být tektonický, krasový, ledovcový nebo třeba vulkanický. Umělé nádrže jsou ty, které jsou vytvořené člověkem z důvodu určitého záměru. Podle účelu rozdělujeme nádrže na zásobní, ochranné, vytvářející vodní prostředí a upravující (měnící) vlastnosti vody. Zásobní nádrže jsou určeny pro odběr vody nebo nadlepšují průtoky v toku pod nádrží. Ochranné nádrže jsou schopny snížit povodňové průtoky tím, že zachycují špičky povodňových průtoků. Nádrže vytvářející vodní prostředí umožňují chov ryb, vodní drůbeže, rekreaci, vodní sporty nebo zlepšují životní prostředí. Do nádrží, které upravují vlastnosti vody, patří například usazovací nádrže a také různé účelové nádrže. Dále mohou být nádrže protékané nebo neprotékané. Protékané jsou vytvořené přímo na vodním toku a neprotékané jsou ty, které jsou vybudované mimo tok s uměle vytvořeným přítokem a odtokem. Nádrže můžeme rozdělit také podle trvání cyklu

řízení odtoku z nádrže. Ty jsou rozděleny na víceleté, roční, krátkodobé a s nepravidelným cyklem. Víceletý cyklus znamená, že nádrž není schopná po částečném nebo úplném vyprázdnění zásobního prostoru jej během každého roku opět zcela zaplnit. Roční je sezonní cyklus řízení odtoku. Krátkodobý znamená, že cyklus proběhne během relativně krátké doby například během jednoho dne až týdne. Podle doby trvání se pak nádrž nazývá s denním či týdenním řízením odtoku. Nádrže s nepravidelným cyklem jsou ty, na kterých probíhá příležitostný odběr, (Starý, 1992; Milerski, 2005; Havlík, 2016).



Obr. 2: Rozdělení nádrží podle trvání cyklu řízení odtoku z nádrže.
(zdroj: Havlík A., Nádrže a přehrady).

5.2.1 Typy přehrad

Na základě použitého druhu konstrukčního materiálu dělíme přehrady postavené z místního materiálu, dále přehrady betonové, zděné, dřevěné, ocelové nebo kombinované z různých druhů materiálů. Přehrady vybudované z místního materiálu jsou sypané z hornin a zemin, které se těží nedaleko místa, kde se přehrada staví. Nevznikají tak vysoké náklady pro jejich dopravu. Mohou být zemní, kde základ tvoří vhodná zemina, dále kamenité, kde je použité kamenivo většího zrna, nebo smíšené, jejichž stabilizační část je zčásti kamenitá a zčásti zemní. Sypané přehrady jsou vždy tížnými. Konstrukce betonové vykazují mnohem širší paletu zachycení a zakotvení sil hydrostatického tlaku. Přehrady betonové se staví z vhodných druhů betonů ze

speciálních cementů a vhodného kameniva. K redukci smršťování betonu se může přidat případně elektrárenský popílek. Dle způsobu přenášení hydrostatického tlaku vody rozlišujeme přehrady tížné, kopulové, klenbové nebo kotvené, které jsou ale méně časté, (Kučera, 2009).

Betonové přehrady jsou postaveny z vodostavebního betonu, na který jsou kladeny přísné požadavky uvedených v normách. Důležité je, aby byl beton vodotěsný, trvanlivý, měl malou nasákavost a dobrou zpracovatelnost. Z důvodu masivní konstrukce, kterou přehrada tvoří, nesmíme opomenout ani správné zvolení betonové směsi. Při tvrdnutí betonu se musí omezit vývin hydratačního tepla, aby v betonu nevznikaly tepelné trhliny, které by mohly narušit statiku přehrad. Na přehradách postavených u nás se toho dosahovalo tak, že se do směsi betonu přidával popílek z elektráren. Těleso přehrad se dělí svislými spárami, které jsou kolmé na osu přehrad. Tím vznikají jednotlivé bloky. U tížných přehrad jsou tyto bloky nejčastěji široké 15 metrů, u pilířových je to 13 metrů a u klenbových přehrad je tato šířka 8 až 10 metrů. Po skončení betonáže klenbové přehrad se vzniklé bloky zmonolitňují injektáží. Na návodní straně u pilířových a tížných přehrad se spáry mezi bloky těsní. Slouží jako dilatační spáry. Betonáž probíhá postupně po blocích. Ty se betonují po vrstvách a ty se dělí na pracovní bločky, které jsou vysoké obvykle 1,5 až 2 metry. Půdorysná ploch se volí tak, aby bylo bloček možno vybetonovat za jednu pracovní směnu. Rozdělení je také z důvodu snazší kontroly vývinu hydratačního tepla, které při betonování vzniká. Nejprve se začíná v údolní části přehradního profilu. Je to z důvodu, aby bloky sloužily pro zajištění a betonáže ve svazích. Postupně se pak betonuje i směrem do svahu. Betonáž klenbové přehrad se provádí obvykle z jednoho druhu betonu. Tížné přehrady je výhodné betonovat u obou líců kvalitnějším plášťovým betonem. Vnitřní část přehrady je pak vhodné vyplnit jádrovým betonem s menší pevností. Vztlaková síla, která je vyvolána prosakující vodou nepříznivě ovlivňuje stabilitu tížné přehrad. Na návodní patě přehrady se proto provádí injekční clona, která těsní skalní podloží. Injekční clona se na vzdušné straně hráze doplňuje drenážními vrty. Dále se v tělese tížné přehrad provádějí kontrolní chodby. Ty umožňují kontrolovat těsnost dilatačních spár a také provádět potřebná měření a pozorování. Ve snaze omezit velikost vztlaku na základové spáře tížné přehrad vznikly přehrady pilířové. Betonové bloky pilířové přehrad jsou vylehčeny velkými dutinami. Mají tvar pilíře s tenkým dříkem, silným návodním nebo návodním a

vzdušním zhlavím. Existují ale také případy, kdy se použily také zdvojené pilíře. Sklon návodní strany přehrady bývá větší než u tížné přehrady. Složitější tvar pilíře je důsledkem úspory betonu. Ten komplikuje bednění a betonáž. V místě, kde mají být umístěny přelivy a spodní výpusti, se musí pilíře podstatně upravit. Klenbová přehrada se statickým působením se výrazně liší od předchozích dvou typů betonových přehrad. Svým tvarem přenášejí značnou část působícího zatížení do boků údolí. Může to být buď přímo nebo pomocí betonových opěr. Při stavbě tohoto druhu přehrady musí být zvolen vhodný tvar přehradního profilu. Pečlivě musí být vybrané ale i místo s únosným skalním podložím, aby se nenarušila statika přehrady. Při řešení statiky přehrady se kromě vlastní tíhy a zatížení vodou v nádrži musí uvažovat také o vlivu změn teploty. Vztlak je obvykle zanedbatelný. Tvar tělesa při stavbě tohoto typu přehrad může být buď zakřivený ve vodorovném směru, nebo zakřivený ve vodorovném i svislém směru. Druhá možnost je staticky výhodnější než první. Přelivy se často umísťují mimo přehradu, protože není vždy jednoduché umístění v tělese hráze. Náročná je i celková stavba co se týká kvality betonu a bednění pracovních bločků. Další typy přehrad vznikají kombinací mezi klenbovou, tížnou a pilířovou. Existuje tak například tížná přehrada s klenbovým účinkem, která vzdoruje zatížením svou tíhou i klenbovým účinkem. Zřídka se používá i členěná klenbová přehrada, která je tvořena několika klenbami, které jsou zakřivené ve vodorovném směru. Zakřivení v obou směrech je velmi ojedinělé. Klenby jsou od sebe oddělené pilíři. Vzhledem k jejich prostorovému působení je velmi obtížné statické řešení. Z těchto důvodů už proto došlo na několika postavených členěných klenbových přehradách k vážným poruchám. Ty většinou vznikly v pilířích a v místě napojení klenb do pilíře, (Broža, 2005a).

Sypané přehrady používají soudržné a nesoudržné zeminy i rozpojené horniny. Při jejich stavbě se vychází z materiálů, které jsou v ekonomicky přijatelné vzdálenosti od místa budoucí přehrady. Na základě zjištění fyzikálních vlastností, kdy se určuje především smyková pevnost materiálů, se navrhuje tvar a složení příčného profilu sypané hráze. Při stavbě sypané hráze musí být dodrženy dvě zásady. První zásadou je zvětšování propustnosti sypaniny směrem od středu příčného profilu k jeho svahům. Druhou zásadou je potřeba umístit zeminy s malou smykovou pevností do střední části příčného profilu. Pokud je to možné nejlépe do jeho dolní poloviny. Těleso sypané hráze se skládá z jednotlivých částí, které jsou: vzdušná stabilizační část, návodní

stabilizační část, ochranné vrstvy, drenážní prvky a opevnění návodního a vzdušného líce. Vzdušná stabilizační část je omezena vzdušným lícem přehrady a vzdušní stranou těsnění. Návodní stabilizační část je omezená návodní stranou těsnění a návodním lícem přehrady. Požadovanou nepropustnost přehradního tělesa zajišťuje těsnění. Mezi ochranné prvky patří filtry, přechodové a podkladní vrstvy. Ty chrání těsnění, ale nezajišťují jeho stabilitu. Pro kontrolu průsaku tělesem přehrady slouží drenážní prvky. Z těchto uvedených částí se některá z nich nemusí v sypané hrázi objevit. Například u sypaných přehrad, kde je návodní těsnění z betonu, není nutné mít ještě návodní stabilizační část. Zemní přehrady, které nemají těsnění z umělých materiálů, musí mít opevnění návodního líce. Opevnění vzdušného líce je nutné jen u těchto přehrad. Těsnění u sypaných přehrad dělíme na vnitřní nebo návodní. Vnitřní těsnění přehrady může být mírně ukloněno směrem po vodě nebo mít svislou osu. Návodní těsnění je uloženo na návodním svahu vzdušné stabilizační části. Proto je jeho osa vždy šikmá. V případě, že průsak nepřekročí přípustnou hodnotu, může být zemní přehrada bez těsnění. Těleso přehrady ale musí být z málo propustné zeminy. Naopak kamenitá ho musí mít vždycky. Při stavbě kamenitých přehrad jsou pro stabilizační část nejvhodnější magmatické horniny. Metamorfované horniny jsou používané méně. Výjimečně pak vápence, dolomity, pískovce a další sedimentované horniny. Stabilizační část zemní přehrad tvoří nejčastěji štěrkopísky, štěrky a hrubé písky. Použit lze i svahové suti a zvětralé horniny. Nejlepším materiálem pro těsnění sypaných přehrad jsou jílovité zeminy, hlíny nebo spraše. Používá se ale i asfaltový beton. V posledních letech se volí i plastické fólie. Použít se dá i vyztužený a předpjatý beton nebo ocel. Důležité je svahy sypaných přehrad chránit. Pokud jsou z málo odolných materiálů, používá se opevnění. Na návodním líci je nejvhodnější použití pohozy z lomového kamene. Dále pak štěrkový pohoz prolitý bitumenem a také asfaltový beton. Nejméně vhodné jsou pak betonové prefabrikáty. Vzdušní líc hráze je nejčastěji pokryt zatravněním. Tvoří dostatečnou ochranu proti dešťové erozi. Sypané přehrady se velmi často budují na neskálním a málo únosném a propustném podloží. Pokud se nepropustné podloží nachází v malé hloubce, pomocí těsnícího řezu nebo betonovým injekčním ozubem. Ten se napojí na těsnění sypané přehrady. Pokud se nepropustné podloží nachází ve větších hloubkách, použije se podzemní stěna. Předložený těsnící koberec ze zeminy a plastická fólie se používá u příliš velké hloubky nepropustného podloží. Délka koberce dosahuje i několik set metrů. Plastická

fólie prodlužuje průsakovou dráhu pod tělesem tak, aby celková velikost průsaku i hydraulických gradientů prosakující vody byla vyhovující. Při plánování příčného profilu sypané hráze je velmi důležité umístění a zvolený materiál těsnění. Podle toho dělíme sypané přehradu na: s návodním nebo středním zemním těsněním, s návodním betonovým těsněním, s návodním nebo středním těsněním z asfaltového betonu, s návodním nebo středním těsněním z plastických fólií a s návodním ocelovým těsněním. Zemní těsnění se díky vlastnostem soudržných zemin považuje jako nejspolehlivější. Betonové těsnění má výhodu snadného provádění, nepropustnosti a trvanlivosti betonu. Asfaltobetonové těsnění má výhodu ve velké pevnosti v tahu a smyku a nepropustnost. Plastické fólie se pro těsnění zatím používá poměrně méně často. Například u přehrad dočasného charakteru jako jsou stavební jímky nebo při opravách. Ocelové těsnění má výborné těsnící a přetvárné vlastnosti. Naopak je ale poměrně náročné na údržbu a drahé. Používá se hlavně, když není k dispozici jiný vhodný těsnící materiál a dají se očekávat velké deformace tělesa přehrad, (Broža, 2005a).

5.3 Součásti přehrad

Každá vzdouvací stavba musí být opatřena vhodným manipulačním zařízením, které je schopno zajistit požadované funkce vodního díla v běžném provozu ale i za mimořádných podmínek. Je to jeden z nejdůležitějších předpokladů bezpečnosti vodního díla. Součástí přehrad si můžeme představit jako nehrazené bezpečnostní prvky ale i elektronicky řízená zařízení k zajištění migrace ryb. Mezi součásti přehrad patří bezpečnostní přelivy, spodní výpusti a odběrné objekty. Dále také zařízení pro zajištění lodní dopravy a rybí přechody. Nejdůležitější součástí je bezpečnostní přeliv. Ten přehradní těleso chrání před přelitím. Delší působení přelítí přehrad by mohlo způsobit vážné poškození, nebo dokonce zničení betonové přehrad. Mnohem nebezpečnější je přelití sypané přehrad. Dochází k vytvoření erozní rýhy, která se rychle šíří. Proto obvykle už nejde zabránit protržení přehrad. Dimenzování přelivů podléhá státní normě. Podle ní se nejprve stanoví návrhová povodeň, nejčastěji stoletá. U větších nádrží se stanoví i kontrolní povodeň, ta bývá většinou tisíciletá. Existují dva typy přelivu. První je nehrazený, který je levnější a jeho funkce je zajištěná. Druhým typem je hrazený, který je poměrně finančně náročný na uzávěry. Jejich funkčnost závisí na obsluze. Nejčastějším hrazeným uzávěrem bývají klapky nebo

segmenty. Klapkové uzávěry dosahují výšky obvykle do 4 metrů. Segmenty se používají pro větší hrazené výšky a dosahují běžně 10 a více metrů. U betonových přehrad se nehrazené přelivy většinou umísťují do tělesa přehrady. Čelní přeliv je výhodný a jeho přelivná hrana je rovnoběžná s osou hráze. Přepadající voda je odváděna u tížných přehrad po vzdušném líci. U klenbových přehrad přepadající voda padá jako paprsek do vývaru. Přeliv u sypaných přehrad je vhodné umístit mimo těleso hráze. Pro malé návrhové průtoky se používá čelní přeliv a pro větší především boční. U bočního přelivu voda padá do spadiště. Lze také použít šachtový přeliv, který je vhodný do obtížného terénu. Přelivná hrana šachtového přelivu má kruhový tvar. Z čelního a bočního přelivu je voda odváděna skluzem. Je to otevřené koryto s bystrinným prouděním. Voda ze šachtového přelivu putuje štolou s volnou hladinou. Šachtový přeliv se dá navrhnout i jako volně stojící betonový objekt. Na našem území se stal základní součástí sdružených objektů. V těchto objektech jsou umístěny i spodní výpusti a je zde i odběrné místo. Z šachtového přelivu a ze spodních výpustí je voda společně odváděna odpadní štolou. Voda má volnou hladinu a prochází přehradním tělesem. K prázdnění nádrže a dodržení hladiny vody v toku slouží spodní výpusti. Množství vypouštěné vody je uvedeno v manipulačním řádě. Podle normy musí mít každá přehrada minimálně dvě výpusti. Na každé pak musí být tři uzávěry. Spodní výpusti u betonových přehrad jsou tvořeny nejčastěji potrubím. Ocelové potrubí může procházet celým tělesem nebo ústít do štoly. Sypané přehrady mohou mít dvojí dispoziční řešení. Ocelové potrubí může být umístěné v betonové štolě, která prochází skrz přehradním tělesem. Druhou možností je usazení krátkých spodních výpustí do zúžené štoly nebo tunelu. Ten pak prochází svahem přehradního profilu. Z důvodu sedání přehradního tělesa je druhá možnost bezpečnější. Sedání nemá vliv na výpusti. Tato možnost je ale velmi nákladná a používá se jen, když je nutné štolu nebo tunel použít pro převedení vody při stavbě přehrady. Odběrné objekty slouží nejčastěji pro jímání vody, která se pak dopravuje na úpravnu vody. Slouží ale také jako vtokové objekty pro vodní elektrárnu a odběr vody pro závlahu. Rozlišujeme dva typy objektů podle tlaků. Prvním je beztlakový objekt, ve kterém hladina kolísá velmi málo. Druhým je tlakový objekt, ve kterém je vtoková část vedena pod hladinou. Podle účelu odběru rozlišujeme objekty na vodu pro závlahy, pitné a průmyslové vody, pro výrobu elektrické energie pro odlehčení hlavního toku při povodních. Vtokové objekty pro vodní elektrárnu vyžadují speciální konstrukční řešení. V údolních přehradách

jsou odběrná místa často umístována do tělesa přehrady nebo do věžového objektu. Pro betonové tížné přehrady je vhodné umístění odběrného objektu do tělesa přehrady. U zemních hrází jsou častější věžové objekty. Sdružené objekty mají velký význam. Plní několik funkcí a jsou proto ekonomičtější než více jednoúčelových objektů. Vzniká tím úspora konstrukcí, základových prací, stavebních hmot, komunikačních spojů a vznikají tak i provozní výhody. Odběrné objekty se umísťují do prostoru stálého nadržení. Je to z důvodu, aby bylo možné využít celý zásobní prostor nádrže. Voda určená pro závlahu a výrobu pitné vody má vtoky v několika etážích. Podle toho se pak voda odebírá, aby měla vyhovující kvalitu a teplotu. Odběrné objekty musí být hydraulicky řešeny tak, aby tlakové ztráty na nich byly co nejmenší. Důležité je i jejich správné umístění v nádrži, aby se nezanášely splaveninami a aby nebránily správnému odstraňování splavenin z nádrže. Je důležité navrhovat odběrný objekt tak, aby nedošlo k vniknutí plovoucích částí do vtoku a musí být umožněna regulace odebírané vody. V případě nutnosti zachování lodní dopravy se budují lodní výtahy různých konstrukcí. Dle pohybu rozlišujeme tato zařízení na vertikální a šikmá. Šikmá zdvihadla můžeme dále rozdělit na podélná a příčná. Vertikální zdvihadla rozdělujeme na pístová, plováková a s protizávažím. Pístová zdvihadla se vždy budují jako dvojítá. Písty, které nesou žlaby pro lodě se pohybují v těsně uzavřených válcích, které jsou naplněny vodou a jsou vzájemně propojeny. U plovákových zdvihadel tvoří základ plováky, které jsou umístěny pod žlabem a vztlakem vyvažují tíhu lodě. Zdvihadla s protizávažím využívají ke kompenzaci tíhu žlabu, vodní náplň a lodě tíhu závaží, která jsou uchycena na lanech. Z důvodu zachování migrace ryb jsou v případě potřeby budovány rybí přechody. Poskytují rybám podobné podmínky, na které jsou zvyklé na volném toku. Jsou budovány převážně na jezích. U přehrad, které mají velký gravitační spád, je budování gravitačních rybích přechodů velice náročné. Z těchto důvodů se budují speciální mechanická nebo hydraulická zařízení, (Peter et Lukáč, 1984; Broža a kol., 1998; Broža, 2005a).

