

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí

**Katedra vodního hospodářství a enviromentálního
modelování**



Bakalářská práce

**Vodohospodářské stavby na vodním toku Berounka
v CHKO Křivoklátsko**

Autor práce: Luboš Novotný
Vedoucí práce: Ing. Radek Roub, Ph.D.

© 2023 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Luboš Novotný

Vodní hospodářství

Název práce

Vodohospodářské stavby na vodním toku Berounka v CHKO Křivoklátsko

Název anglicky

Water management objects on the river Berounka in the area CHKO Křivoklátsko

Cíle práce

Cíle této bakalářské práce jsou:

1. Obecně popsat povodně, jejich vliv na povodí a zastavěné oblasti a zmínit nejdůležitější povodňové události na území ČR.
2. Obecně charakterizovat vodohospodářské stavby a protipovodňová opatření na vodních tocích.
3. Podrobně popsat zájmovou oblast CHKO Křivoklátsko a vodní tok Berounka včetně správy této oblasti.
4. Detailně rozebrat konkrétní vodohospodářské stavby a protipovodňová opatření na daném úseku vodního toku.
5. Nastínit nedostatky vybraných objektů a uvést příklady řešení těchto nedostatků.

Metodika

- Úvod
- Popis povodní
- Obecná charakteristika vodohospodářských staveb a protipovodňových opatření ve spojitosti s vodním tokem
- Popis zájmové oblasti
- Rozbor konkrétních staveb a objektů
- Diskuze
- Závěr

Doporučený rozsah práce

cca 45 stran + přílohy

Klíčová slova

povodně, Povodí Vltavy, jez, rybí přechod, malá vodní elektrárna, průtok, koryto, břehové opevnění, přehrada, retenční nádrž

Doporučené zdroje informací

Čamrová, L., 2007. Ochrana před povodněmi v urbanizovaných územích, Praha: IREAS, Institut pro strukturální politiku.

Milerski, R., Mičín, J. & Veselý, J., 2005. Vodohospodářské stavby, Brno: Akademické nakladatelství CERM.

Podzimek, J. & kol., 1980. Povodí Berounky, Praha: Povodí Vltavy, Podnik pro provoz a využití vodních toků.

Předběžný termín obhajoby

2022/23 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Radek Roub, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Elektronicky schváleno dne 16. 3. 2023

prof. Ing. Martin Hanel, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 16. 3. 2023

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 20. 03. 2023

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: Vodohospodářské stavby na vodním toku Berounka v CHKO Křivoklátsko vypracoval samostatně a citoval jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použil a které jsem rovněž uvedl na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů. Jsem si vědom, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla. Jsem si vědom, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby. Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Praze dne 31.3.2023

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Radku Roubovi, Ph.D. za vedení této práce. Dále bych chtěl poděkovat panu Jiřímu Pšenčnému ze státního podniku Povodí Vltavy za poskytnuté materiály k vodním dílům v zájmovém úseku řeky. Také děkuji Ing. Petru Čechovi za poskytnuté informace o fungování řeky na daném úseku a jejích změnách v průběhu let. V neposlední řadě děkuji své rodině za rady a trpělivost během celého mého studia.

Vodohospodářské stavby na vodním toku Berounka v CHKO Křivoklátsko

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá vodohospodářskými stavbami a protipovodňovými opatřeními na úseku řeky Berounky v CHKO Křivoklátsko. V první části práce jsou z dostupných zdrojů formou literární rešerše sumarizovány a sepsány informace týkající se problematiky povodní a charakteristik a účelů vodohospodářských staveb a protipovodňových opatření. Práce se zaměřuje konkrétně na druhy povodní, jejich vznik a možnosti ochrany před nimi. Dále jsou popsány konkrétní druhy vodohospodářských staveb a technických protipovodňových opatření, jejich funkce a konstrukční vlastnosti.

Ve druhé, vlastní, části práce je charakterizována zájmové území, tedy CHKO Křivoklátsko a řeka Berounka, včetně správy této oblasti. Dále jsou probírány neuskutečněné a plánované stavby na tomto úseku řeky. Hlavní část práce se zaměřuje na stávající stavby a jejich podrobný popis.

V diskusi jsou následně rozebrány nedostatky a problémy ve spojitosti s řekou v zájmovém úseku a jejími stavbami, problematika výstavby přehrady na Křivoklátsku a snaha o zprůchodnění vysoce fragmentované řeky Berounky.

Klíčová slova: povodně, Povodí Vltavy, jez, rybí přechod, malá vodní elektrárna, průtok, koryto, břehové opevnění, přehrada, retenční nádrž

Water management objects on the river Berounka in the area CHKO Křivoklátsko

Abstract

The Bachelor's thesis deals with water management structures and anti-flood measures on the part of the Berounka river in the area CHKO Křivoklátsko. In the first part of the thesis available sources are summarized and written into the informations about floods and the characteristics and purposes of water management structures and anti-flood measures in the form of literary research. Thesis focuses specifically on the types of floods, their occurrence and the possibilities of protection against them. Further there are descriptions of specific types of water management structures and the technical types of anti-flood measures, their functions and construction properties.

In the second, practical, part of the thesis there is a description of area of interest, specifically area of CHKO Křivoklátsko and the Berounka river, including the management of this area. Further in the Thesis there is chapter about unrealized and planned objects on the interest part of the river. The main part of the thesis focuses on already existing structures and their detailed descriptions.

In the discussion there are told deficiencies and problems with connection on the interest part of the Berounka river and the structures on it, also issues of the dam in Křivoklátsko and effort to make highly fragmented Berounka river passable.

Keywords: floods, management of Vltava basin, weir, fish passage, small hydropower plant, flow, trough, bank fortification, dam, retention reservoir

Obsah

1. Úvod.....	1
2. Cíl práce.....	2
3. Metodika	2
4. Literární rešerše.....	3
4.1 Povodně a jejich charakteristika	3
4.2 Základní pojmy v oblasti povodní	3
4.3 Rozdělení.....	4
4.3.1 Letní povodně	5
4.3.2 Přívalové letní povodně	5
4.3.3 Zimní a jarní povodně.....	5
4.3.4 Zimní povodňové situace způsobené ledovými jevy	6
4.4 Odtokové poměry	6
4.4.1 Porost	7
4.4.2 Terén	7
4.4.3 Půda	7
4.5 Změny v krajině	8
4.5.1 Zmenšování vsakovací schopnosti půd a povrchů v krajině.....	8
4.5.2 Zkracování říční sítě	9
4.6 Průběh povodňové vlny	9
4.6.1 Koncentrace odtoku	10
4.6.2 Zadržování vody v údolní nivě	11
4.6.3 Skládání povodňových vln.....	11
4.7 Protipovodňová ochrana	11
4.7.1 Přírozená retence.....	12
4.7.2 Technická protipovodňová opatření	13
4.7.3 Prevence povodní.....	13
4.7.4 Hlásná a předpovědní povodňová služba.....	14
4.7.5 Povodňové plány.....	15
4.7.6 Stupně povodňové aktivity	15
4.8 Významné povodně v ČR	17
4.8.1 Povodně 1997	17
4.8.2 Povodně 2002	19
4.8.3 Povodně 2006	20
4.8.4 Povodně 2009	21
4.8.5 Povodně 2010	22
4.8.6 Povodně 2013	23

4.9	Protipovodňová opatření a vodohospodářské stavby na vodních tocích ..	24
4.9.1	Přehrady	24
4.9.2	Jezy	27
4.9.3	Malé vodní elektrárny	29
4.9.4	Plavební komory	31
4.9.5	Rybí přechody	32
4.9.6	Úpravy VT	34
4.9.7	Ochranné hráze	36
5.	Vodohospodářské stavby a protipovodňová opatření na vodním toku Berounka v CHKO Křivoklátsko.....	39
5.1	Charakteristika zájmové oblasti.....	39
5.1.1	VT Berounka.....	39
5.1.2	Křivoklátsko.....	40
5.2	Správa oblasti, vodního toku a staveb na VT	42
5.3	Neuskutečněné stavby	43
5.3.1	VD Křivoklát	43
5.3.2	Retenční nádrž Berounka.....	45
5.4	Plánované stavby	49
5.4.1	Koncepce zprůchodnění říční sítě ČR	50
5.5	Stávající vodohospodářské stavby a protipovodňová opatření	51
5.5.1	Hýskov	51
5.5.2	Nižbor	54
5.5.3	Sýkořice - Račice	55
5.5.4	Zbečno	56
5.5.5	Roztoky	58
5.5.6	Nezabudice.....	61
5.5.7	Čilá.....	63
5.5.8	Kočkův mlýn.....	65
5.5.9	Bermové úseky	66
6.	Výsledky a diskuse	68
7.	Závěr.....	71
8.	Seznam použitých zdrojů	72
9.	Seznam obrázků, tabulek, grafů a zkratk	78
9.1	Seznam obrázků	78
9.2	Seznam tabulek.....	80
9.3	Seznam použitých zkratk.....	80
10.	Přílohy.....	81

1. Úvod

Vodní zdroje stály u kořenů vzniku naší civilizace. Jejich přítomnost rozhodovala o rozvoji ale i o zániku starověkých a středověkých států. Protože vody máme u nás relativní dostatek, nedokážeme plně docenit její úlohu v historii vývoje lidské společnosti. Ta však byla zcela zásadní. Lidé od prvopočátků osidlovali okolí vodních toků, aby měli vodu jakožto „základ života“ na blízku a mohli ji využívat pro účely jako zemědělství, později chov hospodářských zvířat a především jako zdroj „pitné“ vody. (Hrkal Z., 2018)

Pro tyto účely lidé začali přetvářet vodní toky a budovat první vodohospodářské stavby. V prvopočátcích se jednalo především o kanály sloužící k zavlažování obdělávaných polí. Později, když místní, přírodní zdroje přestali člověku stačit, začaly se budovat důmyslnější vodní díla jako jsou přehrady, rybníky, atd.

Život v oblastech v blízkosti vodních toků však s sebou nese také trápení s povodněmi. S těmi se lidé museli začít vypořádávat v podstatě hned od vybudování prvních obydlí. Prvními protipovodňovými stavbami byly ochranné hráze budované na březích řek. Ty sloužily k ochranně zastavěných oblastí a polí s úrodou.

V nedávné historii zaznamenalo vodohospodářství obrovský rozmach. Vodní toky si člověk doslova podmanil a udělal z nich rovné opevněné kanály, umožňující lodní dopravu a rychlé odvedení povodňových průtoků ze zastavěných oblastí. Vodní cesta byla přehrazena několika příčnými objekty, jako jsou jezy a přehrady, za účelem splavnění vodního toku, využití jeho hydroenergetického potenciálu, akumulace vody, atd. Ne všechny tyto stavby však byly účelné a situaci v okolí řek mnohokrát spíše zhoršily, než zlepšily.

Berounka se razantním změnám na jejím toku „naštěstí“ vyhnula. Její charakter je nadále charakterem původního divokého přírodního toku a mnoho lidí zastává názor, že se jedná o nejkrásnější řeku v ČR. Jedním z nejzajímavějších úseků Berounky je oblast Křivoklátska, která celou řeku dokonale charakterizuje, hluboce zařízlé údolí řeky se skalnatými svahy, divoké meandry, střídající se proudy a tišiny, ale také přístup místních lidí k nakládání s vodním tokem v rozvaze a v souladu s přírodou a jejími zákony.

Bakalářská práce se věnuje tomuto úseku vodního toku a stavbám sloužícím vodohospodářským a protipovodňovým účelům, které jsou v tomto úseku na Berounce situovány.

2. Cíl práce

Cíle této bakalářské práce jsou:

1. Obecně popsat povodně, jejich vliv na povodí a zastavěné oblasti a zmínit nejdůležitější povodňové události na území ČR.
2. Obecně charakterizovat vodohospodářské stavby a protipovodňová opatření na vodních tocích.
3. Podrobně popsat zájmovou oblast CHKO Křivoklátsko a vodní tok Berounka včetně správy této oblasti.
4. Detailně rozebrat konkrétní vodohospodářské stavby a protipovodňová opatření na daném úseku vodního toku.
5. Nastínit nedostatky vybraných objektů a uvést příklady řešení těchto nedostatků.

3. Metodika

Nastudování odborné literatury a porozumění oblasti povodní a vodohospodářských staveb. Seznámení se s vybraným úsekem řeky a jeho stavbami. Konzultace s kompetentními osobami za účelem pochopení fungování vodního toku a staveb na daném úseku. Oslovení konkrétních úřadů (Povodí Vltavy, CHKO Křivoklátsko, majitelů MVE a obcí) k získání bližších dat a informací. Formou literární rešerše zpracovat získané informace do první části bakalářské práce, týkající se obecné charakteristiky povodní, vodohospodářských děl a protipovodňových opatření. Ve druhé části BP následuje popis zájmové oblasti a detailní rozbor konkrétních vodohospodářských objektů na Berounce. V Diskusi budou nastíněny nedostatky vybraných objektů, zjištěné při terénním průzkumu zájmové oblasti a při studiu poskytnutých materiálů a informací. Jako poslední bod práce budou nastíněna možná řešení nedostatků uvedených v diskusi. Informace byly získány z odborných, literárních a internetových zdrojů, od státního podniku Povodí Vltavy, obcí, vodoprávních úřadů a majitelů staveb.

4. Literární rešerše

4.1 Povodně a jejich charakteristika

Povodně jsou v geografickém prostředí české republiky, mezi ostatními přírodními živly označovány jako nejnebezpečnější. Jejich výskyt je nepravidelný v čase i prostoru a přichází s různým stupněm extremity. Zákon o vodách definuje povodeň jako „*přechodné výrazné zvýšení hladiny vodních toků nebo jiných povrchových vod, při kterém voda již zaplavuje území mimo koryto vodního toku a může způsobit škody. Povodní je i stav, kdy voda může způsobit škody tím, že z určitého území nemůže dočasně přirozeným způsobem odtékat nebo její odtok je nedostatečný, případně dochází k zaplavení území při soustředěném odtoku srážkových vod.*“ Dle CHMI povodeň nastává, když je dosažen druhý popřípadě třetí povodňový stupeň. (Zákon č. 254/2001 Sb.; Strima II, 2017; Čekal a kol., 2011)

Nejčastější příčinou povodní jsou srážky. Povodeň může vzniknout jak ze srážek dešťových (krátkých, intenzivních i dlouhotrvajících), tak i ze srážek sněhových, při odtávání sněhové pokrývky. Pro velikost rozlivu u této příčiny je nejdůležitějším ovlivňujícím faktorem procento zasažené plochy povodí srážkami. Další příčinou povodní může být i led ve vodním toku, který se stává překážkou pro odtok vody z území nebo havárie na vodním díle (např. protržení přehradní nádrže). (Slavíková L. a kol., 2007)

4.2 Základní pojmy v oblasti povodní

Průtoková vlna - Stav, kdy dochází k přechodnému zvyšování a následnému snižování průtoků (vodních stavů). (Strima II, 2017)

Povodňová vlna - Průtoková vlna, která dosahuje povodňových průtoků. Základními charakteristikami jsou objem, kulminační průtok a tvar. Dalšími (vedlejšími charakteristikami jsou též doba vzestupu a poklesu. (Strima II, 2017)

Kulminační průtok – Maximální průtok dosažený za dobu působení průtokové vlny v daném profilu. Hodnoty kulminačních průtoků se mění tím více, čím častěji se ve sledovaných řadách vyskytují extrémní průtoky. (Strima II, 2017)

N – letý průtok – Průtok dosažený nebo překročený průměrně jednou za N let. N rozumíme dobu opakování v letech. Hodnoty se stanovují statistickou analýzou dlouhodobých časových řad pozorování. Nelze předpokládat, že N – letý průtok nastane v očekávaném časovém intervalu. Výskyt je náhodný a lze ho dosáhnout i několikrát

v krátkém časovém intervalu. Je dán průměrem dlouhodobého monitoringu. (Strima II, 2017)

m – denní průtok – Jedná se průtok dosažený nebo překročený po m dní v roce. Z toho tedy vyplývá že Q_{1d} (průtok dosažený či překročený 1 den v roce) se rovná průtoku Q_1 (jednoleté vodě). (Strima II, 2017)

Ochrana před povodněmi - „Ochranou před povodněmi se rozumí činnosti a opatření k předcházení a zvládnutí povodňového rizika v ohroženém území. Zajišťuje se systematickou prevencí a operativními opatřeními.“ (Zákon č. 254/2001 Sb.)

Povodňová opatření – „Povodňová opatření jsou přípravná opatření, opatření prováděná při nebezpečí povodně, za povodně a opatření prováděná po povodni.“ (Zákon č. 254/2001 Sb.)

Stupeň povodňové aktivity – Tímto pojmem „se rozumí míra povodňového nebezpečí vázaná na směrodatné limity, jimiž jsou zpravidla vodní stavy nebo průtoky v hlásných profilech na vodních tocích, popřípadě na mezní nebo kritické hodnoty jiného jevu uvedené v příslušném povodňovém plánu.“ (Zákon č. 254/2001 Sb.)

Zaplavované (inundační) území - „Plochá část údolní nivy, obvykle přilehlá k vodnímu toku, která je zaplavována při průtocích přesahujících kapacitu koryta vodního toku. Pojem je zaveden především z hlediska orgánů státní správy, jako administrativně vymezená území, která mohou být při výskytu přirozené povodně zaplavena vodou. Někdy se také používají věcně správné termíny inundační oblast, inundační pásmo, záplavová oblast, záplavové pásmo. Tato území bývají naopak nesprávně označována za "zátopová území"“ (MŽP ČR, 2010)

Záplavová území – „jsou administrativně určená území, která mohou být při výskytu přirozené povodně zaplavena vodou. Jejich rozsah je povinen stanovit na návrh správce vodního toku vodoprávní úřad.“ (Zákon č. 254/2001 Sb.)

Aktivní zóna záplavového území - „Území v zastavěných částech obcí a v místech určených k zástavbě podle územních plánů, kterým při povodni protéká rozhodující část celkového průtoku a kde je bezprostředně ohrožován život, zdraví a majetek lidí.“ (Vyhláška č. 236/2002 Sb.)

4.3 Rozdělení

Obecně se povodně rozdělují na přirozené a zvláštní. **Přirozené povodně** dále rozdělujeme na:

4.3.1 Letní povodně

Jedná se o povodně, které jsou zpravidla způsobovány regionálními dešti s dlouhou dobou trvání (až několik dnů). Deště se mohou opakovat v rozmezí dnů až týdnů. Tyto povodně se nejvýrazněji projevují na středních až větších vodních tocích (jako je Berounka, Sázava, Vltava nebo Labe). Průběh letních povodní začíná nasycením půdy vytrvalým deštěm, půda překročí svoji infiltrační kapacitu a již nemůže zasakovat další srážky, které jsou odvedené povrchovým odtokem přímo do koryta. To má za následek proudění většího množství vody z rozsáhlého území, které koryto není schopno pojmout. (Strima II, 2017; Slavíková L. a kol., 2007)

4.3.2 Přívalové letní povodně

Neboli „bleskové povodně“ jsou narozdíl od klasických letních povodní způsobovány krátkodobými srážkami s vysokou intenzitou, zpravidla více než 30 mm/h. Projevují se velmi rychlým vzestupem hladiny vody a následně i velmi rychlým poklesem. Obvykle zasahují území s velmi malou rozlohou (několik km²). Tento druh povodní nejvíce ovlivňuje povodí malých toků. Jedná se o nejnebezpečnější druh povodní, z důvodu rychlého nástupu povodňové vlny a obtížné predikce. Při bleskových povodních je intenzita deště natolik velká, že půda není schopna infiltrovat tak velký objem vody najednou a voda tudíž odtéká povrchovým odtokem do koryta, což u menších toků zapříčiní extrémní zvednutí průtoků, které mívá často katastrofické následky. (Strima II, 2017; Slavíková L. a kol., 2007; Čekal R. a kol., 2011)

4.3.3 Zimní a jarní povodně

Jsou způsobeny náhlým, rychlým táním sněhové pokrývky, často doprovázené i deštěm. Vysoká sněhová pokrývka má větší množství pórů, kde může při tání zadržet velké množství vody. Později tato voda postupně s tajícím sněhem odtéká, tudíž vysoká sněhová pokrývka povodeň nejprve zbrzdí. Naproti tomu nízká sněhová pokrývka taje s přispěním deště velmi rychle a půda je pod ní zmrzlá, tudíž se do ní voda nemůže vsáknout a je odvedena přímo do vodního toku. Málo sněhu současně s deštěm tedy zvyšuje pravděpodobnost vzniku povodní. Riziko povodní způsobené táním sněhové pokrývky zvyšuje i situace, když zbytková sněhová pokrývka z hor roztaje a odeče do nížin, kde současně probíhají vydatné jarní deště. Voda se naakumuluje a výrazně zvedne hladiny řek. (Strima II, 2017; Slavíková L. a kol., 2007)

4.3.4 Zimní povodňové situace způsobené ledovými jevy

Tyto povodně se vyskytují v úsecích vodních toků, kde se tvoří ledové zácpy při chodu ledových ker. Výskyt „ledových povodní“ není ovlivněn velikostí vodního toku. Ledové povodňové události ovlivňují ledy okrajové, hladinové, ledy na dně, ledová kaše nesená proudem a ledové nápěchy. Probíhá to tak, že z ledových ker vzniklých z okrajových ledů se utvoří bariéry v zákrutách, na mostních pilířích, na jezu, či na jiných překážkách. To zapříčiní zatarasení cesty pro odtok vody a přijde lokální vzestup hladiny (až o několik metrů). Než se vodní toky začali narovnávat a regulovat docházelo k těmto ledovým povodním často na stejných místech. Např. v úzkých soutěskách (Vltava u Štěchovic) nebo na kamenných mostech, které bránili ledochodům v toku. Led může ve výjimečných situacích vznikat i směrem ode dna k hladině. To je zapříčiněno turbulencí, která dostane ledové krystalky na dno, kde přimrznou a kumulují se. Tím se koryto ze spodu a ze stran zužuje a dojde k vylití vody z koryta. (Slavíková L. a kol., 2007, Strima II, 2017)

Druhým obecným typem povodní jsou **zvláštní povodně**. To jsou takové povodně, které nejsou zapříčiněny přirozeným jevem. Nejčastější příčinou je havárie na vodním díle. Havárií zpravidla bývá porucha nebo úplné protržení hráze. (Strima II, 2017)

4.4 Odtokové poměry

Jedná se o množství vody, které odteče z území za určitých morfologických, pedologických, klimatických a vegetačních podmínek. VÚV TGM v Praze charakterizuje odtokové poměry takto *„Odtokové poměry charakterizují velikost přímého odtoku z konkrétního povodí v jeho uzávěrovém profilu. Přímý odtok je ovlivňován především množstvím a intenzitou srážek, typem pokryvu povrchu, vlastností půd, způsobem využití území, sklonem svahů a mírou nasycení povodí.“* (VÚV TGM, 2016; Slavíková L. a kol., 2007)

Uvažuje se např. voda zachycující se na povrchu rostlin, keřů a stromů, voda akumulovaná v terénních prohlubních atd. Také se bere v potaz např. že na jaře a v zimě, když je půda zmrzlá, nebo nasáklá, odtéká více vody než v létě. Tyto a jim podobné faktory (procesy) ovlivňují odtokové poměry. Z toho vyplývá, že porost, půda a terén mohou zadržovat část srážek a mohou napomoci ke zmírnění průběhu povodně. (Slavíková L. a kol., 2007)

4.4.1 Porost

Porost v podobě stromů, keřů a rostlin zprvu vůbec nepropustí srážkovou vodu do půdy. Teprve po delší době začne voda prosakovat a pronikat až k půdě. Různé typy krajinného pokryvu zachytí odlišné množství srážek. Např. les zadrží až 5 mm vody v podobě kapek na porostu, na louce se zachytí kolem 2 mm vody. Tato voda je následně odpařena přímo z povrchu listů stromů, trávy, rostlin atd. (tzv. evapotranspirace). Takto se do půdy dostane jen malé množství vody a její velkou část spotřebuje vegetace, půda je tedy vyschlá, póry v ní jsou prázdné a je připravená zadržet větší množství vody při intenzivních deštích. Porost tak tímto výrazně přispívá ke snížení rizika vzniku povodní. (Slavíková L. a kol., 2007)

4.4.2 Terén

Při povrchovém odtoku se voda může zachytit v prohlubních a strouhách. Přispění morfologie terénu k akumulaci vody se nazývá „retenční schopnost krajiny“. V terénních nerovnostech se může zachytit až 5 l vody na 1 m². Schopnost retence vody v krajině je vyšší v rovinnatém terénu než v terénu příkrém a svažitém. Pozitivní vliv retenční schopnosti krajiny na průběh povodní je však omezen. Při dlouhodobých silných deštích dojde k nasycení půdy a tím se schopnost retence vyčerpá. Z toho vyplývá, že tato retence je účinná v rané fázi povodně. (Slavíková L. a kol., 2007)

4.4.3 Půda

Schopnost půdy nasávat vodu záleží na zornění, obsahu humusovitých látek, druhu půdy, její mocnosti a míry zhutnění. Vlhká jílovitá půda je schopna zadržet v hloubce 1 m až 150 l vody na 1 m². To je více než průměrné množství srážek za 2 měsíce. Důležitým faktorem je podíl infiltrace. Ta udává, jaké množství vody je půda schopna infiltrovat za dobu 1 hodiny. Např. při krátkodobých intenzivních deštích může nastat situace, kdy i přes nevyčerpanou retenční kapacitu, půda není schopna srážkovou vodu dostatečně rychle vsakovat a následně dochází k povrchovému odtoku, protože podíl infiltrace není dostačující. Podíl infiltrace rovněž klesá s rostoucím nasycením půdy. Nejrychleji přijímá srážky písek a drobný štěrk, nejméně naopak hlinitá půda. (Slavíková L. a kol., 2007)

4.5 Změny v krajině

„Člověk utváří své životní prostředí tím, že zasahuje do krajiny a využívá půdu ke své obživě, osídluje ji a získává z ní řadu dalších látek. Tyto umělé změny přírodního prostředí nemohou zůstat bez vlivu na odtokové poměry.“ (Slavíková L. a kol., 2007)

V Oblasti povodní je nejzásadnější vliv člověka na vsakovací schopnosti půdy a povrchů v krajině. Projevuje se to např. výstavbou silnic, kdy je zelená plocha zastavěná nepropustným asfaltem, či zhutněním půdy, jejíž vsakovací schopnost se pak rapidně zhorší. Těmito zásahy člověka do krajiny se výrazně mění odtokové poměry na daném území. Z toho vyplývá, že člověk je v omezeném rozsahu schopen ovlivňovat kolik vody odeče do vodních toků. (Slavíková L. a kol., 2007)

Vliv člověka na průběh povodní může být i pozitivní. Např. výsadbou lesů, nebo revitalizací krajinných prvků (především ve svažitéch terénech) lze povodním předcházet.

Kromě zásahu člověka do krajiny, existují také změny přirozené. Např. změny směru vodního toku a proražení nového koryta při větším množství srážek atd. K těmto přirozeným změnám v krajině dochází od vzniku světa neustále. (Slavíková L. a kol., 2007)

4.5.1 Zmenšování vsakovací schopnosti půd a povrchů v krajině

Jedná se o jednu z hlavních příčin povodní, kterou je člověk schopen svými zásahy ovlivňovat. Snižování přirozené schopnosti půdy zadržovat vodu v důsledku využívání území člověk přispívá ke zvyšování pravděpodobnosti výskytu povodní a jejich nepříznivých účinků. (Slavíková L. a kol., 2007; Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2007/60/ES)

Jen malý podíl ploch v krajině je zcela nepropustných. Jedná se o zastavěná území, která tvoří jen několik málo procent celkové rozlohy povodí, tudíž většina srážek dopadne na plochy s různou propustností a na velké řeky to nemá zásadní vliv. (Slavíková L. a kol., 2007)

Významnějším problémem (specializováno na oblast ČR) je velký podíl zemědělské půdy. Ta je často nevhodně obdělávaná a cíleně odvodňována, což zvedá množství vody, která odeče do vodního toku. Půda zmenšuje svoji propustnost, z důvodu provozu těžké zemědělské techniky, která ji zhutňuje. Dochází také k negativním změnám vlastností zemědělské půdy. Např. rozpad struktury půdy, z důvodu nadměrné mineralizace a plošného odvodnění. Společně se zemědělskými cestami se budují i postranní příkopy a meliorační kanály, které odvedou srážkovou vodu do vodního toku rychleji, než před vybudováním

těchto odvodňovacích opatření. Přeměna zelených ploch v ornou půdu nebo přeměna lesa v pastviny taktéž zvětšuje povrchový odtok, protože tyto povrchy nemají dostatečnou retenční schopnost. (Slavíková L. a kol., 2007)

Odtokové poměry jsou také výrazně ovlivňovány zastavováním území říční nivy. Po povodních na území Česka v roce 2002 byl proveden výzkum, který ukázal např. že 33% nivy dolního toku řeky Berounky je zastavěno, nebo přeměněno antropogenní činností. Znatelně ovlivněna je i niva Vltavy nad Českými Budějovicemi, kde je zastavěno, či upraveno 23% plochy nivy. Po povodních v roce 2002 bylo potvrzeno, že antropogenní úpravy v nivách těchto řek, které jsou součástí stejného povodí 2. řádu (povodí Vltavy), měli výrazný vliv na celkové škody způsobeny touto povodní. (Slavíková L. a kol., 2007)

Ke zmenšení vsakovací schopnosti půd může docházet i přirozeně, a to při překročení její retenční schopnosti. Tj. Půda je v důsledku dlouhodobých dešťů tak nasycena, že už není schopna pojmout další objem vody, který je následně povrchovým odtokem odvedený do vodního toku. V případě vyčerpání retenční schopnosti povodí, je množství odtékající vody určeno jen intenzitou a dobou trvání srážek. Zhoršení vsakovací schopnosti půdy nastane i v čase, kdy je půda promrzlá a není schopna, téměř vůbec, zasakovat srážkovou vodu. (Slavíková L. a kol., 2007)

4.5.2 Zkracování říční sítě

Zkrácením říční sítě, tj. narovnáváním vodních toků, se zvyšuje podélný sklon VT a tím pádem i zrychluje odtok. To má za následek zkrácení celkového času prostupu povodňové vlny, ale také zkrácení doby potřebné pro přípravu na povodně (zabezpečení obyvatel a evakuaci obyvatel a majetku). Dalším negativním vlivem, způsobeným narovnáním vodních toků, je i nárůst ničivé síly povodní, především pak na dolním toku řek a potoků, kde naakumulovaná energie způsobuje značné škody. (Slavíková L. a kol., 2007)

4.6 Průběh povodňové vlny

Průběh povodňové vlny je velmi pozvolný, hladina vodního toku pomalu stoupá i několik dní a ještě pomaleji zase klesá zpátky. Při dlouhodobém měření na vodoměrné stanici se projeví linie povodňového průtoku v charakteristickém tvaru vlny. Průtoky nejprve strmě rostou a po dosažení kulminační úrovně začnou pozvolna klesat dolů, viz obr.1. Čas, který je potřeba pro přesun povodňové vlny mezi dvěma body, se nazývá doba průběhu povodňové vlny. V průběhu povodňové vlny na vodním toku dochází k její transformaci,

v závislosti na charakteristice koryta a podmínkách pro rozlivy v říční nivě. (Slavíková L. a kol., 2007)

Přírodní nebo přírodě blízké koryto je z hlediska tlumení průběhu povodňové vlny rozlivem do říční nivy neúčinnější. A to kvůli jeho malé kapacitě, členitosti a zvýšené drsnosti oproti technickým korytům. Technické koryto, jehož vlastnosti jsou velká kapacita, přímota, hydraulická hladkost naopak umožňuje postupné zrychlování povodňové vlny. (Slavíková L. a kol., 2007)



Obr.1: Charakteristiky povodňové vlny (Vláčil L., 2021).