5.4 Význam

Už první přehrady, které vznikly v dobách Antiky, sloužily k předcházení záplav. Zadržovaná voda z přehradních hrází pak zajišťovala celoroční dodávku vody městům v případě suchého klimatického období, (Cech, 2013).

Výstavba vodního díla může mít několik významů. Zejména vytvoření disponibilní zásoby pitné vody pro obyvatelstvo, užitkové vody pro průmysl a závlahy pro zemědělství. Dalšími důležitými jsou ochrana před povodněmi, výroba elektrické energie a umožnění vodní plavby. Všechno tohle vede k předpokladům pro vytvoření dalšího úspěšného rozvoje společnosti. Dále ekonomické prosperity oblasti a zvyšování životní úrovně nejen dotčeného povodí, ale i v širším regionálním měřítku, (Urbanová, 1999).

V posledních letech zažíváme výrazné období sucha. Nádrže vybudované na našem území od konce 19. století, nejvíce pak v druhé polovině 20. století, dopady sucha zmírňují v porovnání s původním neovlivněným stavem odtokových poměrů. Příkladem může být situace v roce 1934. V Děčíně na Labi v tomto roce dosáhl minimální průtok hodnoty 34 m³/s. I přes období sucha, které nás v posledních letech trápí neklesá průtok ve stejném profilu pod hodnotu 70 m³/s. Účinek vybudovaných nádrží se pozitivně projevuje i na dolním toku v Německu. Vodárenské nádrže spolehlivě zásobují skoro 6 miliónů obyvatel pitnou vodou. Slouží také ale i po další odběry, například v průmyslu. Nádrže přispívají k nadlepšování průtoků na tocích v období sucha. Stejně tak se pozitivně projevují opakovaně v době extrémních povodní, které nastávají od roku 1997. Nádrže představují mimořádně spolehlivý prostředek v kritických obdobích, kdy je možnost dobře kontrolovat vývoj stavu zásoby vody a včas přijímat účinná opatření v důsledku povodní a sucha. Z těchto důvodů by měly být doplňovány tak, kde jejich přínos ještě není možný. Pro zadržování srážek jako možnosti jediného obnovování vodního bohatství u nás je význam nádrží důležitý. Důležité je myslet do budoucna, protože příprava realizace vodních nádrží překračuje 10 let. Proto by se mělo přikročit v přípravě realizace víceúčelových nádrží, které by negativní účinky povodní a suchých období minimalizovaly. Vodní díla svojí délkou životnosti přesahují délku života a jejich kondice je trvale vynikající. Proto by si jejich další rozvoj zasloužil pozornost a spravedlivé hodnocení vzhledem k významu v budoucích letech, (Stavební kniha, 2019).

5.5 Historie a současnost

5.5.1 Historie ve světě

Lidstvo už od začátku svojí existence potřebovalo vodu. Tu lidé brali z přírodních vodních zdrojů – řek, pramenů, jezer. Potřeba vytvářet zásoby vody přišla až s větším soustředěním obyvatel do měst. To byl začátek stavby přehrad a vodních staveb jako jsou nádrže, závlahové stavby určených pro zásobení měst vodou a využití vodní energie. Historické vodohospodářské stavby dokumentují vyspělost tehdejších kultur využívajících vodní stavby, potřebné na jejich udržení a rozvoj. Nejstarší známou přehradou je Mokhrablur v Arménii poblíž města Kasakh, která byla postavena 4000-3000 před našim letopočtem. K nejznámějším kulturám na území Afriky v oblasti vodního stavitelství patří starověký Egypt. Velmi dobře je zdokumentovaná přehrada Sadd-el-Kafara vybudovaná přibližně 30 kilometrů od Káhiry. Stáří stavby se odhaduje do období počátku výstavby pyramid, přibližně tedy kolem 2600 před našim letopočtem. V Asii se uvádí jako nejstarší přehrady na území Číny, kde nebyla dominantní stavba přehrad a nádrží ale ochranné hráze poblíž toku a vodní stavby pro plavbu. Nejstarší přehrada je na toku Huai Hhongxi, která pochází z roku 100 před našim letopočtem. Později byla doplněna o další vodní stavby, konkrétně kanály, které vytvořily vodohospodářskou soustavu v povodí řek Huai a Hong, které tyto stavby propojují. Na území dnešního Íránu se nachází dodnes nejstarší zachovaná zděná klenbová přehrada, která byla postavena kolem roku 1300. Je vysoká 26 metrů, dlouhá 55 metrů s konstantní tloušťkou menší než 5 metrů. Přibližně ve stejné době byly v Evropě budovány menší přehrady, které dosahovaly výšky pod 10 metrů. Okolo roku 700 před našim letopočtem se objevují první zmínky o výstavbě přehrad a nádrží na území Mexika v Severní Americe. Nejstarší přehrada Purron se nachází přibližně 250 km od hlavního města Mexika. V Evropě patří mezi nejstarší vodní stavby postavené na území Řecka, které se datují do období 2500 až 1000 před našim letopočtem. V období Římské říše byla vybudována celá řada monumentálních vodních staveb. Příkladem může být přehrada Cornalvo, která se nachází ve Španělsku, severovýchodně od Meridy. Byla postavena v 1. století během vlády císaře Augusta. Je vysoká 20 metrů a po rekonstrukci, která proběhla v roce 1936, stále slouží k zavlažování, (Lukáč, Bednárová, 2006; Tanchev, 2014).

Začátkem 16. století se postupně do 18. století objevují první vyšší zděné i sypané přehrady. Mezi nejznámější patří například zděná přehrada Tibi, nacházející se poblíž stejnojmenného městečka ve Španělsku v provincii Alicante. Přehrada je zajímavá svými mohutnými rozměry, je vysoká 41 metrů, tloušťka v základu 34, tloušťka v koruně 20 metrů. Postavena byla v roce 1594. Ve Francii byla postavená zemní přehrada Saint-Ferreol. Výstavba začala 15. dubna 1667 a dokončena byla v roce 1671. Vysoká je 35 metrů. Postavená byla jako nedílná součást Canal du Midi, který měl v plánu propojit Středozemní moře s Atlantským oceánem. Přehrada v suchém letním období měla zajišťovat potřebnou dodávku vody. Francouzská přehrada se stala první, která zajišťovala dodávku vody speciálně pro splavný kanál. S rozvojem průmyslu a nárůstem počtu obyvatelstva, docházelo ke zvyšování nároků na zásobování vodou. To vedlo k pokroku výstavby přehrad v 19. století a od poloviny tohoto století docházelo už i ve větší míře k využívání vodní energie. Vznikají především tížné přehrady, které jsou zděné z kamene. Koncem 19. století se objevují i první tížné přehrady z betonu, které se prováděly technologií litého betonu. Obsahoval ale hodně vody a uložený beton byl málo hutný a nedostatečně trvanlivý. Až v průběhu první poloviny 21. století dosáhla technologie výroby a hutnění betonu potřebných požadavků. Ke zlepšení došlo především ve zdokonalení strojního vybavení pro výrobu, dopravu a hutnění betonu. Vedle tížných přehrad se začíná se stavbou náročnějších a ekonomicky výhodnějších typů betonových přehrad. Ve 20. století se objevují i první plány pilířových betonových přehrad. Podle projektu Švýcara Noetzli, byla postavena roku 1927 v Mexiku první pilířová přehrada. V druhé polovině 20. století došlo k vrcholu ve výstavbě betonových přehrad. Roku 1962 byla ve Švýcarsku dokončena stavba tížné přehrad Grand Dixence. Se svojí výškou 285 metrů, se stala nejvyšší betonovou přehradou na světě. Tato výška byla překonána nejprve v roce 1980, kdy byla dokončena stavba sypané zemní přehrad Nurek v Tádžikistánu s výškou hráze 300 metrů. V roce 2014 pak byla dokončena betonová přehrada Timpching I, která se s výškou hráze 305 metrů stala nejvyšší přehradou na světě. Po roce 1945 došlo k velkému rozvoji výstavby sypaných přehrad. Zdokonalení v oblasti mechaniky zemin, umožnilo bezpečnější navrhování příčného profilu sypané přehrad. Vzhledem k těmto okolnostem mohla vzniknout například už zmíněná přehrada v Tádžikistánu, (Broža, 2005a; Hosch, 2007).

5.5.2 Současnost ve světě

Současnost ve výstavbě přehrad se dá označit za globální útlum. Pro období výskytu extrémních povodních, které jsou spojené s velkými škodami a ve vztahu k odhadům dopadů potenciálních změn klimatu na odtokové poměry, je možné označit jako znepokojující. To ale neznamená, že by se přehrady nestavěly vůbec. Nově otevřené přehrady, které se řadí mezi ty větší, byly v posledních letech dostavěny v Turecku, Číně, ale i třeba v Indii, Íránu a Etiopii. Velké pozornosti se dostalo dostavení přehrady Tři soutěsky, která má největší vodní elektrárnu na světě. Hodně diskutované jsou její dopady na životní prostředí. Ve výstavbě je už od roku 1976 přehrada Rogun. Nachází se v Tádžikistánu a po jejím dokončení, které je naplánováno nejpozději v roce 2029, se stane nejvyšší přehradou na světě. Výška sypané hráze má dosahovat 335 metrů. Druhou nejvyšší přehradou se po jejím dostavení stane přehrada Bakhtiari v Íránu. Výstavba začala v roce 2013 a hráz je klenbového typu z betonu. Poslední zmíněnou přehradou je Shuang Jiang Kou, která se staví v Číně. Stavba začala roku 2013 a po jejím dostavení se stane třetí nejvyšší hrází na světě, (Broža, [2011]).

5.5.3 Historie na našem území

Výstavba vodních nádrží na našem území má dlouholetou tradici. První zmínky pochází z 11. století. V *Kosmově kronice* je u dodatku k založení Sázavského kláštera zmínka o rybníku kolem roku 1034. Jednalo se tak většinou o rybníky, které sloužily k chovu ryb a získání vody, která měla různé využití. Nejstarší přehradou na našem území je Jordán. Nachází se v Táboře a zprovozněna byla v roce 1492. Vznikla přehrazením Košínského potoka. Z nádrže pak vytéká Tismenický potok. Původně sloužila jako zásobárna pitné vody pro město Tábor. Později sloužila i pro chov ryb. Dnes slouží spíše k rekreaci a sportovnímu rybaření. Největší rozvoj nastal v 16. století. Na Třeboňsku, Pardubicku a dalších oblastech byly vybudovány rozlehlé rybníční soustavy. Součástí Třeboňské rybníční soustavy je i náš největší rybník Rožmberk. Výstavba rybníka proběhla mezi lety 1584 až 1590. Velká povodeň v roce 1544, která dorazila z jihu Čech až do Prahy podpořila nutnost výstavby tohoto vodního díla. Pardubická rybníční soustava dosáhla největšího rozmachu mezi lety 1491 až 1560. V této době byla soustava dokonce větší a významnější než v jižních Čechách. Bitva na Bílé hoře roku 1620 a Třicetiletá válka v letech 1618 až 1648 mohly

za úpadek českého rybníkářství. Rušení rybníků probíhalo ve velkém a došlo při nich k vytvoření zemědělské půdy. Rybníky v jižních Čechách se podařilo zachovat už jenom z důvodu špatné bonity pozemku. Půda byla například kyselá a nevhodná tak k zemědělskému využití. Dalším důvodem k rušení rybníků byly reformy vydané císařem Josefem II. a jeho dcerou Marií Terezií. V 18. století, kdy začaly vznikat manufaktury, bylo potřeba zajistit dostatek vody pro jejich provoz. Začal tak nový rozvoj ve výstavbě nádrží, (Směrný vodohospodářský plán ČSR: publikace č. 34 - Vodní nádrže, 1988; Slavík, Neruda, 2007; Štefáček, 2008; Větvička, 2008).

Koncem 19. století nastává vývoj přehrad, který navázal na přerušenu tradici rybníkářství. Vznikly tak gravitační přehrady z lomového kamene. Přehrada u Mariánských Lázní byla dokončena roku 1896. Hlavním důvodem k výstavbě byly stoupající nároky na odběr vody během lázeňské sezony. Další přehradou je Jevišovická přehrada, která je nejstarší přehradní nádrž na Moravě. Výstavba byla dokončena v roce 1897 a hlavním účelem byla zásobárna vody pro cukrovar nacházející se v Hrušovanech pod Jevišovkou a také jako ochrana před povodněmi. Dnes přehrada slouží pro rekreaci. Po katastrofě na Bílé Desné, kdy došlo k protržení hráze roku 1916, byl rozvoj zemních hrází zastaven. K protržení došlo v důsledku konstrukčních chyb. První betonovou tížnou hrází se stala roku 1934 Vranovská přehrada. První plány na její výstavbu se datují ještě do dob Rakouska-Uherska. Práce na stavbě trvaly pouhé 4 roky. Hráz je vysoká 56 metrů. Po druhé světové válce nastal rozvoj přehrad. Zprvu masivních betonových, poté zemních. Mezi konstrukčně originální patří například Slapská přehrada, která má hydrocentrálu v tělese hráze. Pilířová hráz Fláje v Krušných horách. Železobetonová klenbová hráz vodního díla Vrchlice, která je jediná svého typu v České republice. S délkou hráze 3280 metrů je Nechranická přehrada nejdelší sypanou hrází ve střední Evropě. Nejvyšší betonovou přehradou u nás je vodní nádrž Orlík, který je součástí Vltavské kaskády. Přehrada dosahuje výšky 91 metrů, (Jermář, 1982).

5.5.4 Současnost na našem území

Dlouhodobé sucho, které se v posledních letech projevuje v krajině, vyvolalo v některých oblastech tlak na urychlenou výstavbu nových vodárenských nádrží. Jde například o Vlachovice v povodí Vlály na jihovýchodní Moravě nebo vodní nádrže u Senomat, Šanova a Kryry na Rakovnicku. Město Meziboří plánovalo výstavbu

přečerpávací nádrže, která by vznikla v Šumném dole u Litvínova. Současně ale pokračuje také odpor proti výstavbě některých nádrží, i v místech, kde hospodaření s vodou chybí. Dlouhodobě připravovaná nádrž Pěčín na vodním toku Zdobnice, byla původně projektována jako zdroj pitné vody. Vzhledem k tomu, že se nádrž Rozkoš ukázala v období sucha jako nedostačující, je proto důležitost pro celé povodí horního Labe mimořádná. Současné sucho se překvapivě projevuje i v oblastech, které jsou obecně hodnoceny jako spolehlivě zabezpečené zásobování vodou. Jedná se například o Jizerské hory, části povodí Českomoravské vrchoviny a Olomoucko. V letech po Druhé světové válce se nedostatek vody stal limitující pro rozvoj důležitých průmyslových oblastí. Zároveň se usilovalo o napojení převážné části obyvatelstva na veřejné vodovody. Výstavba vodárenských nádrží byla proto jediným reálným řešením. Náklady na výstavbu nádrží ale tvořily necelou čtvrtinu. Převažovaly náklady na úpravu pitné vody, její dopravu a rozvod, (Stavební kniha, 2019).

V současnosti spíše probíhaly rekonstrukce na některých vodních dílech. Po mimořádných povodních v letech 1997 a 2002 došlo například k aktualizaci mnoha námětů. Obsahovaly hlavně plány na výstavbu v povodí řeky Moravy a Odry. Ani tyto plány nebyly ušetřeny kritiky ze strany různých ekologických a zájmových sdružení. Dosavadní vývoj naznačuje, že nebude v nejbližších letech vybudováno žádné významné vodní dílo. Je důležité úzkostlivě hospodařit s vodou na našem území. Po četných výstavbách přehrad v poválečném období, nastal útlum ve výstavbě. Za posledních 20 let nebylo v Česku realizováno žádné vodní dílo. Přitom studie o dopadech klimatických změn na vodní poměry ukazují, že nejzávažnější problémy nás čekají v suchých klimatických obdobích. Příprava a realizace vodního díla trvá poměrně dlouhou dobu, zpravidla několik let až desetiletí. Bylo by proto vhodné plánovat do budoucna, aby nás sucho a povodně tolik netrápily, (Broža, 2005b).

5.6 Vliv na životní prostředí

Vodní dílo je výrazným antropogenním zásahem do životního prostředí. V závislosti na geografických, klimatických a současných společenských podmínkách je zároveň příčinou řady sekundárních jevů, které jsou očekávané nebo i dříve netušené. Zvratným jevem může být například změna hladiny podzemní vody v okolí nádrže. Nezvratným jevem pak například úprava mikroreliefu a morfologie krajiny. Následky těchto jevů se poté hodnotí v kladném i záporném smyslu. Vodní díla

ovlivňují vodní režim toku pod nádrží, na kterém jsou postavené. Především se mění průtoky, jakost vody včetně teploty a pohyb splavenin. Tyto změny vyvolávají další. Například jde o změnu koryta, druhů ryb, které se zde vyskytují, břehová vegetace, hladina podzemní vody, osídlení a rekreace. Pokud je dostatečný ochranný prostor v nádrží, jsou schopně snížit kulminační průtoky při povodních. Jestliže je tento prostor nedostatečný, může dojít, zvláště v případech střetu kulminace povodní přítoků, i k nepříznivému vlivu na maximální průtok a urychlení průběhu povodně. Podle potřeby je možnost manipulovat s průtoky na vodním toku, například v případech, kdy jsou malé průtoky. Změnou průtoků dochází ke změnám hladin podzemní vody na toku a ke změnám infiltrace. Velké množství splavenin se zachytí ve vodní nádrží. Do toku pod nádrží se pak dostává voda s omezeným množstvím splavenin. Snižuje se tak hladina průtoků procházejících s nižším množstvím splavenin vzhledem k původním stavům. Unášecí síla se ale zvyšuje. Zanášení nádrže zkracuje dobu její životnosti. Otevíráním základových výpustí při chodu splavenin lze toto zpomalit, (Jermář, 1982; Urbanová, 1999).