4.6.1 Koncentrace odtoku

Koncentrace odtoku se sleduje na územních jednotkách zvané povodí. Povodí je na okrajích ohraničeno tzv. rozvodnicemi a tvoří ho vodní toky, které se stékají do jednoho toku, tzv. uzávěrového profilu. Sem se stéká veškerá srážková voda, která v oblasti daného povodí napadne. (Slavíková L. a kol., 2007)

Na koncentraci povodňových vln v rámci primárních povodí má velký vliv charakteristika koryt daných vodních toků. U technicky upravených toků voda odtéká ve větších rychlostech a povodňové vlny se koncentrují do větších kulminačních úrovní.

Dobu koncentrace povodňové vlny ovlivňují tyto parametry povodí: rozloha, spád, tvar povodí a charakteristika říční sítě. Když se jedná o malé povodí s krátkými odtokovými cestami doba koncentrace je krátká. V horských oblastech voda zpravidla odtéká rychleji než v nížinách, kvůli svažitéjšímu terénu. Dalším ukazatelem je tvar povodí. Čím je tvar povodí vějířovitější tím kratší je při stejné ploše povodí doba koncentrace. Z tohoto vyplývá

tedy, že nejkratší dobu koncentrace má vějířovité povodí o malé ploše a s velkým spádem. Naopak nejdelší dobu koncentrace má rovinaté, podlouhlé povodí s velkou rozlohou. (Slavíková L. a kol., 2007)

4.6.2 Zadržování vody v údolní nivě

V případě naplnění kapacity koryta v průběhu povodňové vlny se voda vyleje z břehů do údolní nivy (v lepším případě). Požadavkem je, aby niva nebyla narušená vlivem antropogenní činnosti. V takovém případě dochází k přirozenému rozlivu do říční nivy, která pojme značnou část nadbytečné vody a zvyšuje retenci vody v krajině, která je ještě více podpořena v případě výskytu terénních nerovností a prohlubní v ploše rozlivu. Za pomoci břehových porostů (zatravnění, keře, stromy) zpomaluje niva rychlost odtoku. Slavíková L. tuto problematiku shrnuje takto: „*Čím více vody mohou zadržet již přítoky a nivy v horním povodí, tím klidněji mohou obyvatelé na dolním toku očekávat jarní a letní deště.*“ (Slavíková L. a kol., 2007)

4.6.3 Skládání povodňových vln

Ke skládání povodňových vln dochází v případě, že k soutoku dvou vodních toků dorazí jejich povodňové vlny ve stejnou dobu. Voda z přítoku tím pádem zvětší objem odváděné vody z povodí a zvětší hodnotu kulminačního průtoku.

Vznikne-li situace, že nejvyšší stavy vody jsou na obou řekách dosaženy postupně, dochází k protažení vrcholu kulminace nebo dokonce i ke vzniku 2 oddělených vrcholů. Tyto vrcholy jsou však menší a tudíž způsobují i menší škody než při situaci skládání povodňových vln. Pro včasné varování je tedy nutnost znát časy proběhů povodňových vln na jednotlivých vodních tocích. (Slavíková L. a kol., 2007)

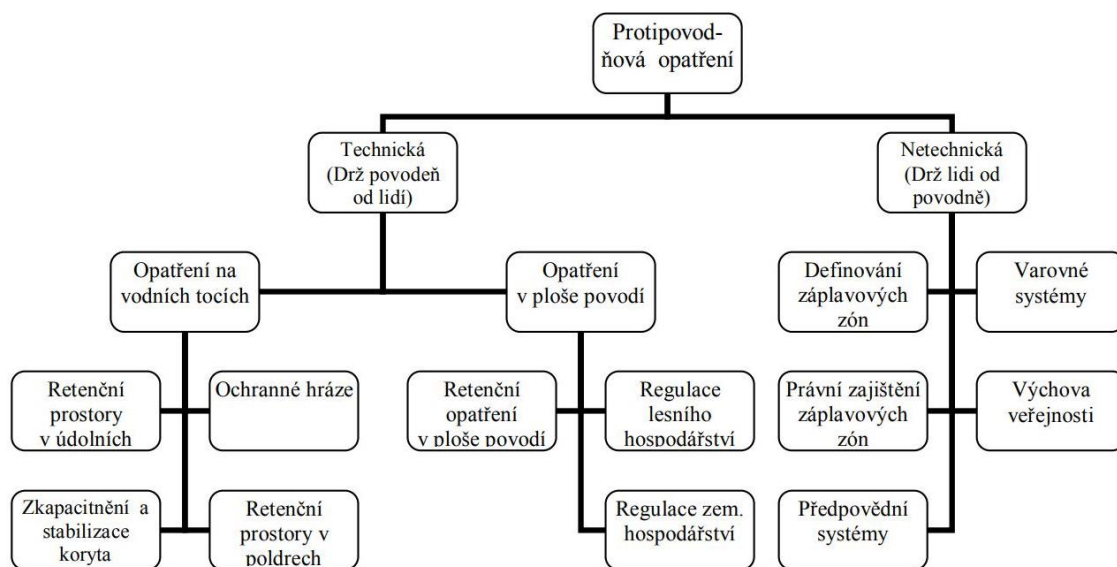
K povodni může dojít i v případě nezasažení přítoku povodňovou událostí. A to v důsledku zpětného vzdutí, tj. povodeň se vrací od soutoku proti proudu vodního toku. Tato situace nastala na Labi v roce 2002, kdy obce na Mělnicku byly ohrožovány zpětnou vlnou z rozvodněné Vltavy. (Slavíková L. a kol., 2007)

4.7 Protipovodňová ochrana

Povodně způsobují, kromě ztrát na lidských životech a finančních škod, také nemoci způsobené kontaminací vody. Existuje mnoho druhů opatření, jimiž lze zmírňovat škody napáchané povodňovými událostmi, viz obr.2. I v dnešní vyspělé době je obtížné stanovit

nejlepší způsob protipovodňové ochrany. Berou se v potaz hlediska ekonomická a hlediska účinnosti a efektivity. Nejúčinnější je ve většině případů rozumná kombinace různých typů PP opatření. (Slavíková L. a kol., 2007; Few R. a Matthies F., 2006; Meyer V. a kol., 2012)

„Je proveditelné a žádoucí omezit riziko nepříznivých účinků spojených s povodněmi, zejména na lidské zdraví a na život, životní prostředí, kulturní dědictví, hospodářskou činnost a infrastrukturu.“ (Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2007/60/ES)



Obr.2: Schéma protipovodňové ochrany (Čamrová L. a kol., 2006).

4.7.1 Přírozená retence

Jedním z hlavních cílů ochrany před povodněmi v jejich rané fázi je minimalizování povrchového odtoku. Toho lze docílit revitalizačními opatřeními v povodí jako je správná skladba vegetačního krytu a korektní způsob obdělávání zemědělsky využívaných pozemků, např. využití pásové střídání plodin. Těmito opatřeními lze způsobit zachycení velkého množství srážkové vody v místě, kde srážky spadnou a tím předejít následným povodním. (Menzel L. a Kundzewicz Z. W., 2003)

Člověk svými zásahy do říčních údolí omezil vodním tokům schopnost vylévat se z břehů. K utlumení povodně již v místě jejího vzniku se však musí umožnit rozliv do dosud nezastavěných ploch. Tím se aktivují někdejší inundační, tj. záplavová území. (Slavíková L. a kol., 2007)

Tohoto cíle lze dosáhnout revitalizací vodních toků a říčních niv, kam zahrnujeme např. odsazení, či úplné odstranění hrází na řekách, meandrování dříve narovnaných menších VT a obnovu krajinných prvků, jako jsou lužní lesy, mokřady a remízky, které dokážou zadržet značné množství vody. (Slavíková L. a kol., 2007)

V ČR byla tato opatření dlouhodobě financována z programu MŽP ČR – Revitalizace říčních systémů. Tento program měl ale velmi omezené zdroje a zabýval se drobnějšími projekty a především odbahňováním rybníků, které již neplnily retenční funkci v krajině. Od roku 2007 lze obnovu retenční schopnosti krajiny financovat ze strukturálních fondů EU. Jde hlavně o Operační program Životní prostředí a Program rozvoje venkova. (Slavíková L. a kol., 2007; Brázdil R. a kol., 2005)

4.7.2 Technická protipovodňová opatření

Technická opatření jsou účinná v místech, kde je vyžadována ochrana lidí a majetku. Tudiž v oblasti intravilánů. Mezi tyto opatření patří např. hráze, stěny, které jsou dimenzovány na n-leté povodně (v ČR se často navrhuje opatření na povodeň z roku 2002), dále poldry a retenční nádrže, které cíleně zachycují část povodňových průtoků do nich odváděných. Technická opatření by však neměla sloužit k dalšímu rozvoji ohrožených území v inundačních oblastech. Ty by měli být zachovány jako retenční prostory pro rozliv, viz předchozí kapitola 4.7.1. (Slavíková L. a kol., 2007; Brázdil R. a kol., 2005)

Technická protipovodňová opatření byla v minulosti financována především z rozsáhlého programu MZE ČR – Prevence před povodněmi. Dnes existuje takových programů na podporu ochrany před povodněmi více. Tyto programy spravuje především Ministerstvo zemědělství a Ministerstvo životního prostředí. (enviweb.cz; Slavíková L. a kol., 2007)

Více informací v kapitole 4.9 - Protipovodňová opatření a vodohospodářské stavby na vodních tocích.

4.7.3 Prevence povodní

Prevence povodní spočívá v omezení potenciálních povodňových škod a to prostředky jako jsou správné vytyčení záplavových území, jejich zanesení do územního plánu a zajištění nezastavování těchto území. (Slavíková L. a kol., 2007)

Při přírodních katastrofách jako jsou povodně se spoléhá na 3 metody hodnocení rizik. Jedná se o metody matematicko – statické, metody indexových systémů a metody dynamického hodnocení rizik. (Chaochao L. a kol., 2016)

O rozsahu škod způsobených povodní rozhoduje ve velké míře včasné varování. To zajišťuje předpovědní a hlásná povodňová služba. V ČR poskytuje informace o stavech na

řekách ČHMÚ. Informace poskytuje online na webu <http://hydro.chmi.cz/hpps/> a v případě zvýšených průtoků rozesílá i výstrahy. (Čekal R. a kol., 2011)

Určování a vytyčování záplavových území s předpovědní a hláskou protipovodňovou službou financuje stát. O zastavování záplavových území rozhodují představitelé obcí a veřejnosti. (Slavíková L. a kol., 2007)

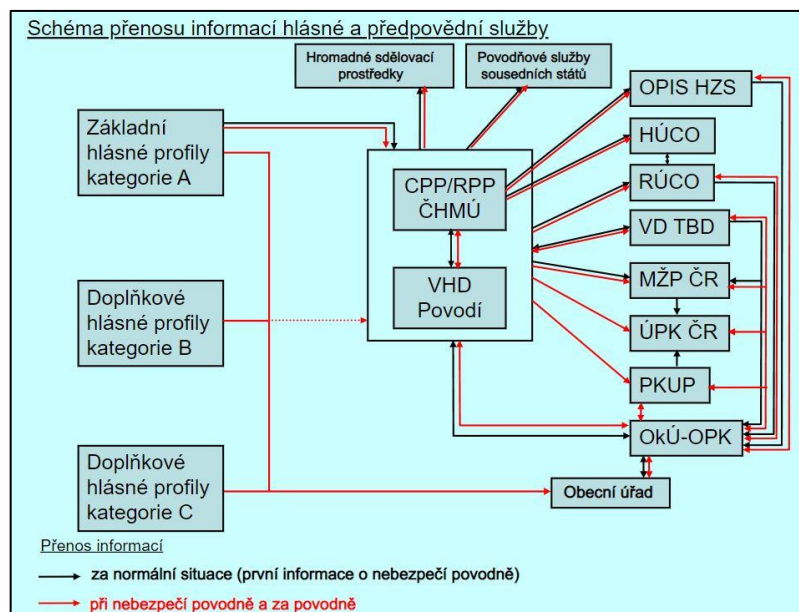
4.7.4 Hlásná a předpovědní povodňová služba

„Povodně jsou z hlediska možných škod nejrizikovějším přírodním živlem v geografickém prostředí České republiky. Proto je u nás ochraně před škodlivými účinky povodní věnována značná pozornost. Zkušenosti i různé studie prokázaly, že nedílnou součástí účinné protipovodňové ochrany je provoz hlásné a předpovědní povodňové služby. Potenciální snížení povodňových škod při včasné varování může za určitých situací dosahovat až desítek procent celkových škod, což mnohonásobně převyšuje provozní náklady pro hydrologickou hláskou a předpovědní službu.“ (Čekal R. a kol., 2011)

Přístup k informacím o hydrologické situaci je při protipovodňové ochraně zcela klíčový. K naplnění tohoto účelů slouží distribuce výstrah na webu ČHMÚ, či rozesílání varovných SMS zpráv. Dále jsou to informační zdroje vyžadující aktivní přístup lidí zapojených do protipovodňové ochrany. (Čekal R. a kol., 2011)

Aktuální hydrologická situace se sleduje pomocí sítě hlásných vodoměrných stanic kategorií A, B a C. Na těchto stanicích jsou stanoveny stupně povodňové aktivity, dle charakteristiky daného vodního toku. Většina stanic kategorie A a B jsou automatizovány a měřená data jsou soustředěna na sběrných serverech ČHMÚ a Povodí s. p. Z těchto dat se následně aktualizují informační webové stránky. Tyto stránky slouží povodňovým orgánům jako podklad pro naplnění jejich povinnosti zabezpečit hláskou povodňovou službu. (Zákon č. 254/2001 Sb.; Čekal R. a kol., 2011)

Portál ČHMÚ připravuje také předpověď hydrologické situace. Jedná se o předpovědní hydrogramy a textovou formu předpovědi, zveřejňované na stránkách hlásné a předpovědní povodňové služby ČHMÚ. Předpověď vychází z matematického výpočtu pohybu vody atmosférou a krajinou. Tento matematický model však není dostatečně přesný, aby byl vždy schopen poskytnout přesné informace o vývoji odtoku, z důvodu složitého a neuspořádaného pohybu vody v atmosféře a krajině. (Čekal R. a kol., 2011)



Obr.3: Schéma hlásné a předpovědní služby (Sklenář P., 2007).

4.7.5 Povodňové plány

„Povodňový plán jako základní dokument ochrany před povodněmi slouží ke koordinaci činností v daném území v době povodňové situace. Povodňový plán je souhrn organizačních a technických opatření, potřebných k odvrácení nebo zmírnění škod při povodních na životech a majetku občanů a společnosti a na životním prostředí. Povodňovým plánem se řeší ochrana určitého území, nemovitosti a realizace stavby. Povodňové plány menších celků musí být v souladu s povodňovým plánem vyššího stupně, soulad potvrzuje příslušný povodňový orgán na titulní straně povodňového plánu.“ (TNV 75 2931, 2006)

V ČR existují 4 stupně povodňových plánů: povodňové plány obcí, povodňové plány obcí s rozšířenou působností, povodňové plány krajů a povodňový plán České republiky.

Povodňové plány obce, kraje či celé ČR řeší přípravu, zabezpečení, konkrétní opatření různého typu, využití vlastních a místně dostupných sil a složek IZS k záchraně obyvatelstva a majetku ve své územní působnosti. (TNV 75 2931, 2006)

4.7.6 Stupně povodňové aktivity

„Stupni povodňové aktivity se pro účely tohoto zákona rozumí míra povodňového nebezpečí vázaná na směrodatné limity, jimiž jsou zpravidla vodní stavy nebo průtoky v hlásných profilech na vodních tocích, popřípadě na mezní nebo kritické hodnoty jiného jevu uvedené v příslušném povodňovém plánu.“ (Zákon č. 254/2001 Sb.)

Stanovují se v rámci povodňového plánu při povodňových či ledových jevech. Rozsah operativních opatření prováděných za účelem ochrany před danou povodňovou událostí

závisí na riziku a vývoji povodňového jevu. Rozsah těchto opatření je definován právě 3 stupni povodňové aktivity jimiž jsou: první stupeň (stav bdělosti), druhý stupeň (stav pohotovosti) a třetí stupeň (stav ohrožení). (Zákon č. 254/2001 Sb.; TNV 75 2931, 2006)

První stupeň – stav bdělosti nastává při nebezpečí povodně a zaniká, když pominou příčiny tohoto nebezpečí. Nastává rovněž při vydání výstražné informace předpovědní povodňovou službou. Za nebezpečí vzniku povodně se považuje: upozornění či výstraha předpovědní služby, náhlé tání sněhové pokrývky, srážky o větší intenzitě, hromadění ledu ve VT, dosažení daného vodního stavu na určitých hlásných profilech (dle povodňového plánu), dosažení mezních hodnot sledovaných jevů z hlediska bezpečnosti daného vodního díla, provozní činnosti na vodním díle, které mohou vést k vypouštění a neřízenému odtoku, který dosáhne na vodočtu hodnot prvního stupně PA. (Zákon č. 254/2001 Sb.; TNV 75 2931, 2006)

Při dosažení tohoto stupně je zahájena činnost hlásné a hlídkové služby. Ta věnuje zvýšenou pozornost vodnímu toku či jinému zdroji povodňového nebezpečí. (Zákon č. 254/2001 Sb.; TNV 75 2931, 2006)

Druhý stupeň – stav pohotovosti se vyhláší již v době probíhající povodně na základě údajů poskytnutých hlídkovou službou a zpráv hlásné a předpovědní služby. Zatím však nedochází k většímu rozlivu a způsobeným škodám. Za povodeň se považuje: dosažení určitého vodního stavu na daných hlásných profilech (dle povodňového plánu), přechodné znatelné stoupnutí hladiny VT, při kterém hrozí jeho vyhlazení ze svého koryta, nebo když už je voda z koryta vyhlazena a může působit škody, přechodné stoupnutí hladiny při současném chodu ledových ker, či vlivem vytvoření ledových bariér, nepříznivý vývoj bezpečnosti vodního díla dle sledovaných jevů v rámci technickobezpečnostního dohledu, mimořádné vypouštění vody, či neřízený odtok z vodního díla, který vyvolá průtokovou vlnu, při které může být na daném hlásném profilu dosažen druhý stupeň PA. (Zákon č. 254/2001 Sb.; TNV 75 2931, 2006)

Při dosažení tohoto stupně se aktivizují povodňové orgány a další účastníci ochrany před povodněmi. Do pohotovosti se uvádějí prostředky pro zabezpečovací práce a dle daných možností se provádějí opatření ke ztlumení průběhu povodně dle povodňového plánu. (Zákon č. 254/2001 Sb.; TNV 75 2931, 2006)

Třetí stupeň – stav ohrožení se vyhláší při: dosažení daného stavu na vybraných hlásných profilech, stanoveného povodňovými plány, bezprostředním nebezpečím ohrožení životů a majetku v záplavovém území, vzniku kritické situace na vodním díle, kdy

bezprostředně hrozí nebezpečí havárie, která se projeví vznikem průlomové vlny, mimořádném vypouštění a neřízeném odtoku z vodního díla, které vyvolávají průtokovou vlnu dosahující stavů odpovídajícím třetímu stupni PA. (Zákon č. 254/2001 Sb.; TNV 75 2931, 2006)

Při vyhlášení tohoto stupně povodňovými orgány se provádějí zabezpečovací a dle potřeby také záchranné práce či evakuace obyvatel. (Zákon č. 254/2001 Sb.; TNV 75 2931, 2006)

4.8 Významné povodně v ČR

„V současné době slycháme, že povodně z posledních let, které mimo jiné postihly i území naší republiky, jsou jasným důkazem globálních změn způsobených pouze činností člověka. Ano, povodně tady „dlouhou dobu“ nebyly a nám se může zdát, že jsou něčím extrémním, ale při tomto pohledu si musíme uvědomit, že na celý problém nahlížíme v časovém horizontu jedné generace, jednoho lidského života či z hlediska délky historických záznamů. Podíváme-li se na povodně v horizontu posledních 10 000 let, pak zjistíme, že ve střední Evropě se vyskytlo několik na povodně bohatých period. Tedy povodně, a to i mnohem větší než v roce 1997 nebo 2002, tady byly dříve, než člověk začal zásadně měnit svoje prostředí. Povodně jsou tedy pro krajinu sice výraznou, leč přirozenou součástí.“ (Křížek M. a Engel Z., 2007)

Povodňová situace [rok]	Počet ztrát na lidských životech	Povodňové škody [mil. Kč]	
		celkové	z toho na VHD v majetku státu
1997	60	62 600	6 600
1998	10	1 800	
2000	2	3 800	606
2001	0	1 000	100
2002	16	75 100	4 630
2006	9	6 200	2 238
2009	15	8 500	1 392
2010	8	15 200	3 400
2013	15	15 400	2 196
Celkem	135	189 600	21 162

Tab.1: Následky povodní v ČR (Hanuška Z., 2015).

4.8.1 Povodně 1997

Od vzniku samostatné České republiky se jedná o první velkou povodeň a rovněž o jednu z největších katastrof 20. století, která se odehrála na našem území. Tato událost postihla především východ republiky (oblast Moravy a Slezska) a dále také sousední státy:

Polsko, Německo, Rakousko a Slovensko. Nejvíce zasaženými povodími byly povodí řeky Odry, Moravy, Dyje a horního Labe. Jenom v ČR zahynulo 60 osob, bylo zničeno 2151 domů, dalších 5652 domů se stalo dlouhodobě neobyvatelnými, bylo strženo 26 mostů. Celkové škody se odhadovali na 63 miliard korun. (Hanuška Z., 2015; ČHMÚ, 1998)

Jednalo se o červnové, letní povodně, způsobené rozsáhlými dlouhotrvajícími dešti na povodích většiny řek Moravy, Slezska a severovýchodních Čech. Srážky začali již 4.7.1997, kdy byla střední Evropa pod vlivem studené fronty přecházející od jihozápadu na severovýchod. Na celém území byla doprovázena četnými bouřkami a lijáky (úhrny okolo 30 mm). Vytvořila se prohlubující se tlaková níže, která postupovala dále na severovýchod, to zapříčinilo mimořádné množství srážek na východě ČR. Tlaková níže se vlivem mimořádných okolností zastavila nad jižním Polskem, a tudíž vydatné deště trvaly o 3 dny déle, než by bylo za normálních podmínek obvyklé. Následně od 17.7. pokračovala i druhá povodňová epizoda, která již nebyla tak moc fatální jako ta 1. (Hanuška Z., 2015; ČHMÚ, 1998)

Tyto srážky zasáhly plochu několika tisíc km² a to ve spojení s dlouhou dobou trvání dešťů (5 dní) vedlo ke střetávání povodňových vln na soutocích, např. soutok Moravy a Bečvy, a k nasycení povodí s následným zvětšováním povrchového odtoku z povodí. Odtoková odezva v mnoha měrných profilech dosáhla rekordních hodnot za celou dobu pozorování. Vlivem vysokých rychlostí docházelo ke změnám koryt a jejich průtočné kapacity, k podemílání břehů a následnému poškození či úplnému zničení vodoměrných stanic, tzn. neexistoval použitelný záznam o vodních stavech pro vyhodnocení. Pro podrobné hodnocení parametrů povodňových vln byla použita jen 1/3 z celkového počtu vodoměrných stanic. (ČHMÚ, 1998)

Hlady vodních toků se začaly zvedat 6.7. a to i o 2 metry. Kulminace průtokových vln probíhaly od 7.7. do 9.7. (v horských oblastech již 6.7.). Horní Labe dosáhlo však největšího průtoku až ve druhé povodňové epizodě. Na většině vodoměrných stanic byly dosaženy průtoky 100leté vody. (ČHMÚ, 1998)

Povodeň prokázala mnohá selhání státních i soukromých povodňových orgánů a dalších organizací a institucí. Chyběly např. povodňové plány, technika byla ve špatném stavu, koryta řek nebyly správně udržovány a v mnoha podnicích se porušovaly bezpečnostní předpisy. Avšak událost měla pozitivní dopad na legislativu, kde došlo ke změnám, nastavení protipovodňových opatření a odstranění největších nedostatků, což vedlo ke zmírnění následků povodní, které následovaly o pět let později. (Hanuška Z., 2015)

4.8.2 Povodně 2002

Jedná se o nejrozsáhlejší povodně, které postihly oblast ČR. Kromě Prahy postihly dalších 753 obcí a byla nucená evakuace 225 tisíc lidí. Ztráty na životech byly i díky změnám v legislativě mírnější, zemřelo celkem 16 lidí. V 7 krajích byl vyhlášen stav nouze a celkové škod se vyšplhaly na 73,3 miliardy korun, z toho přes 6 miliard jen v Pražském centru. Nejvyšší zaznamenaný průtok byl naměřený v Praze na Vltavě a jeho hodnota činila 5300 m³/s. (Hanuška Z., 2015)

Koncem července se nad území západní Evropy utvořila tlaková níže. Ta se na území ČR začala projevovat v odpoledních hodinách na území jižních Čech. Projevila se ve formě trvalého deště, místy i přivalovými srážkami. Déšť následně zesiloval vlivem návětrného efektu. Během 7.8. zůstala okluzní fronta spolu se srážkovým pásmem na území jižních Čech téměř nehnutě, až k večeru se začala tlaková níže pohybovat směrem k jihovýchodu. Nejvyšší srážkový úhrn byl zaznamenán v Pohorské Vsi v Novohradských horách, hodnota úhrnu činila 180,5 mm. Zatímco co tlaková níže opouštěla střední Evropu, od východního Atlantiku se směrem k východu blížila další. Ta o půlnoci na 12.8. dorazila na území ČR. Trvalé deště měli mimořádně vysokou intenzitu a z důvodu ústupu okluzní fronty zpět na východ se na území ČR udrželi delší dobu a to zejména v jihozápadní polovině Čech. Srážky na našem území začali ustávat až 13.8. a 14.8. už byly výraznější pouze v Beskydech. Největší úhrn ve 2. fázi srážek byl naměřen maximální 24hodinový úhrn v Krušných horách na Cínovci a to 313 mm. Srážky v 1. etapě způsobily výrazné nasycení půdy. Ve 2. etapě srážkové pásmo zasáhlo povodí Vltavy včetně jejích přítoků: Berounky, Sázavy a Lužnice. Půda již neměla schopnost infiltrovat srážky a voda tudíž odtékala povrchovým odtokem přímo do koryt řek. (ČHMÚ, 2003a)

První vlna povodně nejvýrazněji zasáhla povodí Malše, horní Lužnice a střední Otavy. Kulminační průtoky dosahovaly 200 až 500leté vody (na Malši nad nádrží Římov dokonce i více než Q₅₀₀). Vltava v Českých Budějovicích měla kulminační průtok 500 – 1000leté vody, to bylo způsobeno právě silně rozvodněnými přítoky pod VD Lipno I. Druhá, hlavní povodňová vlna se kvůli nasycenému půdnímu profilu začala tvořit bezprostředně po nástupu druhé srážkové epizody (11.8.). Následně přešlo až do odpoledních hodin 13.8.. To způsobilo extrémní vývoj průtoků, ty se dostali na hodnoty, které dosud nebyly naměřeny za celou dobu pozorování (100 – 130 let) na většině postižených toků. Např. kulminační přítok do VN Orlický z Vltavy, otavy a Lužnice činil 3900 m³/s, což odpovídá průtoku s dobou opakování přesahující 1000 let. Kulminace v horní části povodí Vltavy nastali zpravidla

13.8., některé toky dosáhli kulminačního průtoku již 12.8. a na dolní Lužnici došlo ke kulminaci až 15.-16.8. vlivem transformace povodňové vlny rybniční soustavou. Na dolním povodí, které nebylo dešti zasaženo tak významně jako na horní části, byla první vlna z horní Vltavy zachycena Vltavskou kaskádou. Přítok z povodí Berounky také nebyl výrazněji zasažen, tudíž v Praze byl během první vlny zaznamenán jen Q₅. Při druhé vlně došlo dne 14.8. ke střetu povodňových vln na soutoku Berounky a Vltavy, to způsobilo průtok ve Zbraslavi až 500leté vody. Povodeň následně na úseku Kralupy – Mělník začala transformovat, vlivem širokých rozlivů. (ČHMÚ, 2003b)

Povodně 2002 patří k největším katastrofám v moderní české historii. Výjimečné nebyly pouze svým rozsahem ale i tím, že poprvé prověřily fungování bezpečnostního systému dle nové legislativy vydané v roce 2000 na základě povodní z roku 1997. Mezera se objevila v dopadu povodní na životní prostředí. Došlo k zásadnímu úniku závadných látek a chemikálií ze zaplavených provozů, které nebyly před tímto důsledkem dostatečně zabezpečeny. (Hanuška Z., 2015)

4.8.3 Povodně 2006

Jedná se o rozsáhlou jarní povodeň způsobenou rychlým tání masy sněhu na téměř celém území ČR. Povodeň probíhala během měsíců března a dubna. Byl vyhlášen nouzový stav hned v sedmi krajích. Evakuováno bylo 13 tisíc lidí a událost si vyžádala 9 tzv. nepřímých obětí (z důvodu nepozornosti nebo nedostatečného dozoru). (Hanuška Z., 2015)

Na průběh povodně měla v jednotlivých povodí zásadní vliv rychlost tání sněhové pokrývky ve dnech 25.3.-30.3., přičemž průběh se lišil podle toho, jestli převažující zásoby sněhu ležely v nižších a středních nebo vyšších a horských polohách. Např. při převažující zásobě sněhu v nižších a středních polohách měla vždy jeden nebo dva vrcholy, ve vyšších a horských polohách bylo na hydrogramu znát pravidelné denní kolísání zapříčiněné zvýšením intenzity tání během dne a jejím následným poklesu během noci, kvůli velkému teplotnímu rozdílu ve dne a v noci. Výrazný vzestup vodních toků nastal 26.3. a kulminace byly dosaženy většinou v období od 28.3. do 1.4.. Povodeň se vyznačovala velmi dlouhou dobou trvání. Povodňové stavy na některých vodních tocích přetrvávali i po dobu více než 10 dní. Povodeň je tedy označována jako extrémní především kvůli objemu proteklé vody. Např. na profilu Podhradí na řece Dyji překročila doba opakování objemu povodně 100 let. (ČHMÚ, 2006)

Při řešení jarních povodní 2006 se ukázalo, že ČR je připravena čelit mimořádným událostem extrémního charakteru. Legislativa po předchozích povodních v letech 1997 a 2002 je správně nastavena a všechny úrovně řízení ji umí používat. Zejména se projevila schopnost obcí samostatně řešit velmi složité situace a zajišťovat potřebná opatření jako např. evakuaci obyvatel. (Hanuška Z., 2015)

4.8.4 Povodně 2009

Na konci měsíce června a v průběhu července bylo naše území zasaženo silnými bouřkami s přívalovými dešti. To mělo za následek lokální záplavy ale i navýšení hladin vodních toků vlivem prudkých dešťů. Povodně zasáhli různým rozsahem většinu krajů (konkrétně 451 obcí na území 9 krajů). Ve čtyřech nejpostiženějších krajích musel být z důvodu vzniklého ohrožení a škod vyhlášen stav nebezpečí. Povodně byli po povodních v letech 1997 a 2002 nejtragičtější co se týče ztrát na životech. Vyžádaly si dohromady 15 obětí. Více než 3000 objektů bylo zatopeno nebo poškozeno. Poškozeny byly i desítky mostů, které vyžadovaly nákladné opravy. (Hanuška Z., 2015)

Dílčí povodňové události v roce 2009 lze jednoznačně charakterizovat jako přívalové povodně způsobené přívalovými srážkami s dobou trvání řádově desítky minut až 3 hodiny. Lokální povodně se vyznačovaly rychlým vzestupem a následně i rychlým poklesem hladiny. Povodňová vlna trvala jen několik málo hodin. (ČHMÚ, 2009)

Intenzivní srážky započaly na našem území dne 22.6. a trvaly denně až do 4.7.. Průběžně způsobovaly na mnoha místech přívalové povodně. Srážky se vyskytly nejprve na území jižních Čech v povodí Malše, Otavy a Lužnice, kde vyvolaly prudký vzestup hladin, který byl udržován opakovanými srážkami v dalších dnech. V dalších dnech se tvořily v odpoledních a večerních hodinách bouřky doprovázené dlouhotrvajícími přívalovými lijáky. Vyvolané přívalové povodně zasáhly spíše menší toky, ale na území ČR jich bylo ve stejný čas hned několik, některé z nich lze charakterizovat jako velmi mimořádné. Mezi nejvýznamnější povodňové události v tomto období patřily povodně 24.6. na Novojičínsku na přítocích Odry, především na vodních tocích Jičínka a Luha, kde byl zaznamenán kulminační průtok okolo Q_{500} . V noci z 26. na 27.6. povodně na Jesenicku na tocích Bělá, Vidnávka, Černý potok, Skrošický potok, Vojtovický potok aj., zde byly dosaženy i více než stoleté průtoky. Dále v noci na 28.6. povodně v Jižních Čechách na tocích v povodí Blanice a Volyňky, které rovněž dosahovaly stoletých průtoků a povodně 4.7. na Děčínsku v povodí

Ploučnice a Kamenice, kde byl také naměřen průtok s dobou opakování 100 let. (ČHMÚ, 2009)

„V budoucnu je nadále nutné počítat s výskytem přívalových povodní (včetně katastrofálních) na našem území, přičemž nelze vyloučit, že s případnými dopady změn klimatu může jejich výskyt i narůstat. Na základě údajů z posledních 15–20 let se může jevit, že počet přívalových povodní a obecně extrémních hydrologických jevů narůstá, ale na druhé straně je nutné konstatovat, že v této době se značně zvýšila obecná informovanost o těchto událostech, což může skutečnost částečně zkreslovat. Skutečnost, že extrémní přívalové povodně nejsou na území ČR z dlouhodobého hlediska výjimečným jevem, potvrzují historické záznamy, které dokládají nejen výskyt obdobné meteorologické situace se srovnatelnými následky (v roce 1875), ale výskyt i 60 mnohem katastrofálnějších povodní (v květnu 1872) oproti těm, které postihly Českou republiku v roce 2009.“ (ČHMÚ, 2009)

4.8.5 Povodně 2010

Povodně v tomto roce zasáhly především východní část České republiky a to hned třikrát. V květnu a v červnu výrazně postihly 406 obcí ve čtyřech krajích na Moravě. Za toto období si povodeň vyžádala 8 obětí a hmotné škody přesahující 5 miliard korun. Velmi podobná situace se opakovala i začátkem srpna, to povodeň postihla i oblast jižních a severních Čech, tyto povodně si vyžádaly dalších 6 obětí, ve dvou krajích byl vyhlášen stav nebezpečí a zasaženo bylo celkem 145 obcí. (Hanuška Z., 2015)

Ve druhé polovině května byly na území ČR, Slovenska, Maďarska a Polska zaznamenány na toto roční období neobvykle velké srážkové úhrny, které ve spojení se značnou nasyceností půdního profilu povodí rozsáhlou odtokovou reakci. V první fázi (13. – 19.5) byly postiženy především povodí Odry, Bečvy a Moravy od soutoku s Bečvou včetně jejich přítoků. Ve druhé fázi (1. – 4.6.) se odtoková situace opakovala na stejných povodí, ale v menším rozsahu. Na rozdíl od první fáze bylo také významněji postiženo povodí horní Moravy. Nejkritičtější situace byla na dolním úseku řeky Olše, kde se kulminační průtok dostal na hodnotu Q_{50} . (ČHMÚ, 2010a)

Při druhých povodních tohoto roku začaly srážkové události v noci na 7.8. v oblasti Liberecka a Děčínska, během dne způsobily extrémní povodně na všech vodních tocích na tomto území. Extremita srážek ve spojení s předchozím nasycením povodí způsobila až stoleté povodně na vodních tocích Jeřice a Smědá, kde byla extremita kulminačních průtoků

nejvýznamnější. Méně, ale stále výrazně byla povodněmi postížena povodí Ploučnice a Kamenice. (ČHMÚ, 2010b)

Postup složek IZS, povodňových orgánů, obcí a krajů a orgánů krizového řízení byl při povodních 2010 organizovaný a profesionálně řízený, to zabránilo větším škodám na majetku a určitě i zachránilo mnoho lidských životů. (Hanuška Z., 2015)

4.8.6 Povodně 2013

Zatím poslední povodně extrémního rozsahu (vyjma lokálních přívalových povodní) se na území ČR odehráli v červnu roku 2013. Nadměrné srážky v měsíci květnu, kdy na našem území spadlo 167 % srážek způsobily vysoké nasycení povodí a následné červnové srážky vyvolaly povodňovou událost. Srážky měly charakter dlouhotrvajících přívalových dešťů doplňovaných krátkodobými srážkami velké intenzity. Povodeň se charakterizovala velmi rychlým vzestupem hladin na velkých vodních tocích, to bylo způsobeno extrémně rozvodněnými menšími přítoky. Záplavy byly navíc na některých částech republiky doprovázeny sesuvy půdy. Nouzový stav byl vyhlášen pro 7 krajů, v menším rozsahu však bylo postihnuto celé území ČR. Celkem bylo postíženo 1373 obcí, usmrceno bylo 15 osob a 6000 obydlí bylo poškozeno. (Hanuška Z., 2015)

Odtoková situace v průběhu měsíce června byla odezvou na 3 významné srážkové epizody ve spojitosti s předchozím nasycením půdního profilu. Z hlediska plošného rozsahu a extremity byla nejvýznamnější první srážková epizoda lokálních a přívalových dešťů 1. - 2.6., při které došlo k rozvodnění menších i větších toků v povodí Labe. Kulminace v některých měrných profilech přesáhly dobu opakování 100 let. Labe v Mělníku kulminovalo 5.6. při průtoku 3640 m³/s, hladina však byla výš než zaměřené povodňové značky historicky průtokově větších povodní (např. 1845 – 1890). Tento jev byl způsoben kombinací přírodních vlivů, jako je agradace materiálu, zvyšování terénu, změna vegetačního pokryvu, vliv střetu povodňových vln Vltavy a Labe, atd. a antropogenního vlivu (výstavba vodohospodářských děl, terénní změny, výstavba ochranných hrází atd.). (ČHMÚ, 2014)

I přes velký rozsah těchto povodní a jejich kritický průběh neměly přímý zásadní dopad na s katastrofálními důsledky na životní prostředí, zejména závadnými látkami a chemikáliemi z provozů, jako tomu bylo např. při povodních v roce 2002. Provozy byly na povodeň připraveny, sklady závadných látek a chemikálií byly zabezpečeny před únikem. Žádné významné úniky těchto látek nebyly naměřeny. (Hanuška Z., 2015)

4.9 Protipovodňová opatření a vodohospodářské stavby na vodních tocích

„Voda je přírodním živlem. Projevy extrémních vodních stavů – povodní a sucha, jsou významně ovlivňovány nahodilou bilancí hydrologických poměrů. Hydrologické parametry hlavních povodí na území ČR jsou dominantně určeny průběhem meteorologických situací – přirozenými srážkami, teplotou a vlhkostí vzduchu. Vzhledem ke klimatickým změnám, dochází ke vzniku nepříznivých jevů, proti kterým je zapotřebí se bránit. Proto se zavádí retence (akumulace) srážkových vod a zpomalení jejich odtoků. Civilizace lidstva na Zemi je historicky propojena s budováním vodohospodářské infrastruktury, tedy s účelnými úpravami regulace vody v krajině. Jsou zřizována vodohospodářská opatření, která vedou k racionálnímu, účelnému a přínosnému užívání a ochraně vod.“ (Slavík L. a Neruda M., 2014)

Zákon o vodách definuje tyto objekty (vodní díla) jako stavby, které slouží ke vzdouvání a zadržování vody, umělému usměrňování odtokového režimu povrchových vod, k ochraně a užívání vody a k úpravě vodních poměrů. (Zákon č. 254/2001 Sb.)

Mezi tyto stavby patří přehrady, hráze, vodní nádrže, jezy, zdrže, stavby jimiž se upravují koryta vodních toků, stavby vodovodních řadů a vodárenských objektů, stavby na ochranu před povodněmi, stavby určené k vodohospodářským melioracím, zavlažování a odvodňování zemědělských pozemků, stavby sloužící k plavebním účelům, stavby k využití vodní energie, odkaliště, stavby sloužící k pozorování stavu povrchových vod, hrazení bystrin a strží a jiné stavby potřebné k nakládání s vodami v souladu s § 8. Mimo vodní tok se jedná ještě o studny a stavby pro pozorování stavu podzemních vod. (Zákon č. 254/2001 Sb.)

4.9.1 Přehrady

Přehrada je vodní dílo, které přehrazuje vodní tok, čímž dojde ke vzduť hladiny a vytvoření vodní nádrže. Přehradní nádrž má několik účelů, např. protipovodňová ochrana, využití vodní energie, zásobování vodou (vodárenská nádrž) nebo rekreace. Každá nádrž má víceúčelový charakter, např. přehradní nádrže tzv. vltavské kaskády (Vrané, Štěchovice, Slapy, Kamýk, Orlík, Kořensko, Hněvkovice, Lipno II a Lipno I) slouží především k ochraně před povodněmi, zejména k ochraně hl. města Praha, ale plní i hydroenergetickou a rekreační funkci. (Slavík L. a Neruda M., 2014; ČSN 75 0101, 2003)

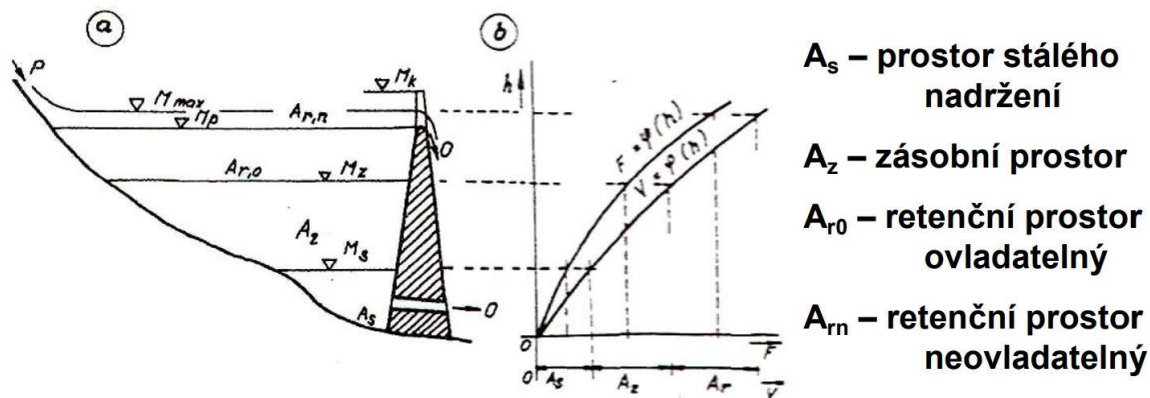
Vodní nádrž postupně vytváří svůj vlastní ekosystém, který je ve velké míře ovlivňován člověkem, např. úpravou výšky hladiny vody v nádrži. Zadržením vody přehradním tělesem se mění charakter povrchové vody. Proudící voda se stává vodou stojatou a tím se mění i podmínky pro rostlinná a živočišná společenstva. (Slavík L. a Neruda M., 2014)

Jednou z hlavních vodohospodářských předností přehrad je vytvoření velkých zásobních a akumulacních prostorů ve kterých se zadržuje voda z velkých povodí. V období pozitivní hydrologické bilance se zvyšuje hodnota vodního bohatství. Naopak v období pasivní hydrologické bilance se nalepšují průtoky ve vodních tocích a stabilizují se hydrologické poměry v celém povodí. To přináší preventivní ochranu pro krajinu a obyvatelstvo před negativními důsledky sucha. „*Zadržení potenciálně dostupných vodních zásob na našem území je jedním z nejúčinnějších vodohospodářských opatření v ochraně proti zmírnění škodlivého účinku sucha.*“ Toto však platí pouze v případě vhodného umístění přehradní nádrže, což nebylo vždy dodrženo (na území ČR např. přehrada Nové Mlýny na řece Dyji). (Slavík L. a Neruda M., 2014)

Rozdělení přehradních nádrží. Nádrže můžeme rozdělit podle účelu na: Ochranné, které slouží k ochranně území před povodňovými jevy, obvykle se budují na horních částech vodních toků, kde mohou včas zachytit povodňovou vlnu v její rané fázi. Zásobní nádrže, které v době nadbytečných průtoků zachycují vodu, kterou lze využít později za malých průtoků v suchých obdobích. Nádrže smíšené pak spojují zásobní a ochrannou funkci. (VŠB – TUO, 2013)

Charakteristiky nádrže a její prostory. Jsou zásadní pro návrh jednotlivých funkcí nádrže. Charakteristikami nádrže jsou: Celkový prostor nádrže, který tvoří nádržní prostor omezený dnem, boky nádrže, návodním lícem hráze a maximální hladinou. Celkový ovladatelný prostor nádrže je prostor nádrže, který lze regulovat hrazenými přelivy, výpustmi a odběry. Mrtvý prostor nádrže je část prostoru stálého nadržení pod úrovní základových (spodních) výpustí, který nelze gravitačně vyprázdnit. Neovladatelný ochranný (retenční) prostor je prostor nad nejnižší úrovní přelivné hrany nehrazeného přelivu nebo nad horní hranou hradícího tělesa hrazeného bezpečnostního přelivu, vrchní limit je omezen maximální hladinou. Ovladatelný ochranný (retenční) prostor je vyhrazen pro zachycování a transformaci povodňové vlny, tvoří část ovladatelného prostoru nádrže až po úroveň přelivné hrany nehrazeného přelivu. Prostor stálého nadržení je část celkového prostoru nádrže, která se za normálního provozu nevyužívá pro řízení odtoku. Zásobní (akumulační)

prostor nádrže je část celkového prostoru, která slouží k řízení odtoku a zajištění odběrů vody a požadovaných průtoků pod nádrží. (Veselý J., 2004)



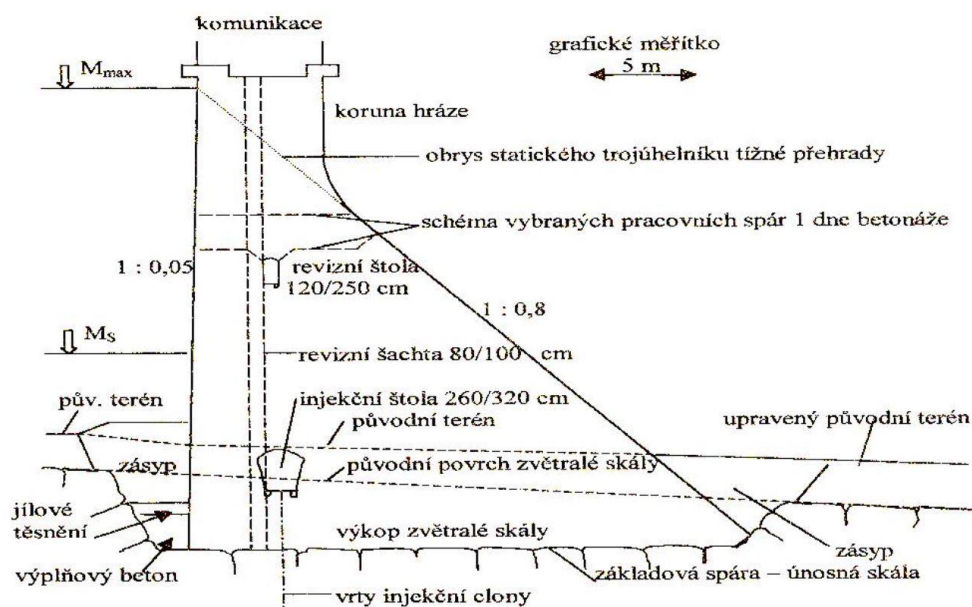
Obr.4: Prostory přehradní nádrže (Havlík A., b. r.).

Konstrukce přehrad. Přehradu tvoří vzdouvací stavba, přehrazující údolí vodního toku a uzavírající prostor vodní nádrže. Nejdůležitější objekty přehrady jsou přehradní hráz, výpustná a odběrná zařízení a bezpečnostní přeliv. Přehrady můžeme dle komise pro velké přehrady (ICOLD) dělit na velké a malé přehrady. Přehradu lze považovat za velkou v případě, že její výška je alespoň 15 m (v ojedinělých případech i 10 m, ale musí splňovat určitá kritéria ICOLD). Přehrady se rozdělují dle použitého materiálu a dle stavební konstrukce. Podle použitého stavebního materiálu se přehrady rozdělují na:

Přehrady z nesoudržných materiálů, to jsou hráze zemní, kdy podstatnou část konstrukce tvoří zemina a hráze kamenité, kde stabilizační část tvoří kamenivo. Těsnící část se zajišťuje rozdílnými materiály jako jsou určité typy zemin (jíl), beton, železobeton, asfaltobeton nebo fólie z plastů. Mají lichoběžníkový tvar příčného profilu. Návodní svah hráze se opevňuje kamennou dlažbou, rovnaninou, nebo pohozelem. Vzdušní svah se nejčastěji ohumusuje a oseje vhodnou travní směsí. Do paty hráze se umísťuje odvodňovací drenáž.

Přehrady zděné a betonové se dělí dle konstrukčního uspořádání a statického řešení na hráze tížné, klenbové, členěné a spojené s podložím. V porovnání se sypanými hrázemi z nesoudržných materiálů jsou mnohem odolnější a pevnější. Jejich nevýhodou je však větší finanční náročnost a vysoké nároky na únosnost podloží. Konstrukce zděných a betonových přehrad jsou vybavené spodními výpustmi z ocelových trub zasazených do tělesa hráze, bezpečnostními přelivy, které slouží k převedení velkých vod za povodní, odběrnými objekty pro odvod vody za vodárenskými, závlahovými, energetickými či jinými účely,

mohou být součástí hráze nebo mohou být zasazeny do speciálního věžového objektu. Součástí konstrukce přehrady jsou i zařízení zneškodňující kinetickou energii vytékající nebo přepadající vody. (Veselý J., 2004; Adamo N. a kol., 2020; Bhattarai S. a kol., 2016)



Obr.5: Schéma zemní hráze (VŠB – TUO, 2012).

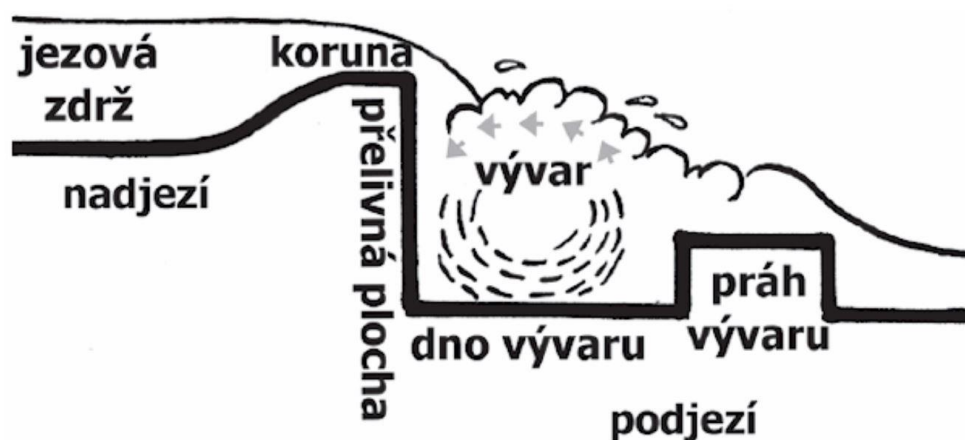
4.9.2 Jezy

„Jez je vzdouvací zařízení v korytě toku, v němž trvale nebo dočasně vzdouvá vodu k různým VH účelů.“ (VŠB – TUO, 2013) Jsou stavěny za několika účelů jako jsou: Zajištění potřebné hloubky pro odběr vody pro vodárenské, zemědělské, průmyslové nebo protipožární účely. Zajištění potřebné hloubky pro splavnění VT. Umožnění gravitačního odběru vody. Vytvoření spádu využitelného pro výrobu elektrické energie. Regulace výšky hladiny podzemní vody v přilehlém říčním údolí. Vyrovnání spádových poměrů. Umožnění regulace odtoku vody do podjezí. Posledním účelem je i zlepšení životních podmínek (rekreace, estetický účinek vzduté hladiny). (Veselý J., 2004; VŠB – TUO, 2013)

Rozdělení jezů. Podle konstrukce se jezy dělí na pevné, pohyblivé a kombinované. Pevné jezy jsou tvořeny stabilní hradicí konstrukcí ze dřeva, kamene, betonu, železobetonu a jiných materiálů. Výška vzdutí hladiny v nadjezí je závislá na aktuálním průtoku vody v řece. Půdorysně se tyto jezy řeší jako přímé, šikmé nebo zakřivené. Jezy Pohyblivé jsou složeny z pevné spodní části jezu a pohyblivých hradicích uzávěrů v různém konstrukčním uspořádání. Zpravidla bývají rozdělené na několik jezových polí s jednotlivými uzávěry. Pohyblivá část jezu umožňuje regulaci výšky hladiny v nadjezí. Při povodňových průtocích se hradicí konstrukce vysune, nebo sklopí a tím umožní volný průchod velkých vod.

Kombinované jezy jsou zpravidla po většině své šířky pevné s hradicím uzávěrovým polem uprostřed. Podle půdorysného uspořádání se jezy dělí na: Kolmé, jejichž osa v půdorysném uspořádání je kolmá na osu VT. Šikmé, jejichž osa je v půdorysu šikmá na osu VT. Lomené jezy, jejichž osa je zalomená. A zakřivené jezy, které mají osu různě zakřivenou. Konstrukce jezu může mít 2 druhy přepadu a to přepad dokonalý anebo nedokonalý. U dokonalého přepadu neovlivňuje poloha dolní hladiny průtočnost a u nedokonalého (zatopeného) přepadu naopak vysoká dolní hladina průtok ovlivňuje. (Veselý J., 2004; VŠB – TUO, 2013; Havlík A., b. r.)

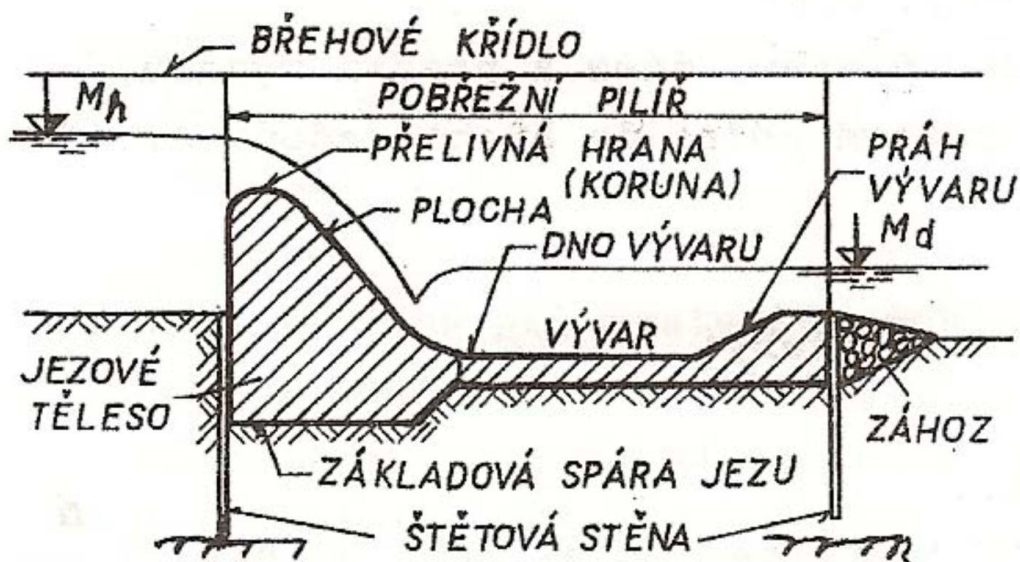
Charakteristika prostor v okolí jezu. Přehrazením VT jezem a následným vzduťím hladiny vznikne tzv. jezová zdrž (nadjezí). Délka vzduťí jezové zdrže je vzdálenost od přelivné hrany až po bod, kde se výška hladiny přiblíží původní neovlivněné hladině. Spád hladiny H je výškový rozdíl mezi hladinou vody v jezové zdrži těsně nad jezovým tělesem a hladinou vody pod ním. Prostor pod jezovým tělesem se nazývá vývařiště, zde se voda vybíjí a ztrácí svou kinetickou energii a odtéká přes práh dále do koryta. (Havlík A., b. r.; mve.energetika.cz)



Obr.6: Prostory v okolí jezu (nebezpecnejezy.cz, 2023).