Vliv vodního díla na životní prostředí se projevuje především změnou v řízení odtoku vody z nádrže. Mezi příznivé vlivy patří především snížení průtoků při povodních a nadlepení nízkých minimálních průtoků na vodním toku pod vodním dílem. Pro zajištění potřebného množství vody může dojít k velkým odběrům v období nedostatečných přirozených srážek. Může se tím významně snížit odtok vody z nádrže, ale v tomto případě má značný význam stanovení hygienického minima jako nejmenšího přípustného odtoku vody z nádrže, (Ministerstvo zemědělství, 2020).

V případě katastrofy dochází ke škodám na biofyzikálním prostředí, k destrukci ekosystému, ke ztrátám na lidských životech. Příčin těchto událostí může být několik. Nejdůležitějšími příčinami jsou chybné projektování nebo těžko předvídatelné události. Příkladem mohou být velké povodně. V úvahu se musí brát i zemětřesení, které může být buď přirozené nebo jako důsledek přetížení území akumulovanou vodou v nádrží. V tektonicky nestálých oblastech může dojít k prohnutí zemské kůry, vzniku napětí a vyvolání antropogenního poklesu povrchu území. Příkladem může být událost vybudované Hooverovy přehrady na řece Colorado. Vytvořená nádrž Mead se stala největší ve Spojených státech amerických a zatížení vyvolalo pokles zemské kůry na ploše 400 km² s maximální hodnotou 0,78 metrů, včetně celé řady doprovodných otřesů, (Urbanová, 1999).

Výstavba přehrady v druhé polovině 20. století na jihu Egypta může být ponaučením. Velká Asuánská přehrada na řece Nil byla vystavena v letech 1960 až 1971. Její neuvážená stavba ale ovlivnila život mnoho obyvatel žijících v jejím okolí a také životní prostředí. Při každoročních záplavách podél Nilu přinášelo bahno úrodu v údolí Nilu. Na tomto jevu bylo založeno zemědělství už od dob Starověkého Egypta. Nicméně se egyptská vláda v 50. letech minulého století rozhodla pro realizaci. Důvodem byla hlavně postupující industrializace Egypta a získání energie pro zemědělství. Hlavní bylo i získat kontrolu nad každoročními záplavami. Postupem času se však začaly projevovat negativní vlivy na životní prostředí. Egypt ztratil mnoho cenných archeologických lokalit. Chrám v Abú Simbelu byl naštěstí zachráněn. Byl rozřezán na bloky, které pak byly znovu postaveny o 65 metrů výše, kde už ho neohrožovala hladina vody v nádrži. Bahno, které způsobovalo v údolí Nilu úrodu se začalo hromadit v nádrži. Do toku pod nádrží se dostalo pouhých 8 % z celkového předešlého množství. Musely být prohloubeny i zavlažovací kanály. Delta Nilu se přestala dál rozšiřovat. Pobřežní proudy ji naopak začaly erodovat. Moře začalo pronikat do pevniny. Mělo to dopad na místní zemědělství. Úbytek živin, který Nil spolu s bahnem roznášel, měl za následek i snížení počtu ryb v řece i v moři. Utrpěl tak i rybářský průmysl. V 80. letech minulého století, se projevil další negativní vliv na okolní životní prostředí. Začalo docházet k zasolování zavlažované půdy, a to vedlo ke zvýšené potřebě umělých hnojiv. Těmi pak bylo kontaminováno prostředí, (Červinka, 2005).

Dokončení největšího víceúčelového vodního díla na světě proběhlo v Číně roku 2012. Přehrada Tři soutěsky vyvolává u lidí rozdílné názory. Na jedné straně je názor, že výstavba tak velkého díla byla nutná z důvodu četných a ničivých povodní na Modré řece, zlepšení podmínek pro lodní dopravu a výrobu elektrické energie. Na straně druhé existují negativní názory. Kvůli výstavbě muselo být přestěhováno více jak milion obyvatel. Zatopením vodou se přišlo o spoustu archeologických lokalit. Spousta vzácných ekosystémů byla nenávratně poškozena nebo zničena. Po zprovoznění Tří soutěsek se začaly projevovat sesuvy půdy na svazích v okolí nádrže, které dopadem na vodní hladinu způsobují velké vlny, (Revista HMiC, 2006; Časopis Stavebnictví, 2007; Vodní cesty a plavba, 2007).

V důsledku odvedení vody řek Amudarja a Syrdarja do závlahových polí k pěstování bavlny, došlo postupně k vysychání Aralského jezera. Na základě

rozhodnutí Kazachstánu byla postavena přehrada Kokaral, která má za cíl zachránit ubývající vodu v severní části Aralského jezera. Přehrada byla dokončena v srpnu 2005 s pomocí Světové banky a poslední roky ukazují, že výstavba této přehrady má pozitivní účinek. Hladina vody v severní části Aralského jezera se začala zvedat, (Yıldız, 2019).

5.7 Bezpečnost

Z důvodu bezpečnosti je důležité, aby bylo ochráněno obyvatelstvo a území pod hrází. Je proto nutné zajišťovat účinný systém rychlého varování všech obyvatel, kdyby se vyskytla havárie. Musí být připraveny únikové cesty z prostoru přímého ohrožení povodňovou vlnou. Dále je nutné provádět pravidelná kontrolní měření, registraci pozorování důležitých konstrukcí, které je prováděno automatickými přístroji, (Urbanová, 1999).

Při navrhování a stavbě přehrad je nutné brát v úvahu celou řadu faktorů, které mohou ovlivnit bezpečnost přehrady. Například pokud není konstrukce přehrady dostatečně odolná vůči okolním vlivům, základy nejsou dostatečně ukotveny v přírodním podloží a těsnost přehrady správně vyřešena, může dojít k porušení, nebo dokonce k protržení přehrady a tím ohrožení například sídla nacházející se pod přehradou. Při nedostatečném svahování či špatném zesílení přehrady může dojít k jejímu zborcení z důvodu snížení hladiny vody a tím i poklesu tlaku vody. Taková přehrada pak ztrácí pevnost. To samé platí při příválových deštích, kdy může dojít k přelití hráze a následně k jejímu zničení. Předchází se tomu tak, že je koruna hráze obložena vodotěsným zdivem, nebo se postaví přepadové kanály, (Cech, 2013).

Celé vodní dílo závisí na spolehlivosti nejen samotné přehrady ale i souvisejících objektů. Při nesprávném navržení, výstavbě a provozování jednotlivých částí mohou mít za následek ohrožení přehrady, jejího okolí a oblastí pod přehradou. Mezi jednotlivé části, které můžou ohrožovat bezpečnost, jsou: vlastní těleso přehrady, těsnění přehrady a podloží, odběrná zařízení, spodní výpusti, bezpečnostní přeliv, komunikační štolky, vodní elektrárna, vývar pod přehradou a koryto pod přehradou. V posledních letech se také mění posuzování přehrad na extrémní průtoky ve prospěch bezpečnosti vodního díla. V závislosti na kategorii díla se posuzuje kapacita pojistných zařízení přehrad na průtok extrémní povodně, která je daná hodnotou Q_{1000} a Q_{10000} . Tyto údaje označují povodeň, jejíž kulminační průtok je

v dlouhodobém průměru překročen jedenkrát za 1000 nebo 10 000 let. Pro zjištění těchto hodnot se používají srážkoodtokové modely a extrapolační metody. Zjištěné hodnoty slouží jako okrajová podmínka při návrhu bezpečnostního přelivu ve vztahu k maximální bezpečné hladině v nádrži. Při posuzování bezpečnosti vodních děl je limitní hodnota extrémního průtoku, která bývá u přehrad I. kategorie Q10000. U přehrad nižší kategorie pak průtok Q1000. Výjimečně může být tato hodnota i nižší, (Králík, 2013).

Vodní díla jsou rozdělena z technickobezpečnostního dohledu do I. až IV. kategorie. Určení kategorie, do které je vodní dílo zařazeno, se určuje podle rizika ohrožení lidských životů, možných škod na majetku v přilehlém území a ztrát z omezení funkcí a užitků ve veřejném zájmu. Legislativně je tento dohled upraven vodním zákonem v ustanoveních § 61 a § 62 a vyhláškou Ministerstva zemědělství č. 471/2001 Sb., o technickobezpečnostním dohledu nad vodními díly, ve znění pozdějších předpisů. Dále Ministerstvo zemědělství vydalo metodický pokyn č. 1/2010 k technickobezpečnostnímu dohledu nad vodními díly. Metodický pokyn slouží jako podklad při rozhodování vodoprávního úřadu o zařazení vodního díla do kategorií z hlediska technickobezpečnostního dohledu, stanovení rozsahu technickobezpečnostního dohledu a k výkonu vodoprávního dozoru nad vodními díly, (Ministerstvo zemědělství, 2020).

Na říčce Bílá Desná došlo 18. září 1916 k protržení přehrady. Při katastrofě zahynulo 65 lidí a vodní stěna valící se z protržené hráze způsobila ohromné materiální škody. Naštěstí od této události nedošlo na našem území k události podobného rozsahu. Největší a nejničivější škody utrpěly obce Desná a Potočná. Protržení přehrady bylo důsledkem absence řádného geotechnického průzkumu, který způsobil vady v projektu. Jelikož zemní hráz měla velký hydraulický gradient a propustností podloží, došlo by k protržení i při dokonalém zhutnění a správně připraveným projektem, (Šámalová, 2016).

V údolí řeky Vajont v Itálii, byla vybudována mezi lety 1957 až 1960 přehrada, která byla v té době jednou z nejvyšších hrází na světě. Už při prvním napuštění přehrady se objevily první sesuvy půdy v okolí nádrže. Leopold Müller přišel s teorií, že pokud zvýšená hladina vody v nádrži pohyb svahů aktivovala, snížením hladiny se pohyb zpomalí. V poměrně krátké době se ukázalo, že pohyb svahu se výrazně

zpomalil. Byly provedeny simulace sesuvu svahu do nádrže a určena tak výška hladiny vody v nádrži tak, aby nebyly ohroženy životy. Stavitel přehrad C. Semenza ale v roce 1961 a nestihl tak vypilovat výpočty. Během následujících dvou let byla voda v nádrži systematicky zvyšována a snižována podle plánu. Obsluha přehrady se mylně domnívala, že má sesuv svahu do nádrže pod kontrolou. Dne 9. října 1963 došlo k utržení svahu na hoře Monte Toc. Ohromné množství horniny způsobilo dvě obrovské vlny. Ty se přelily přes korunu hráze a způsobily zkázu v údolí pod přehradou, městečko Longarone bylo srovnáno se zemí. O život tehdy přišlo přes 2000 lidí. Přehrada zůstala nepoškozena a údolí nádrže bylo zčásti zasypano sesuvem. Hlavním problémem byla chybná představa o tom, jak se svah chová. Při geologických průzkumech nedokázali pracovníci objevit, že se uvnitř vápence ve svahu nalézají také tenké proužky jílu. Vrty nebyly vedeny dostatečně hluboko, aby vrstvu jílu odhalily. Kdyby geologové o vrstvě jílu věděli, od stavby se upustilo, protože vlastnosti jílu coby nepevněné horniny byly známé. Napuštěním nádrže vznikl ohromný tlak na vrstvu jílu, která do té doby zůstala nenarušená. Jíl se začal deformovat a začaly vznikat mikrotrhliny. Zřícení tedy bylo už nevyhnutelné. Obsluha přehrady chtěla mít sesuv co nejrychleji za sebou. Zvýšila tedy hladinu nad maximální bezpečnou výšku, ale od té doby obsluha už neměla žádný vliv na sesuv. Při výpočtech se počítalo, že 60 vteřin dlouhé trvání sesuvu je bezpečné. Sesuv trval pouhých 45 vteřin. Nepřesnost 15 vteřin stačila na to, aby vznikla vlna s tak rozdílnými rozměry, (Müller, 1987; Lomy a těžba, 2016).



Obr. 3: Letecká fotografie pořízená krátce po katastrofě ve Vajont, (zdroj: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Disastro_Vajont.jpg).

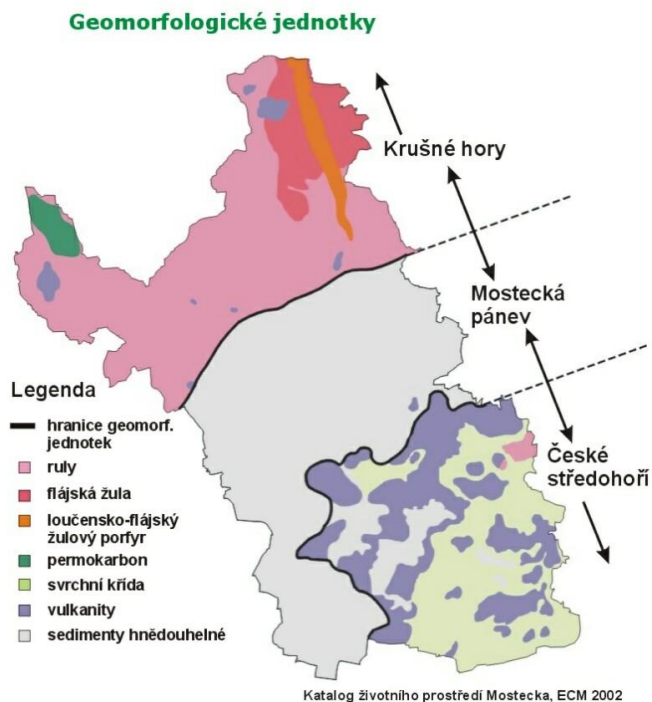
V údolí Malpasset na řece Reyran ve Francii, došlo 2. prosince 1959 k protržení betonové přehrady. Přehrada sloužila jako zdroj pitné vody v suchém regionu a architektem této stavby byl André Coyne. Vlivem nedostatečného geologického průzkumu v místě hráze, vydatného deště a lidských chyb, došlo k utržení celé stěny hráze, ze které zůstalo pouze několik bloků. Vlna vody dosáhla výšky 40 metrů, zničila 2 vesnice, zaplavila historické město Fréjus a o život tehdy přišlo více než 421 osob, (Duffaut, 2013; Goodman, 2013).

Na jaře roku 1976 se začala napouštět nově vybudovaná stometrová zemní sypaná hráz Teton, která přehradila v roce 1976 říčku Teton river, vytékající ze Skalistých hor ve východní části státu Idaho. 5. června 1976 dosáhla hladina vody v nádrži svého vrcholu a již dva dny předtím bylo zpozorováno dvoupramenné prosakování vody asi třicet metrů pod vrcholem u pravého břehu hráze. I přes toto zjištění napouštění hráze pokračovalo. I přes snahu vzniklou trhlinu zasypat pomocí buldozérů došlo během dopoledne 5. června 1976 k postupnému zvětšování trhliny, až se přehrada protrhla. O život přišlo 14 lidí a 25 000 lidí přišlo v důsledku záplavy vlnou o své domovy, (Teton 1976).

6. Přírodní podmínky zájmového území

6.1 Krušné hory

Podobu Krušných hor zásadně ovlivnily vrásnění, denudace a tektonická činnost. Pohoří patří do krušnohorského-durynské oblasti, která je součástí Českého masivu a jeho vývoj začíná v prvohorách, kdy se formuje jeho složitá geologická skladba. Výrazné prvohorní kadomské vrásnění vyzdvihává z mořského prostředí krystalické břidlice a ruly a vytváří nevysoké pohoří. Následné období denudace později střídá další prvohorní vrásnění. Variské vrásnění formuje významnou část horninového složení a dává základ budoucí minerálové pestrosti. Alpinské vrásnění třetihor, které je významné svou neotektonickou činností, láme kry pohoří, a vytváří tak jeho současnou podobu. Ta odpovídá kře skloněné k severozápadu a zdvižené z jihovýchodního okraje pohoří (okrajový krušnohorský zlom), kde vznikají hluboké prolákliny, později uhlonosné pánve. Tektonická činnost proniká zlomy i do nejvyšších partií pohoří, kde vystupuje nad plochý hřeben v podobě jednotlivých elevací. Ve čtvrtohorách dochází k denudaci pohoří a zároveň k jeho pomalému růstu. Neogenní výzdvih Krušných hor dal vzniknout současné podobě říční sítě. Hojné srážky jsou zachycovány rašeliništi a podmáčenými lesy, které pokrývají celou náhorní plošinu a stabilizují přirozený odtok. Ve vrcholových partiích vytváří toky mělká rozevřená údolí a posléze hluboce zaříznutými údolními odvádějí vodu do pánevních oblastí. Umístění potočních údolí a pravděpodobně i největších vrchovišť je předurčeno původními kernými zlomy. Horninové složení a geomorfologie území nevytvářejí předpoklady pro významnější zdroje mělkých podzemních vod. Chemismus podzemních vod je monotónní, a to v obzoru mělké podzemní vody a v hlubší zóně rozpukání. Místy se objevují puklinové výrony podzemní vody, které slouží k zásobování některých horských a podhorských oblastí. Vzhledem ke své poloze tvoří Krušné hory nárazníkovou zónu častým změnám počasí, které je převážně ovlivňováno západním prouděním. Roční úhrn srážek na náhorní plošině dosahuje v průměru 900–1000 mm. Oblast je kvůli tomu charakterizována jako humidní až perhumidní (nadměrně vlhká). Perhumidní ráz podnebí zesilují četné horizontální srážky, mlhy a námrazy. Průměrná roční teplota se pohybuje mezi 4-6 °C, (Škvor, 1975; Hurník, 2001; Východní Krušné hory, 2008; Melichar, Krása, 2009; Jirkov, 2020).

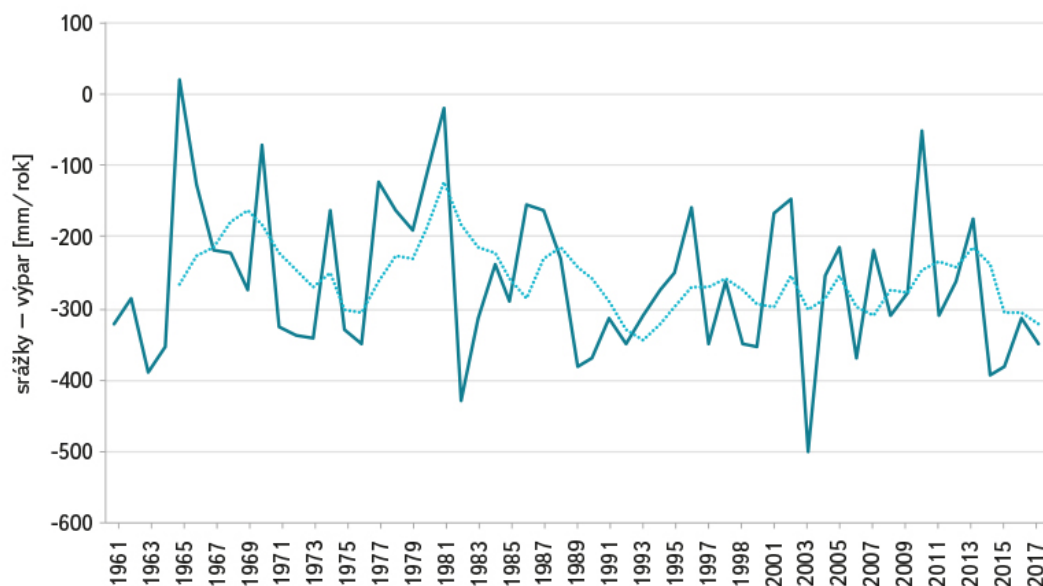


Obr 4: Geomorfologické jednotky v zájmovém území, (zdroj: https://www.ecmost.cz/rekultivace.php?page=pruvodce_jednotky).

6.2 Mostecká páněv

V rámci Podkrušnohorské páněv se rozlišují tři geomorfologické celky. Jsou jimi Chebská, Sokolovská a Mostecká páněv. Začátkem miocénu se v Mostecké páněvi začalo formovat jezerní prostředí na saxonsky tektonicky rozpadlém fundamentu, který tvořily horniny krystalinika a permokarbonu. Po vyrovnání reliéfu a zpomalení subsidence pánevního dna zde vznikl hnědouhelný močál. Další subsidencí pánevního dna pak organogenní sedimentace skončila. Po skončení sedimentace nadložních jílu ve vzniklém jezeře došlo k tektonickému rozpadu páněv. Rychlé zvedání bloku Krušných hor a Českého středohoří působila intenzivní denudace. Hydrologické poměry jsou ovlivněny Krušnými horami, které způsobují, že část území je ve srážkovém stínu Krušných hor. Průměrná roční teplota je 8,2 °C, roční úhrn srážek 499 mm a průměrný roční úhrn srážek ve vegetační době 299 mm. Pro tuto oblast je charakteristické dlouhé, teplé a suché léto a krátká, mírně teplá až velmi suchá zima. Mezoklima oblasti může být zčásti ovlivněno antropogenní přeměnou reliéfu. Teplota vzduchu je z hlediska dlouhodobých průměrů spíše nadprůměrná. Naopak srážkové úhrny jsou v rámci celé České republiky podprůměrné. V oblasti Vtelna (Most)

spadne ročně v dlouhodobém průměru přibližně 500 mm srážek. Z vodní hladiny v této oblasti se ročně vypaří asi 750 mm. Na vyrovnání tohoto rozdílu přírůstek ze srážkové a ani z podzemní vody nestačí. V lokalitě jezera Most je dlouhodobý průměrný roční úhrn srážek mezi 450 až 550 mm. Dlouhodobý průměrný roční výpar z vodní hladiny je v pásmu 600 až 650 mm. Podle mapy dlouhodobé roční vláhové bilance (půdní) je průměrný roční deficit 200 mm. V posledních letech, které jsou suché a teplé, jsou srážky podstatně nižší a výpar z vodní hladiny vyšší. Vodní bilance je tedy deficitní. Na obrázku 6 je vidět vývoj rozdílu srážky – výpar pro období 1961 až 2017 na jezeře Most. Území jižně od Mostu patří k nejsušším oblastem na našem území. Těžba hnědého uhlí v oblasti způsobila, že některé vodní toky musely být regulovány, upraveny nebo byl změněn jejich směr toku. Řeka Bílina musela být na několika místech přeložena. Klimatické poměry utváří poloha a morfologicky členité území, které způsobuje i častou tvorbu inverzních stavů v oblasti pánve. V důsledku srážkového stínu je v kotlině mostecké pánve kontinentální klima na rozdíl od Krušných hor, které se přibližují více oceánskému klimatu a oproti Krušným horám výrazně sušší a teplejší, (Bárta, 1973; Malkovský, 1985; Hurník, 2001; Štýs, 2012; Beran, a kolektiv autorů, 2019).



Obr. 5: Rozdíl srážky – výpar pro období 1961 až 2017 na jezeře Most, tečkovaně 5letý klouzavý průměr, (zdroj: <https://www.vtei.cz/2019/08/ztrata-vody-vyparem-z-volne-vodni-hladiny/>)

7. Vodní díla vodohospodářské soustavy v severočeské hnědouhelné oblasti

S rostoucí potřebou vody v severočeské hnědouhelné oblasti, bylo nutné zrealizovat výstavbu nových přehrad. Voda se před výstavbou první přehrady v této oblasti čerpala převážně ze studní. Postupem času bylo nutné vybudovat další a další nové přehrady. Poslední z nich jsou pak ty největší vodní díla z této oblasti. První přehrady vznikaly z lomového kamene, novější pak z betonu nebo sypané z místního materiálu. V následující kapitole jsou začleněny také vodní dílo Jezeří a vodní dílo Janov, které nepochybně souvisejí se zásobováním vody v severočeské hnědouhelné oblasti, (Přehrady Povodí Ohře, 2010).

7.1 Vodní dílo Kamenička

Nejstarším vodním dílem, které se nachází v této oblasti je vodní dílo Kamenička. Vybudováno bylo pod původním názvem Údolní přehrada Císaře Františka Josefa mezi lety 1899 až 1904. Přehrada se nachází v údolí potoka Kamenička, které se nachází nad Chomutovem. Potok Kamenička pramení v rašeliništi pod Jelením vrchem v Krušných horách. Projekt stavby byl rozdělen do tří etap. První etapou byla výstavba přehrady Kamenička spolu s odtokovým kanálem a štolou pro převádění kyselých vod z rašelinišť mimo povodí. Druhá etapa zahrnovala výstavbu filtračních zařízení s vodojemem. Poslední etapou bylo vybudování přírodního potrubí k filtraci, přívodu z vodojemu k městu a městská vodovodní síť. Hráz je tížná, zděná z lomového kamene s obloukovým půdorysem. Založená přehrada je na žulovém podkladě a zdivo hráze je použité z ruly. Hráz je vysoká 31 metrů od dna údolí. V koruně hráze je široká 4 metry a dlouhá 153 metrů. Šířka v patě hráze je 30 metrů. Z důvodu vyskytujících se rašelinišť v horní části povodí byl vybudován rozdělovací objekt, který umožňuje odvádět nekvalitní vodu z rašelinišť do povodí Chomutovky. Štola se nazývá Dieterova a vystavěna byla společně s přehradou. Razila se hornickým způsobem tři roky a je dlouhá 1200 metrů. Veškeré objekty přehrady jsou dodnes plně funkční. Voda z nádrže napájí úpravnu vody Třetí mlýn, který zásobuje obyvatele Chomutova pitnou vodou, (Přehrady Povodí Ohře, 2010).

7.2 Vodní dílo Jezeří

Vodní dílo Jezeří, vybudováno pod původním názvem Moritzova údolní přehrada v letech 1902 až 1904, se nachází nedaleko obce Vysoké Pece. Přehrada je napájena vodou z Vesnického potoka, který pramení v Krušných horách pod Medvědí skálou u samoty Červená Jáma. Voda z přehrady zásobovala pitnou vodou Kundratice, Nové Sedlo nad Bílinou, Jezeří, Ervěnice a Holešice. Dnes již žádná z těchto obcí neexistuje, protože padla za oběť těžbě hnědého uhlí. Necelý 1 kilometr dělí profil hráze od lomu Československé armády. Přehrada je tížná, zděná z lomového kamene na cementovou maltu, obloukového půdorysu. Výška hráze nad terénem dosahuje výšky 17,5 metrů. V koruně hráze je široká 4 metry a v patě hráze 15,5 metrů. Délka hráze je 86 metrů. Vodárenské využití přehrady trvalo do roku 2003, kdy byl zastaven provoz úpravny vody. Nejsou sledovány chemické ani biologické ukazatele. Vodní dílo tak čeká na využití v budoucnu, (Binterová, 1996; Přehrady Povodí Ohře, 2010).

7.3 Vodní dílo Janov

Údolní přehrada královského města Most v Čechách, tak se nazývalo původně vodní dílo Janov. Nachází se nad Litvínovem nedaleko osady Křížatky. Před výstavbou měl Most jednotné zásobování vodou, které využívalo především podzemních vod z jižních svahů Krušných hor. Se stoupajícím počtem obyvatel a rozvojem průmyslu, rostla také spotřeba vody. Z těchto důvodů po vzoru Chomutova, kde byla vybudována přehrada Kamenička na začátku 20. století, došlo k přípravě na vybudování údolní přehrady. Navržena byla výstavba přehrady s objemem nádrže 1,5 milionů metrů krychlových vody, to odpovídalo předpokládané maximální potřebě vody v roce 1960, kdy měl mít Most 50 tisíc obyvatel. Realizaci stavby provedla mostecká firma. Stavba přehrady stála 4,745 milionů korun, což bylo o 145 tisíc méně oproti předpokladům. 9. června 1911 byly zahájeny stavební práce v místě budoucí přehrady. Nejprve se začalo skrývkou, poté se začaly hloubit základy. Hotovo bylo v prosinci roku 1913, v březnu 1914 se začala poprvé napouštět ale až do roku 1915 pokračovaly práce, které souvisely s průsakem přehrady. Hlavním účelem Mostecké údolní přehrady bylo zásobování města pitnou vodou a ochrana před povodňovými stavy na toku Loupnice. Se svými 53 metry byla nejvyšší přehradou v Rakousku-Uhersku a třetí nejvyšší ve střední Evropě. Do dnešních dnů jí ale patří jedno prvenství, je nejvyšší zděnou přehradou u nás. Hráz je tížná, zděná z lomového kamene na

cemento-vápennou maltu. Má obloukový půdorys s poloměrem zakřivení 250 metrů a délku v koruně hráze 225 metrů. V koruně šířku 4,5 metrů a v patě hráze 51 metrů. V 50. letech už ale přehrada na rostoucí potřebu vody nestačila, proto se začaly připravovat plány na postavení vodního díla Fláje, (Broža, 2005b; Přehrady Povodí Ohře, 2010).

7.4 Vodní dílo Křimov

Vodní dílo Křimov se nachází nad Chomutovem, v údolí Křimovského potoka, který pramení u Hory Svatého Šebestiána. Výstavba probíhala v letech 1953 až 1958. V roce 1955 byla z úsporných důvodů, už během výstavby, pře projektována snížením výšky hráze o 12 metrů. Uvedena do provozu byla v roce 1959. V 80. letech, v období zvýšené potřeby vody, byly průtoky v Křimovském potoce nadlepšovány. Voda z Pruněrovského potoka se přečerpávala čerpací stanicí Celná. Dnes je již zakonzervovaná a je mimo provoz. Hráz je tížná, betonová s obloukem po vodě na levé straně, který byl způsobený nepříznivou geologií na levém svahu údolí. Hráz je vysoká 48 metrů nad základem, v koruně široká 4 metry a dlouhá 201 metrů. Vodní dílo Křimov slouží pro dodávku surové vody do úpravný vody Třetí mlýn. Společně se tak s historickou přehradou Kamenička podílí na dodávkách pitné vody pro Chomutov. Z tlakových důvodů, je i po výstavbě vodního díla Přísečnice, význam úpravný Třetí mlýn nezastupitelný, (Přehrady Povodí Ohře, 2010).

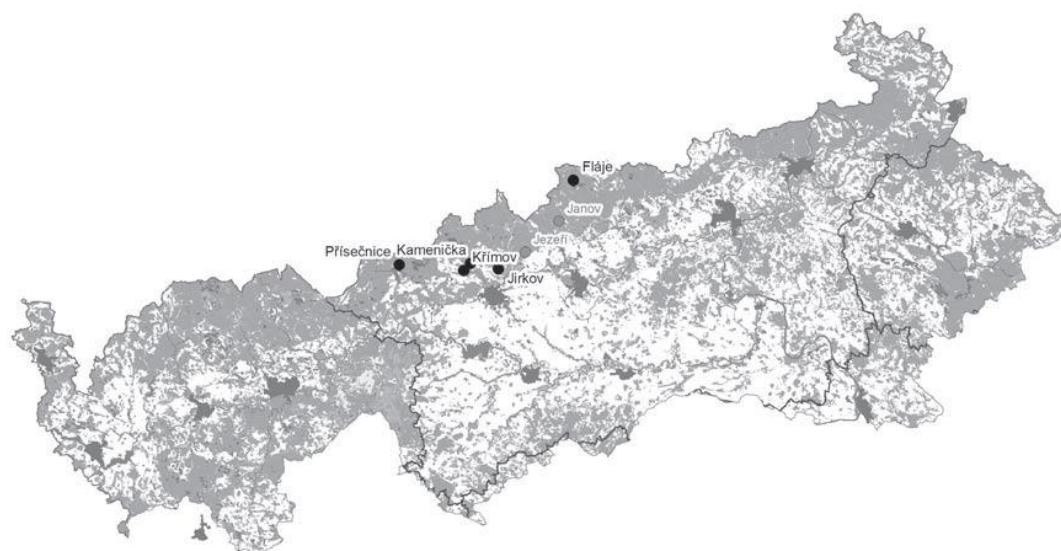
7.5 Vodní dílo Jirkov

Vodní dílo Jirkov, se nachází v údolí nad městem Jirkov. Výstavba probíhala v letech 1960 až 1965. Přehrada je napájena vodou z řeky Bíliny, která pramení u osady Zákoutí na hřebeni Krušných hor. Pomocí Nivského přivaděče je přítok do nádrže posilován vodou z potoka Lužec. Do nádrže ústí ještě potok Malá voda, který přitéká od osady Květnov. Význam přehrady spočíval v doplnění zásobování pitnou vodou celého Chomutovska ve spolupráci s vodním dílem Kamenička a vodním dílem Křimov. Významným účelem je i ochrana povodí Bíliny před povodněmi. Nově slouží i pro hydroenergetické využití. Hráz je sypaná, kamenitá z místních materiálů. Vnitřní šikmé těsnění je z jílovitých zemin. Z důvodu značné deformace hrázového tělesa, které bylo způsobeno volným sypáním návodní části hráze bez zhutňování, byla nutná celková rekonstrukce, která se uskutečnila v letech 1982 až 1985. V současnosti je

hráz vysoká 55,6 metrů nad základem. Šířka v koruně hráze je 5,5 metrů a v patě hráze 200 metrů. Délka celé hráze je pak 190 metrů, (Přehrady Povodí Ohře, 2010).

7.6 Vodní dílo Přísečnice

Předchozí vybudovaná vodní díla přestala dostačovat rostoucím potřebám vody. Proto bylo rozhodnuto o výstavbě vodního díla Přísečnice, které je největší nádrž této vodohospodářské soustavy. Patří k nejvýznamnějším v České republice. Výstavba začala v říjnu 1969 a pokračovala až do roku 1976. Bylo rozhodnuto, že zdrojem vody nebude jen Přísečnický potok, ale vodní bilance bude posílena vodou z Černého potoka. Proto byla u obce Kovářská vybudována přívodová štola do nádrže. Horní tok potoka Přísečnice byl poznamenán těžbou rud na Měděnci. Byla tedy nutná sanace znečištění ze zdejších dolů. Těleso hráze se nachází nedaleko obce Kryštofovy Hamry. Hráz přímá, sypaná, kamenitá se středním těsněním. Výška hráze nad terénem je 47,2 metrů. Šířka v koruně hráze je 10 metrů a celková délka 469,7 metrů. Voda z přehrady je napojena na úpravnu vody Hradiště. Vybudování vodního díla Přísečnice změnilo celý krajinný ráz údolí a okolní horské oblasti. Musely být zbourány vesnice Rusová, Dolina, část obce Kotlina a ves Venkov, které měly bohatou historii. Mezi nimi i bývalé svobodné královské horní město Přísečnice, které bylo v první polovině 20. století i městem okresním, (Binterová, 2004c; Přehrady Povodí Ohře, 2010).



Obr. 6: Vzájemná poloha vodních děl, (zdroj: Vodohospodářská konference vodní nádrže 2013).

8. Vodní dílo Fláje

Vodní dílo Fláje je přehradní nádrž vybudovaná na Flájském potoce, v místech bývalé osady Fláje, která zmizela pod hladinou nádrže. Nachází se 3 km jihovýchodně od obce Český Jiřetín a přibližně 9 km severně od města Litvínov v okrese Most v Ústeckém kraji. Do nádrže jsou zaústěny ještě další přítoky. Největší z nich jsou Mackovský potok, Radní potok a Červený potok. Ačkoliv přehrada neleží v povodí Bíliny, ale v saské části Krušných hor Freiberské Muldy, část vody se do tohoto povodí dostane pomocí ražené štoly. Přehrada je jediná svého druhu v Česku a je zařazena mezi technické památky. Průměrná roční hodnota srážek VD Fláje je 940 mm. V roce 2013 vydala Česká pošta poštovní známku k 50. výročí uvedení vodního díla do provozu. Zeměpisné souřadnice 50°41'12" s. š., 13°34'56" v. d., (Pokorná, 2000; Němec, 2006).



Obr. 7: Panorama VD Fláje, (zdroj: autor).