Konstrukce Jezů. Konstrukce jezů se navrhuje dle geologického a hydrologického průzkumu. Zkoumanými hydrologickými údaji jsou M-denní vody, N-leté průtoky, průběh povodňových vln, splaveninový režim, tloušťka ledové pokrývky, chemické složení vody atd. V návrhu musí být pro případ povodní umožněno obtékání vody kolem bočních zdí jezu, kvůli riziku podemletí a zničení celé konstrukce. Vývařiště (podjezí) musí zajistit dostatečné utlumení kinetické energie přepadající vody, k tomu kromě vývaru slouží různé typy rozrážečů a usměřovačů. Dno za podjezím se chrání kamennými záhozy, které brání tvoření výmolů. Jezové těleso se zakládá na dostatečně únosné a nepropustné podloží. Pokud je

vhodné podloží až ve větší hloubce, vytvoří se pod jezem těsnící clona z betonu, ocelových štětovic apod. a naváže se na okolní terén. Břehová část se zajišťuje nábrežními opěrnými zdmi, zpevněnými svahy, pobřežními pilíři nebo břehovými křídly. Pohyblivé jezy jsou na rozdíl od pevných jezů opatřeny hradíci uzávěry, kterými mohou být stavidla nebo klapky. (Veselý J., 2004; Havlík A., b. r.; Rickard Ch. a kol., 2003)



Obr.7: Konstrukce pevného jezu (VŠB – TUO, 2012).

4.9.3 Malé vodní elektrárny

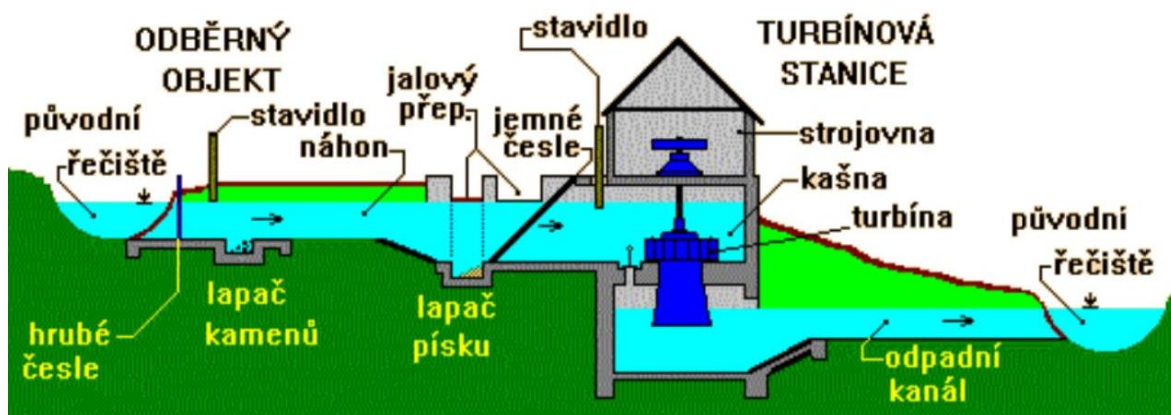
Využívání vodní energie. Využívání vodní energie patří k nejstarším způsobům využívání přírodních energií. Nejstarší vodním strojem je vodní kolo, které se využívalo již ve starověkém Řecku. Jeho prvotní účel bylo čerpání vody z VT, později sloužilo také jako pohod u mlýnů, pil, hamrů atd. V 18. století byly vypracovány první teoretické základy pro návrh vodních turbín. V současnosti se vodní energie využívá nejčastěji právě jako obnovitelný zdroj pro výrobu energie elektrické energie. (Veselý J., 2004; vodnitoky.ochranaprirody.cz)

Vodní elektrárny. Jedná se o hydroenergetická díla, což jsou díla určená k využívání vodní energie. Mohou být situovány jako: Součást jezu, to jsou jezové vodní elektrárny. Dále jako elektrárny s derivací, používané na řekách s větším podélným sklonem, kdy je elektrárna umístěna na derivačním kanálu nebo potrubí, tyto první 2 typy VE se nazývají průtočné. Elektrárny u přehrad nazývané jako akumulární mohou být také součástí hráze anebo derivační, jako je tomu u jezů. Poslední možnost situování vodní elektrárny je výstavba přečerpávacích nádrží, které mají značný výškový rozdíl umístění a jsou spojené

tlakovým potrubím v jehož dolní části je umístěna turbína pro výrobu elektrické energie. (Veselý J., 2004; ČSN 75 2601, 2010; oenergetice.cz; vodnitoky.ochranaprirody.cz)

MVE (malé vodní elektrárny). Jsou to nízkotlaké vodní elektrárny s výkonem do 10 MW, střední jsou pak do 100 MW a velké nad 100 MW. Tyto VE můžeme rozřadit ještě podle využívaného spádu na nízkotlaké, středotlaké a vysokotlaké. MVE se umísťují do břehu na úrovni vzdouvacího stupně, to je MVE příjezová, nebo na derivační kanál či potrubí, derivační MVE. Na území ČR má tento typ elektrárny největší potenciál, z důvodů rozložení na hlavním evropském rozvodí tří moří, velké řeky u nás většinou pramení, tudíž je značná část vodní energie rozptýlena v malých vodních tocích a hydroenergetický potenciál je zde tedy v MVE. (vodnitoky.ochranaprirody.cz; Veselý J., 2004)

Konstrukce MVE. Vodní elektrárna je tvořena následujícími částmi: Vzdouvací zařízení, které vytváří dostatečný spád a zásobu vody pro vodní elektrárnu, u MVE je vzdouvací stavbou jez. Odběrné zařízení zajišťuje vtok vody ze zdrže do přivaděče, musí být umístěno tak, aby do přivaděče nevnikali splaveniny a byla zajištěna možnost regulace a uzavření odběru. Přivaděč, přivádí vodu přímo k elektrárně a mohou být tlakové nebo beztlakové. Vyrovnávací komora chrání uzavřený přivaděč proti účinkům rázu vody a zmenšuje účinek rázu vody v tlakovém potrubí. Tlakové potrubí je část svodu mezi vyrovnávací komorou a strojovnou, navrhuje se co nejkratší, aby rázy vody byly co nejmenší a ukládá se na pilíře nad úroveň terénu, každá turbína může mít jedno tlakové potrubí anebo jedno společné pro všechny agregáty. Strojovna je konečnou částí VE, zachycuje se zde vodní energie, která se přeměňuje v energii elektrickou. Ve strojovně jsou umístěny turbíny, generátory, uzávěry, česle, regulátory turbín, budiče elektrického proudu, olejové tlakové pumpy pro servomotory a ložiska, čerpadla, kompresory, ventilátory, měřicí, zkušební a řídicí přístroje, silnoproudé a slaboproudé kabely, olejové potrubí, vzduch a voda. Voda je nakonec z VE vyústěna odpadem ze savek do VT, odpadního kanálu nebo do odpadní štol. Odpad by měl být zaústěn u konkávního břehu v nejhlubším místě, kde se koryto nezanáší. (VŠB – TUO, 2013)



Obr.8: Schéma MVE (Aubrecht P., 2021).

Vodní Turbína. Přeměnu vodní energie na energii elektrickou zajišťuje vodní turbína složená z pevné části, kterou tvoří rozváděcí kolo a pohyblivou částí – oběžným kolem. Podle způsobu přenosu energie vody na oběžné kolo se turbíny rozdělují na rovnotlaké, na které voda působí jen svou pohybovou energií (Peltonova turbína) a přetlakové, u kterých se jen část energie vody mění na pohybovou energii a voda přitéká na lopatky oběžného kola s částečným přetlakem (Kaplanova a Francisova turbína). Podle směru přítoku vody k turbíně se turbíny rozdělují na axiální (Kaplanova a přímo proudá turbína), zde voda přitéká ve směru osy turbíny, turbíny radiální, kde voda přitéká kolmo na osu turbíny, když paprsek vody má směr tečny k oběžnému kolu jedná se o turbínu tangenciální (pomaloběžná Francisova turbína) a posledním přechodným typem jsou turbíny radiálně – axiální (rychloběžná Francisova turbína). (Veselý J., 2004)

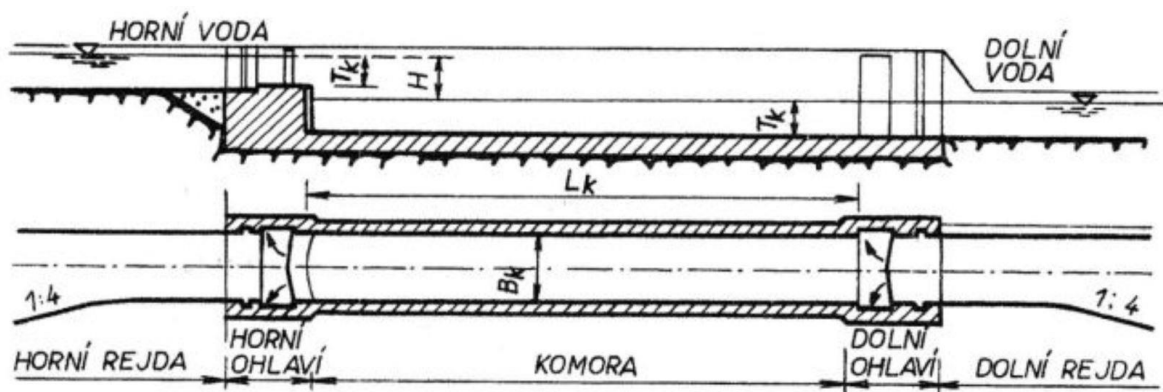
4.9.4 Plavební komory

Plavební komory jsou objekty na vodních cestách, které umožňují výškový přechod plavidel z jedné zdrže do druhé, prostřednictvím plnění a prázdnění vymezených prostorů (komor). Plavební komora je nádrž podlouhlého, nejčastěji obdélníkového tvaru vybavená vraty umístěnými na styku s plavební dráhou. (Veselý J., 2004; VŠB – TUO, 2013)

Rozdělení plavebních komor. Podle použitého materiálu mohou být komory dřevěné, zděné z kamene nebo cihel, betonové, železobetonové a ocelové. Podle půdorysného tvaru mohou být PK obdélníkové, lichoběžníkové (výjimečně) nebo kruhové, které se opatřují několika ohlaviemi s vraty. Podle počtu komor na jednom plavebním stupni se plavební komory rozdělují na jednostupňové a vícestupňové, jednoduché a zdvojené. Podle počtu proplavovaných plavidel se plavební komory dělí na jednolodní a vlakové. U středoevropských vodních cest činí délka plavebních komor jednolodních 85 m a u

vlakových 185 m. Podle způsobu plnění se PK rozdělují na komory s přímým plněním a nepřímým plněním. U přímého plnění se nádrž plní vraty a u nepřímého pomocí obtoku. Podle způsobu proplavování se dělí na jednosměrné a obousměrné. (Veselý J., 2004; VŠB – TUO, 2013)

Konstrukce plavebních komor. Hlavními částmi konstrukce PK jsou vrata na styku s plavební dráhou umístěné v dolním a horním ohlaví komory a vlastní komora. Tato konstrukce umožňuje oddělení komory od dolní a horní zdrže. Vrata můžeme rozdělit dle konstrukce na vzpěrná, stavidlová, zasouvací, sklopná, segmentová a speciální. Ohlaví jsou masivní betonové objekty, které přenášejí zatížení, působící na ně a na vrata. S vraty je společně instalován i ovládací mechanismus a provizorní hrazení, které slouží v případě poruchy. Komora je napojena na plavební dráhu pomocí tzv. rejd, což jsou dostatečně široké manipulační prostory k proplavování lodí. PK se plní a prázdní pomocí ovladatelné soustavy plnění a prázdnění (obtoky, otvory ve vratech). Vlastní komora je vytvořená zdi za použití různých konstrukcí, např. kamenné zdi, ocelové štetovnice nebo konstrukce z dřevěných trámů. V komoře jsou po obvodu instalovány tzv. pacholata, sloužící k uchycení lodí, uvnitř komory k tomuto účelu slouží vazné kříže, kde se lodě uvazují. Maximální spád komory se uvažuje cca 25 m. Doba průplavu by měla být co nejkratší a vyplývá z rychlosti plnění a prázdnění komory. Rychlost plnění se pohybuje kolem 1 m/min a je závislá na výšce PK. (Veselý J., 2004; VŠB – TUO, 2013)



Obr.9: Schéma plavební komory (VŠB – TUO, 2013).

4.9.5 Rybí přechody

Dle zákona o vodách je povinností vlastníků vodních děl „u vodního díla sloužícího ke vzdouvání vody ve vodním toku udržovat na vlastní náklad v řádném stavu dno a břehy v oblasti vzduť a starat se v něm o plynulý průtok vody, zejména odstraňovat nánosy a překážky, a je-li to technicky možné a ekonomicky únosné, vytvářet podmínky pro migraci

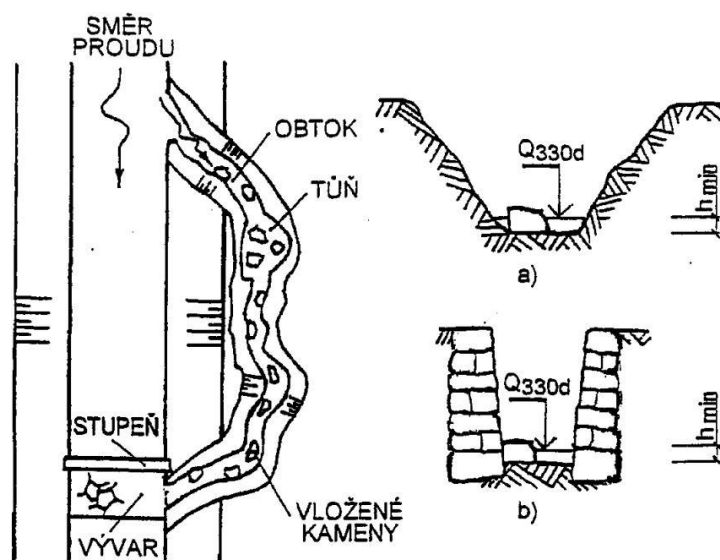
vodních živočichů, nejde-li o stavby“. (Zákon č. 254/2001 Sb., 2022) Zajištění prostupnosti migrační bariéry je základní předpoklad pro obnovu a udržení druhové diverzity a zdravého a rovnoměrného stavu populací původních druhů ichtyocenózy po celém vodním toku. Za tímto účelem se budují rybí přechody, které mají umožnit volnou migraci všech druhů mihulí a ryb podle jejich biologických potřeb a ekologických nároků. (TNV 75 2321, 2011)

Rybí přechody jsou dle normy TNV 75 2321 části vodního díla umožňující rybám přechod z dolní do horní vody a naopak. Navrhují se u řek, u nichž je třeba zabezpečit tah ryb přes migrační bariéru (jez). RP by měl být průchodný obousměrně z důvodu potřeby migrace proti proudu u některých druhů ryb (úhoř říční, losos obecný) a svou funkci by měl plnit celoročně. Návrh RP vyplívá z podkladů o druhové skladbě ryb a mihulí, jejich velikostech a migračních schopnostech. Dalšími podklady jsou hydrologický režim VT a splaveninový režim VT (TNV 75 2321, 2011; Slavík L. a Neruda M., 2014)

Typy RP. Rybí přechody mohou být dvojího charakteru. Technického a přírodního. Mezi technické RP patří: Žlabový RP, je to jeden z nejčastěji se vyskytujících typů RP, je tvořen nakloněným betonovým žlabem opatřeným vestavěnými betonovými příčkami, balvanitými přehrádkami nebo výstupky různého tvaru, jeho podélný sklon je cca 10 %, výškový rozdíl mezi po sobě jdoucími bazénky se doporučuje do 0,2 m, minimální šířka by měla být min. 1,2 m (v případě cílení na lososa obecného min 1,8 m), minimální šířka štěrbin je 0,15 m (u lososa obecného 0,3 m), vzdálenost mezi příčkami by neměla být menší než 1,9 m (u lososa obecného 2,75 m), hloubka vody ve žlabu by měla dosahovat alespoň 0,5 m (losos obecný – 0,75 m), po 5 až 10 m se doporučují tzv. odpočívající nádržky. Komůrkový RP, v minulosti tento typ RP v podmínkách ČR byl nejčastěji se vyskytujícím, z důvodu malé efektivity se od něj ale upustilo, je vytvořen z řady za sebou jdoucích stupňovitých komůrek, které jsou od sebe vzájemně odděleny příčkami se střídavými otvory u dna a výřezy u hladiny, kterými proudí voda a mohou proplouvat ryby, parametry tohoto typu RP jsou podobné jako u Žlabového RP. Rybí komory a zdviže, navrhují se při potřebě překonat spád i několik desítek metrů, komora funguje na principu střídání plnění a prázdnění komory, zdviže se pohybují směrem nahoru a dolů a dopravují ryby do zdrží. Kartáčové rybí přechody, jedná se o relativně nový typ RP, kde jsou přehrádky tvořeny kartáči (trsy pevných pružných strun), jejich výhodou je i možnost využití rybochodu jako sportovní propusti. RP přírodního charakteru tvoří: Obtoková koryta, tzv. by-passy, jedná se o nové koryto vybudované v blízkosti řeky (jezu), které napodobuje přírodní podmínky a útvary (peřejnaté úseky, tůně, balvanité prahy, atd.), viz obr.10. Při jejich výstavbě se dle normy TNV 75

2321, 2011 doporučuje využívat dostupných přírodních materiálů, nejčastěji se využívají tam, kde je třeba překonat vyšší příčnou překážku, jejich výhodou je fakt, že tento typ RP umožňuje rybám i trvalý pobyt v přechodu a možnost výtěru, z důvodu napodobení přírodních podmínek a výskytu přirozené potravy ryb – bentosu. (Slavík L. a Neruda M., 2014; TNV 75 2321, 2011)

Návrh RP. Typ rybiho přechodu by se měl volit takový, aby umožnil průchod celému spektru ichtyofauny, v případě nereálnosti provedení se cílí na určité druhy. Umístění RP by mělo být při břehu, z důvodu snadné obsluhy a kontroly, ale také kvůli přirozené orientaci ryb, podél břehů. K rybímu přechodu patří: vábící zařízení, vstup RP, sběrné kanály, výstup RP a odpuzovací zařízení. Vstup do RP má být umístěn tak, aby u něj bylo zajištěné vábení ryb, k tomuto účelu slouží proud vody, vytékající z RP, ideálně těsně před výtokem z elektrárny, protože ten ryby vábí taktéž. K zabránění rybám vplout do turbíny slouží elektrické zábrany, bublinkové clony, ultrazvukové clony apod. RP se obvykle budují při jednom břehu, v některých případech je ale vyžadováno vybudování RP na obou březích (viz jez Řevnice – Berounka). Výtok RP by měl být dostatečně vzdálen od koruny jezu a vtokových objektů, rychlost proudění na výtoku by neměla přesahovat hodnotu 0,4 m/s. (Slavík L. a Neruda M.; 2014, TNV 75 2321, 2011)



Obr.10: Přírodní RP - bypass (Slavík L. a Neruda M., 2014).

4.9.6 Úpravy VT

Jedná se o soubor vodohospodářských, lesnických, zemědělských a podle potřeby i jiných zásahů a opatření na toku a celé ploše jeho povodní, včetně všech přítoků. Povětšinou

se netýkají jen samotného koryta, ale i přilehlého území, jehož vodní poměry s daným tokem souvisejí. Hlavním účelem úpravy vodních toků je protipovodňová ochrana pozemků a objektů. Dalšími účely jsou úprava odtokových poměrů, splaveninového režimu, stabilizace břehů a dna, umožnění odběru vody, možnost rybářského, plavebního a energetického využití, umožnění zaústění, úprava HPV v přilehlém území, zvýšení účinků samočisticích procesů ve VT a zvýšení estetické funkce krajiny. Cílem úprav VT je dosáhnout vyžadovaných vodních poměrů ve spojitosti s nenarušením krajinných a biologických podmínek (pokud není vyžadované). Ing. Tomáš Just to shrnuje takto: „*Cílem revitalizací koryt by tedy neměla být snaha o vytvoření jakéhosi univerzálního biotopu pro nepřirozeně široké spektrum druhů živočichů, ale rekonstrukce toků tak, aby vznikaly biotopy nabízející vhodné podmínky pro druhy, které se v dané geografické oblasti, nadmořské výšce apod. přirozeně vyskytují. I morfologie revitalizačních koryt by měla být volena tak, aby odrážela charakter toků v dané oblasti. I z ekologického hlediska je například nesmyslné vytvářet uměle a násilně meandrující koryta v místech, kde by za normální situace potok tekł v plochém přímém korytě s rychlejším prouděním.*“ (Just T. a kol., 2005; Veselý J., 2004)

Trasa vodního toku. Musí splňovat požadavky technického, biologického, ekonomického a estetického charakteru. Musí umožnit plynulý odtok vody, ledochod, popřípadě vodní dopravu. Průkopy a napřimování VT se dnes navrhuje zcela výjimečně. V současné době se provádějí tzv. revitalizace, které koryto spíše meandrují, prodlužují a tím zmenšují podélný sklon trasy VT, těmito opatřeními se napodobuje přírodě blízký průběh nivelety koryta, kterým se dosáhne únosné erozi břehů i dna VT a stability splaveninového režimu. Při návrhu nového koryta VT se vychází především z údajů o dřívějším vývoji trasy. Revitalizace se provádí tam, kde byly řeky v minulosti nevhodně upraveny a neplní vyžadované funkce. Cílem revitalizace trasy vodního toku je přirozený průběh podélného profilu koryta, změna drsnosti dna a břehů a tvorba přirozených prohlubní (tůň). Trasa revitalizovaného koryta se postupem času dotváří. (Slavík L. a Neruda M., 2014; Veselý J., 2004; TNV 75 2103, 2014)

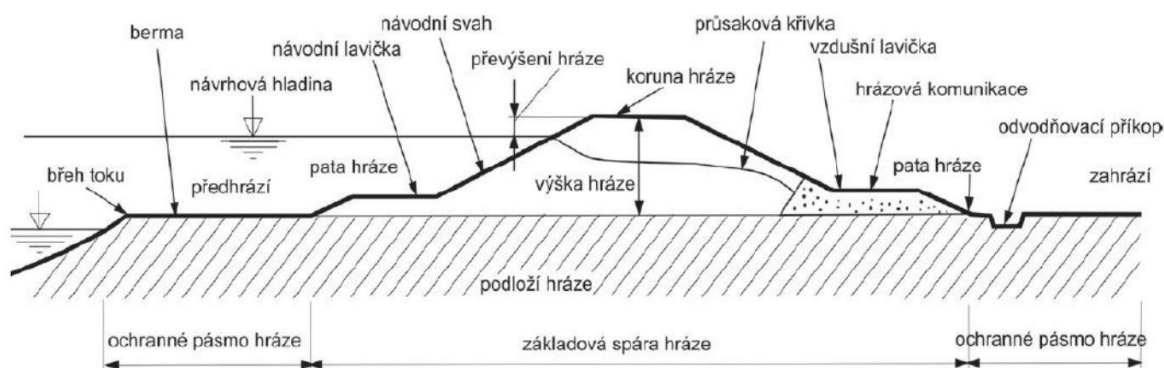
Příčný profil koryta. Stanovuje se na základě poměrů velkých a malých průtoků, návrhovém stupni ochrany a na místních poměrech, tj. zda se jedná o intravilán (zastavěné území) či extravilán (nezastavěné území), jestli je území intenzivně zemědělsky obdělávané apod. Velká pozornost je při návrhu kladena na vliv objektů na průtočný profil. Navrhují se profily ve tvaru lichoběžníku, obdélníku, nepravidelného přírodního koryta, kombinovaného tvaru apod. Pokud je to možné, navrhuje se koryto přírodního uspořádání s využitím

Výška koruny hráze se stanoví dle polohy hladiny při návrhovém průtoku. Návrhový průtok se stanovuje s ohledem na hospodářská, technická, ekologická a urbanistická hlediska. Zpravidla se návrhový průtok stanovuje jako průtok s danou N-letostí na daném měrném profilu. Často bývá návrhovým průtokem historicky největší povodňový průtok v dané oblasti (např. Vltava – průtok z roku 2002, tedy $Q_{500-1000}$) nebo průtok s dobou opakování 100 let. při volbě doby opakování N se přihlíží především k těmto faktorům: Potřeba ochrany území v zahrází s ohledem na snížení škod a odpovídající míře ochrany území. (Říha J., 2010; Veselý J., 2004)

Trasa OH. Hlavní zásadou trasování ochranných hrází je ochránit co největší majetek v inundačním území při minimálních záborech půdy a investičních nákladech. Trasa je obecně určena morfologií toku a údolí (nivy), hydraulickými a geologickými podmínkami dané lokality, zájmy ochrany přírody, krajiny, zástavby aj. V současnosti se směřuje k odsazování OH ke kraji údolní nivy, podél chráněného území a to z důvodu zachování co největších ploch pro rozliv vody. Tento koncept zároveň umožňuje návrh nižších hrází a ponechání stávajícího (přírodního toku), také se předejde narušení hrází před živočichy jako jsou bobři, nutrie nebo ondatry, kteří v případě úzkého předhrází, hloubí do tělesa hráze nory a tím narušují její statiku. Šířka mezihrází by se neměla náhle měnit, případné zúžení nebo rozšíření je třeba provádět plynulým přechodem (přechodovými oblouky) ideálně na obou březích toku. VT může být ohrázován oboustranně i jednostranně, přičemž u oboustranného ohrázování, nemusí být výška hrází stejná na obou stranách toku. (Říha J., 2010; TNV 75 2103, 2014)

Konstrukce OH. Tvar příčného profilu hráze vychází z požadavků dané umístěním, trasou, výškou hráze, jejím účelem, použitým materiálem a charakterem podloží. Výška hráze se navrhuje s bezpečnostním převýšením minimálně 0,4 m. Sklon svahu hráze je obvykle 1:2 až 1:3. Šířka koruny se volí minimálně 2 m. Svahy případně i koruna hráze bývá chráněna drnem. Návodní strana bývá opevněna i těžším materiálem (kamenný pohoz). Při koruně hráze se vedou zpravidla jen komunikace obslužné. Těleso hráze je opatřeno hrázovými výpustmi s hradíci zařízeními, umožňující gravitační vypouštění vody do VT. Komunikace křížující hráz jsou vedeny po rampách. Těleso hráze může být homogenního nebo nehomogenního charakteru, materiály by však měli být použité z místních zdrojů (často i z koryta VT). Homogenní hráze se navrhují do výšky cca 5 m. V případě použití vhodného zemního materiálu a málo propustného podloží není nezbytně nutno budovat drenážní systém. Je nutné však posoudit vývoj průběhu průsaku tělesem hráze a podloží za

zvýšených průtoků. Pokud se prokáže možnost vysakování vody tělesem hráze je třeba navrhnout drenážní prvky, obvykle při vzdušné patě hráze. V případě nebezpečí průsaku podloží je nutno navrhnout vhodná odvodňovací a proti průsaková opatření. U nehomogenní hráze je navrženo těsnění jako vnitřní nebo při návodním lici hráze. Ideální řešení je umístění nepropustného materiálu na návodní straně a propustnějšího materiálu na vzdušní stabilizační části, jedná se o tzv. zonální uspořádání. Zavázání na nepropustné podloží je třeba důkladně posoudit s ohledem na možné narušení přírodního režimu podzemních vod. V případě propustného podloží se mezi patou těsnící stěny a nepropustným podloží nechává „okno“ výšky 1,5 až 2 m. Dokonalé zavázání se provádí v případě nepropustného podloží v menší hloubce za použití ozubu, u hlubšího nepropustného podloží se používá těsnění pomocí podzemní stěny. Zvláštním typem OH jsou mobilní hráze, které slouží jako alternativní forma PP ochrany k dalším technickým a netechnickým opatřením. Jedná se nejčastěji o hráze z pytlů s pískem, betonové nebo dřevěné desky a ocelové nosníky. (Říha J., 2010; Veselý J., 2004; Koppe B. a Ode U., 2006)

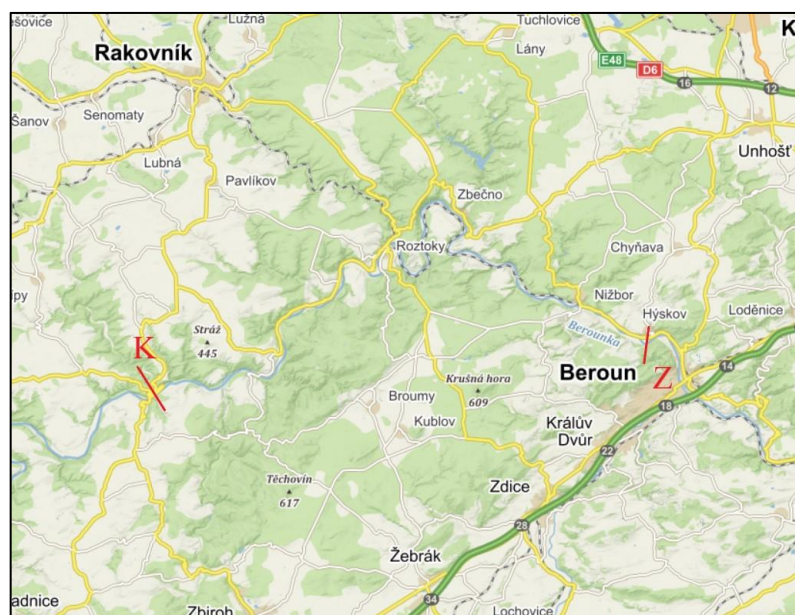


Obr.12: Schéma OH (Fruhbauer J.).