8.1 Historie

První zmínka o využití vody z Flájského potoka se datuje už k roku 1908. V tomto roce také proběhly první průzkumy, které zahrnovaly prozkoumání terénu a hydrologických podmínek. Roku 1939, kdy začala výstavba chemických závodů na území bývalého Záluží, byl zhotoven projekt přehrady nad tehdejší obcí Fláje, která měla být vysoká 21 metrů. Vodohospodářský plán povodí Bíliny, který se vypracovával v roce 1947, se uvažovalo o výstavbě přehrady v Šumném dole nad Litvínovem na Bílém potoce. Tato varianta se ale ukázala jako nevhodná. Nová bytová výstavba, problémy teplické vodárny a rozvoj průmyslu po druhé světové válce vedl k nedostatku vody v roce 1949. Voda z Janovské přehrady pro region už nestačila. Všechny tyto okolnosti vedly k plánům na využití Flájského potoka. Protože původní německý projekt měl malou plochu povodí, nedostatečnou nádrž a špatné základové

podmínky hráze, bylo vyhlášeno z nařízení ministerstva techniky nové místo, kde by se přehrada postavila. V létě roku 1950 byly zahájeny přípravné práce na novém profilu, které se nacházelo 500 metrů pod zaústěním Červeného potoka. Existovaly dvě varianty přehrady, první byla uvažovaná betonová pilířová typu Noetzli, druhá jako betonová tížná. Z ekonomických důvodů a zároveň i pro tehdejší nedostatek cementu, byla vybrána varianta první. Zvolení betonové pilířové přehrady ušetřilo kolem 30 % objemu betonu, protože přehrada je dutá. Obec Fláje musela tak nové stavbě ustoupit. Z obce se mezi lety 1959 až 1960 odstěhovali poslední obyvatelé. Podařilo se zachránit přes 350 let starý dřevěný farní kostel sv. Jana Křtitele. V 60. letech 20. století byl rozebrán a znovu postaven v Českém Jiřetíně. Na břehu nádrže jsou dodnes vidět jeho původní základy. Při poklesu hladiny v nádrži jde vidět i Flájský most, který je technickou památkou. Za zmínku stojí také Flájský plavební kanál, pomocí kterého se odtud plavilo dřevo do hornického města Freiburg, ležícího v Sasku. Kanál byl vybudován mezi lety 1624 až 1629 a je nejstarší technickou památkou svého druhu v České republice. Svému účelu sloužil 243 let a je mnohem starší než známé plavební kanály na Šumavě, (Novotná, 2004; Broža, 2005b; Kidlesová, 2009; David, 2010).



Obr. 8: Pohled na obec Fláje v roce 1953, (zdroj: ČERVENÝ, B. (1953): České geologické služby [online databáze]. Praha, Česká geologická služba [cit. 2020-06-21]. Dostupné z URL <http://www.geology.cz/foto/4899>).

8.2 Stavba

Stavební práce začaly v listopadu 1951, ražbou tlakové štoly skrze horu Loučná. Z důvodu nedostatku pracovní síly a složitých geologických podmínek trvala ražba dlouhých sedm let. Na jaře roku 1954 se začalo se stavbou hráze. Betonování probíhalo až od května 1958 a kvůli problémům se zásobováním cementem a s nedostatkem pracovních sil až do října 1961. V tomto roce byla pak už nádrž v provizorním provozu. Nutno zmínit také to, že povolení stavby bylo vydáno až 27. dubna 1956 a úvodní projekt byl schválen vládou ČSR až 7. srpna 1957. Vzhledem k náročnosti výstavby přehrady nebylo jednoduché ani první plnění nádrže. Plnění nádrže totiž probíhalo v dlouhodobě nejsušším období. Přesněji mezi lety 1961 až 1964. K úplnému naplnění nádrže došlo až 10. května 1965. Následně při povodni 18. května 1965 šla voda přepadem přes bezpečnostní přeliv. Pro dopravu stavebního materiálu byla využita Moldavská horská dráha. Byl to poslední vzestup nákladní dopravy na této dráze. Trať vedla od roku 1885 z Mostu až do německého Freiburgu, kam se po ní dopravovalo uhlí z Mostecka. V 50. letech pak byla trať v přeshraničním úseku zrušena a dodnes tak jezdí vlaky jenom do Moldavy v Krušných horách. Uvažuje se ale o obnovení trati. Po trati bylo dovezeno značné množství materiálu, který se na nádraží v Moldavě v Krušných horách přeložil do stavební lanovky. Byla dlouhá 8 km a vedla napříč Krušnými horami až do místa staveniště vodního díla Fláje. Bývalé staveništní objekty, které sloužily při stavbě byly upraveny pro lesnické odborné učiliště, které tu fungovalo do roku 2006, kdy bylo učiliště sjednocené s Mostem a od této doby zůstaly objekty nevyužité, (Hetze, 1984; Hlušičková, 2002; Broža, 2005b).



Obr. 9: Stavba hráze, (zdroj: <http://www.poh.cz/historie-vystavby-vd/gs-1036>).

8.3 Účel a kapacita vodního díla

Fláje byly vybudovány pro zásobování Mostecka a Teplicka pitnou vodou, společně s již nedostačující nádrží Janov. Slouží také k protipovodňové ochraně území pod nádrží směrem na Český Jiřetín a dále do Německa. Účelem je i akumulace vody pro kompenzaci do Bílého potoka, na kterém se nachází v Šumném dole ÚV Litvínov. VD Fláje je schopno snížit svým retenčním účinkem při plném zásobním prostoru kulminační průtok stoleté povodňové vlny z hodnoty $51 \text{ m}^3/\text{s}$ na hodnotu $24,5 \text{ m}^3/\text{s}$, a přitom hladina v nádrží dosáhne kóty 737,88 m n. m. Maximální dlouhodobý možný odběr vody pro ÚV Meziboří a ÚV Litvínov $O_{\max} = 695 \text{ l/s}$. Minimální průtok pod hrází v profilu limnigrafu Český Jiřetín $MQ = 75 \text{ l/s}$. Neškodný průtok pod VD Fláje má hodnotu $8 \text{ m}^3/\text{s}$ (Oneš). Velkým přínosem výstavby vodního díla byl převod vody z krušnohorského povodí, které má přirozený odtok do Německa. Voda se odtud mohla využít v podhůří průmyslové pánve. Dále také k zajišťování mezinárodní smlouvou garantovaného průtoku v hraničním profilu. Přibližně od roku 1995, došlo ke zlepšení průtokových a hygienických podmínek v severní části Mostecka. Děje se tak z důvodu částečného vypouštění vody, která je přiváděna na malou vodní elektrárnu a úpravnu vody v Meziboří. Voda se sem dostane skrze vybudovanou štolu od Flájí. V minulosti se z důvodu stabilní teploty v dutinách mezi pilíři skladovalo ovoce, (Broža, 2005b; Broncová, 2006; Dvořáková, 2010; Povodí Ohře, 2020).

8.4 Flájský potok

Flájský potok pramení v nadmořské výšce 848 metrů v rašeliništi severozápadně od Nového města v Krušných horách. Potok přetíná státní hranici v obci Český Jiřetín a v Německu se jako Flöha, vlévá do řeky Šopava, německy Zschopau. Plocha povodí Flájského potoka na našem území činí 42,45 km² a délka toku 20,460 říčních km. Délka celého toku dosahuje 67 km. Průměrný průtok v Českém Jiřetíně je 1,02 m³/s. Hydrologické pořadí Flájského potoka je 1-15-03-0290-1-00. Průměrná dlouhodobá roční hodnota srážek Pa = 1017 mm. Průměrná dlouhodobá roční hodnota průtoku Qa = 0,853 m³/s. V *tabulce 1* a *tabulce 2* se nachází vybrané základní hydrologické údaje, které se vztahují k povodí Flájského potoka. Přítokem zleva je Načetínský potok. Flájský potok je čilý a velice čistý. Nedostává se prakticky vůbec z lesních masivů Krušných hor. Až údolí před Českým Jiřetínem se trochu otevírá. Horní část toku až po vodní dílo Fláje se nachází v ochranném vodárenském pásmu I. stupně, (Štefáček, 2008; Povodí Ohře, 2020).

M – denní průtoky [m ³ /s]							třída IV.						
M	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	335	364
Q _{Md}	2,060	1,360	1,020	0,810	0,665	0,554	0,469	0,409	0,341	0,273	0,196	0,133	0,043

Tabulka 1: M – denní průtoky Flájského potoka v profilu VD Fláje, (zdroj: Manipulační řád VD Fláje).

N – leté průtoky [m ³ /s]				třída IV.			
N	1	2	5	10	20	50	100
Q _n	7,6	10	15	20	27	38	51

Tabulka 2: N – leté průtoky Flájského potoka v profilu VD Fláje, (zdroj: Manipulační řád VD Fláje).

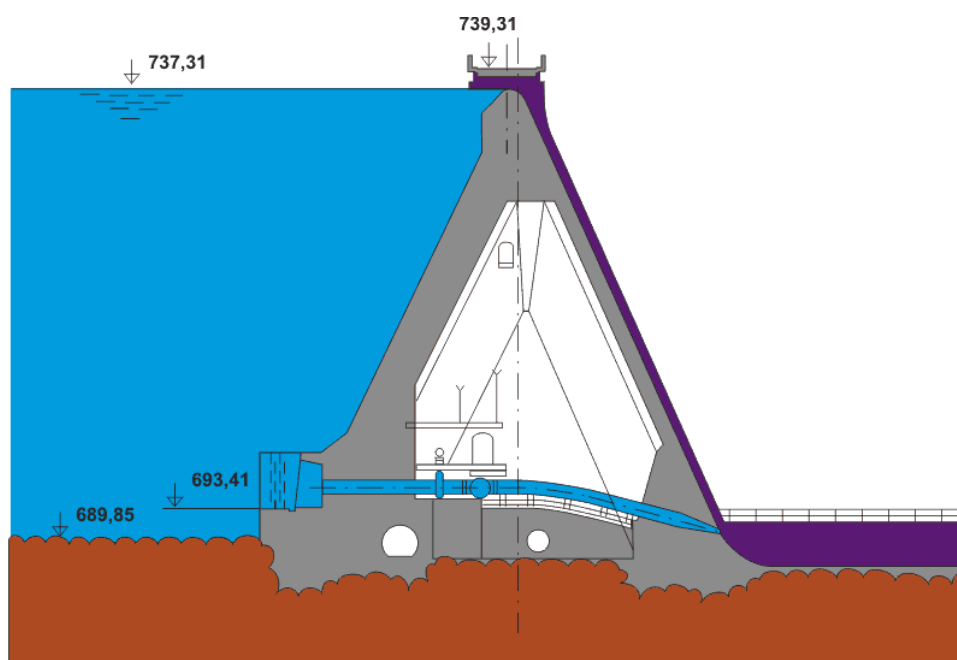
8.5 Technické parametry

8.5.1 Vzdouvací objekt – hráz

Hráz je tvořena 19 pilíři typu Noetzli a 15 bloky tížnými, z nichž 10 je na pravé straně hráze a 5 na levé straně hráze. Osy pilířů jsou od sebe vzdáleny 13 metrů. Vzdálenost mezi osami pilířů je 13 metrů. Na návodní straně se zhlaví pilířů dotýkají. Na vzdušní straně hráze je třímetrová mezera. Tato mezera je dostatečně zakrytá 1 metr silnými deskami. Návodní těsnění mezi pilíři je tvořeno měděným plechem a profilovou gumou. Mezi bloky 30 až 34 pouze dvojitou profilovou gumou a mezi bloky 2 a 3 jenom jednou gumou. Toto řešení je z důvodu, že měděný plech již nebyl k dostání. Jednořadou injekční clonou bylo provedeno těsnění podloží hráze.

Průměrná hloubka clony byla 20 metrů. Zazubená základová spára pilířů je přímo na žulovém podloží. Kóta koruny hráze je v 739,31 metrech nad mořem. Délka koruny hráze je 459 metrů. Šířka koruny hráze byla původně 8 metrů a vedla po ní silnice III. třídy. Při rekonstrukci v letech 1998 až 1999 byla šířka koruny hráze zúžená na dnešních 6 metrů. Tímto krokem byla doprava po tělese hráze vyloučena a znemožněn vjezd pomocí sloupků. Maximální výška hráze nad terénem je 49,46 metrů, (Broža, 2005b).

8.5.2 Výpustná zařízení



Obr. 10: Příčný řez tělesem hráze, (zdroj: <https://www.poh.cz/vodni-dilo-flaje/d-2602>).

8.5.2.1 Spodní výpusti

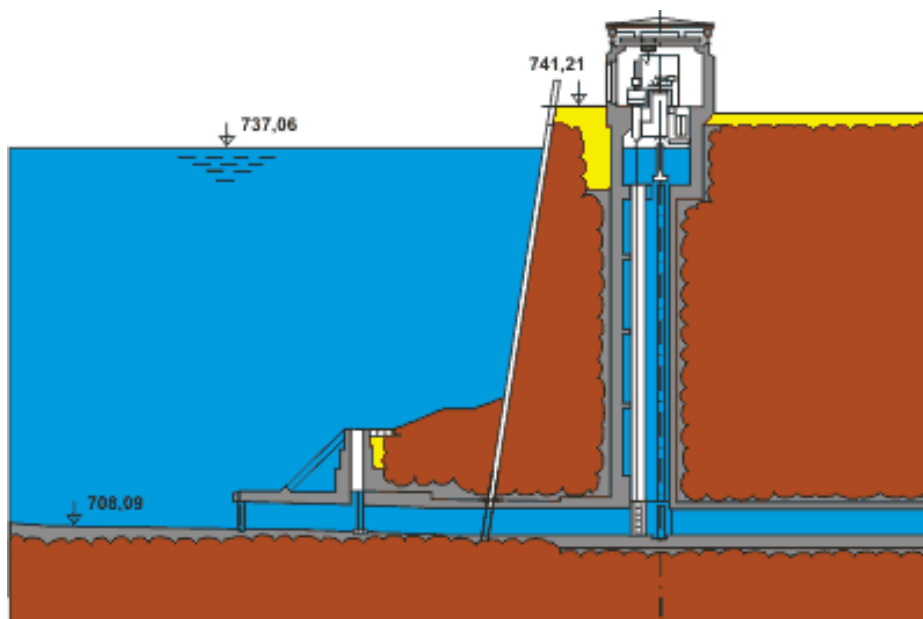
Průměr spodních výpustí je 2x DN 1200 a jejich kapacita při hladině zásobního prostoru je 2x 16,1 m³/s. Dále tu jsou asanační výpusti, jejichž průměr je 2x DN 250, které jsou napojeny na spodní výpusti. Jejich kapacita je 2x 0,57 m³/s, (Povodí Ohře, 2020).

8.5.2.2 Bezpečnostní přeliv

Nehrazený čelní korunový bezpečnostní přeliv je tvořen 3x 11,5 metrů. Celková délka přepadové hrany je tedy 34,5 metrů. Kóta přepadové hrany je v 737,31 metrů nad mořem a celková kapacita přelivu při maximální hladině v nádrži je 64,5 m³/s, (Povodí Ohře, 2020).

8.5.2.3 Odběrný objekt, štola a tlakové potrubí

Průměr kruhové štoly je 2,1 metru a její celková délka je 5424 metru. Průměr tlakového potrubí je DN 1200 a jeho délka 1905 metru, (Povodí Ohře, 2020).



Obr. 11: Příčný řez v místě tlakové štoly, (zdroj: <https://www.poh.cz/vodni-dilo-flaje/d-2602>).

8.5.3 Rozdělení prostoru nádrže

Nádrž rozdělujeme na tři prostory, kterými jsou: prostor stálého nadržení, zásobní prostor a retenční prostor. Prostor stálého nadržení zahrnuje ještě mrtvý prostor, který nelze gravitačně vypustit. Zásobní prostor nádrže slouží k akumulaci vody a podle potřeby se manipuluje s jeho hladinou. Třetí je prostor retenční (ochranný). Rozdělujeme ho na ovladatelný a neovladatelný. Ovladatelný retenční prostor se nachází mezi hladinou zásobního prostoru a přelivnou hranou hráze. Neovladatelný retenční prostor je dán výškou přepadu přes přelivnou hranu hráze, (Povodí Ohře, 2020).

Kóty hladin v nádrži:

- Dno nádrže se nachází v 689,85 m.n.m.
- Kóta hladiny stálého nadržení se nachází v 710,81 m.n.m.
- Kóta hladiny zásobního prostoru se nachází v 737,06 m.n.m.
- Kóta hladiny ovladatelného ochranného prostoru se nachází v 737,31 m.n.m.
- Kóta hladiny neovladatelného ochranného prostoru se nachází v 737,31 m.n.m.

- Kóta hladiny neovladatelného ochranného prostoru se nachází v 738,31 m.n.m.
- Maximální hladina, kterou může nádrž mít se nachází v 738,31 m.n.m.

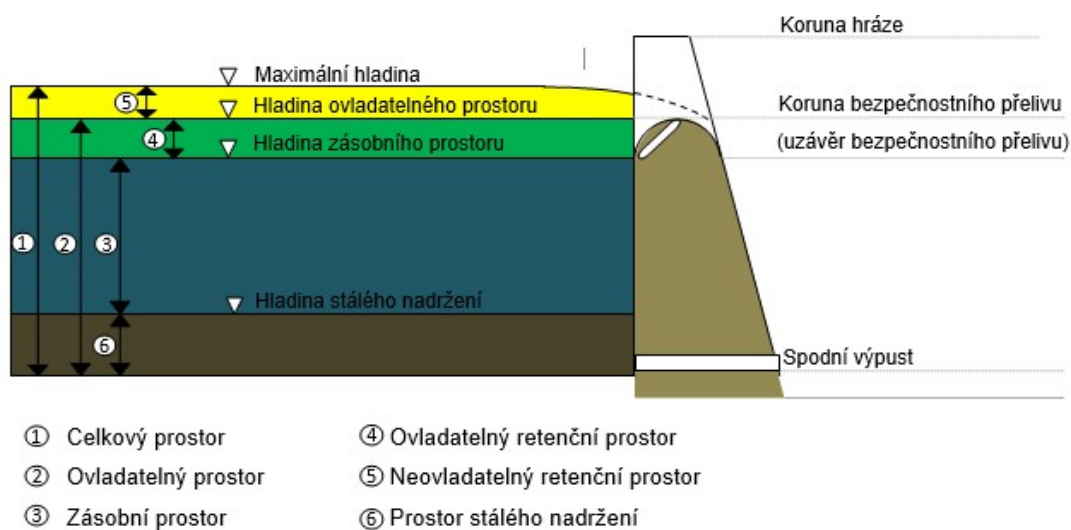
Objemy jednotlivých prostorů v nádrži:

- Prostor stálého nadržení má objem 1,755 mil. m³
- Zásobní prostor má objem 19,500 mil. m³
- Ovladatelný ochranný prostor má objem 0,345 mil. m³
- Ovladatelný prostor má objem 21,600 mil. m³
- Neovladatelný ochranný prostor má objem 1,484 mil. m³
- Objem celkového prostoru nádrže je 23,100 mil. m³

Plocha VD Fláje při kótě 737,06 zaujímá přibližně 143 ha.

měsíc	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
výpar [mm]	9	11	27	45	64	84	87	77	51	26	13	10

Tabulka 3: Předpokládaný roční výpar v mm za měsíce VD Fláje, (zdroj: Manipulační řád VD Fláje).