5. Vodohospodářské stavby a protipovodňová opatření na vodním toku Berounka v CHKO Křivoklátsko

5.1 Charakteristika zájmové oblasti

Zvolený úsek řeky Berounky se rozkládá od jezu v Hýskově (39,6. říční km) až po most ve Zvíkovci (81,8. říční km), jedná se tedy o stavby, které ohraničují Chráněnou krajinnou oblast Křivoklátsko na VT Berounka. (mapy.cz; krivoklatsko.nature.cz)



Obr.13: Zájmový úsek Berounky (mapy.cz, 2023).

5.1.1 VT Berounka

Základní informace. Berounka vzniká na území města Plzně soutokem Radbuzy a Mže ve výšce 298 m.n.m. Do Radbuzy, těsně před soutokem, ústí ještě řeka Úhlava a za soutokem do Berounky ústí řeka Úslava. Tzn. Berounka je řeka bez pramene a je vytvořena těmito 4 řekami. Z Plzeňské kotliny teče do Kralovické pahorkatiny, dále do Křivoklátské vrchoviny, Hořovické pahorkatiny a svoji cestu zakončuje v pražských Modřanech, kde ústí zleva do Vltavy. Celková délka toku je 138,8 km. Jejimi největšími přítoky jsou zleva Třemošná, Sřela, Rakovnický potok, Klíčava a loděnice a zprava jsou to Klabava a Litavka. Plocha povodí Berounky činí 8 855,47 km² a má vějířovitý tvar. (PVL, 2009; Zemánková S., 2015)

Charakteristika toku. Po většině svojí délky má řeka přirozený charakter. Ve větší míře je upravována až v úseku od Berouna po soutok s Vltavou, kde je typické lichoběžníkové koryto se zatravněním nebo kamenným záhozem. Údolí řeky už zde není také tak ostře zahloubeno, jako na horním a středním toku a lze ho využít jako boční bermy pro rozliv. Historický charakter Berounky popisuje Josef Podzimek takto: „*Při normálním stavu hladiny měla řeka na mnoha místech rozsáhlé mělčiny, dlouhé úseky byly zaplněny velkými balvany a dávaly ji ráz horské říčky. Jinde vytvářela hluboká a úzká kaňonovitá údolí. Vysoký stav vody změnil řeku v divoký tok s nebezpečnými peřejemi.*“ (Podzimek J. a kol., 1980). To je i důvod proč řeka Berounka nesloužila v minulosti jako komunikační tepna. V současnosti je tok z větší části podobného charakteru (horní a střední tok), relativně mělké přírodní koryto s peřejemi a prohlubněmi, ale v menším rozsahu vlivem fragmentace toku jezy. Pro horní a střední Berounku jsou typické i luční bermy kam se může případný povodňový průtok rozlít. To však neplatí všude, protože údolí často tvoří kaňon s ostrými stěnami a možnost rozlivu je zde nulová. (Just T. a kol., 2020; Podzimek J. a kol., 1980)

Zastoupení rybích druhů. Z pohledu zastoupení rybích druhů se na Berounce střídá parmové a cejnové pásmo. Přičemž na horním toku převažuje pásmo parmové s typickými druhy ryb pro tuto oblast. Na dolním toku už se jedná především o pásmo cejnové, kde převažují druhy ryb jako je kapr obecný, cejn velký nebo plotice obecná z dravých ryb se zde vyskytuje nejčastěji přemnožený sumec velký, který zde může dorůst i délky přes 2 m (viz úlovky na úseku Karlštejn – Radotín).

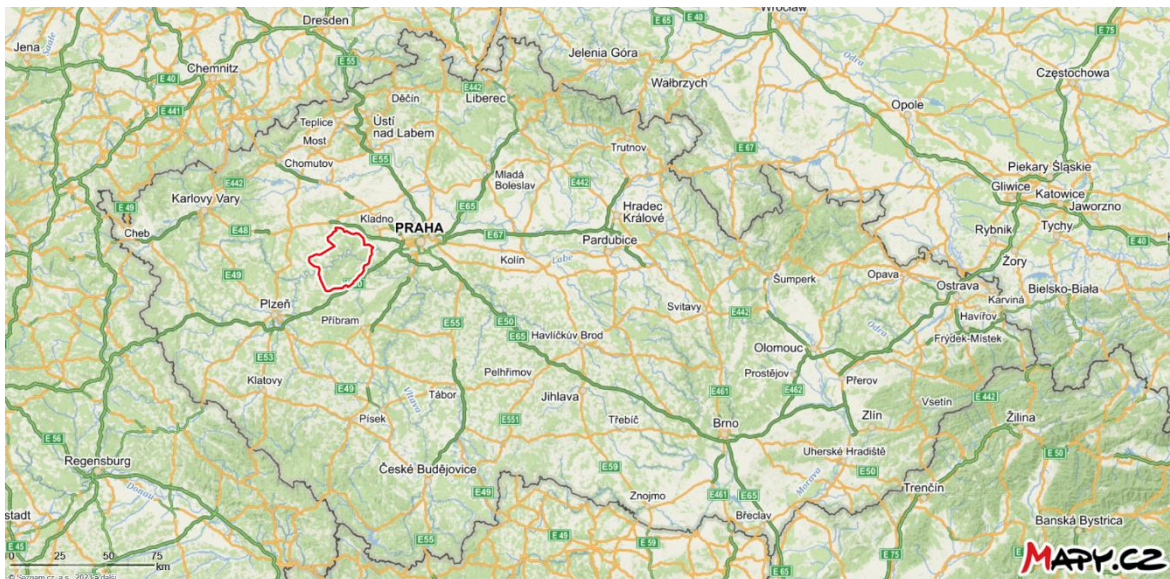
5.1.2 Křivoklátsko

Základní informace a vznik. Území Křivoklátska se nachází na západním okraji středních Čech, viz obr.14. Výnosem Ministerstva kultury se toto území stalo dne 24.11.1978 chráněnou krajinnou oblastí a už od roku 1977 patří mezi biosférické rezervace UNESCO. Celková rozloha činí 62 792 ha. Geologickým podložím je ze tří čtvrtin barrandienské svrchní proterozoikum, jehož základ tvoří břidlice a droby. Dalším důležitým obdobím pro vývoj této oblasti bylo střední kambrium, v němž se oblast zaplavila mořem. Na konci kambria došlo k rozsáhlé vulkanické činnosti, jejímž výsledkem je komplex Křivoklátsko – rokycanského pásma. Geomorfologicky spadá CHKO Křivoklátsko do celku Křivoklátské vrchoviny a částečně i do Plaské pahorkatiny. Reliéf je hodně vertikálně členitý. Nadmořská výška se pohybuje od 217 m.n.m. (hladina Berounky v Hýskově) do 616 m.n.m (Těchovín). (Piherová J., 2013; Hůla P., 2009)

Klima. Klimaticky se oblast řadí do mírného pásu. Mezoklima je silně ovlivňováno říčním fenoménem, který způsobuje inverzní efekt a slabou výměnu vzduchu v horizontálním i vertikálním směru. Průměrná roční teplota činí cca 8 °C, průměrný roční úhrn je jen 530 mm, z důvodu vlivu okrajově zasahujícího srážkového stínu Krušných hor. (Piherová J., 2013; Hůla P., 2009)

Krajinný pokryv. Až 60% plochy Křivoklátska je zalesněno, na území ČR se jedná o velmi nadprůměrné číslo. Nejčastějším společenstvem jsou dubohabřiny. Na mnoha místech dominuje nepůvodní habr obecný. Na naplaveninách řeky vznikly světlé doubravy, ve vyšších polohách přechází v doubravy kyselé. Významné plošné zastoupení mají i lipové bučiny. Na skalních stráních převažují habrové javořiny. Na území bylo při výzkumu RNDr. J. Kolbeka CSc. zjištěno celkem 1 800 rostlinných druhů. V místech bez lesního pokryvu se nachází louky, skalní stěny, sutě a tzv. pleše (bezlesé svahy vrcholků). (Piherová J.; 2013)

Berounka na Křivoklátsku. Střední tok řeky Berounky je v této oblasti hlavním fenoménem utvářející ráz krajiny. Teče v hluboce zařízlém údolí až v kaňonu s ostře stoupajícími stěnami. Hlavní tok i jeho přítoky vytvořily zachovalé meandry a údolní nivy. Koryto je povětšinou přírodního charakteru, známky regulace toku jsou viditelné až na okraji křivoklátského úseku (Nižbor, Hýskov). Převažuje zde parmové rybí pásmo, tj. peřejnaté úseky střídající hlubší proudné úseky s členitým kamenitým dnem. Z toho lze odvodit převažující rybí druhy na tomto úseku. Jedná se především o jelce tlouště, parmu obecnou, ostroretku stěhovavou, podoustev říční a z důvodu masivního vysazování také kapr obecný, který není pro toto rybí pásmo typický. Z dravých druhů ryb se nejčastěji vyskytuje štika obecná, bolen dravý a sumec velký, který je v této oblasti přemnožený. Typický rybí druh pro tuto oblast – úhoř říční zde téměř vymizel z důvodu výstavby migračních bariér – jezů, MVE. Na vybraných úsecích probíhá snaha o jeho návrat, vysazuje se v podobě tzv. úhořího monte (úhoří potěr), jedná se ale o velmi finančně nákladný a málo dostupný zdroj. (Piherová J., 2013; Hůla P., 2009)



Obr.14: CHKO Křivoklátsko v rámci ČR (mapy.cz).

5.2 Správa oblasti, vodního toku a staveb na VT

Na území CHKO Křivoklátsko plní funkci odborného správce Agentura ochrany přírody a krajiny ČR a Správa CHKO Křivoklátsko. Pro celé území a jednotlivá maloplošná chráněná území jsou vypracovány, projednány a schváleny plány péče s obdobím platnosti 10 let. Plnění těchto plánů se zajišťuje s pomocí finančních nástrojů resortních programů MŽP (Program péče o krajinu, Program péče o majetek státu a Program obnovy přirozených funkcí krajiny). Správa území zahrnuje péči o památné stromy a významnou zeleň, údržbu významných stanovišť chráněných a ohrožených druhů rostlin a živočichů, zaměřování a označování zvláště chráněných území (ZCHÚ), budování a údržbu naučných stezek atd. (krivoklatsko.nature.cz)

Vodní tok Berounka včetně jejích přítoků, povodí a břehových porostů v záplavových území spravuje Povodí Vltavy. Povodí zajišťuje i vyjadřovací činnost k záměrům staveb, zařízení a činností v dané oblasti. Dále zjišťuje a hodnotí stav povrchových a podzemních vod v povodí a informuje o vodních stavech, průtocích, povodňových stavech, jakosti povrchové vody, vodních dílech, plánování v oblasti vod a veřejných zakázkách. (pvl.cz)

Většinu vodních děl na sledovaném úseku vlastní soukromí majitelé pod dohledem Povodí Vltavy, které zajišťuje správnou manipulaci s vodními díly. Povodí Vltavy na daném úseku spravuje pouze jez v Roztokách, Nižboru a Hýskově a břehové opevnění Riviéry Zbečno. Na všech jezích v úseku, jakožto na vodních dílech IV. Kategorie, se jednou za 10 let koná technickobezpečnostní dohled (dle zákona č. 254/2001 Sb.), kdy se sejde majitel stavby, Povodí Vltavy a příslušný vodoprávní úřad. Při technickobezpečnostním dohledu se

posuzuje stav jezu, výška přepadového paprsku, ohrožení vodáků a jiné faktory týkající se stavby. Na základě tohoto hodnocení se vypracuje návrh na odstranění nedostatků vodního díla. Násypy silnic a železnic v blízkosti VT se zde považují za formu protipovodňových opatření. Tyto násypy jsou ve správě příslušné správy silnic a železnic. (Zákon č. 254/2001 Sb.)

5.3 Neuskutečněné stavby

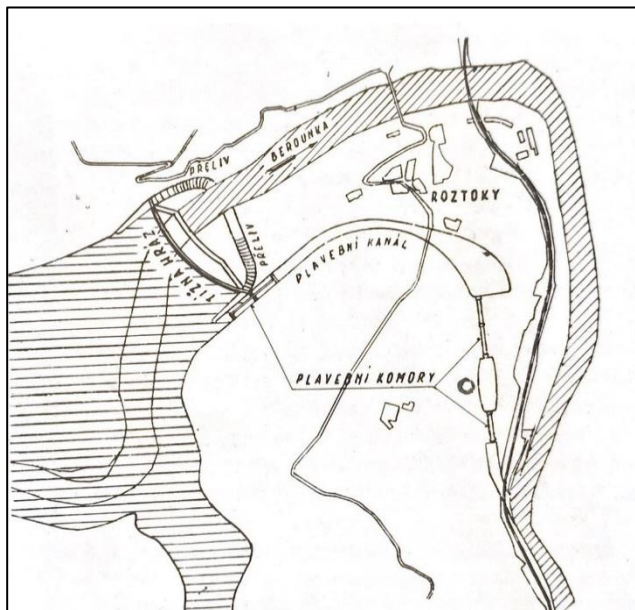
Berounka na Křivoklátsku se dostala do popředí zájmu o výstavbu rozsáhlých vodohospodářských děl už na počátku 20. století, kdy začaly úvahy o využití Berounky pro energetiku a plavbu. Velkou zásluhu na tom měla Obchodní a živnostenská komora v Praze, která se snažila o soustavné využití českých toků a výstavbu výhodných vodních děl. Velký zájem o splavnění toku měla především plzeňská „Škodovka“. Z iniciativy těchto dvou zájemců vzniklo na počátku století několik návrhů a studií. V pozdějším období byla účelem tvorby studií a návrhů především protipovodňová ochrana. (Podzimek J. a kol., 1980)

5.3.1 VD Křivoklát

Snaha o splavnění vodního toku Berounka sahá až do 19. století a je spojená s rozvojem průmyslu v Plzni. Za tímto účelem vznikl i první návrh na VD Křivoklát, který byl předložen roku 1911, studie byla následně odevzdána už v červnu roku 1913. Navržena byla hráz situovaná u Čertovi skály pod Týřovicemi, která měla vzdout hladinu Berounky až o 56 m. Vzduť této přehradní nádrže by dosahovalo až k Plzni a vznikla by tím plavební dráha o délce 74 km. Dalšími účely tohoto vodního díla bylo využití energetického potenciálu, regulace vodních stavů a zásobárna vody pro Kladno a okolí. Současně byla vytvořena studie, která uvažovala hráz dále po proudu v profilu u Roztok, viz obr.15. Toto místo už zůstalo v budoucnu pevné pro všechny ostatní návrhy hlavní přehrady. Autorem prvních dvou zmíněných návrhů byl Ing. František Radouš. (Podzimek J. a kol., 1980; Kraml K., 2002)

Objem nádrže s hrází v profilu u Roztok by se pohyboval mezi 600 – 650 mil. m³, což je objem dnes naší největší přehradní nádrže Orlický náhon. Hráz by byla vysoká 64 m o délce 335 m. Maximální výkon turbín by dosahoval 13 778 HP. K překonání velkého výškového rozdílu měla sloužit soustava 3 plavebních komor. U Zbečna měla být vybudována vyrovnávací zdrž, pomocí stupně, která měla sloužit k vyrovnání nestejnoměrného odtoku z hydroelektrárny Křivoklát. Na Berounce měli být vybudovány ještě 3 vnitřní přehrady a to

přehrada u Plané a přehrada na ústí Třemošenského potoka. Tyto vnitřní přehrady spolu souvisely a byly odděleny pouze skalním ostrohem mezi Berouňkou a Třemošenským potokem. Účelem těchto hrází bylo zabránit kolísání hladiny v Plzni a umožnit plavbu až k průmyslovým závodům ve městě. Poslední přehradou měla být údolní přepážka na Střele, ta sloužila k výrobě elektrické energie a možnosti plavně do Plas. (Podzimek J. a kol., 1980; Kraml K., 2002)

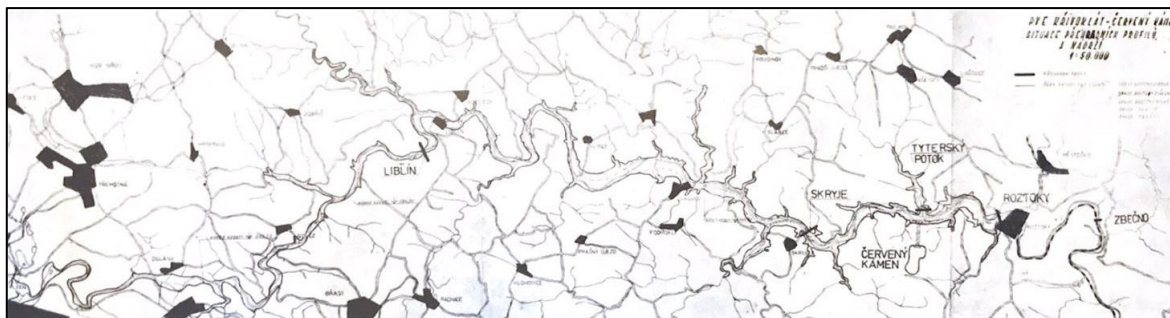


Obr.15: Situace přehrady u Krivoklátu z roku 1913
(Podzimek J., 1980).

Tyto návrhy byly hodnoceny jako velmi kvalitní a účelné, ale k výstavbě nedošlo z důvodu vysokých nákladů, které by si stavba vyžádala. Dalším nedostatkem bylo shledáno, že návrh řešil pouze splavnění od Plzně do Rožtok a úsek z Rožtok do Prahy uvažoval jako splavný. (Kraml K., 2002)

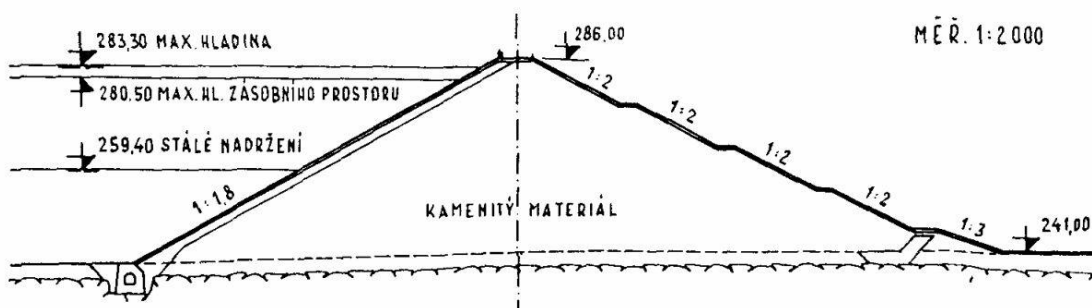
Na tyto návrhy Ing. Františka Radouše navazovali i další návrhy, které již k navržené přehradě uvažovali např. kanalizaci Berounky od soutoku s Vltavou až po přehradu v Rožtokách. Poslední návrhy vznikly v roce 1974. Byly vypracovány 4 varianty, které představovali splavnění od Plzně do Rožtok přes hladiny nádrží. Z rožtok do Prahy by plavební dráhu zajistila soustava klapkových jezů s plavebními komorami. Tyto projekty vypracoval Hydroprojekt Praha. Nedostatkem bylo, že projekty uvažovaly pouze bilanční rozpočty, nikoli konkrétní řešení stavby, jako např. nutnost vystěhovat 14 vesnic, přebudování desítek kilometrů silnic a vybudování desítek mostů, trasy elektrovedů s lesními průseky chyběly úplně. Veřejnost se nakonec začínala stavět na stranu ochrany

přírody na území Křivoklátska a v roce 1976 se definitivně rozhodlo, že přehrada se zde stavět nebude. (Kraml K., 2002)



Obr.16: Zátapa VD Křivoklát a jednotlivé přehradní profily (Podzimek J., 1980).

Ve státním vodohospodářském plánu však úvaha na splavnění Berounky stále figuruje. Po zamítnutí variant z roku 1974 bylo v roce 1979 Hydroprojektem navrženo řešení respektující snahu o co nejméně porušit ráz CHKO Křivoklátsko a zároveň zachovávající efektivní využití výhodného hrázového profilu pomocí sypané zemní hráze, viz obr.17, vytvářející nádrž s celkovým objemem 313 mil. m³. Tato nádrž by měla být víceúčelově využita a to tak, že současně by byla vytvořena umělá nádrž v lokalitě Červený Kámen, která by sloužila jako horní nádrž pro přečerpávací VE mezi touto a hlavní nádrží na Berounce. Tento návrh je doposud platný a je takto veden ve Státním vodohospodářském plánu, není však v popředí zájmu na výstavbu. (Podzimek J. a kol., 1980; Kraml K., 2002)



Obr.17: Návrh zemní hráze VD Křivoklát z roku 1979 (Podzimek J., 1980).

5.3.2 Retenční nádrž Berounka

Studie této suché nádrže na Berounce vznikla v roce 2016 za účelem protipovodňové ochrany dolní Berounky a byla vydána Povodím Vltavy, které studii zadalo na základě „Petice dolní Berounka“ a požadavku Svazku obcí regionu Dolní Berounka, které po

povodních v roce 2013 vznášely požadavky na rozvoj protipovodňových opatření na dolním toku řeky Berounky. (vodnihospodarstvi.cz)

Jedná se o suchou nádrž, která měl sloužit k transformaci povodňových průtoků až do kulminačního průtoku $1\,370\text{ m}^3/\text{s}$, tedy do hodnoty Q_{100} . Do průtoku Q_2 by nádrž vodu nezadržovala, k vzduť hladiny by došlo až po překročení této hranice. Mělo se jednat o VD I. Kategorie, tudíž ho bylo nutné zabezpečit, aby dokázalo převést povodeň s dobou opakování minimálně 10 000 let. Pro umístění přehrady byly vytipovány 4 potenciální lokality, viz tab.2. Pro každou variantu byly stanoveny objemové parametry a návrhy hrázových těles (pro každý profil jiný typ hráze). (nase-voda.cz; PVL, 2015)

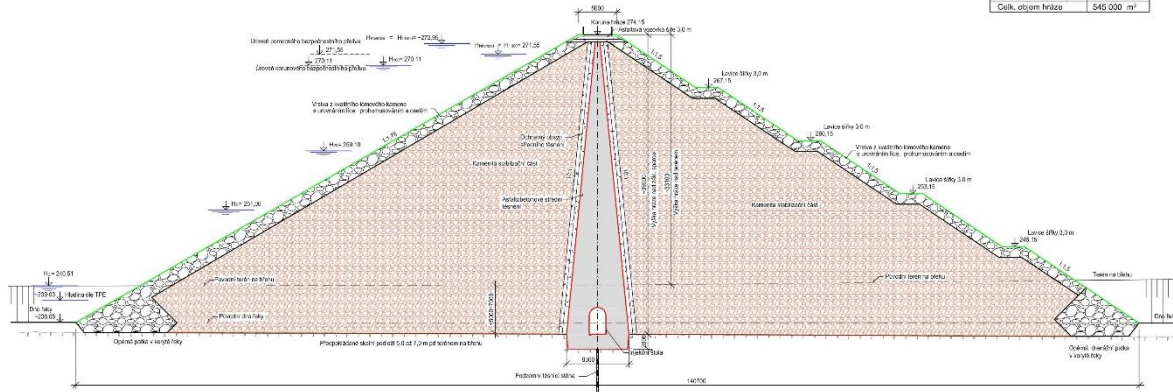
Profil	Lokalita	Říční km
A	Roztoky	63,35
B	Branov	65,05
C	Nezabudice	68,35
D	Čertova skála	71,10

Tab.2: Potenciální profily pro hráz RN Berounka (Novotný L., 2023).

Profil A. Hráz na tomto profilu je navržena jako kombinovaná – kamenitá sypaná hráz s betonovým blokem sloužícím jako sdružený objekt. Hráz je navržena po obou stranách sdruženého objektu, umístěného v místě stávajícího koryta řeky. Maximální výška hráze nad základovou spárou činí 39,5 m a její celková délka, včetně sdruženého objektu, je 274 m. Návodní líc hráze je ve sklonu 1:1,75 a vzdušní líc ve sklonu 1:1,5. Vzdušní líc je rozdělen stabilizačními lavicemi o šířce 3 m s rozstupem 7 m (každých 7 m hráze - 1 stabilizační lavice). Oba líce jsou zasypány zeminou, ohumusovány a osety. Těsnící část je navržena z asfaltobetonu. Na koruně hráze s šířkou 5 m je navržena obslužná komunikace. (PVL, 2015)

VZOROVÝ ŘEZ HRÁZÍ - PROFIL A, Ř. KM 63.35
KAMENITÁ SYPANÁ HRÁZ SE STŘEDNÍM ASF. BETONOVÝM TĚSNĚNÍM
M 1:250

Parametry hráze Profil A, Roztoky ř km 63.35	
Koruna hráze	274,15 m n.m.
Dno nádrže	236,05 m n.m.
Max. výška hráze	39,50 m
Délka hráze	274,00 m
Max. šířka hráze v patě	140,70 m
Celk. objem hráze	545 000 m ³

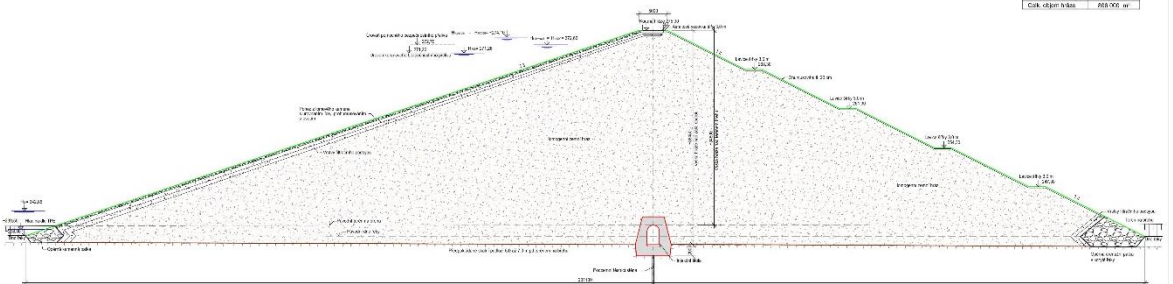


Obr.18: Příčný řez hrází v profilu A (PVL, 2016).

Profil B. Hráz na profilu B je navržena jako kombinovaná – zemní homogenní sypaná hráze s vloženým betonovým blokem sduženého objektu umístěného v pravé polovině hráze mimo koryto řeky. Maximální výška hráze činí 38,45 m. Celková délka hráze, včetně sduženého objektu, je 290 m. Hráz navazuje na sdužený objekt po obou stranách. Hráz je těsněna materiálem vlastního tělesa hráze. Návodní líc s pohozem z lomového kamene pro zpevnění hráze, je ve sklonu 1:3 a vzdušný líc 1:2. Vzdušný líc je rozdělen stabilizačními lavicemi o šířce 3 m s rozestupem 7 m. Oba líce jsou ohumusovány a zatravněny. Koruna hráze má šířku 5 m a je upravena pro umístění obslužné komunikace. (PVL, 2015)

VZOROVÝ ŘEZ HRÁZÍ - PROFIL B, Ř. KM 65.05
ZEMNÍ HOMOGENNÍ SYPANÁ HRÁZ
M 1:250

Parametry hráze Profil B, Roztoky ř km 65.05	
Koruna hráze	275,70 m n.m.
Dno nádrže	238,00 m n.m.
Max. výška hráze	38,50 m
Délka hráze	290,00 m
Max. šířka hráze v patě	201,40 m
Celk. objem hráze	238 000 m ³



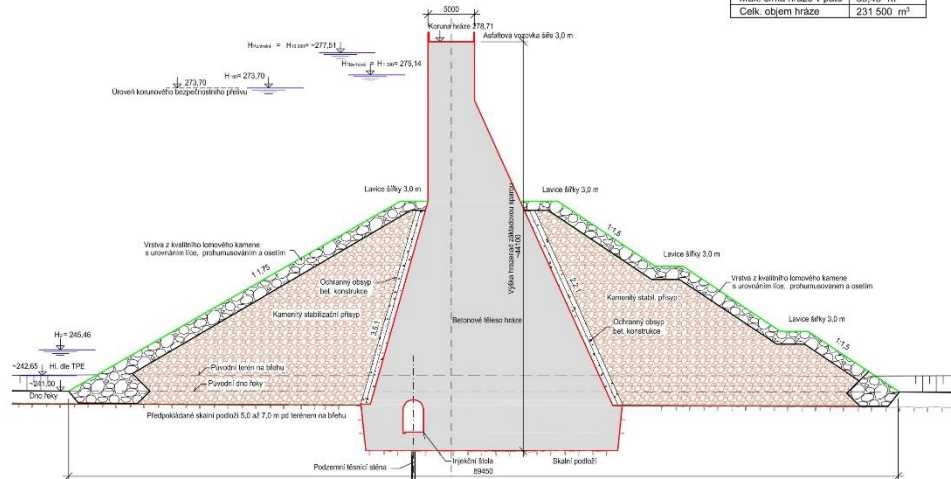
Obr.19: Příčný řez hrází v profilu B (PVL, 2016).