Obr. 12: Rozdělení prostoru v nádrži, (zdroj: <http://www.pvl.cz/portal/Nadrze/cz/pc/Objemy.aspx>).

8.6 Kvalita vody v nádrži

Na kvalitu vody mají vliv rašeliniště, která jsou významným přírodním krajinným prvkem a jsou to zdrojové oblasti vod pro horské potoky. Z důvodu hnědého zabarvení těchto potoků je místní obyvatelé před dávnou dobou pojmenovali například jako potok Rašeliník. Hnědé zabarvení způsobují huminové látky (huminové kyseliny a fulvokyseliny), které jsou přirozeným produktem chemického a biologického rozkladu organické hmoty ve svrchních vrstvách rašelinišť. Jsou to chemicky vysoce stabilní látky s poločasem rozkladu v půdě zhruba tisíc let. Při vydatných deštích nebo oblevě jsou tyto látky z rašelinišť vyplavovány do vodních toků. Důsledkem je pak jejich hnědé až žlutohnědé zbarvení včetně hnědé pěny. Ze zdravotního hlediska jsou tyto látky v podstatě nezávadné. Způsobují ale závady sensorické, zvyšují kyselost vody a mají komplexační schopnosti. Znamená to, že mají schopnost vyvázat z horninového prostředí některé kovy, kterými jsou například: železo, mangan, měď, zinek a kadmium. Z těchto důvodů byl v minulosti v povodí nádrže vybudován systém odvodňovacích sítí. Tyto systémy zajistily, že ze zrašeliněných půd docházelo k rychlejšímu odtoku povrchové vody a tím k minimálnímu vyluhování látek z rašelinišť. Neobnovované a neudržované příkopy začaly ale časem ztrácet svou funkci a znečištění začalo narůstat. V zarostlých a neudržovaných příkopech začalo docházet k zadržení vody a k vyluhování huminových látek. Při intenzivním úhrnu srážek jsou pak tyto koncentrace huminových látek z odvodňovacích příkopů vypláchnuty do vodárenské nádrže. Vývoj kvality vody v nádrži je pečlivě monitorován. Zkoumají se regionální i globální vlivy kyselých vod. Při zkoumání bylo zjištěno, že přítoky do nádrže probíhají nárazově, v závislosti na konkrétní srážko-odtokové situaci. V období sucha vliv kyselých vod klesá. Je to z důvodu uplatňování odtoku pouze ze zásob podzemní vody, (Němec, 2009; Naučná stezka Fláje – Turistický průvodce, 2019).

8.7 Ochranné pásmo vodního zdroje

Z důvodu ochrany vodárenského zdroje je kolem VD Fláje vymezeno ochranné pásmo ve dvou stupních. Ochranné pásmo vodního zdroje I. stupně zahrnuje maximální zátoku nádrže. Do tohoto pásma je zakázán vstup osob vyjma vlastníka nádrže a provozovatele vodárenského odběru. Do navazujícího ochranného pásma vodního zdroje II. stupně je zahrnuto rozsáhlejší území, které má rozlohu 23,3 km².

Zahrnuje podstatnou část povodí hlavních přítoků do nádrže. Vedle Flájského potoka jsou to také Mackovský potok, Radní potok a potok Rašeliník. Území II. stupně je rozdělené na dvě zóny. Vstup do vnitřní 1. zóny II. stupně je z důvodu ochrany vodního zdroje také zakázán. Naopak do větší, okrajové 2. zóny II. stupně je vstup volný. Je ale důležité dodržovat některá omezení chování a hospodaření s ohledem na zajištění optimální kvality vody v povodí nádrže, (Naučná stezka Fláje – Turistický průvodce, 2019).

8.8 Malá vodní elektrárna Fláje

Na levé spodní výpusti ve směru toku, je instalována malá vodní elektrárna. Výrobu elektrické energie zajišťuje turbína META (čerpadlo v turbínovém provozu). Spád je 41 metrů, hltnost 90 l/s a jeho výkon 16 kW. Vyrobená elektrická energie pokrývá spotřebu elektřiny okolních objektů vodního díla Fláje jako je budova hrázného a nově vybudovaného informačního centra Fláje, (Povodí Ohře, 2020).



Obr. 13: ÚV Meziboří, (zdroj: autor).

9. Úpravna vody Meziboří

ÚV Meziboří se nachází v údolí mezi městem Meziboří a Litvínovem. Patří do soustavy ÚV, které zajišťují dodávku pitné vody pro potřeby Severočeské vodárenské soustavy v Ústeckém kraji. Pitná voda z této úpravně zásobuje především Litvínov a jeho nejbližší okolí. Na zásobování se podílí společně s ÚV Litvínov, která se nachází v Šumném dole a čerpá vodu z Bílého potoka. Historie ÚV Meziboří je úzce spojena s výstavbou VD Fláje. Úpravna byla postavena v letech 1954 až 1963. Součástí této stavby je VD Fláje, které je pomocí tlakové štol propojeno s MVE Meziboří a ÚV Meziboří. Úpravna vody původně fungovala na principu jednostupňové separace. V 80. a 90. letech byla provedena rekonstrukce vápenného hospodářství, zavedlo se dávkování oxidu uhličitého, byla přistavena reakční nádrž, rozšíření čerpací stanice pro Meziboří, provedeno doplnění technologie úpravy vody o pískové filtry a vodojemu prací vody. Vlivem změn ve vývoji vstupní kvality surové vody a ukazatele hliníku překračující mezní hodnoty upravené vody, byla potřeba další vylepšení a rekonstrukce. Ta poslední probíhala mezi lety 2012 až 2015. Původní maximální výkon úpravně byl 800 l/s a počítalo se až s jeho navýšením na 1000 l/s. S klesající spotřebou vody se při rekonstrukci úpravně v letech 2012 až 2015 snížil maximální výkon na 550 l/s (1980 m³/hod) a běžný výkon úpravně je 250 l/s vody. ÚV Meziboří denně vyrobí 21,6 milionů litrů pitné vody a zásobuje 154 tisíc obyvatel Ústeckého kraje. Jedná se především o Litvínov, dále pak Duchcov, Teplice, Krupka a části Mostu a Ústí nad Labem. Průměrná denní spotřeba vody na osobu byla v roce 2019 89 litrů. Vlastníkem úpravně je SVS a provozovatelem je SčVK, (Broncová, 2006; SOVAK, 2013; Naučná stezka Fláje – Turistický průvodce, 2019; Severočeské vodovody a kanalizace, 2020).

8.1 Rekonstrukce

Z důvodu postupného zhoršování kvality vstupní surové vody a přísným evropským normám bylo rozhodnuto doplnit a modernizovat použité technologie při úpravě vody a snížením maximálního výkonu na současných reálných 550 l/s. V projektu bylo zahrnuto doplnění technologie úpravy vody o první separační stupeň, rekonstrukci akumulární nádrže po pískovými filtry a doplnění a modernizaci chemického hospodářství. Rekonstrukce byla zahájena 3. září 2012 s předpokládaným dokončením do 26. června 2015. Práce probíhaly za provozu, proto byla rekonstrukce rozdělena na dvě etapy. V první etapě byla zahrnuta rekonstrukce odběrného objektu, výstavbu inženýrských objektů, reakční nádrže a flotace, rekonstrukce čerpací stanice, vodojemu upravené vody a chemického hospodářství. Během první etapy byl výkon úpravny omezený na 270 l/s s délkou trvání 20 měsíců. Druhá etapa zahrnovala rekonstrukci pískové filtrace, akumulace, dokončení systému řízení technologických procesů a chemického hospodářství. Zde byl výkon omezený až na 180 l/s. Délka prací byla 14 měsíců. Po rekonstrukci následovalo individuální odzkoušení a provedení zkoušek. Následně pak probíhal roční zkušební provoz, (SVS a.s., 2012; SOVAK, 2013).

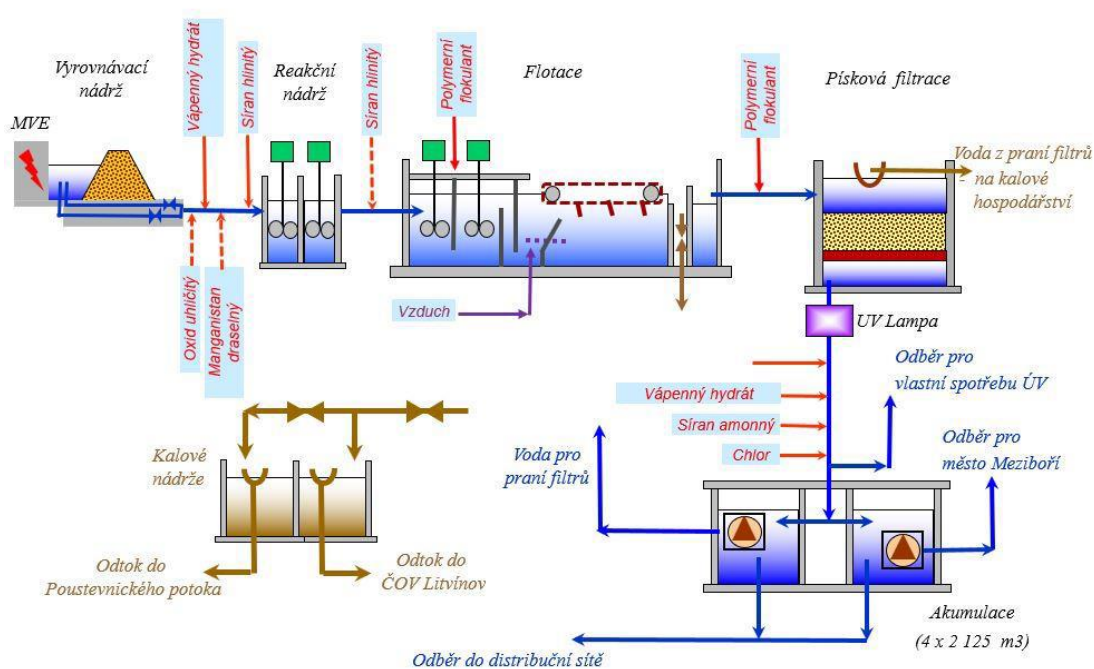


Obr. 14: Probíhající rekonstrukce na ÚV Meziboří v dubnu 2013, (zdroj: Schola Humanitas).

8.2 Technologie úpravy vody

Surová voda je čerpána z vyrovnávací nádrže. Před reakční nádrží se podle potřeby dávkuje chemikálie. Oxid uhličitý, vápenný hydrát ve formě vápenné vody, manganistan draselný (v případě, že probíhá proces odmanganování) a síran hlinitý (v případě, že neprobíhá proces odmanganování). Oxid uhličitý se přidává z důvodu, že je voda málo mineralizována. Vápenný hydrát ve formě vápenné vody slouží ke zvýšení hodnoty pH směrem k vyšším hodnotám. Manganistan draselný zase řeší problém se zvýšeným množstvím rozpuštěného železa a manganu. Tyto prvky způsobují hnědé zabarvení vody. Síran hlinitý slouží jako koagulační činidlo, které ve vodě vytváří vločky, které na sebe vážou nečistoty rozpuštěné ve vodě. Za reakční nádrží se přidává oxid uhličitý (alternativně), vápenný hydrát ve formě vápenné vody (alternativně) a síran hlinitý (v případě, že probíhá proces odmanganování). Následuje první separační stupeň (flotace). Principem je separace tuhých nebo kapalných částic z kapalně fáze, která se provádí zavedením vzduchu do kapalně fáze. Bublínky vzduchu přilnou k jednotlivým částicím a tím vytváří aglomeráty bublínky vzduchu – částice s hustotou nižší než kapalina. Vzniklé aglomeráty mají dostatečnou vztlakovou sílu, aby způsobily stoupání k hladině vody, kde jsou sběrným zařízením odstraňovány z hladiny jako plovoucí kal, který poté putuje na kalové hospodářství. Do flotace se přidává ještě pomocný polymerní flokulant. Síran hlinitý totiž utváří poměrně malé vločky, které se mohou na pískových filtrech hůře zachycovat. Flokulant je schopný spojit několik menších vloček do jedné větší a ty pak není problém už zachytit na pískovém filtru. Před pískovými filtry se pak dávkuje polymerní flokulant. Druhý separační stupeň obsahuje 8 pískových rychlofiltrů. Rychlofiltry mají výhodu v tom, že se voda nemusí zdravotně zabezpečit, mají vyšší filtrační rychlost a tím i menší potřebnou plochu. Voda z praní filtrů jde pak na kalové hospodářství. Voda z filtrace putuje do akumuláčních nádrží, které se nachází přímo pod nádržemi sloužící na filtraci. Voda musí být hygienicky nezávadná, proto voda projde UV lampou a přidá se chlor ve formě plynného chlóru nebo roztoku chlornanu sodného. Chlór brání množení mikroorganismů. Spolu s ním se přidává do vody síran amonný, který prodlužuje jeho dezinfekční účinek. Opět se přidá ještě vápenný hydrát pro úpravu hodnoty pH. Následuje odběr vody z akumuláčních nádrží pro vlastní potřebu úpravny vody, odběr pro město Meziboří, odběr do distribuční sítě, z které se pak voda dostane do Litvínova a také voda pro praní filtrů. Kalové hospodářství tvoří dílčí část úpravy

vody. Zahrnuje: jímání kalů z jednotlivých stupňů separace, zahušťování kalů a vody z praní filtrů, úpravu zahušťovaných a zahuštěných kalů, odvodňování kalů a manipulaci s nimi a také jejich ukládku nebo jejich využití. V prvním stupni separace se odstraní přibližně 70–90 % suspenze. Zbývající množství se odstraní na filtrech při jejich praní. Koagulační kaly obsahují převážně hydratované oxidy hliníku a železa. Dále pak organické a anorganické látky zachycené z upravované vody. Vyrovnávací nádrž se zahuštěním odpadních vod a následné odvedení do kanalizace. Odsazená voda se vypouští do Poustevnického potoka, (Kyncl, 2014; Fedor F., Říha J., Středa P, 2016).



Obr. 15: Technologické schéma ÚV Meziboří, (zdroj: Fedor & Říha, 2017).

9. Malá vodní elektrárna Meziboří

Na konci tlakového potrubí, které dopravuje vodu z vodního díla Fláje do úpravný vody Meziboří, byla postavena malá vodní elektrárna. Byla uvedena do provozu roku 1961 a slouží jako špičková, to znamená, že je v provozu pouze po určitou dobu během dne. Zásobuje elektrinou například i úpravnu vody. Instalovány jsou dvě Francisovi turbíny F8-880. Spád 217-257 m, hltnost $2 \times 1,8 \text{ m}^3/\text{s}$, výkon $2 \times 3,8 \text{ MW}$ a průměrná roční výroba činí 7900 MWh. Odpady od turbín ústí do vyrovnávací nádrže. V letech 2009 až 2010 proběhla rekonstrukce, při ní byla vybavena moderním automatickým zařízením a novým vzduchovým transformátorem. Vlastníkem elektrárny je soukromá společnost Czech hydro, (Vodohospodářský rozvoj a výstavba v ČSR, 1979; CZECH HYDRO, 2020).



Obr. 16: Vnitřní prostory MVE Meziboří a Francisovi turbíny, (zdroj: Schola Humanitas).

10. Diskuse

Z hydrologického hlediska nemá Česká republika příznivou polohu. Na naše území nepřitéká žádná větší řeka, veškerá voda z území odtéká a vodní zásoby jsou doplňovány jen srážkami. Využívány jsou tedy především vodní zdroje z dešťových srážek a zdroje akumulované ve vyšších nadmořských výškách. Dalším problémem je, že nemáme nikde na našem území vhodné hydrogeologické struktury, které by zajišťovaly dostatek podzemní vody. Téměř dvě třetiny území České republiky pokrývají krystalické horniny, které mají nízkou schopnost jímat vodu. Dále máme regiony, které trpí nedostatkem úhrnu srážek. Příkladem může být Žatecko, které leží ve srážkovém stínu Krušných hor. Dále se pak jedná o jižní Moravu. Z těchto důvodů je důležité chránit vodní zdroje a správně hospodařit s vodou. Cílem bakalářské práce bylo zjistit, jak probíhá zásobování pitnou vodou v severočeské hnědouhelné oblasti a jak se na tom podílí VD Fláje, které je podrobně popsáno. VD Fláje už se zabýval Josef Fišer ve své bakalářské práci *Abraze vodního díla Fláje*, kdy zjistil, jakým způsobem působí abraze na VD Fláje, její rozsah a zvolená protiabrazní opatření. Bakalářská práce *Vodní dílo Janov: obecné souvislosti a využití VD*, přináší ucelený náhled na problematiku vodních děl v České republice a stavu vodního díla Janov po jeho rekonstrukci. Podrobně zpracovanou bakalářskou práci *Intenzifikace a rekonstrukce úpravny vody Meziboří*, vypracovala Tereza Kadeřábková, která popsala a zhodnotila technologický proces úpravy vody v ÚV Meziboří a nutnosti soustavného dodržování hygienických požadavků kvality pitné vody. Analýzou výstavby vodních děl v severočeské hnědouhelné oblasti bylo zjištěno, že výstavba vodních děl byla důležitá k uspokojení potřeby pitné vody. I přes snížení spotřeby vody oproti druhé polovině 20. století, mají vodní díla velmi důležitou roli. V posledních šesti letech nás trápí období sucha. Na našem území se nedostává srážek, které jsou velmi nerovnoměrně rozložené v průběhu roku a jejich úhrn je nižší než dlouhodobý průměr. Tyto skutečnosti mají vliv jak na průtoky na vodních tocích, objemy vody ve vodních nádržích, tak i na hladiny podzemní vody. Nedostatek vody měl dopad na celou řadu odvětví jako jsou: zemědělství, vodárenství, průmysl a rekreaci. „*Jedním z nástrojů, jak se s nedostatkem vody vyrovnat jsou vodní nádrže. Umožní nejen vodu pro činnost člověka využít, ale v nejvíce potřebném období ji dokáže i nabídnout přírodě – vodním tokům,*“ uvedl Jan Svejkovský, mluvčí Povodí Ohře. Ke konci března roku 2020 mělo

Povodí Ohře všechny vodní nádrže naplněné na 96 až 100 % svých zásobních objemů a zároveň volné retenční objemy, které jsou připravené v případě povodní eliminovat jejich účinky. Vzhledem k těmto skutečnostem, se daří minimalizovat dopady sucha, zajišťovat dostatečné průtoky na vodních tocích pod vodními díly a zajistit dostatečné množství pitné vody. Velký důraz při plánování a stavbě vodních děl by měl být jejich vliv na životní prostředí a bezpečnost. I v současné době se můžeme setkat s tím, že v důsledku zaplavení území došlo k narušení ekosystému, zániku rostlinných nebo živočišných druhů a přesunu obyvatelstva. Je důležité najít kompromis, který by jednak neměl velký vliv na životní prostředí a který by zajistil dostatečnou zásobu vody zvolením vhodné lokality. Velký důraz by měl být kladen také na bezpečnost vodních děl, která se postupem času neustále zdokonalují, (SOVAK ČR, 2012; iDNES.cz, 2016; Zemepis.com, 2018; Otcovský, 2020; Svejkovský, 2020).

11. Závěr

Cílem bakalářské práce bylo poskytnout získané informace z různých literárních a internetových zdrojů o problematice zásobování pitnou vodou v severočeské hnědouhelné oblasti s podrobným popisem VD Fláje a proces úpravy vody v ÚV Meziboří. Postupná výstavba vodních děl ve 20. století se ukázala jako velmi důležitá. Byla vybudována menší či větší VD co se týká rozlohy, a ta pak zajišťovala uspokojení poptávky po pitné vodě. V jednom období převyšovala poptávka po pitné vodě nad možnostmi zásobováním pitnou vodou. Ta byla následně plně uspokojena výstavbou VD Fláje a VD Přísečnice. V 90. letech 20. století nastal pokles po poptávce pitné vody a byla snížena její spotřeba. V roce 2003 pak byly ukončeny vodárenské odběry na VD Janov a VD Jezeří. Společně s tím došlo i k uzavření úpraven vody, které byly napájeny vodou z těchto vodních děl. Je důležité vybudovaná vodní díla zachovat. V současnosti mohou zajišťovat ochranu před povodňovými stavy. V budoucnosti by se pro ně mohlo najít opětovné využití v podobě zásobování vodou v důsledku klimatických změn a s tím související období sucha. V současnosti zajišťuje dodávku pitné vody pro celou oblast VD Přísečnice a VD Fláje, doplněné o VD Křimov, VD Kamenička a VD Jirkov. Voda z VD Přísečnice putuje do ÚV Hradiště a odtud je pitná voda distribuována vodovodem do měst Chomutova, Mostu, Louny a Teplice. ÚV Třetí mlýn je napájena vodou z VD Křimov a VD Kamenička, následně je pitná voda distribuována do města Chomutova. VD Jirkov napájí vodou ÚV Jirkov, následně je prováděna distribuce pitné vody do města Jirkova a jeho okolí. Voda z VD Fláje putuje na ÚV Meziboří a odtud probíhá distribuce pitné vody Litvínovska a jeho okolí. Město Litvínov ještě zásobuje pitná voda z ÚV Litvínov, která leží v Šumném dole v Litvínově. Odběr surové vody je prováděn z Bílého potoka. Vodní díla severočeské hnědouhelné oblasti jsou součástí Severočeské vodárenské soustavy, a jsou tak propojena vodovodem. V případě výpadku zdroje vody v jedné oblasti, je soustava schopna dopravit vodu ze zdroje jiného a pokrýt tak deficit v soustavě. Jediná betonová pilířová přehrada typu Noetzli u nás je součástí VD Fláje, které zajišťuje dodávku surové vody do ÚV Meziboří. Využívána je i vodní energie. Proto je na konci tlakového potrubí postavena MVE, která špičkově vyrábí elektřinu pomocí vodní energie a turbín. Vyrobená elektrická energie je i využívána v ÚV Meziboří. Pitná voda z úpravny je vodovodem dopravena

ke spotřebitelům v Litvínově a blízkém okolí. Přínosem práce je přiblížení a seznámení s problematikou zásobování pitnou vodou v severočeské hnědouhelné oblasti. Byly vyhledány informace z různých zdrojů, které byly v práci sjednoceny a mohou tak být přínosné případným zájemcům o problematiku zásobování pitnou vodou v severočeské hnědouhelné oblasti s podrobnými informacemi o vodním díle Fláje a úpravny vody Meziboří. Návrhem pro další zájemce o tuto problematiku bylo, jak se bude do budoucna vyvíjet výstavba vodních děl a zásobování vodou v severočeské hnědouhelné oblasti. Důležitou roli v tom bude hrát i uzavírání těžebních lokalit a s tím související rekultivace území po těžbě, kde může být zvolena i vodní rekultivace a budou tak vybudovány nové vodní plochy, (Přehrady Povodí Ohře, 2010; Zemepis.com, 2018; Rekonstrukce úpravny vody, Jirkov, 2020).

12. Seznam použitých zdrojů

BÁRTA, Z.; BRUS, Z.; HURNÍK, S.; TOBĚRNÁ, V.; TYRNER, P.: *Příroda Mostecka*. Ústí nad Labem: Severočeské nakladatelství, 1973.

BERAN, a kolektiv autorů: Ztráta vody výparem z volné vodní hladiny. *Vodohospodářské technickoekonomické informace*, 2019, roč. 61, č. 4, str. 12–18. ISSN 0322-8916.

BINTEROVÁ, Zdena a Stanislav DĚD, 2004c. *Přísečnice zatopená, ale nezapomenutá: Preßnitz versunken, aber nicht vergessen: sborník*. V Chomutově: Oblastní muzeum. ISBN 80-239-3286-1.

BINTEROVÁ, Zdeňka. Zaniklé obce Chomutovska. IV. díl, V bývalém soudním okrese Jirkov. V Chomutově: Okresní muzeum, 1996. 59 s. ISBN 80-238-1824-4.

BRONCOVÁ, Dagmar, 2006. *Voda pro všechny: Vodárenské soustavy v ČR*. Praha: Milpo media. ISBN 80-903481-9-X.

BROŽA, Vojtěch, [2011]. *Přehrady v České republice 2010: rekonstrukce, modernizace, sanace, opravy*. Praha: Český přehradní výbor. ISBN 978-80-7422-103-3.

BROŽA, Vojtěch, 2005a. *Vodohospodářské stavby*. Praha: Vydavatelství ČVUT. ISBN 8001031756, 9788001031759.

BROŽA, Vojtěch, 2005b. *Přehrady Čech, Moravy a Slezska*. Liberec: Knihy 555. ISBN 80-866-6011-7.

BROŽA, Vojtěch, František ČIHÁK a Ladislav SATRAPA. 1998. *Hydrotechnické stavby*. Praha: Český svaz stavebních inženýrů. Technická knihnice autorizovaného inženýra a technika. ISBN 80-902460-5-2.

CECH, Brigitte, 2013. *Technika v antice*. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-3786-7.

CZECH HYDRO: Čistá energie z vody [online], ©2020. Svitavy: Czech Hydro [cit. 2020-03-26]. Dostupné z: <http://www.czechhydro.com/>

Časopis Stavebnictví: časopis stavebních inženýrů, techniků a podnikatelů [online], 2007. Brno: EXPO DATA [cit. 2020-03-21]. ISSN 1802-2030. Dostupné z: https://www.casopisstavebnictvi.cz/tri-soutesky-cinska-dimenze_A150_I6

ČERVINKA, Pavel, 2005. *Ekologie a životní prostředí: učebnice pro střední a odborné školy a učiliště*. Praha: Nakladatelství České geografické společnosti. ISBN 80-860-3463-1.

DAVID, Petr a Vladimír SOUKUP, 2010. *Velká turistická encyklopedie*. Praha: Knižní klub. ISBN 978-80-242-2676-7.

Duffaut, P. (2013, 5:5). The Traps Behind the Failure of Malpasset Arch Dam, France, in 1959. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, 335-341.

DVOŘÁK, Otomar a Marie HOLEČKOVÁ, 2016. *O řece a lidech: padesát let Povodí Ohře*. Beroun: Nakladatelství MH. ISBN 978-80-86720-71-5.

DVOŘÁKOVÁ, Magdalena, 2018. *Tajemná místa komunismu: fascinující místa české historie*. Brno: CPress. Fascinující místa české historie. ISBN 978-80-264-1855-9.

Fedor F., Říha J., Středa P.: Poznatky ze zkušebního provozu ÚV Meziboří.

Goodman, R. (2013). On the Failure of Malpasset Dam. *AEG Shlemon Specialty Conference: Dam Failures and Incidents*. Denver: Association of Environmental and Engineering Geologists.

HAVLÍK, A., © 2016: *Nádrže a přehrady*. (online) [cit. 17.6.2020], dostupné z: http://hydraulika.fsv.cvut.cz/Vin/ke_stazeni/Nadrze_prehrady.pdf

HETZE, Wolfgang, 1984. *Krušné hory*. Ústí nad Labem: Severočeské nakladatelství.

HLUŠIČKOVÁ, Hana, 2002. *Technické památky v Čechách, na Moravě a ve Slezku*. Praha: Libri. ISBN 80-7277-160-44.

HOSCH, William L., © 2007: *Tibi Dam*. (online) [cit. 17.6.2020], dostupné z: <https://www.britannica.com/topic/Tibi-Dam>

Hospodaření vodou, 2019. Praha: ČKAIT. Stavební kniha. ISBN 978-80-88265-15-3.

Hurník, S., Zavátá minulost Mostecka, Sborník Okresního muzea v Mostě, řada přírodovědná 2001, 23.

IDNES.CZ, (2016): Česko má největší zásoby pitné vody v Polabí, naopak Morava schne, iDNES, [online]: https://www.idnes.cz/zpravy/domaci/pruzkum-zasoby-pitne-vody-v-cesku.A160727_210959_domaci_san, cit. 24.6.2020

JERMÁŘ, Milan, 1982. *Vodní hospodářství*. Praha: Nakladatelství technické literatury.

Jirkov.cz, (2020): Charakteristika území, Oficiální stránky města Jirkov, [online]. [cit. 2020-06-22]. Dostupné z: <https://www.jirkov.cz/mesto/charakteristika-uzemi/>

KIDLESOVÁ, Simona, 2009. *Česká republika od A do Z: Turisticko-vlastivědná encyklopedie*. Praha: SW Travel. ISBN 978-80-254-5156-4.

KRÁLÍK, Martin, 2013. Bezpečnostní přelivy zděných přehrad. *Grant journal* [online]. Praha: MAGNANIMITAS, 2013(2), 83-86 [cit. 2020-03-22]. ISSN 1805-0638. Dostupné z: <http://www.grantjournal.com/issue/0202/PDF/0202.pdf>

KUČERA, Václav, 2009. *Architektura inženýrských staveb*. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-2504-8.

KYNCL, Miroslav. *Kalová problematika úpraven pitných vod*. [online]. [cit. 2014-10-08]. Dostupné na: <http://www.smv.cz/res/data/013/001565.pdf>

Lomy a těžba: Stroje a zařízení pro těžební a stavební průmysl [online], 2016. [cit. 2020-03-22]. ISSN 1805-2304. Dostupné z: <http://www.lomyatezba.cz/2016/2016-1/item/678-diga-del-vajont-prehrada-s-tragickym-pribehem>

LUKÁČ, Michal a Emília BEDNÁROVÁ, 2006. *Navrhovanie a prevádzka vodných stavieb: sypané priehrady a hrádze*. Bratislava: Jaga. ISBN 80-807-6031-4.

MALKOVSKÝ, M. *Geologie severočeské hnědouhelné pánve a jejího okolí*. 1. vyd. Praha: Academia, 1985

Melichar, Krása, 2009. Krušné hory – smutné pohoří. *Ochrana přírody* [online]. Praha: AOPK ČR, č. 6(2/7) [cit. 2020-06-26]. ISSN 1210-258X. Dostupné z: <https://www.casopis.ochranaprirody.cz/z-nasi-prirody/krusne-hory-smutne-pohori/?action=download/?webSID=012fed8378a5ef08cc03505bb37ee005>

MILERSKI, Rudolf, Jan MIČÍN a Jaroslav VESELÝ, 2005. *Vodohospodářské stavby*. Brno: Akademické nakladatelství CERM. ISBN 80-214-2896-1.

Ministerstvo zemědělství, (2020): Technickobezpečnostní dohled nad vodními díly, [online]. [cit. 2020-06-22]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/mze/voda/technickobezpecnostni-dohled/>

MÜLLER, Leopold, 1987. The Vajont Catastrophe. MÜLLER, Leopold. *Engineering Geology: An International Journal*. Amsterdam: Elsevier. ISBN 0013-7952. ISSN 0013-7952.

Naučná stezka Fláje – Turistický průvodce, květen 2019. Chomutov: Povodí Ohře.

NĚMEC, Jan, Jan KOPP a Michael BARTOŠ, 2009. *Vodstvo a podnebí v České republice v souvislosti se změnou klimatu*. Praha: Consult. ISBN 80-903482-7-0.

NĚMEC, Jan, Josef HLADNÝ a Vladimír BLAŽEK, 2006. *Voda v České republice*. Praha: Consult. ISBN 80-903482-1-1.

NOVOTNÁ, Daniela, 2004. *Technické památky v Čechách, na Moravě, ve Slezsku*. Praha: Olympia. Navštivte---. ISBN 80-703-3831-8.

Otcovský, 2020. Vodní nádrže se připravují na sucho. In: *Novinky.cz* [online]. Místo: Praha, 15.5.2020. [cit. 2020-06-22]. Dostupné z: <https://www.novinky.cz/domaci/clanek/vodni-nadrze-se-pripravuji-na-sucho-40323543>

POKORNÁ, Libuše, 2000. *Kniha o Mostecku: Das Buch über Mostecko = A book on the Mmost region*. Litvínov: Dialog. ISBN 80-85843-80-3.

Povodí Ohře, červen 2010 (aktualizace: 06/20): Manipulační řád VD Fláje, Chomutov: Povodí Ohře, státní podnik

Přehrady Povodí Ohře, 2010. Chomutov: Povodí Ohře Chomutov

Rekonstrukce úpravny vody, Jirkov, 2020. *SMP CZ* [online]. Praha: SMP CZ [cit. 2020-06-22]. Dostupné z: <https://www.smp.cz/rekonstrukce-upravny-vody-jirkov-1782>

Revista HMiC: The Three Gorges Dam Project in China: history and consequences [online], 2006. Barcelona: Departament d'Història Moderna i Contemporània de la UAB [cit. 2020-03-21]. ISSN 1696-4403. Dostupné z: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=2ahUKewjvhsau0qvoAhXFaqKHTabDrIQFjABegQIAhAB&url=http%3A%2F%2Fw>

ww.raco.cat%2Findex.php%2FHMIC%2Farticle%2FviewFile%2F57768%2F67739
&usg=AOvVaw0ufEGRfXE8KBI8tyZ1Zz_G

Romanaqueducts.info, (2020): Invention, Roman aqueducts, Roman Aqueducts, [online]: <http://www.romanaqueducts.info/q&a/2invention.htm>, cit. 24.6.2020

Sborník konference *Pitná voda 2016*, s. 191-194. W&ET Team, Č. Budějovice 2016. ISBN 978-80-905238-2-1

Severočeské vodovody a kanalizace, 2020. Spotřeba vody. [online]. 2020 [cit. 2020-06-26]. Dostupné z: <https://www.scvk.cz/vse-o-vode/pitna-voda/spotreba-vody/>

Seznamzpravy.cz, (2020): Česko jako střecha Evropy. Kam mizí voda, která u nás chybí? Seznam Zprávy, [online]: <https://www.seznamzpravy.cz/clanek/cesko-jako-strecha-evropy-kam-mizi-voda-ktera-u-nas-chybi-i-do-bangladese-108505>, cit. 24.6.2020

SLAVÍK, Ladislav a Martin NERUDA, 2004. *Vodní režimy v krajině.* Ústí nad Labem: Univerzita J.E. Purkyně v Ústí nad Labem, Fakulta životního prostředí. ISBN 80-704-4559-9.

SLAVÍK, Ladislav a Martin NERUDA, 2007. *Voda v krajině.* Ústí nad Labem: Univerzita J.E. Purkyně v Ústí nad Labem, Fakulta životního prostředí. ISBN 978-80-7044-882-3.

Směrný vodohospodářský plán ČSR: publikace č. 34 - Vodní nádrže, 1988. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský Praha.

SOVAK ČR, (2012): Příručka provozovatele úpravní pitné vody, Medim spol. s.r.o., Líbenice.

SOVAK: Časopis oboru vodovodů a kanalizací, 2013. Praha: Mgr. Pavel Fučík. ISSN 1210-3039.

STARÝ, Miloš. 1990. *Nádrže a vodohospodářské soustavy.* Brno: Ediční středisko Vysokého učení technického.

stoplusjednicka.cz, (2020): Great Lakes: Pět jezerních obrů, 100+1, [online]: <https://www.stoplusjednicka.cz/great-lakes-pet-jezernich-obru>, cit. 24.6.2020

SVEJKOVSKÝ, Jan. Vodní nádrže v přípravě na možné sucho, tisková zpráva [online]. Chomutov, 21. dubna 2020 [cit. 2020-06-22]. Dostupné z: <https://www.poh.cz/vodni-nadrze-v-priprave-na-mozne-sucho/d-4054>

SVS a.s., (2012): SVS dnes zahájila intenzifikaci a rekonstrukci úpravny vody Meziboří – tisková zpráva, SVS a.s., Teplice, [online]: http://www.mezibori.cz/assets/File.ashx?id_org=9360&id_dokumenty=1945, cit. 26.3.2020

ŠÁMALOVÁ, Zlata a Ladislav MERTA, 2016. *Historie přehradního stavitelství v povodí horní Jizery: 100 let od protržení přehrady na Bílé Desné.* Hradec Králové: Povodí Labe.

ŠKVOR, V. *Geologie české části Krušných hor a Smrčín.* 1. vyd. Praha: Ústřední ústav geologický, 1975

ŠTEFÁČEK, Stanislav, 2008. *Encyklopedie vodních toků Čech, Moravy a Slezska.* Praha: Baset. ISBN 978-80-7340-105-4.

ŠTÝS, Stanislav, 2012. *Proměny Mostecká* [online]. Most: Město Most [cit. 2020-06-26]. Dostupné z: <https://www.mesto-most.cz/publikace/ds-1187>

TANCHEV, Ljubomir. 2014. *Dams and appurtenant hydraulic structures – 2nd edition.* London: Taylor & Francis. 1116 s. ISBN 9780203577059.

Teton 1976 [online]. In: [cit. 2020-06-17]. Dostupné z: <https://sites.google.com/site/malevodnielektrany/teton-1976>

URBANOVÁ, Marie, Vratislav URBAN a Lenka RUMPLÍKOVÁ, 1999. *Inženýrská díla v krajině: učební texty.* Ústí nad Labem: Univerzita J.E. Purkyně. ISBN 80-704-4280-8.