Profil C. Hráz ve variantě profilu C je navržena jako klasická betonová tízná hráze s kamenitými přísypy na návodním i vzdušném líci, sloužícími k zakrytí části betonové konstrukce, plní tedy funkci estetickou. Sekundární funkcí kamenitých přísypů je stabilizace betonového tělesa hráze. Sklon návodního líce je navržen 3,5:1 a vzdušního líce 2,2:1. Maximální výška hráze činí 44,1 m. Délka hráze je 282 m. Koruna hráze má šířku 5 m a je

opatřena obslužnou komunikací. Kamenité přírsypy jsou provedeny jako kamenitá sypaná hráz na návodní straně s lícem ve sklonu 1:1,75 a na vzdušní straně 1:5, kde je líc rozdělen stabilizačními lavičkami šířky 3 m s rozestupem 7 m. Oba líce jsou zasypány zeminou, ohumusovány a zatravněny. (PVL, 2015)

VZOROVÝ ŘEZ HRÁZÍ - PROFIL C, Ř. KM 68,35
 BETONOVÁ TÍŽNÁ HRÁZ S KAMENITÝMI PŘÍRSYPY
 M 1:250

Parametry hráze Profil C, Roztoky I, km 68,35	
Koruna hráze	278,71 m n.m.
Dno nádrže	241,00 m n.m.
Max. výška hráze	34,10 m
Délka hráze	282,00 m
Max. šířka hráze v patě	89,45 m
Celk. objem hráze	231 500 m ³

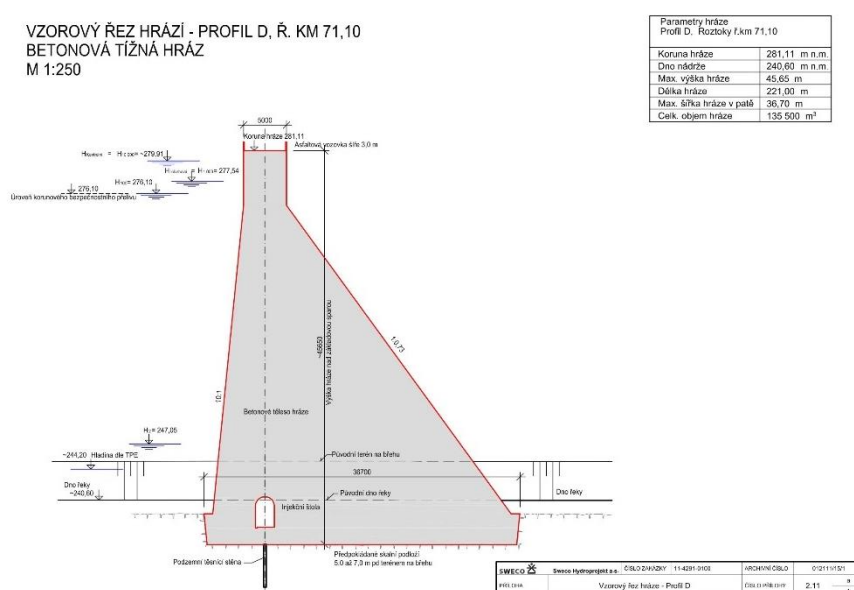


Obr.20: Příčný řez hrázi v profilu C (PVL, 2016).

Profil D. Hráz u Čertovy skály je navržena jako betonová tížná se sklonem návodního líce 10:1 a vzdušního líce 1:0,73. Koruna hráze má šířku 5 m a je opatřena obslužnou komunikací. Maximální výška této hráze je 45,65 m a její délka je 221 m. (PVL, 2015)

Jako bezpečnostní přeliv pro převedení návrhového průtoku Q_{100} slouží zaoblená koruna hráze (korunový bezpečnostní přeliv), rozdělena na 4 pole. Za přelivnou hranou následuje skluz. Pro převedení kontrolního průtoku $Q_{10\ 000}$ slouží pomocný bezpečnostní přeliv navrženy jako korunový na koruně hráze jako průleh se sníženou korunou – přelivnou hranou. Část $Q_{\text{kontrolní}}$ bude tedy převáděna tímto průlehem, část korunovým bezpečnostním přelivem na sdruženém objektu a část spodními výpustmi. Ve dně pod sdruženým objektem je navržen vývar, který tlumí energii dopadající vody ze skluzu korunového bezpečnostního přelivu. Vývar je ve dně zpevněn ŽB deskou a za vývarem je dno řeky zpevněno těžkým kamenným záhozem. (PVL, 2015)

VZOROVÝ ŘEZ HRÁZÍ - PROFIL D, Ř. KM 71,10
 BETONOVÁ TÍŽNÁ HRÁZ
 M 1:250



Obr.21: Příčný řez hrází v profilu D (PVL, 2016).

„Studie ukázala, že výstavba této suché nádrže by ochránila obce na dolním toku Berounky před stoletou povodní a rovněž ukázala vysokou efektivitu tohoto protipovodňového opatření, která v případě započtení ochrany obcí na dolním toku Vltavy a Labe ještě narůstá. Současně studie upozornila na konfliktní problémy, které by se musely podrobně řešit v případě úvahy o výstavbě suché nádrže – vodního díla, jako je např. problematika střetu s CHKO Křivoklátsko, problematika „vysídlení“ dotčených obyvatel, kterých by dle zvolené varianty bylo 77 – 133 (na základě aktuálního stavu), dotčení 985 nemovitostí, problematika sesuvů atd.“ (PVL, 2016) Studie vzbudila negativní ohlas zejména u obcí v prostoru uvažované zátopy, u zástupců AOPK a u CHKO Křivoklátsko. Na základě negativních stanovisek je tato studie nerealizována a Povodí Vltavy na této studii suché nádrže nebude dále navazovat svoji činnost. (PVL, 2016)

5.4 Plánované stavby

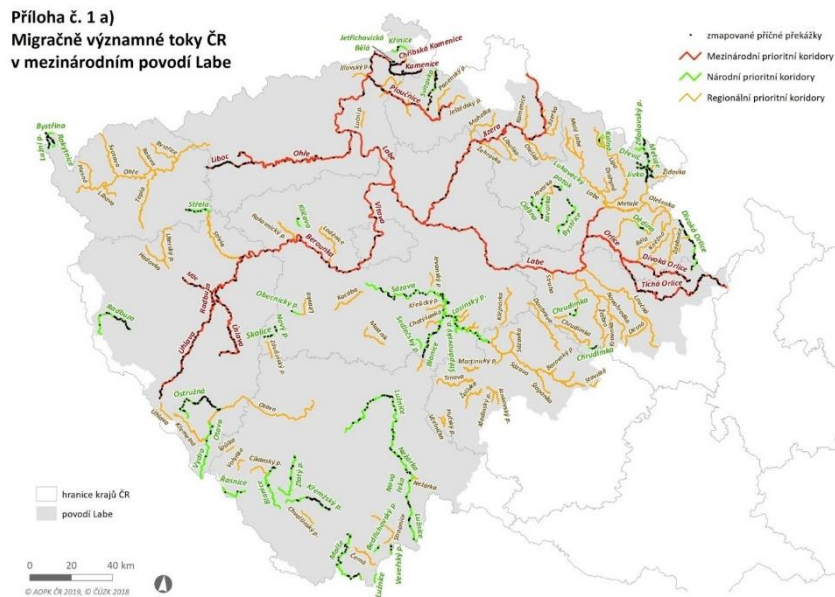
Berounka na Křivoklátsku je v popředí zájmu na výstavbu vodohospodářských staveb i v současnosti. Jedná se především o projekty spojené s využitím hydroenergetického potenciálu jezů na výstavbu malých vodních elektráren. Dokonce přicházejí i návrhy na výstavbu celých jezů. Největším projektem, do kterého je zahrnut celý tok Berounky včetně přítoků Úhlavy, Úslavy, Mže, Střely a Klíčavy je v současnosti Koncepce zprůchodnění říční sítě ČR.

5.4.1 Koncepce zprůchodnění říční sítě ČR

Jedná se o strategický dokument zabývající se problematikou průchodnosti příčných migračních překážek na vodních tocích a obnovou říčního kontinua. Se studií se přišlo již v roce 2009 a byla postupně aktualizována, poslední aktualizace je z roku 2020. Koncepce vznikla na základě závazků plynoucích z přijetí mezinárodních závazků jako je například Úmluva o biologické rozmanitosti a další. ČR má navíc enormní fragmentaci vodních toků v poměru k ostatním evropským zemím. Ke svému účelu mají sloužit především rybí přechody, ty ale projekt uvažuje až jako 3. možnost zprůchodnění migrační bariéry. První možností je úplné odstranění překážky a druhou možností je přebudování migrační bariéry v prostupný objekt po celé šířce VT. (MŽP ČR, 2020; AOPK, 2021)

Koncepce vymezuje migračně významné toky ČR (včetně Berounky a jejích přítoků) a to ve 3 rovinách: mezinárodní prioritní koridory, národní prioritní koridory a regionální prioritní koridory. U koridorů 1. kategorie se uvažuje vazba na mořské prostředí. Tyto koridory jsou určeny především pro diadromní druhy ryb (losos obecný, úhoř říční). Základním principem efektivního a systematického zprůchodnění mezinárodních prioritních koridorů je postupné řešení migrační prostupnosti od dolního toku směrem k prameni. Vltavská větev mezinárodních prioritních koridorů zahrnuje VT Vltava od soutoku s Labem po přítok Berounky, kde koridor dále pokračuje tokem řeky Berounky (z důvodu nerentability zprůchodnění vltavské kaskády) a následně se přesouvá do Mže až po VN Hracholusky, do Úslavy po rybniční hráz Labuť a do Radbuzy po soutok s Úhlavou, která je zařazena po VN Nýrsko, viz obr.22. Tzv. vlajkový druh pro tuto větev je úhoř říční. (MŽP ČR, 2020)

Především na dolním toku Berounky se již hojně staví rybí přechody (poslední Řevnice 2020) a značné úseky jsou již zprůchodněny. Nejbližší plánované RP, které se již projektují jsou na jezích v Račicích, Roztokách a v Zadní Třebáni.



Obr.22: Migračně významné toky v ČR – povodí Labe (AOPK, 2020).

5.5 Stávající vodohospodářské stavby a protipovodňová opatření

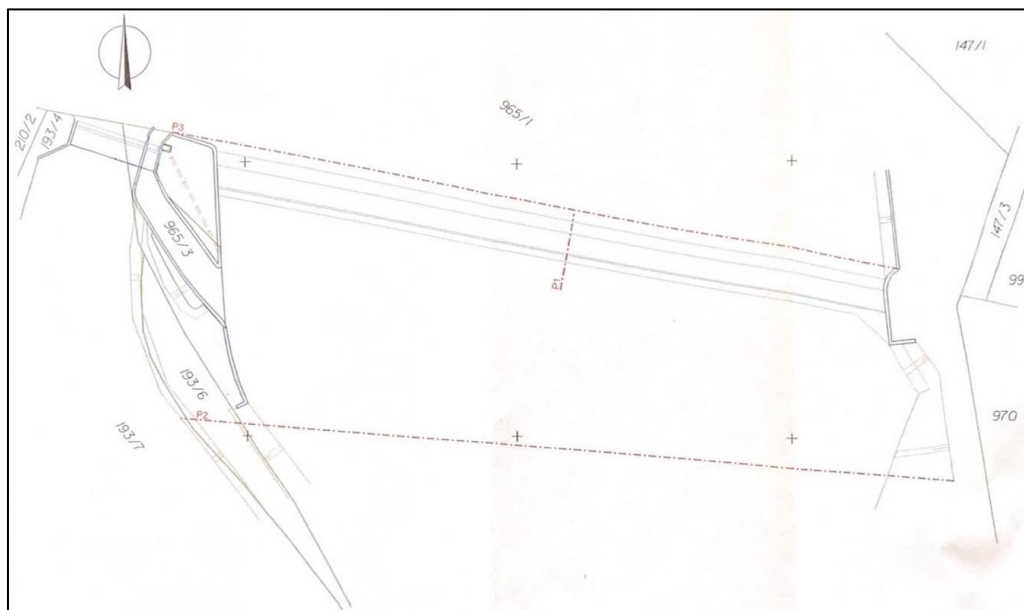
Vodohospodářské stavby a protipovodňová opatření jsou na vybraném úseku, především v horní části, velmi staré a často v ne úplně dobrém stavu. Jedná se především o jezy s vodními elektrárnami. Liniová protipovodňová opatření nejsou snadno identifikovatelná a neexistuje o nich žádná dokumentace, přesto se na úseku vyskytují v podobě břehových opevnění a lučních berm.

Stavby se povětšinou vyskytují ve shluku v okolí jezů, proto byla oblast rozčleněna na lokality podle názvu blízké obce. U každé lokality jsou uvedeny konkrétní stavby, které se zde nachází.

5.5.1 Hýskov

Jez. Vlastníkem jezu Hýskov je státní podnik Povodí Vltavy. Jez slouží jako stabilizační stupeň ke stabilizaci dna a břehů nad jezem. Dalším účelem tohoto jezu je vzdouvání hladiny pro energetické využití vody v MVE umístěné na pravém břehu a umožnění místní rekreace a sportovního rybaření.

Jez v Hýskově je situován v ř. km 39,554. Konstrukce jezu je pevná betonová s mírně lomenou přelivnou hranou o délce 125 m. Přelivná hrana je opatřena šikmou přelivnou plochou, na kterou navazuje betonový stupeň ukončený z dolní vody svislou stěnou z ocelových štětovic. Předpolí jezu je opevněno kamenným záhozem. Vzniklá jezová zdrž má délku 2 800 m.



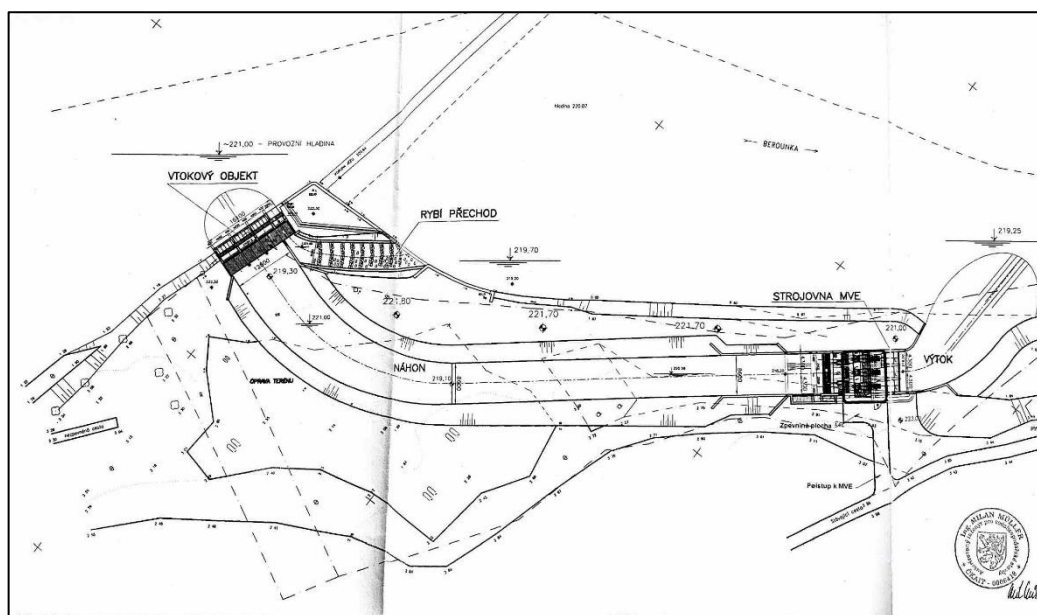
Obr.23: Situace jezu Hýskov (Černý L., 2023).

MVE. Vlastníkem tohoto vodního díla je firma MVE Hýskov s.r.o. Účel tohoto vodního díla je využití hydroenergetického potenciálu.

MVE je průtočná, s krátkou derivací. Vtokový objekt monolitické ŽB konstrukce je situován vedle stávajícího konce zdi křídla jezu. Nátok do náhonu je hrazen třemi ocelovými stavidly o šířce 4,2 m a je opatřen hrubými česlemi v rozteči 650 mm. Přes objekt vtoku je vedena obslužná lávka stavidel, na které jsou instalovány elektronické odpuzovače ryb. Náhon pro malou vodní elektrárnu je situován v pravém břehu v těsné blízkosti jezu. Je proveden jako koryto jezu s lichoběžníkovým průřezem se sklonem svahů 1:1,5. koryto má břehové opevnění v podobě betonových panelů pod úrovní hladiny a kamenných rovnatin nad úrovní hladiny, které jsou zároveň ohumusovány a osety. Náhon má proměnnou šířku, směrem od vtokového objektu od 13,4 m do 8,6 m. Koncová část náhonu před vtokovou částí strojovny je provedena s kombinací opěrných zdí, vzhledem k hloubce koryta. Délka náhonu je cca 140 m a na jeho konci je umístěna strojovna se třemi turbínami typu Kaplan o celkovém instalovaném výkonu 259 kW. Vtoková část tvaru U má šířku 9,4 m a délku 5,4 m. Před jemnými česlemi je proveden zvýšený práh s ozubem o výšce 400 mm, sloužící jako zachytávač splavenin a poproudová zábrana pro ryby. V pravé zdi vtoku je umístěno stavidlo obtoku, ve kterém je u dna proveden otvor pro možný únik ryb do obtokového kanálu. Obtokový kanál má světlostí šířku 1,2 m a výšku 2,6 m. Kanál je veden po pravé straně podél strojovny a je vyústěn do výtoku z MVE. Na vtocích turbín jsou umístěny jemné česle se světlostí mezer 35 mm. Jemné česle jsou čištěny čistícími stroji. Na pravé straně vtoku je umístěna jímka na shrabky z česlí. Ve strojovně jsou nainstalovány tři kompletní soustrojí

s horizontálními turbínami Hydrohrom 1200 SSK a asynchronní generátory. Celkový spád činí 1 m. Voda z náhonu se bezprostředně pod MVE vrací zpět do koryta vodního toku krátkým odpadem z ŽB zdí. Provoz elektrárny je automatický, s pochůzkovou službou, která dohlíží zejména na vtok náhonu a vtok strojovny.

Minimální zůstatkový průtok do podjezí je stanoven na $4,24 \text{ m}^3/\text{s}$ a je stanoven jako součet hodnot průtoků přes jez a přes rybí přechod. Provoz MVE musí dodržovat hodnotu MZS a do náhonu přivádět jen takové množství vody, aby tato hodnota nebyla překročena.



Obr.24: Situace MVE Hýskov (Švestka M., 2023).

RP. Rybí přechod je provedený jako přírodě blízké otevřené koryto (bazénový) s balvanitými přehrázkami. Vtok do RP z horní zdrže přimyká ke vtoku do náhonu MVE. Z dolní vody je vstup do RP situován bezprostředně pod objektem jezu (cca 9 m). Pravý a levý břeh RP je směrově řešen jako oblouk, každá strana má jiný poloměr. Koryto balvanité rampy je tvořeno jako obdélník s postupným přechodem do svahů a jeho šířka je 5 m. V korytě je vytvořena pomocí balvanů soustava přeřážek, které jsou částečně přelévány. Celková délka RP je cca 35,7 m, z toho aktivní délka pro překonání výškového rozdílu hladin horní a dolní vody, který činí 1,3 m, je 16 - 21 m. Hloubka vody v RP se pohybuje od 0,5 - 0,75 m.

Návrhový průtok koryta RP činí $0,8 \text{ m}^3/\text{s}$. Do vstupu RP je veden vábící průtok $1 \text{ m}^3/\text{s}$ dvěma potrubími DN400. Celkový průtok rybím přechodem je tedy $1,8 \text{ m}^3$ (odsouhlaseno Komisí pro rybí přechody při AOPK ČR). V případě potřeby může být rybí přechod hrazen ocelovým stavidlem.

5.5.2 Nižbor

Jez. Vlastníkem jezu Nižbor je státní podnik Povodí Vltavy. Jez slouží jako stabilizační stupeň ke stabilizaci dna a břehů nad jezem. Dalším účelem tohoto jezu je vzdouvání hladiny pro energetické využití vody v MVE umístěné na pravém břehu a umožnění místní rekreace a sportovního rybaření.

Jez v Nižboru je situován v ř. km 42,9. Konstrukce jezu je pevná betonová s přímou přelivnou hranou o délce 68,2 m. Přelivná plocha má střechovitý tvar a její povodní strana je obložená kamennou dlažbou do betonu. Výška přelivu činí 3 cm. Podjezí je stabilizováno kamenným záhozem. Betonová zeď na levém břehu je obložena kamenem. Na pravém břehu je situována jezová propust o světlé šířce 6 m. Propust je hrazená dřevěnými hradidly. Střední pilíř oddělující hlavní jezové pole a propust je vyžděn z žulového kamene. Na pevné konstrukci jezu je instalován jezový poklop s hradicí výškou 0,7 m a je rozdělen na dvě části (pole). Poklop je sestaven z plechové hradicí desky, která je osazena na otočných čepech, těsnícího gumového pásu, zdvihací vzduchové hadice, která je uložena v ochranném gumovém pásu, kotvení a malého kompresoru. Poklop je ovládán zdvihací hadicí a ovládacím médiem je vzduch. Při vyšších průtocích je tento poklop sklápěný. Vzniklá jezová zdrž má délku 800 m.

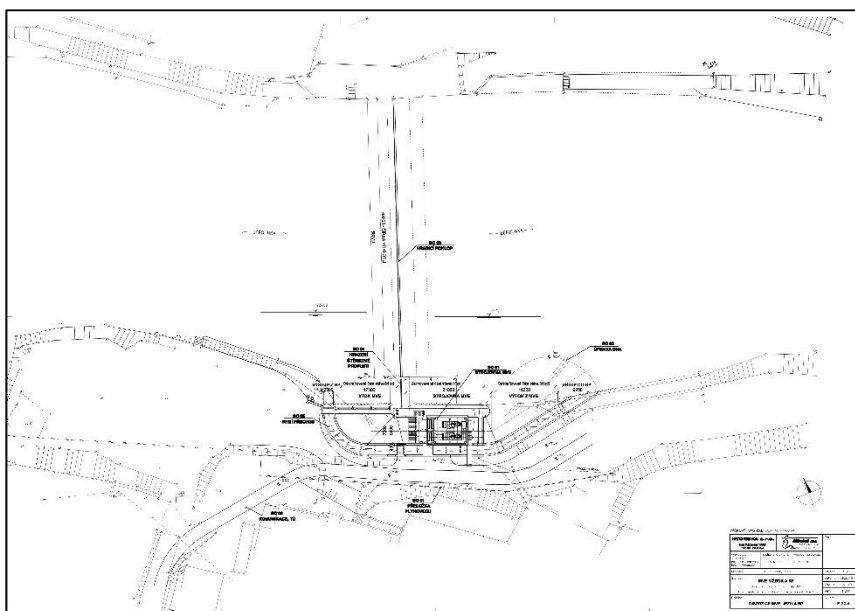
MVE. Vlastníkem tohoto vodního díla je firma EKO-KOMVEL s.r.o. Účel tohoto vodního díla je využití hydroenergetického potenciálu.

MVE je průtočná, příjezová. Vtokový objekt je provedený jako ŽB polorám a je situován vedle stávajícího konce zdi křídla jezu (u vorové propusti) na pravé straně. Nátok do náhonu je hrazen třemi stavidlovými rámy z oceli a s pryžovým těsněním. Každé stavidlo má šířku 4,6 m. Hrazená výška stavidlových uzávěrů činí 2,3 m. Stavidla jsou ovládána z místního rozvaděče pomocí elektromotorů. Vtokový objekt je opatřen hrubými česlemi z ocelových trubek o průměru 60 mm v rozteči 700 mm. Za hrubými česlemi je instalován odpuzovač ryb ELZA 2 (systém Bednář). Přes objekt vtoku je vedena manipulační lávka. Za vtokovým objektem navazuje strojovna MVE s dvěma přímo proudými Kaplanovými turbínami s regulací rozváděcího i oběžného kola. Průměr oběžného kola činí 1 450 mm. Výkon je z turbín přenášen plochým řemenem na asynchronní generátor o instalovaném výkonu 132 kW. Součástí strojovny je i česlovna. Z důvodu zabezpečení čistícího stroje je česlovna řešena jako plně zakrytá. Jsou zde osazeny jemné česle z pásové oceli (80 x 8 mm), světlá šířka mezi česlicemi je 25 mm. Česle jsou strojně stírané hydraulickými čistícími stroji umístěnými na plošině před strojovnou. V levém pilíři navazujícím na jezový pilíř je

situována jalová propust o světlé šířce 1,2 m, která slouží k vypouštění a proplachu přivaděče k turbínám při revizích a opravách. Odpadní kanál za výtokem ze strojovny je proveden monoliticky z vodostavebního betonu (C30/37 XC4 XF3) a je vyztužen betonářskou ocelí.

Minimální zůstatkový průtok přes jez je stanoven na 4,23 m³/s. Provoz MVE musí dodržovat hodnotu MZS a do MVE přivádět jen takové množství vody, aby tato hodnota nebyla překročena. Maximální průtok turbín je uváděn 12,6 m³/s při čistém spádu 1,7 m.

RP. Rybí přechod je provedený jako obtokové koryto z ŽB obdélníkového tvaru s balvanitými přehrázkami. Koryto je vedeno paralelně s vnější stěnou MVE. V korytě je umístěno 18 balvanitých přehrážek, které zajišťují předepsanou hloubku v korytě a optimální proudění vody pro migraci ryb. Světlá šířka RP je 2,3 m a celková délka činí 84,6 m. Návrhový průtok pro RP je uváděn 0,6 m³/s.



Obr.25: Situace jezu Nižbor (Švestka M., 2023).

5.5.3 Sýkořice - Račice

Jez. Vlastníkem jezu Sýkořice je státní podnik Povodí Vltavy. Jez slouží jako stabilizační stupeň ke stabilizaci dna a břehů nad jezem. Dalším účelem tohoto jezu je vzdouvání hladiny pro energetické využití vody v MVE umístěné na levém břehu.

Jez v Račicích je situován v ř. km 50,995. Konstrukce jezu je pevná s přímou přelivnou hranou z kamenných kvádrů kolmou na osu toku. Přelivná hrana má délku 94,7 m. Délka přelivu (v příčném profilu) činí 2,4 m. Přelivná plocha má střešovitý tvar. Při pravém břehu se nachází skluz o šířce 5 m a délce 6,2 m pro snazší převádění lodí. Nábřežní zdi jsou kamenné s betonovým zhlavím. Opevnění levého břehu pod jezem je zajištěno kamennou

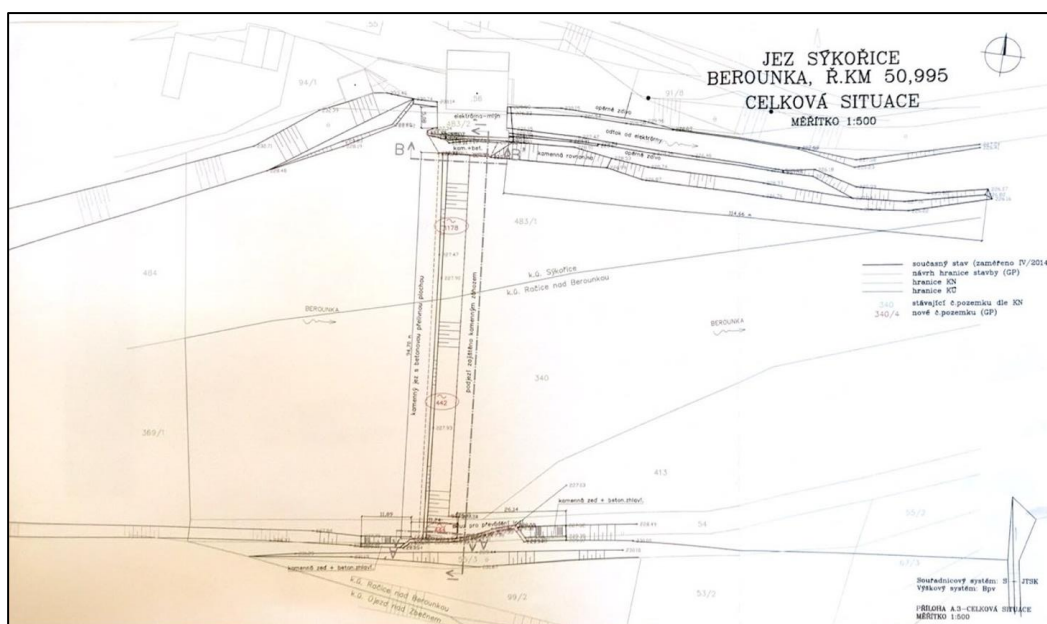
rovnaninou a betonovou zdí oddělující odtok do elektrárny. Podjezí je opevněno těžkým záhozem z kamene. Koryto v podjezí je z velké části opevněno a zatravněno. Celkový spád jezu je 1,3 m.

MVE. Vlastníkem tohoto vodního díla je fyzická osoba. Účel tohoto vodního díla je využití hydroenergetického potenciálu.