VALÁŠEK, Václav a Lubomír CHYTKA, 2009. *Velká kronika o hnědém uhlí: minulost, současnost a budoucnost těžby hnědého uhlí v severozápadních Čechách.* Plzeň: G2 studio. ISBN 978-80-903893-4-2.

Větvička Václav, Rendek Jan: Vltava, nakladatelství JAN VAŠUT s. r. o., 2008, ISBN 978-80-7236-549-4

Vodní cesty a plavba: Časopis pro ekologické, ekonomické a technické aspekty vodní dopravy a vodních cest v ČR, Evropě a na jiných kontinentech., 2007. Praha: Vodní cesty a plavba. ISSN 1211-2232.

Vodohospodářský rozvoj a výstavba v ČSR: 25 let práce podniku Vodohospodářský rozvoj a výstavba, nositel Řádu práce – Praha 1952-1977, Praha: Státní zemědělské nakladatelství.

VÝCHODNÍ KRUŠNÉ HORY: Významné ptačí území roku 2008. In: Ptačí oblast soustavy Natura 2000 [online]. ČSO, 2003 [cit. 2020-06-26]. Dostupné z: http://oldcso.birdlife.cz/www.cso.cz/wpimages/video/IBA_roku_2008.pdf.

YILDIZ, Dursun, 2019. *World Water Diplomacy & Science News: How the Aral Sea Will Look Like in Foreseeable Future?* [online]. Ankara: Hydropolitics Academy [cit.2020-03-21]. ISSN 12019-10009. Dostupné z: https://www.academia.edu/38424015/How_the_Aral_Sea_will_look_like_in_Foreseeable_Future_.pdf

Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách (vodní zákon), v platném znění.

Zemepis.com, (2012): Geografická poloha ČR, Zeměpis, [online]: <http://www.zemepis.com/gpcr.php>, cit. 24. 6. 2020

14. Seznam tabulek

Tabulka 1: M – denní průtoky Flájského potoka v profilu VD Fláje, (zdroj: Manipulační řád VD Fláje).	48
Tabulka 2: N – leté průtoky Flájského potoka v profilu VD Fláje, (zdroj: Manipulační řád VD Fláje).....	48
Tabulka 3: Předpokládaný roční výpar v mm za měsíce VD Fláje, (zdroj: Manipulační řád VD Fláje).....	51

15. Seznam obrázků

Obr. 1: Lokality chráněné pro akumulaci povrchových vod podle Generelu (2011), (zdroj: https://www.vtei.cz/2015/12/zvladani-sucha-a-vystavba-vodnich-nadrzi-v-kontextu-uzemniho-planovani/).	12
Obr. 2: Rozdělení nádrží podle trvání cyklu řízení odtoku z nádrže, (zdroj: Havlík A., Nádrže a přehrady).	18
Obr. 3: Letecká fotografie pořízena krátce po katastrofě ve Vajont, (zdroj: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Disastro_Vajont.jpg).	35
Obr. 4: Geomorfologické jednotky v zájmovém území, (zdroj: https://www.ecmost.cz/rekultivace.php?page=pruvodce_jednotky).	38
Obr. 5: Rozdíl srážky – výpar pro období 1961 až 2017 na jezeře Most, tečkovaně 5letý klouzavý průměr, (zdroj: https://www.vtei.cz/2019/08/ztrata-vody-vyparem-z-volne-vodni-hladiny/).	39
Obr. 6: Vzájemná poloha vodních děl, (zdroj: Vodohospodářská konference vodní nádrže 2013).	43
Obr. 7: Panorama VD Fláje, (zdroj: autor).	44
Obr. 8: Pohled na obec Fláje v roce 1953, (zdroj: ČERVENÝ, B. (1953): České geologické služby [online databáze]. Praha, Česká geologická služba [cit. 2020-06-21]. Dostupné z URL http://www.geology.cz/foto/4899).	45
Obr. 9: Stavba hráze, (zdroj: http://www.poh.cz/historie-vystavby-vd/gS-1036).	47
Obr. 10: Příčný řez tělesem hráze, (zdroj: https://www.poh.cz/vodni-dilo-flaje/d-2602).	49
Obr. 11: Příčný řez v místě tlakové štoly, (zdroj: https://www.poh.cz/vodni-dilo-flaje/d-2602).	50
Obr. 12: Rozdělení prostoru v nádrži, (zdroj: http://www.pvl.cz/portal/Nadrze/cz/pc/Objemy.aspx).	51
Obr. 13: ÚV Meziboří, (zdroj: autor).	53
Obr. 14: Probíhající rekonstrukce na ÚV Meziboří v dubnu 2013, (zdroj: Schola Humanitas).	55

Obr. 15: Technologické schéma ÚV Meziboří, (zdroj: Fedor & Říha, 2017).	57
Obr. 16: Vnitřní prostory MVE Meziboří a Francisovi turbíny, (zdroj: Schola Humanitas).	58

16. Přílohy

Příloha 1: Technická budova MVE Meziboří, (zdroj: autor).....	74
Příloha 2: Tlakové potrubí v lesích nad MVE Meziboří, (zdroj: autor).....	74
Příloha 3: Hráz VD Fláje, (zdroj: autor).	74
Příloha 4: Flájský potok v těsné blízkosti VD Fláje, (zdroj: autor).	74
Příloha 5: VD Kamenička s kaskádou bezpečnostního přelivu, (zdroj: autor).....	74
Příloha 6: VD Jezeří, (zdroj: autor).....	74
Příloha 7: VD Křimov, (zdroj: autor).....	74
Příloha 8: VD Janov, (zdroj: autor).....	74
Příloha 9: Zemní hráz VD Přísečnice, (zdroj: autor).	74
Příloha 10: Zemní hráz VD Jirkov, (zdroj: autor).....	74
Příloha 11: Pozůstatky základů stanice nákladní lanovky na Moldavě v Krušných horách, (zdroj: autor).....	74
Příloha 12: Nádraží na Moldavě v Krušných horách, na které se po železnici převážel stavební materiál ke stanici nákladní lanovky, (zdroj: autor).	74
Příloha 13: Schéma příčného řezu hráze VD Fláje, (zdroj: VD Fláje, Povodí Ohře).74	
Příloha 14: Schéma příčného řezu odběrného objektu a štoly, (zdroj: VD Fláje, Povodí Ohře).	74
Příloha 15: Schéma příčného řezu vyrovnávací komory a komory klapek na konci tlakové štoly, (zdroj: VD Fláje, Povodí Ohře).	74
Příloha 16: Schéma příčného řezu tlakové štoly, (zdroj: VD Fláje, Povodí Ohře)...	74
Příloha 17: Pohled vzhůru na vnitřní prostor dutého pilíře typu Noetzli, (zdroj: autor).	74



Příloha 1: Technická budova MVE Meziboří, (zdroj: autor).



Příloha 2: Tlakové potrubí v lesích nad MVE Meziboří, (zdroj: autor).



Příloha 3: Hráz VD Fláje, (zdroj: autor).



Příloha 4: Flájský potok v těsné blízkosti VD Fláje, (zdroj: autor).



Příloha 5: VD Kamenička s kaskádou bezpečnostního přelivu, (zdroj: autor).



Příloha 6: VD Jezeří, (zdroj: autor).



Příloha 7: VD Křimov, (zdroj: autor).



Příloha 8: VD Janov, (zdroj: autor).



Příloha 9: Zemní hráz VD Přísečnice, (zdroj: autor).



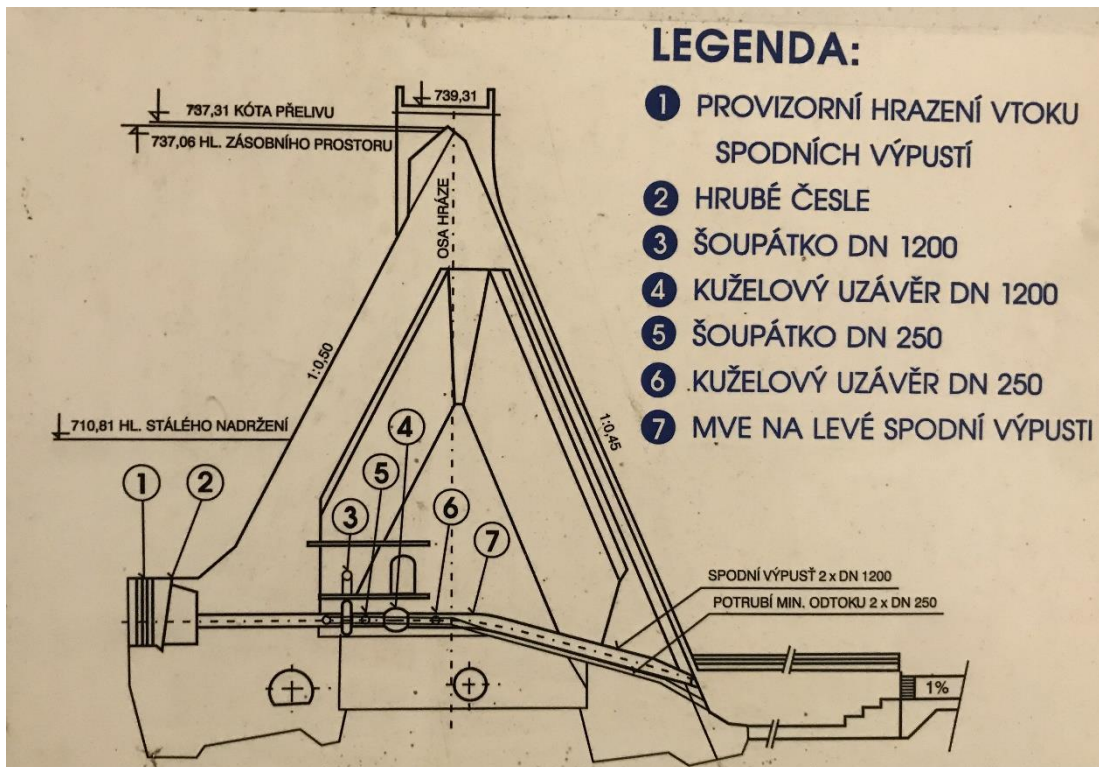
Příloha 10: Zemní hráz VD Jirkov, (zdroj: autor).



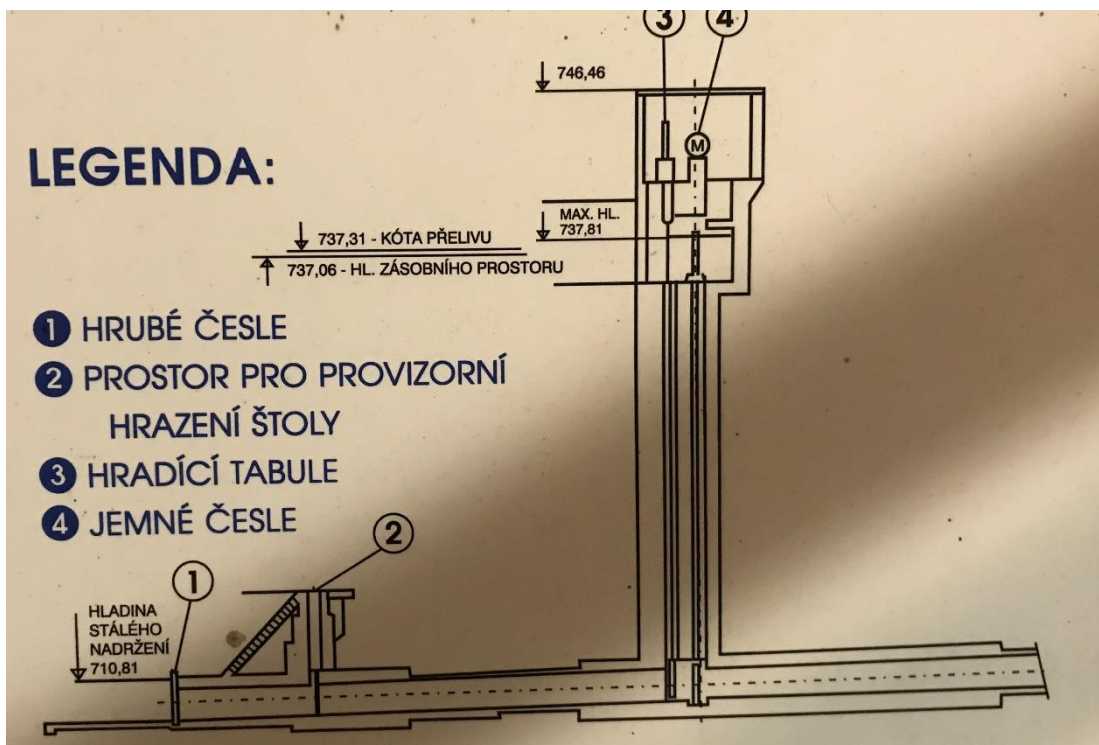
Příloha 11: Pozůstatky základů stanice nákladní lanovky na Moldavě v Krušných horách, (zdroj: autor).



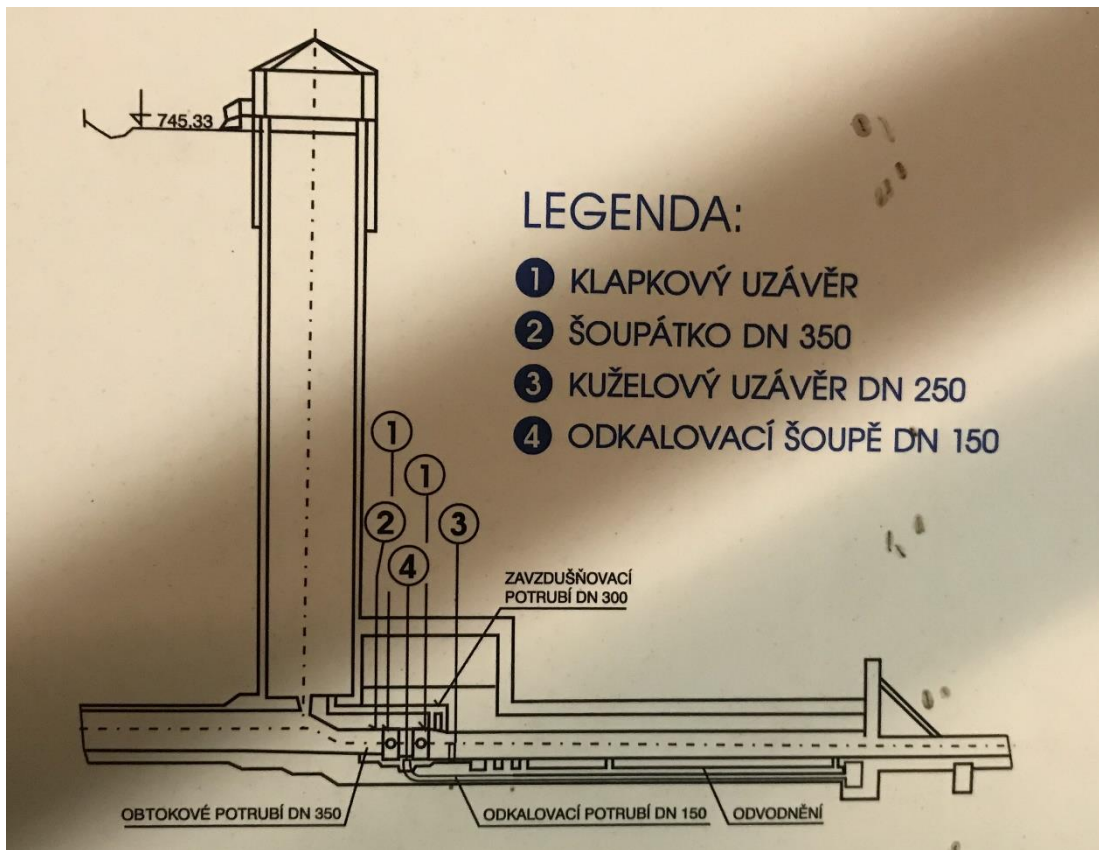
Příloha 12: Nádraží na Moldavě v Krušných horách, na které se po železnici převážel stavební materiál ke stanici nákladní lanovky, (zdroj: autor).



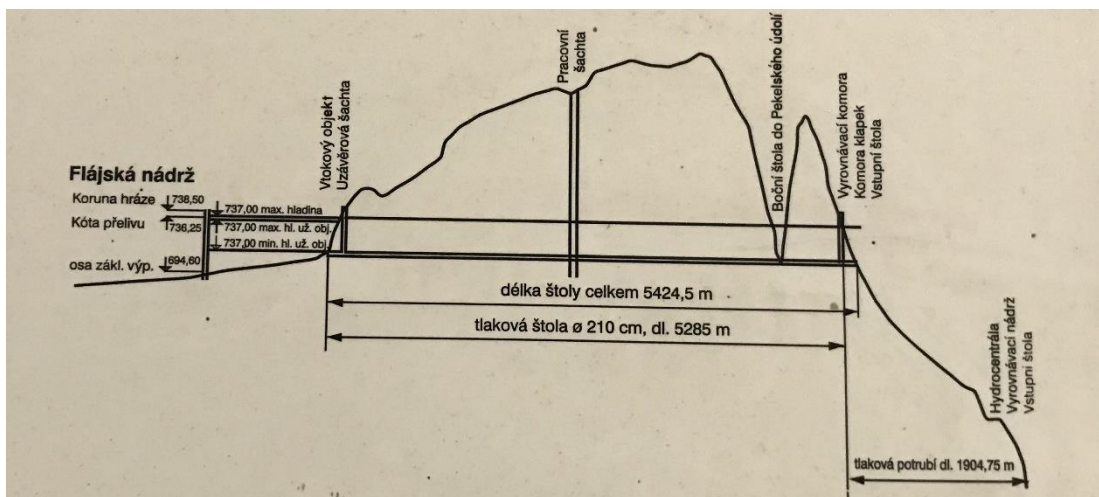
Příloha 13: Schéma příčného řezu hráze VD Fláje, (zdroj: VD Fláje, Povodí Ohře).



Příloha 14: Schéma příčného řezu odběrného objektu a štoly, (zdroj: VD Fláje, Povodí Ohře).



Příloha 15: Schéma příčného řezu vyrovnávací komory a komory klapek na konci tlakové štolý, (zdroj: VD Fláje, Povodí Ohře).



Příloha 16: Schéma příčného řezu tlakové štolý, (zdroj: VD Fláje, Povodí Ohře).



Příloha 17: Pohled vzhůru na vnitřní prostor dutého pilíře typu Noetzli, (zdroj: autor).