MVE je průtočná s krátkým náhonem. Je vybudována v objektu bývalého mlýnu z 19. století. Vtokový objekt je situován vedle stávajícího konce zdi křídla jezu na levé straně. Nátok do náhonu má šířku 5,1 m. Ve strojovně je osazena jedna Francisova turbína s instalovaným výkonem 15 kW.

Elektrárna v současnosti není provozována a instalovaný výkon údajně nebyl nikdy dosažen.

RP. Rybí přechod není v současnosti na jezu vybudován. V nejbližší době by však dle získaných informací mělo dojít k jeho realizaci jakožto součást koncepce na zprůchodnění říční sítě ČR.



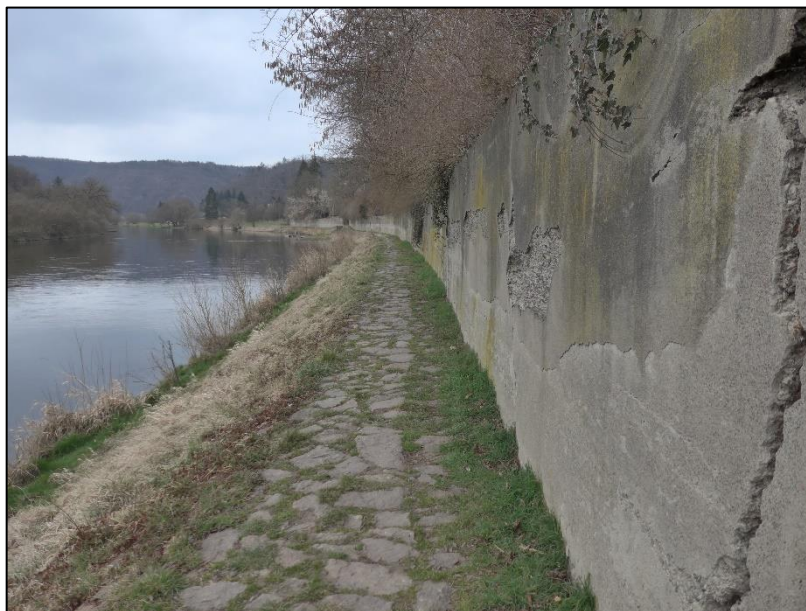
Obr.26: Situace jezu Sýkořice (Kocourek V., 2014).

5.5.4 Zbečno

Břehové opevnění. Jedná se o jediné větší břehové opevnění v zájmovém úseku a zároveň jediné opevnění, které na Křivoklátsku spravuje státní podnik Povodí Vltavy.

Je vybudováno na konkávním – levém břehu za účelem ochrany intravilánu obce před velkými vodami, proti vymílání břehu a ke zkapacitnění koryta. Je provedeno jako ohumusovaná a zatravněná rovnanina z lomového kamene přecházející v krátkou bermu

(náplavku) ukončenou kamennou nebo betonovou zdí (dle úseku), viz obr.27. Břehové opevnění je dlouhé cca 1 km, začíná na úrovni studánky Rozárka a končí za přítokem Klíčavy před kempem Riviéra, tudíž se rozkládá na úrovni téměř celého intravilánu obce Zbečno.



Obr.27: Zbečenská náplavka (Novotný L., 2023).

Hlásný profil. Profil je umístěný cca 50 m nad železničním mostem na 53,4 ř. km v místě břehového opevnění a je platný pro úsek VT Křivoklát - Beroun. Koryto je zde složené. Kyneta má tvar lichoběžníku, na konkávním – levém břehu se nachází krátká berma ukončená kamennou zdí, na pravém břehu je berma delší a umožňuje rozliv vody při povodních. Berma na levém břehu je ukončená násypem pro železniční trať a její plocha je zemědělsky obdělávána.

Provozovatelem hlásného profilu je ČHMÚ Praha a data jsou automatizovaně sbírána na CPP ČHMÚ Praha.

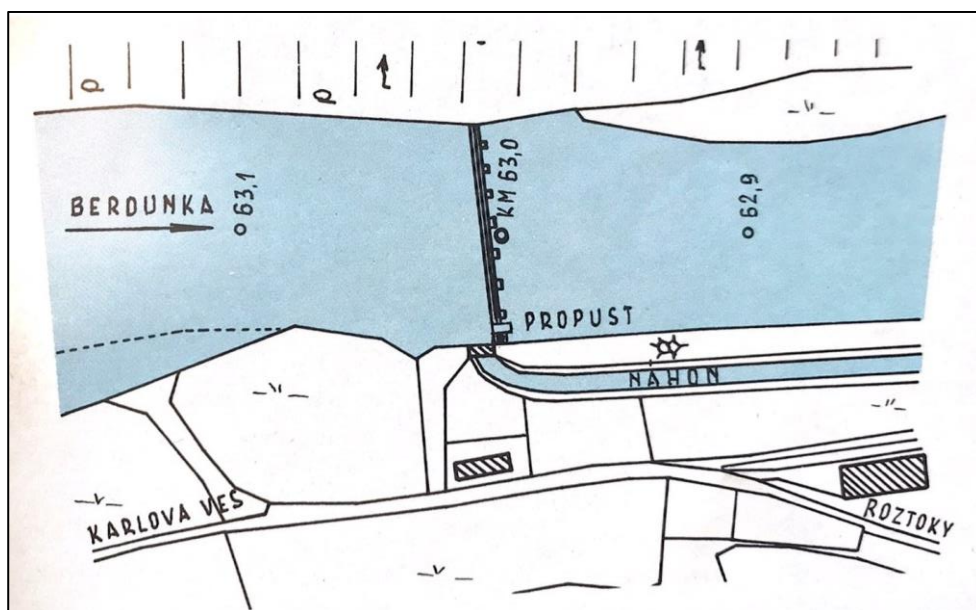


Obr.28: Vodočet hlásného profilu Zbečno
(Novotný L., 2023).

5.5.5 Roztoky

Jez. Vlastníkem jezu Roztoky je státní podnik Povodí Vltavy. Jez slouží jako stabilizační stupeň ke stabilizaci dna a břehů nad jezem. Dalším účelem tohoto jezu je vzdouvání hladiny pro energetické využití vody v MVE a umožnění provozu slalomové kajakářské tratě.

Jez v Roztokách je situován v ř. km 63,081. Konstrukce jezu je pevná s přímou přelivnou hranou kolmou na osu toku. Přelivná hrana má délku 67 m. Jez je provedený jako jedno pole s pevnou stěnou o výšce 2,1 m a propustí na pravé straně jezu. Je vyzděný z lomového kamene na cementovou maltu a je opatřen betonovou korunou. Na obou stranách je zavázaný do zdí taktéž z lomového kamene na cementovou maltu. Obdobně je provedený i středový pilíř oddělující sportovní propust. Opevnění levého břehu pod jezem je zajištěno kamennou rovnatinou a betonovou zdí oddělující odtok do elektrárny. Podjezí je opevněno těžkým záhozem z kamene. Koryto v podjezí je z pravé strany opatřeno kamennou zdí oddělující VT od sportovní propusti. Tato zeď je vedena od středového pilíře až do vzdálenosti cca 100 m od jezu. Na kamennou zeď navazuje kamenná ochranná hráz dlouhá cca 70 m, která umožňuje bezpečné vyústění propusti.



Obr.29: Schéma jezu Roztoky (Podzimek J., 1980).

Sportovní propust. Propust byla rekonstruována z bývalé vorové propusti na slalomovou trať v letech 2003 – 2004. Délka tratě je 250 m, z toho 100 m tvoří umělá slalomová dráha. Propust je tvořena původní pravostrannou navigací a přistavěnou betonovou levobřežní zdí. Překážky jsou tvořeny převážně z ŽB a na svrchní části jsou opatřeny valounky. Dvě překážky jsou dřevěné s možností variabilního nastavení. Šířka trati je 6 – 12 m (dle úseku) a má spád 15 %. Trať je provozována jen ve vybraných hodinách a vpuštění vody je umožněno za pomoci ocelové klapky ovládané elektropohonem.



Obr.30: Sportovní propust na jezu v Roztokách (Novotný L., 2023).

MVE. Vlastníkem MVE Permon Roztokách je firma PERMON s.r.o. Účel tohoto vodního díla je využití hydroenergetického potenciálu.

MVE je průtočná, s relativně dlouhým náhonem. Vtokový objekt, umístěný na pravém břehu v nadjezí, je provedený jako soustava tří ocelových stavidel s elektromechanickým ovládáním. Stavidla jsou ovládána ve vlastním stavidlovém domku. Od vtokového objektu je po pravém břehu Berounky veden zpevněný přívodní kanál o délce 800 m. Přívodní kanál je od vodního toku oddělen vysokou protipovodňovou hrází. Koryto přívodního kanálu je lichoběžníkového tvaru se stěnami zpevněnými kamennými rovnaninami, místně i kamennými zdmi (dle úseku). Přívodní kanál je zakončen vtokovým objektem strojovny, který je vybaven jalovou propustí v levé opěrné zdi, jemnými česlemi a stavidly vtoků do turbínových štol. Jalová propust je hrazena jedním ocelovým stavidlem. Česle jsou čištěny pomocí dvojice hydraulických čistících strojů. Horní opěrný práh česlí je tvořen ŽB pochozí lávkou. Za jemnými česlemi následují vtoky do jednotlivých turbínových štol. Štoly mají jsou vedeny jako kanál s obdélníkovým průřezem o světlé šířce 3,7 m a výšce 2,4 m. Na konci štol je vybudována strojovna se třemi turbínovými podlažními (dolní, střední a horní podlaží). Ve strojovně jsou osazeny dvě vertikální Kaplanovi turbíny s instalovaným

výkonem 180 kW (dohromady 360 kW). Za objektem strojovny je v podzemí veden odpadní tunel obdélníkového tvaru o délce 200 m. Tunel je proveden z kamenného zdiva, v některých částech jsou použity i cihly. Za portálem podzemního tunelu je voda od turbín odváděna otevřeným odpadním kanálem s korytem lichoběžníkového průřezu. Kanál je vedený co nejkratší trasou a je zaústěný přímo do řeky Berounky

Minimální zůstatkový průtok přes jez je stanoven na 5,08 m³/s. Provoz MVE musí dodržovat hodnotu MZS a do MVE přivádět jen takové množství vody, aby tato hodnota nebyla překročena. Maximální průtok turbín je 12 m³/s. Minimální spád je stanoven na hodnotu 1,9 m a návrhový spád na 3,7 m.

RP. Rybí přechod není v současnosti na jezu vybudován. Dle získaných informací však na pořadníku výstavby RP na Berounce figuruje jako jeden z prvních uvažovaných. V současné době je výstavba RP na jezu v Roztokách ve fázi projektování.

5.5.6 Nezabudice

Jez. Vlastníkem jezu Nezabudice je firma MVE Nezabudice s.r.o. Jez slouží jako stabilizační stupeň ke stabilizaci dna a břehů nad jezem. Dalším účelem tohoto jezu je vzdouvání hladiny pro energetické využití vody v MVE umístěné na levém břehu.

Jez v Nezabudicích je situován v ř. km 66,83. Konstrukce jezu je pevná s mírně zalomenou přelivnou hranou. Osa jezu svírá s osou vodního toku úhel přibližně 45°. Jez je provedený jako betonový s přelivnou hranou střechovitého tvaru. Přelivná hrana má délku 124,5 m. Při levém břehu se nachází jezová propust o šířce 3,1 m a je hrazena dřevěnými hradidly. Nábřežní zdi jsou provedené též jako betonové. Celkový spád jezu je 0,8 m.

MVE I a II. Vlastníkem MVE I a II na jezu v Nezabudicích je firma MVE Nezabudice s.r.o. Účel tohoto vodního díla je využití hydroenergetického potenciálu.

MVE I a II jsou průtočné, s krátkým náhonem. Společný vtok, umístěný na levém břehu je provedený jako prodloužení linie jezu směrem na MVE I a má proměnnou šířku od 13,2 m až po 36 m. Levou stranu tvoří ŽB opěrná zeď vtoku MVE I, má tvar písmena L a navazuje na stávající zeď propusti u MVE. Pravá stěna vtoku přímo navazuje na stávající opevnění v ose jezu. Vtok na MVE I je původní vtok v přímé linii původní zdi. Vtok na MVE II odbočuje vpravo pod mírným úhlem. Původní náhon do MVE I je dlouhý 80 m a má poměrně široký profil.

MVE I. Na konci společného náhonu je umístěna stará strojovna s opravenou vertikální Francisovou turbínou s maximální hltností 4 m³/s a výkonem 50 kW při spádu 1,8

m. Turbína je poháněna přes mechanickou převodovku asynchronním generátorem. Soustrojí pracuje v automatickém bezobslužném provozu v součinnosti s hladinovou regulací. Vpravo od strojovny je situována jalová propust hrazená stavidlem o šířce 4,2 m. Za strojovnou následuje odpadní kanál o délce 270 m.

MVE II. Strojovna MVE II je rozdělena na 2 bloky, blok vtoku a blok strojovny. Vtok má délku 14 m a počáteční šířku 13,2 m a postupně se zužuje na 11,6 m. Na začátku vtoku je vpravo umístěný výstup z RP II. Za tímto výstupem je vtok rozdělen konstrukcí pilířků na 4 vtokové profily o šířce 3 m. Tyto profily jsou v horní části spojené lávkou, na které je umístěn elektronický odpuzovač ryb. Před pilíři jsou umístěny v celé šíři toku hrubé česle s roztečí 50 cm. Na vtoku do turbín jsou instalovány jemné česle se světlou šířkou mezer 3,5 cm. Česle jsou čištěny pomocí čistících strojů. Nad proplachovací propustí je umístěna jímka na shrabky z česlí. Před jemnými česlemi je umístěn ještě zvýšený práh výšky 40 cm, který slouží k zachytávání splavenin a jako poproudová zábrana pro ryby. V levé zdi vtoku je umístěno stavidlo obtoku s elektropohonem, ve kterém je u dna proveden otvor 20 x 30 cm, pro možný únik ryb do obtokového kanálu. Obtokový kanál o světlé šířce 1,2 m, je veden na levé straně podél strojovny a je vyústěn do výtoku za MVE. Strojovna má tři pracovní úrovně, od shora: galerie s elektrorozvaděči, podesta provozních deskových uzávěrů turbín a samotné turbíny. Ve strojovně jsou instalovány 4 kompletní soustrojí s horizontálními turbínami Hydrohrom 1000 SSK a asynchronními generátory. Průtok turbín je řízen hladinovou regulací. Turbíny pracují s proměnlivým výkonem podle daného průtoku řeky. Maximální průtok turbín je 13,6 m³/s. Maximální výkon MVE je udáván 4 x 55 kW. Za strojovnou následuje výtok s opěrnou zdí na levé straně a vstupem do RP II na pravé straně.

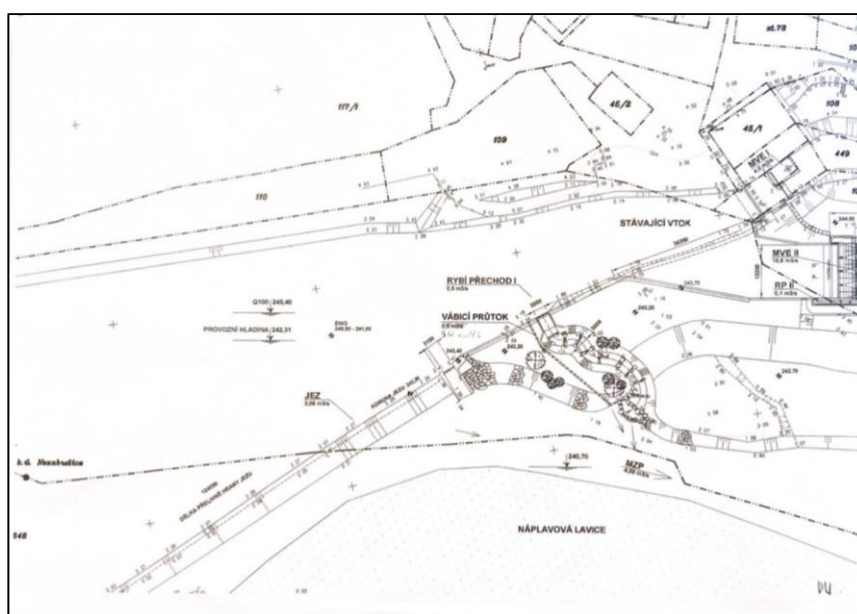
Společný odpad obou MVE má lichoběžníkový průřez s šířkou ve dně 22 m. Sklon svahů se pohybuje mezi 1:1,5 až 1:2. Délka odpadu je 250 m a průměrná hloubka vody se vněm pohybuje okolo 1 m.

Minimální zůstatkový průtok přes jez je stanoven na 4,08 m³/s. Provoz MVE musí dodržovat hodnotu MZS a do MVE přivádět jen takové množství vody, aby tato hodnota nebyla překročena.

RP I. Rybí přechod je přírodě blízkého typu, tzv. bypass. RP má podélný sklon cca 1:22. V korytě RP je umístěno 11 balvanitých přehrázek s mezerami pro průchod ryb. Rozdíl hladin mezi jednotlivými tůněmi činí cca 14,7 cm. Výstup (vtok) rybího přechodu je umístěn v klidné vodě, na začátku společného vtoku MVE. Vstup (výtok) RP je umístěn pod skluzem jezu. vstup RP má šířku 3 m a jsou na něm provedeny drážky pro možnost případného

zahrazení RP z důvodu revize, opravy, či kontroly. Celková délka RP činí 35,5 m. Průtok korytem RP je 500 l/s a dvěma potrubími DN400 je převáděn vábíci průtok 1000 l/s. Celkový průtok pro RP tedy činí 1500 l/s.

RP II. Rybí přechod je technického typu, konkrétně jde od RP štěrbínový. Je situovaný u pravé strany strojovny MVE II. Vstup (výtok) RP je situovaný na pravé straně začátku výtoku z MVE II. Výstup (vtok) RP je situovaný na pravé straně začátku vtoku do MVE II. Délka RP činí 31 m. RP překonává výškový rozdíl 2,31 m, což odpovídá sklonu 1:11. Průtok RP je 145 l/s. RP má 11 tůňek a 12 přehrázek. Rozdíl hladiny mezi jednotlivými tůňkami činí 19,3 cm. Každá tůňka je dlouhá cca 2,3 m. Šířka koryta RP je 1,2 m. Na dně koryta RP je vysypán hrubý kamenný substrát z řeky.



Obr.31: Situace jezu Nezabudice (PVL, 2023).

5.5.7 Čilá

Jez. Vlastníkem jezu Čilá je fyzická osoba. Jez slouží ke stabilizaci podélného sklonu Berounky. Dalším účelem tohoto jezu je vzdouvání hladiny pro energetické využití vody v MVE umístěné na levém břehu a umožnění odběrů vody z jezové zdrže.

Jez Čilá je situován v ř. km 77,35. Konstrukce jezu je pevná kamenná osazená do cementové malty. Jez má přímou přelivnou hranou o délce 120,1 m a celková šířka jezu činí 133,99 m. Osa jezu svírá s osou VT úhel cca 70°. Profil jezu je lichoběžníkový s proměnným sklonem stran. Návodní strana má sklon cca 1:2 a vzdušní líc má sklon cca 1:1,5. Šířka jezu v koruně činí 0,2 m. Celkový spád jezu je cca 1,2 m. Na levé straně jezu je instalována šterková propust o šířce 6,18 m hrazená na výšku dřevěnými hradidly. Na tělese pevného

jezu je povoleno a stavebně připraveno používání náplatek, viz obr.32. Tyto náplatky slouží ke zvýšení využitelné spádu MVE. Optimální výška náplatek byla stanovena na 30 cm. Šířka jednoho náplatkového pole činí 2 m. Z důvodu zlepšení podmínek pro migraci ryb a usnadnění přetahování lodí je při levém břehu ponechána mezera o šířce 6 m bez použití náplatek. Náplatky se musí před příchodem mrazů demontovat. Instalují se opět na jaře.

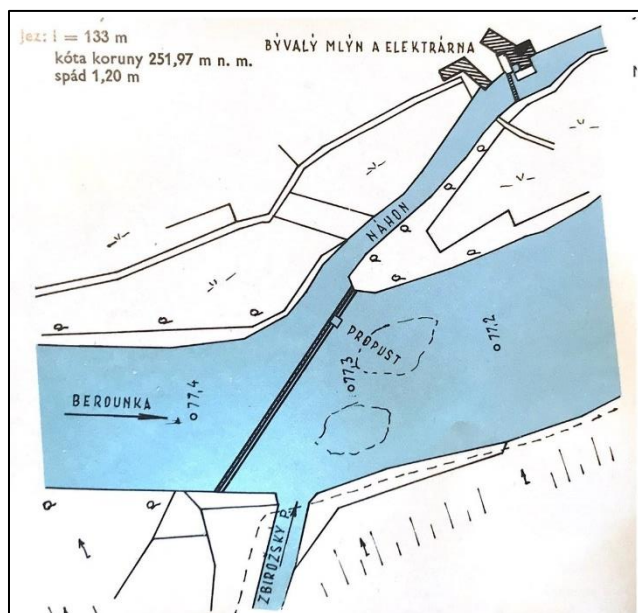


Obr.32: Náplatky na jezu Čilá (Novotný L., 2023).

MVE. Vlastníkem tohoto vodního díla je fyzická osoba. Účel tohoto vodního díla je využití hydroenergetického potenciálu.

MVE je průtočná, derivační. Přívodní kanál je situovaný na levém břehu. Vtok do náhonu je umístěn těsně nad jezovým tělesem. Náhon je provedený jako otevřené přírodní koryto o délce cca 150 m a šířce cca 15 m. Na konci náhonu je umístěn vtokový objekt do strojovny osazený tabulovými uzávěry, které jsou poháněny elektromotory. Na vtokovém objektu jsou dále osazeny jemné česle, které jsou stírány automaticky (hrubé česle elektrárna postrádá). Za vtokovým objektem strojovny jsou osazeny 2 vertikální turbíny typu Kaplan o hltnosti 5 a 8 m³/s. Jejich dosažitelný výkon činí 340 kW (dohromady). Mezi oběma turbínami je provedena jalová propust hrazená tabulovým uzávěrem poháněným elektromotorem. V současnosti je provoz MVE plně automatizován za pomoci instalované hladinové regulace. Voda ze strojovny je odváděna odpadním kanálem provedeným jako přírodní koryto délky cca 500 m a šířky cca 15 m. Kanál je vyústěn přímo do VT Berounka.

Minimální zůstatkový průtok přes jez je stanoven na $5,92 \text{ m}^3/\text{s}$. Provoz MVE musí dodržovat hodnotu MZS a do MVE přivádět jen takové množství vody, aby tato hodnota nebyla překročena. Maximální průtok turbín je uváděn $13 \text{ m}^3/\text{s}$ při spádu $2,2 \text{ m}$.

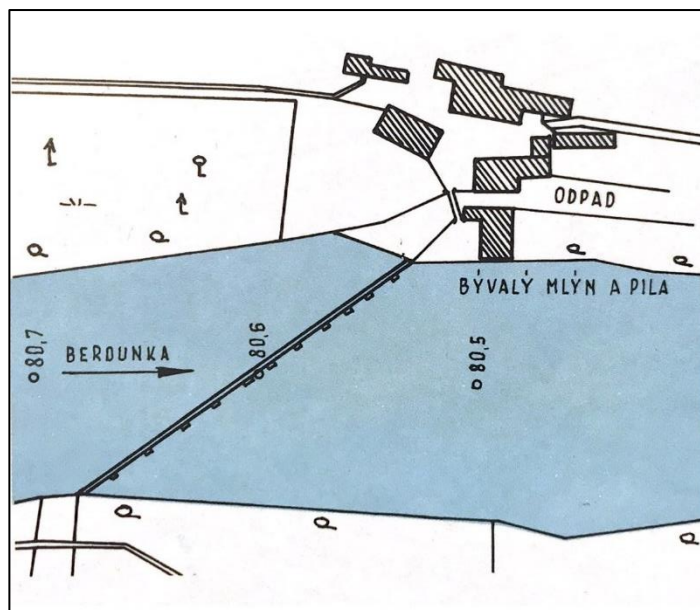


Obr.33: Schéma jezů Čilá (Podzimek J., 1980).

5.5.8 Kočkův mlýn

Jez. Jez Kočkova mlýna (Kostelík) se nachází na ř. km 80,603. Jez je v současnosti rozvalený a neplní svoje účely. Jednalo se o pevný jez, pražského typu. Původní jez měl přímou přelivnou hranu šikmo na osu toku, svíral s osou toku úhel cca 45° . Náhon pro pilu a mlýn, který odbočoval z levého břehu, je zasypán.

Délka jezů činí 182 m a jeho spád je udáván $0,7 \text{ m}$. V době užívání jezů byl jez ve vlastnictví Středočeských dřevařských závodů, Praha. V současnosti je jez v soukromém vlastnictví. Jelikož je jez stále zakreslený v katastru nemovitostí, probíhají snahy o jeho obnovení pro využití hydroenergetického potenciálu.



Obr.34: Schéma jezu Kostelík (Podzimek J., 1980).

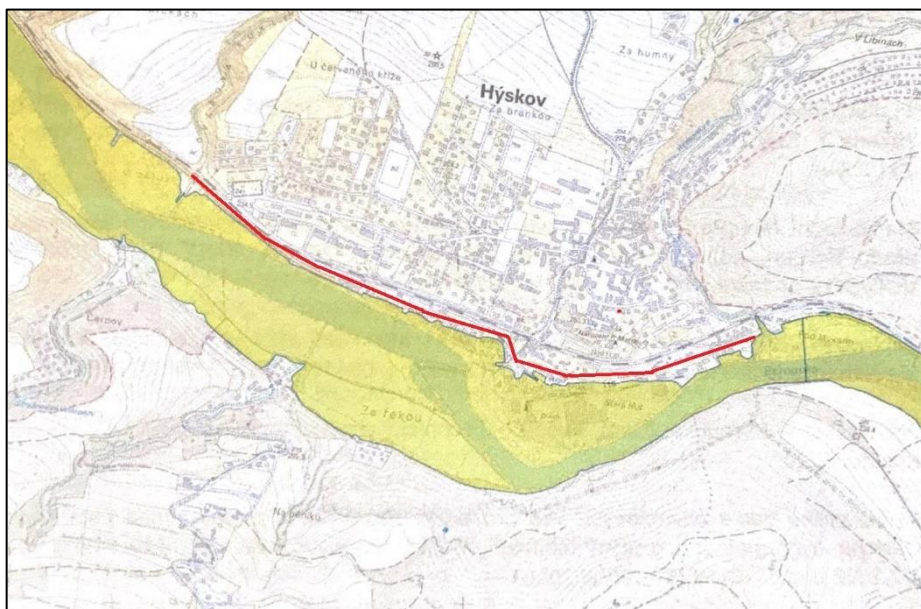
5.5.9 Bermové úseky

Berounka na Křivoklátsku není příliš regulovaná a liniové stavby jako ochranné hráze se na tomto úseku nevyskytují, s výjimkou břehového opevnění ve Zbečně. Přesto se zde vyskytují nemalé oblasti umožňující rozliv, převážně luční nebo zemědělsky obdělávané bery. Bery jsou často ohraničené železničními nebo silničními násypy, viz obr.35, které plní funkci ochranné hráze. Nelze je považovat za vodohospodářské stavby, přesto plní důležitou funkci ochrany zastavěných území před povodněmi.



Obr.35: Luční berma chránící intravilán obce Hýskov (Novotný L., 2023).

Nejvýznamnější stavba tohoto typu na daném úseku je železniční násyp vedoucí podél řeky od přemostění v Roztokách u Křivoklátu až těsně před soutok s Vltavou, do Radotína. Tento násyp chrání např. části obcí Újezd nad Zbečnem, Nižbor a Hýskov i před více než stoletou vodou, viz obr.36.



Obr.36: Železniční a silniční násyp sloužící jako ochranná hráz – povodeň Q100 (PVL, 2006).

6. Výsledky a diskuse

Studiem a pozorováním vybraného úseku řeky Berounky jsem došel k přesvědčení, že Berounka stále patří k jedním z nejkrásnějších řek u nás. Je to zapříčiněno především tím, že v období trendu „podmaňování“ si našich řek, zůstala Berounka na Křivoklátsku opomenuta, ale jak jsem zmínil již v předchozích kapitolách, platilo tomu tak pouze z hlediska výstavby. Z hlediska plánování byl tento úsek pod velkým nátlakem (VD Křivoklát). Řeka je tedy v současnosti stále převážně přírodního charakteru a probíhající výstavby, rekonstrukce či provádění opatření jsou povětšinou v souladu s charakterem krajiny CHKO Křivoklátsko.

Výstavba přehrady v této oblasti však stále hrozí, i když už není úplně v popředí zájmu. Jak jsem již zmínil v kapitole věnované VD Křivoklát, ve státním vodohospodářském plánu od roku 1979 stále figuruje poslední projekt na výstavbu přehrady. Původním účelem výstavby přehrady bylo splavnění celé řeky Berounky. Lodní doprava však na našem území v posledních letech upadá i na již z velké části splavných tocích jako je Vltava nebo Labe. Stále se však hledají účely, proč přehradu v CHKO Křivoklátsko postavit. Velmi se diskutuje o účelu protipovodňové ochrany dolní Berounky, která je kvůli velké zástavbě a nedostatečné ochraně velmi náchylná na povodňové události. Výstavbou přehrady by se sice velmi zvedla ochrana před velkými vodami na dolní Berounce, ale za cenu ztráty jednoho z nejvzácnější ekosystémů na území ČR. Z tohoto důvodu by se měla hledat rozumná alternativa vzešlá ze spolupráce odborníků z dotčených oborů (ekologie, vodohospodářství, atd.). Na hledání řešení by se měli podílet taktéž orgány dotčených obcí a majitelé usedlostí, které jsou zde často i historicky velmi významné (Čechův mlýn, Hostinec U Rozvědčíka, Proškův dům). Zástavba v místě plánované přehrady není příliš velká, jedná se především právě o staré usedlosti a mlýny, stálých obyvatel je zde minimum, ale právě tito obyvatelé, dle získaných informací, sehráli klíčovou roli při zamítnutí výstavby přehrad na „jejich“ úseku řeky, ať už u VD Křivoklát nebo suché nádrže v roce 2016. Úplný konec plánování přehrady na Křivoklátsku by mohlo znamenat vyhlášení uvažovaného NP Křivoklát, který přes všechna svá negativa, má i celou řadu pozitiv, jako je například částečné zahrnutí VT Berounka do svého území a tím definitivní zabránění výstavby, z mého pohledu „nic neřešící“ přehrady.

Stávající stavby jsou většinou velmi staré. Jedná se především o rekonstruované jezy, které dříve sloužili ke vzdouvání hladiny a vytváření spádu pro náhon mlýnů na vodní pohon. V současné době jezy slouží především k využívání hydroenergetického potenciálu. Přesto

tyto stavby svým vzhledem nijak nenarušují krajinný ráz a s krajinou Křivoklátska splývají. Problém však vidím v jejich užívání a stavebních nedostatcích. Jezy a MVE především v horní části Křivoklátska vlastní soukromí majitelé, kteří ne vždy dodržují zásady užívání těchto vodních děl. Jedná se především o nedodržování minimálních zůstatkových průtoků přes jez v suchých měsících na úkor zachování provozu MVE. Státní podnik Povodí Vltavy je o těchto problémech informováno, ale jelikož kontrola na MVE musí být nahlášena měsíc dopředu, majitel se stihne na kontrolu připravit a není možné prohrašky dokázat. Na druhou stranu stanovené minimální zůstatkové průtoky neodpovídají současnému suchému období na našem území a dle názoru a zkušeností provozovatelů jezů by mohli být nastaveny na nižší hodnoty, než tomu je v současnosti. Vývary jezů v horní části Křivoklátska jsou v současnosti velmi zanešené splaveninami a výška vodního sloupce zde činí jen pár centimetrů. Větší druhy ryb se tedy nedostanou až ke zdroji kyslíku (přepadající vodě přes přelivnou hranu dopadající na hladinu vody v podjezí) a stojí často pod náhonem do MVE, kde jim v případě nedostatečně silného rybiho odpuzovače hrozí vplutí do strojovny a následná smrt. Dalším „problémem“ jezů v horní části Křivoklátska je i jejich četnost na relativně krátkém úseku (Zvíkovec, Čilá a rozbořený jez Kočkův mlýn). Mezi majiteli těchto jezů panují spory ohledně přílišného vzdouvání hladiny na jezích pod nimi. Tento problém by ještě více gradoval v případě povolení na znovuvybudování jezu Kočkova mlýna. Dle mého pozorování tyto nedostatky vznikají především na jezích v soukromém vlastnictví. Jezy ve vlastnictví Povodí Vltavy jsou v dobrém stavu. Možným řešením zmíněných nedostatků by bylo uvedení jezů do vlastnictví Povodí Vltavy, či rozšíření kompetencí Povodí Vltavy ve správě o tyto vodní díla.

Přírodní charakter toku má přes všechny své pozitivní vlastnosti i svoje negativní stránky. S těmi se potýkají především obyvatelé v bezprostřední blízkosti řeky, kteří v průběhu let pozorují pohybující se koryto směrem k jejich obydlí. Lze to dokázat i za pomoci staré katastrální mapy a nové záměry pozemku. Někteří majitelé pozemků, které vlastní již delší dobu, pozorují, že pozemek, který kdysi končil na břehu Berounky, nyní zasahuje až přes druhý břeh. Řešením tohoto problému by mohlo být vybudování úsekových přírodě blízkých břehových opevnění nebo usměrňovacích a stabilizačních staveb (výhony, atd.), které zabrání dalšímu vymílání koryta v oblasti zástavby.

Zásadní problém v současnosti vidím ve velké fragmentaci a neprůchodnosti Berounky. Na úseku se nachází 4 rybí přechody, ty jsou však vybudované v prvopočátcích výstavby RP v Čechách a od té doby se v problematice rybních přechodů mnohé změnilo.

Žádný z těchto RP nemá provedené biologické hodnocení a dle Povodí Vltavy se jedná o nefunkční RP. Jak již bylo zmíněno v předchozích kapitolách, problematika RP je v současnosti velmi diskutovaná v rámci Koncepce zprůchodnění říční sítě ČR a především na dolní Berounce se již začínají nemalé úseky zprůchodňovat. V rámci Koncepce zprůchodnění říční sítě ČR je Vltavská větev, do níž spadá i Berounka, cílena především na migraci úhoře říčního. Na základě toho by měli být voleny vhodné typy RP pro tento rybí druh. S Koncepcí zprůchodnění říční sítě ČR na Berounce si rozporuje snaha o obnovení jezu Kočkova mlýna, který je v současnosti rozvalený a nepředstavuje migrační bariéru.

7. Závěr

Cílem první části bakalářské práce bylo sepsání problematiky povodní, vodohospodářských staveb a protipovodňových opatření v rámci vodního toku. Tato část práce byla sepsána formou literární rešerše a slouží jako úvod k pochopení základních faktorů probírané problematiky. Cílem druhé, vlastní, části bakalářské práce bylo sepsání ucelených informací o vodohospodářských stavbách a protipovodňových opatření na úseku řeky Berounky v CHKO Křivoklátsko a tím docílit zpřehlednění daného úseku v této problematice.

Práce ukazuje na důležitost provázání využití vodního toku pro energetické účely, lodní dopravu nebo protipovodňovou ochranu s ochranou přírody. Např., co se postaví, může mít katastrofický dopad na místní ekosystém a náprava bude téměř nemožná a naopak nepostavení, může dokonce zapříčinit smrt několika desítek obyvatel v důsledku povodňových událostí. Konečná rozhodnutí ohledně výstavby vodních děl by měla být vždy správná, proto je důležitá vzájemná spolupráce odborníků z oborů ekologie, vodního hospodářství, stavitelství, atd.

Cíle bakalářské práce byly splněny za pomoci získaných informací z terénních průzkumů úseku řeky a staveb, které se na úseku vyskytují, dále od Povodí Vltavy, příslušných vodoprávních úřadů, majitelů staveb a obyvatel, žijících v blízkosti řeky.

Práce je přínosná z důvodu vysvětlení problematiky povodní a základního popsání vodohospodářských staveb a protipovodňových opatření na vodních tocích. Dále z důvodu zpřehlednění úseku Berounky v CHKO Křivoklátsko, charakteristiky řeky v tomto úseku a popisu jejího fungování.

8. Seznam použitých zdrojů

Odborné publikace:

Adamo, N. a kol., 2020. Dam Safety and Dams Hazards, New Zealand: Scientific Press International Limited.

AOPK, 2021. Aktuální informace týkající se zprůchodnění říční sítě České republiky. Praha: AOPK.

Bhattacharai, S., Zhou, Y., Zhao, Ch. a Yadav, R., 2016. An Overview on Types, Construction Method, Failure and Key Technical Issues during Construction of High Dams, Online: Electronic Journal of Geotechnical Engineering.

Brázdil, R., Dobrovolný, P., Elleder, L., Kakos, V., Kotyza, O., Květoň, V., Macková, J., Muller, M., Štekl, J., Tolasz, R. a Valášek, H., 2005. Historické a současné povodně v České republice, Brno: Masarykova univerzita a Český hydrometeorologický ústav v Praze.

Čekal, R., Daňhelka, J., Šercl, P., Štěrbová, K. a Vlasák, T., 2011. Průvodce informacemi pro povodňové orgány, Praha: ČHMÚ.

ČHMÚ, 1998. Vyhodnocení povodňové situace v červenci 1997. Souhrnná zpráva, Praha: MŽP ČR.

ČHMÚ, 2003a. Hydrometeorologické vyhodnocení katastrofální povodně v srpnu 2002. 1. etapa, Praha: MŽP ČR.

ČHMÚ, 2003b. Hydrometeorologické vyhodnocení katastrofální povodně v srpnu 2002. 2. etapa, Praha: MŽP ČR.

ČHMÚ, 2006. Vyhodnocení jarní povodně 2006 na území ČR. Průběh povodně na jednotlivých ucelených povodích, Praha: MŽP ČR.

ČHMÚ, 2009. Vyhodnocení povodní v červnu a červenci 2009 na území ČR. Souhrnná zpráva, Praha: MŽP ČR.

ČHMÚ, 2010. Hydrometeorologická zpráva o povodni ve dnech 16.-21. května 2010 a 2.-6. června 2010 v povodí Odry, Bečvy a horní Moravy, Praha: MŽP ČR.

ČHMÚ, 2010. Vyhodnocení povodní v srpnu 2010. Souhrnná zpráva, Praha: MŽP ČR.

- ČHMÚ, 2014. Vyhodnocení povodní v červnu 2013. Závěrečná souhrnná zpráva, Praha: MŽP ČR.
- Few, R. a Matthies, F., 2006. Flood hazards and health: responding to present and future risks, UK: Routledgem.
- Hanuška, Z., 2015. Povodně v České republice. Časopis 112 4/2015. S. 1-35.
- Havlík, A., b. r.. Jezy, Praha: FSv ČVUT.
- Hrkal, Z., 2018. Voda včera, dnes a zítra, Praha: Mladá fronta.
- Hůla, P., 2009. Chráněná krajinná oblast Křivoklátsko. Ochrana přírody 1/2009. S. 1-4.
- Chaochao, L a kol., 2016. A framework for flood risk analysis and benefit assessment of flood control measures in urban areas, Basel: MDPI.
- Just, T., Matoušek, V., Dušek, M., Fischer, D. a Karlík, P., 2005. Vodohospodářské revitalizace a jejich uplatnění v ochraně před povodněmi, Praha: Český svaz ochránců přírody Hořovicko.
- Just, T. a kol., 2020. Dolní Berounka – šance pro přírodu. Ochrana přírody 6/2020. S. 1-4.
- Křížek, M. a Engel, Z., 2007. Povodně v České republice – pět a deset let poté. Geografické rozhledy 4/06 – 07. S. 12-13.
- Koppe, B. a Ode, U., 2006. Mobile Flood Protection Systems for Urban Areas, Tainan: National Cheng Kung University.
- Menzel, L. a Kundzewicz, Z. W., 2003. Non – structural flood protection – a challenge, Warsaw: International konference.
- Meyer, V., Priest, S. a Kuhlicke, C., 2012. Economic evaluation of structural and non-structural flood risk management measures: examples from the Mulde River, Nat Hazards.
- Milerski, R., Mičín, J. a Veselý, J., 2005. Vodohospodářské stavby, Brno: Akademické nakladatelství CERM.
- MŽP ČR, 2010. Věstník Ministerstva životního prostředí 4/2010, Praha: MŽP ČR.
- MŽP ČR, 2020. Koncepce zprůchodnění říční sítě ČR - aktualizace 2020, Praha: MŽP ČR.

Podzimek, J. a kol., 1980. Povodí Berounky, Praha: Povodí Vltavy, Podnik pro provoz a využití vodních toků.

PVL, 2009. Plán oblasti povodní Berounky. Část A – Popis oblasti povodí, Praha: PVL.

PVL, 2015. Protipovodňová ochrana dolní Berounky - studie retenční nádrže, Praha: PVL.

Rickard, Ch., Day, R. a Purseglove, J., 2003. River Weirs – Good Practice Guide, UK: R&D Publication.

Říha, J., 2010. Ochranné hráze na vodních tocích, Praha: Grada Publishing.

Slavík, L. a Neruda, M., 2014. Hospodaření s vodou v krajině, Ústí nad Labem: Univerzita Jana Evangelisty Purkyně – Fakulta životního prostředí.

Slavíková, L., Bareš, V., Beneš, R., Jílková, J., Stránský, D. a Valentová, M., 2007. Ochrana před povodněmi v urbanizovaných územích, Praha: IREAS, Institut pro strukturální politiku.

Strima II Saxon – Czech flood risk management, 2017. Charakteristika povodní, EU: Evropský fond pro regionální rozvoj.

VŠB – TUO, 2013. Vodohospodářská zařízení III, Ostrava: VŠB – TUO.

VÚV TGM, 2016. Odtokové poměry povodí, Praha: VÚV TGM.

Zemánková, S., 2015. Výzkum povrchových vod řeka Berounka – oblast mezi Plzní a Berounem, Rokycany: ZŠ Ulice Míru.

Legislativní zdroje:

ČSN 75 0101. Vodní hospodářství – Základní terminologie. Český normalizační institut, Praha, 2003. 28 s.

ČSN 75 2601. Malé vodní elektrárny – Základní požadavky. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha, 2010. 28 s.

TNV 75 2931. Povodňové Plány. MŽP ČR, Praha, 2006. 38 s.

TNV 75 2321. Zprůchodňování migračních bariér rybími přechody. MZe, Praha, 2011. 27 s.

TNV 75 2103. Úpravy řek. MZe a MŽP, Praha, 2014. 50 s.

Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2007/60/ES., o vyhodnocování a zvládnání povodňových rizik.

Vyhláška č. 236/2002 Sb., o způsobu a rozsahu zpracovávání návrhu a stanovování záplavových území, v minulém znění.

Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů, v platném znění.

Internetové zdroje:

AOPK, ©2023. Malé vodní elektrárny (online) [cit. 2023-03-21], dostupné z <<http://vodnitoky.ochranaprirody.cz/migracni-bariery-a-mve-male-vodni-elektrarny/>>.

Enviweb, ©2021. Na protipovodňová opatření šlo v letech 2018 až 2020 téměř 8,5 miliardy korun (online) [cit. 2023-03-21], dostupné z <<https://www.enviweb.cz/119030>>.

CHKO Křivoklátsko, ©2023. Charakteristika oblasti (online) [cit. 2023-03-21], dostupné z <<https://krivoklatsko.nature.cz/charakteristika-oblasti>>.

Mapy, ©2023. Základní mapa (online) [cit. 2023-03-21], dostupné z <<https://mapy.cz/zakladni>>.

Mve.energetika, ©2023. Jez (vzdouvací zařízení) (online) [cit. 2023-03-21], dostupné z <<http://mve.energetika.cz/vodnidilo/jez.htm>>.

Náše voda, ©2016. Nádrž na Berounce je schopna ochránit území až po soutok s Vltavou (online) [cit. 2023-03-21], dostupné z <<https://www.nase-voda.cz/nadrz-na-berounce-je-schopna-ochranit-uzemi-az-po-soutok-vltavou/>>.

PVL, ©2013. Profil státního podniku Povodí Vltavy (online) [cit. 2023-03-21], dostupné z <<https://www.pvl.cz/profil-statniho-podniku>>.

Roldán, H., Just, T. a Hůla, P., ©2021. Vodní dílo na Berounce? (online) [cit. 2023-03-21], dostupné z <<https://vodnihospodarstvi.cz/vodni-dilo-na-berounce/>>.

Vobořil, D., ©2017. Přečerpávací vodní elektrárny v České republice (online) [cit. 2023-03-21], dostupné z <<https://oenergetice.cz/elektrina/precerpavaci-vodni-elektrarny-v-ceske-republice>>.

Ostatní zdroje:

ČHMÚ, 2023a. Evidenční list hlásného profilu č. 198. ČHMÚ, Praha.

Folk, Z., 2014. Pasport jezu Sýkořice. PVL, Plzeň.

Frýdl, I., 2011. Studie proveditelnosti MVE Račice. MěÚ Rakovník – OŽP, Rakovník.

Kraml, K., 2002. Vodní dílo Křivoklát. „nepublikováno“. Dep. PVL, Rakovník.

Matějková, H., Holcmanová, N., Liška, L. a Huttrová, B., 2011. Záznam z technickobezpečnostní prohlídky VD Roztoky. MěÚ Rakovník – OŽP, Rakovník.

Miler, V. a Švestka, M., 2022. Manipulační řád pro MVE Hýskov. MěÚ Beroun – OŽP, Beroun.

Pavliček, P., 2009. Kolaudační souhlas s užíváním stavby MVE Nezabudice. MěÚ Rakovník – OŽP, Rakovník.

Piherová, J., 2013. CHKO Křivoklátsko. „nepublikováno“. Dep. Správa CHKO Křivoklátsko, Zbečno.

PVL, 1995. Průvodní a technická zpráva – oprava jezu Roztoky. MěÚ Rakovník – OŽP, Rakovník.

PVL, 2006a. Manipulační řád pro jez Hýskov. Vodohospodářský dispečink Plzeň, Plzeň.

PVL, 2006b. Manipulační řád pro jez Nižbor. Vodohospodářský dispečink Plzeň, Plzeň.

PVL, 2009. Manipulační řád pro MVE Nezabudice. MěÚ Rakovník – OŽP, Rakovník.

PVL, 2016. Protipovodňová ochrana dolní Berounky – studie retenční nádrže – vyhodnocení veřejné diskuse. PVL, Praha.

PVL, 2023a. Manipulační řád pro vodní dílo Šlovice. PVL, Plzeň.

PVL, 2023b. Manipulační řád pro MVE Permon. MěÚ Rakovník – OŽP, Rakovník.

PVL, 2023c. Manipulační řád pro sportovní propust Roztoky. Kanoistický klub Rakovník, Rakovník.

Sedláček, F., 2018. Manipulační řád pro trvalý provoz MVE Nižbor a RP Nižbor. PVL, Plzeň.

Škoudlínová, A., 2004. Rozhodnutí o povolení k nakládání s povrchovými vodami – MVE Mlýn Nezabudice. MěÚ Rakovník – OŽP, Rakovník.

Škoudlínová, A., 2006. Rozhodnutí o povolení ke změně stavby „Obnova MVE Mlýn Nezabudice“. MěÚ Rakovník – OŽP, Rakovník.

Škoudlínová, A., 2007. Rozhodnutí o povolení k nakládání s povrchovými vodami – MVE Nezabudice II. MěÚ Rakovník – OŽP, Rakovník.

Škoudlínová, A., 2012. Rozhodnutí o povolení k nakládání s povrchovými vodami – MVE Permon. MěÚ Rakovník – OŽP, Rakovník.

9. Seznam obrázků, tabulek, grafů a zkratk

9.1 Seznam obrázků

- Obr.1:** Charakteristiky povodňové vlny (Vláčil L., 2021).
- Obr.2:** Schéma protipovodňové ochrany (Čamrová L. a kol., 2006).
- Obr.3:** Schéma hlásné a předpovědní služby (Sklenář P., 2007).
- Obr.4:** Prostory přehradní nádrže (Havlík A., b. r.).
- Obr.5:** Schéma zemní hráze (VŠB – TUO, 2012).
- Obr.6:** Prostory v okolí jezu (nebezpecnejezy.cz, 2023).
- Obr.7:** Konstrukce pevného jezu (VŠB – TUO, 2012).
- Obr.8:** Schéma MVE (Aubrecht P., 2021).
- Obr.9:** Schéma plavební komory (VŠB – TUO, 2013).
- Obr.10:** Přírodní RP - bypass (Slavík L. a Neruda M., 2014).
- Obr.11:** Opevnění břehů VT pomocí vegetace (Veselý J., 2004).
- Obr.12:** Schéma OH (Fruhbauer J.).
- Obr.13:** Zájmový úsek Berounky (mapy.cz, 2023).
- Obr.14:** CHKO Křivoklátsko v rámci ČR (mapy.cz).
- Obr.15:** Situace přehrady u Křivoklátska z roku 1913 (Podzimek J., 1980).
- Obr.16:** Zátapa VD Křivoklátska a jednotlivé přehradní profily (Podzimek J., 1980).
- Obr.17:** Návrh zemní hráze VD Křivoklátska z roku 1979 (Podzimek J., 1980).
- Obr.18:** Příčný řez hrází v profilu A (PVL, 2016).
- Obr.19:** Příčný řez hrází v profilu B (PVL, 2016).
- Obr.20:** Příčný řez hrází v profilu C (PVL, 2016).
- Obr.21:** Příčný řez hrází v profilu D (PVL, 2016).
- Obr.22:** Migračně významné toky v ČR – povodí Labe (AOPK, 2020).
- Obr.23:** Situace jezu Hýskov (Černý L., 2023).
- Obr.24:** Situace MVE Hýskov (Švestka M., 2023).
- Obr.25:** Situace jezu Nižbor (Švestka M., 2023).
- Obr.26:** Situace jezu Sýkořice (Kocourek V., 2014).
- Obr.27:** Zbečenská náplavka (Novotný L., 2023).
- Obr.28:** Vodočet hlásného profilu Zbečno (Novotný L., 2023).
- Obr.29:** Schéma jezu Roztoky (Podzimek J., 1980).
- Obr.30:** Sportovní propust na jezu v Roztokách (Novotný L., 2023).

- Obr.31:** Situace jezu Nezabudice (PVL, 2023).
- Obr.32:** Náplátky na jezu Čilá (Novotný L., 2023).
- Obr.33:** Schéma jezu Čilá (Podzimek J., 1980).
- Obr.34:** Schéma jezu Kostelík (Podzimek J., 1980).
- Obr.35:** Luční berma chránící intravilán obce Hýskov (Novotný L., 2023).
- Obr.36:** Železniční a silniční násyp sloužící jako ochranná hráz – povodeň Q100 (PVL, 2006).
- Obr.37:** Pevný jez v Hýskově (Novotný L., 2022).
- Obr.38:** Strojovna MVE v Hýskově (Novotný L., 2022).
- Obr.39:** RP na jezu v Hýskově (Novotný L., 2022).
- Obr.40:** Pevný jez v Nižboru (Novotný L., 2023).
- Obr.41:** Vtok do strojovny MVE Nižbor s hydraulickými stroji na čištění jemných česlí (Novotný L., 2023).
- Obr.42:** RP na jezu v Nižboru (Novotný L., 2023).
- Obr.43:** Zpevnění břehů v podjezí u jezu v Nižboru provedené z ocelových štetovnic a kamenné rovnaniny (Novotný L., 2023).
- Obr.44:** Pevný jez v Račicích s kamennou střežovitou přelivnou hranou (Novotný L., 2023).
- Obr.45:** Bývalý mlýn „Valenták“ na jezu v Račicích, ve kterém je vybudována MVE (Novotný L., 2023).
- Obr.46:** Břehové křídlo jezu provedené jako kamenná zeď a kamenná rovnanina zpevňující pravý břeh v podjezí (Novotný L., 2023).
- Obr.47:** Detail břehového opevnění náplavky ve Zbečně provedeného jako kamenná rovnanina (Novotný L., 2023).
- Obr.48:** Kamenná zeď ukončující bermu náplavky ve Zbečně (Novotný L., 2023).
- Obr.49:** Evidenční list hlásného profilu Zbečno (ČHMÚ, 2023).
- Obr.50:** Pevný jez v Roztokách zakončený kamenným jezovým pilířem (Novotný L., 2023).
- Obr.51:** Vtok do náhonu k MVE Permon v Roztokách hrazený ocelovými stavidly (Novotný L., 2023).
- Obr.52:** Pevný jez v Nezabudicích zanešený velkým množstvím splavenin (Novotný L., 2023).
- Obr.53:** Vstup do RP I u jezu v Nezabudicích (Novotný L., 2023).
- Obr.54:** Pevný jez v Čilé opatřený dřevěnými náplátky (Novotný L., 2023).

Obr.55: Náhon do MVE vedle Čechova mlýna na jezu v Čilé (Novotný L., 2023).

Obr.56: Vtok do strojovny MVE u Čechova mlýna na jezu v Čilé hrazený tabulovými uzávěry (Novotný L., 2023).

Obr.57: Rozvalený jez Kostelík u Kočkova mlýna (Novotný L., 2023).

9.2 Seznam tabulek

Tab.1: Následky povodní v ČR (Hanuška Z., 2015).

Tab.2: Potenciální profily pro hráz RN Berounka (Novotný L., 2023).

9.3 Seznam použitých zkratek

ČHMÚ – Český hydrometeorologický ústav

ČR – Česká republika

CHKO – Chráněná krajinná oblast

MVE – malá vodní elektrárna

MZP – minimální zůstatkový průtok

MŽP – Ministerstvo životního prostředí

OH – ochranná hráz

RP – rybí přechod

VD – vodní dílo

VH – vodní hospodářství

VN – vodní nádrž

VT – vodní tok

10. Přílohy



Obr.37: Pevný jez v Hýskově (Novotný L., 2022).



Obr.38: Strojovna MVE v Hýskově (Novotný L., 2022).



Obr.39: RP na jezu v Hýskově (Novotný L., 2022).



Obr.40: Pevný jez v Nižboru (Novotný L., 2023).



Obr.41: Vtok do strojovny MVE Nižbor s hydraulickými stroji na čištění jemných česlí (Novotný L., 2023).



Obr.42: RP na jezu v Nižboru (Novotný L., 2023).



Obr.43: Zpevnění břehů v podjezí u jezu v Nižboru provedené z ocelových štětovic a kamenné rovnániny (Novotný L., 2023).



Obr.44: Pevný jez v Račicích s kamennou střechovitou přelivnou hranou (Novotný L., 2023).



Obr.45: Bývalý mlýn „Valenták“ na jezu v Račicích, ve kterém je vybudována MVE (Novotný L., 2023).



Obr.46: Břehové křídlo jezu provedené jako kamenná zeď a kamenná rovnanina zpevňující pravý břeh v podjezí (Novotný L., 2023).



Obr.47: Detail břehového opevnění náplavky ve Zbečně provedeného jako kamenná rovnánina (Novotný L., 2023).



Obr.48: Kamenná zeď ukončující bermu náplavky ve Zbečně (Novotný L., 2023).

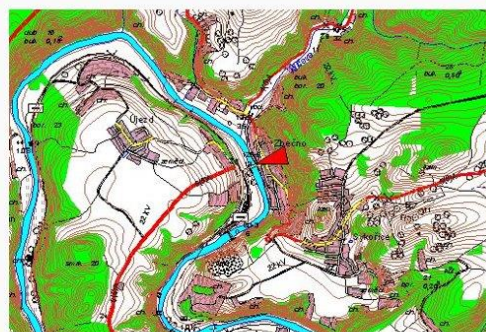
Evidenční list hlásného profilu č.198Stanice kategorie : **A**

Tok:	Berounka	Stanice:	Zbečno	Obec:	Zbečno
Kraj:	Středočeský kraj	ORP:	Rakovník		
Provozovatel:	ČHMÚ Praha				
Centrum automatizovaného sběru dat:	CPP ČHMÚ Praha				
Staničení:	53.4 [km]	Číslo hydrologického pořadí:	1-11-03-0500-0-00		
Plocha povodí:	7520.289 [km ²]	Zeměpisné souřadnice:	13.9201042 v.d. 50.0402531 s.š.		
Nula vodočtu:	227.79 [m n. m.]	Procento plochy povodí toku:	84.9		
Stupně povodňové aktivity:	[cm]	[m ³ s ⁻¹]	Platnost SPA pro úsek toku:		
1.SPA (bdělost)	240	117	Křivoklát - Beroun		
2.SPA (pohotovost)	320	245	Kritické místo:		
3.SPA (ohrožení)	400	387	Křivoklát, Beroun		
Průměrný roční stav:	166 [cm]	N-leté průtoky:	Q ₁	Q ₅	Q ₁₀
Průměrný roční průtok:	29.8 [m ³ s ⁻¹]	[m ³ s ⁻¹]	257	571	740
			1210	1440	
Odesílatel zpráv:	Četnost hlášení SPA:	I.	1 x denně		
		II.	4 x denně		
		III.	3hodinové hlášení		

Nejvyšší zaznamenané vodní stavy:

[cm]	V. - XI.	[cm]	XII. - IV.
891	13.08.2002	320	28.01.1995

Mapa v měřítku 1:50 000:



Popis umístění profilu:

cca 50 m nad silničním mostem, levý břeh

198

[Generováno : 07.03.2023]

Český hydrometeorologický ústav, Hlásná a předpovědní povodňová služba

Aplikace byla vyrobena firmou Hydrossoft Veleslavín s.r.o.

Obr.49: Evidenční list hlásného profilu Zbečno (ČHMÚ, 2023).



Obr.50: Pevný jez v Roztokách zakončený kamenným jezovým pilířem (Novotný L., 2023).



*Obr.51: Vtok do náhonu k MVE Permon v Roztokách
hrozený ocelovými stavidly (Novotný L., 2023).*



Obr.52: Pevný jez v Nezabudicích zanešený velkým množstvím splavenin (Novotný L., 2023).



Obr.53: Vstup do RP I u jezu v Nezabudicích (Novotný L., 2023).



Obr.54: Pevný jez v Čilé opatřený dřevěnými náplátky (Novotný L., 2023).



Obr.55: Náhon do MVE vedle Čechova mlýna na jezu v Čilé (Novotný L., 2023).



Obr.56: Vtok do strojovny MVE u Čechova mlýna na jezu v Čilé hrazený tabulovými uzávěry (Novotný L., 2023).



Obr.57: Rozvalený jez Kostelík u Kočkova mlýna (Novotný L., 2023).