

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE



FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Obor Územní technická a správní služba

Protipovodňová opatření na vodním toku Labe ve středních Čechách BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

VEDOUCÍ PRÁCE: ING. ADAM REIL

BAKALANT: ZUZANA HUNČOVÁ

PRAHA 2015

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Zuzana Hunčová

Územní technická a správní služba

Název práce

Protipovodňová opatření na vodním toku Labe ve středních Čechách

Název anglicky

Flood measures on the Elbe River watercourse in the Central Bohemia

Cíle práce

Cílem práce je seznámení se s obecnými typy protipovodňových opatření realizovaných na tocích řek a popis konkrétních opatření vybudovaných ve středních Čechách. Dalším cílem práce je zhodnocení fungování opatření v dané lokalitě během povodňové situace v červnu 2013 a návrh alternativních řešení.

Metodika

Vypracování rešerše na téma protipovodňové ochrany a popis realizovaných opatření na toku Labe ve středních Čechách a jejich dopad na povodňovou situaci v červnu 2013 a zhodnocení alternativních možností protipovodňové ochrany v dané lokalitě. Práce bude vypracována v návaznosti na "Metodické pokyny pro zpracování bakalářské práce na FŽP". Rešeršní část bude zpracována z dostupných odborných publikací a internetových zdrojů a na základě projektové dokumentace konkrétních opatření.

Doporučený rozsah práce

cca 30 stran

Klíčová slova

povodeň, hráz, Vltava, suchá nádrž

Doporučené zdroje informací

ŘÍHA, J. *Ochranné hráže na vodních tocích*. Praha: Grada, 2010. ISBN 978-80-247-3570-2.

DOLEŽAL, P. – ČESKÁ KOMORA AUTORIZOVANÝCH INŽENÝRŮ A TECHNIKŮ ČINNÝCH VE VÝSTAVBĚ.

RADA PRO PODPORU ROZVOJE PROFESE, – ČESKÁ KOMORA AUTORIZOVANÝCH INŽENÝRŮ

A TECHNIKŮ ČINNÝCH VE VÝSTAVBĚ. *Malé vodní a suché nádrže : TP 1.19 : technická pomůcka*

k činnosti autorizovaných osob. Praha: Pro Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků

činných ve výstavbě vydává Informační centrum ČKAIT, 2011. ISBN 978-80-86364-16-2.

Daňhelka J., Kubát J., Šercl P., Čekal R., 2014: *Povodně v České republice v červnu 2013*, Praha

Ministerstvo životního prostředí, 2014: *Vyhodnocení povodní v červnu 2013 – Závěrečná souhrnná zpráva*, Praha

Patočka, C., 1989: *Úpravy toků*, Praha

Slavíková L., Bareš V., Beneš R., Jílková J., Stránský D., Valentová M., 2007: *Ochrana před povodněmi v urbanizovaných územích*, Praha

Zákon č. 254/2001 Sb. – Zákon o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon) v platném znění

Předběžný termín obhajoby

2015/06 (červen)

Vedoucí práce

Ing. Adam Reil

Elektronicky schváleno dne 13. 4. 2015

prof. Ing. Pavel Pech, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 13. 4. 2015

prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.

Děkan

V Praze dne 13. 04. 2015

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci „Protipovodňová opatření na toku Labe ve středních Čechách“ vypracovala samostatně pod vedením Ing. Adama Reila, a že jsem uvedla všechny literární prameny, ze kterých jsem čerpala.

V Praze dne 15. 4. 2015

.....

Zuzana Hunčová

Poděkování

Chtěla bych poděkovat svému vedoucímu práce Ing. Adamu Reilovi za jeho odborné vedení v průběhu zpracování této práce. Dále bych chtěla poděkovat panu Pavlu Hronkovi z vodoprávního úřadu MÚ Mělník za poskytnuté materiály a cenné informace.

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá popisem obecných typů protipovodňových opatření a konkrétních protipovodňových opatření v obcích Mělník a Kly ve středních Čechách.

V úvodu práce jsou popsány hydrologické poměry České republiky a charakteristika a historický vývoj povodní na českém území. Následuje část s obecným popisem protipovodňových opatření, na kterou navazuje podrobný popis návrhu ochranných hrází.

Druhá část bakalářské práce se věnuje problematice souboru protipovodňových opatření v lokalitě Mělník a jejich účinnosti při povodni v červnu 2013 a popisu projektu opatření připravovaných v lokalitě Kly.

V závěru práce je uvažováno nad dalšími možnými opatřeními, které by řešeným oblastem do budoucna pomohly lépe odolávat rozvodněným řekám.

Klíčová slova: povodeň, hráz, Vltava, suchá nádrž

Abstract

This bachelor thesis describes the general types of flood control measures and in particular flood protection measures in the cities of Mělník and Kly in Central Bohemia.

The introduction describes the characteristics of the hydrological conditions and historical development of floods in the Czech Republic. The following part presents flood protection measures in general with more detailed description of dam construction.

The second part of the thesis presents flood protection measures installed in the city of Mělník and measures planned for the village of Kly.

The conclusion proposes some other possible solutions that could help to better withstand overflowing rivers.

Key words: flood, dam, the Vltava River, dry dam

Seznam zkratek

ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
ČR	Česká republika
MÚ	městský úřad
MZ	Ministerstvo zemědělství
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
PPO	protipovodňová opatření
Q1	jednoletý průtok
Q5	pětiletý průtok
Q10	desetiletý průtok
Q20	dvacetiletý průtok
Q50	padesátiletý průtok
Q100	stoletý průtok
TNV	technická norma vodního hospodářství
VD	vodní dílo

Obsah

1	Úvod.....	10
2	Cíle práce	11
3	Metodika	12
4	Literární rešerše	13
4.1	Definice povodně	13
4.2	Charakteristika povodně.....	13
4.3	Druhy povodní.....	14
4.4	Stupně povodňové aktivity	15
4.5	Protipovodňová opatření	16
4.6	Návrh ochranných hrází	22
4.7	Návrhová povodeň	22
5	Charakteristika studijního území	30
5.1	Hydrologické údaje České republiky	30
5.2	Povodí Labe.....	30
5.3	Labe v České republice	30
5.4	Novodobá historie povodní v České republice.....	31
5.5	Povodeň v červnu 2013	33
6	Současný stav řešené problematiky	37
6.1	Protipovodňová opatření ve městě Mělník.....	37
6.2	Připravovaná protipovodňová opatření v obci Kly.....	44
7	Výsledky a přínos práce.....	47
7.1	Protipovodňová opatření v Mělníku během povodně v červnu.....	47
7.2	Příčiny povodňové situace na Mělnicku	48
7.3	Návrh alternativních řešení povodňových situací	49
8	Závěr a diskuse	56
9	Seznam použité literatury	59

9.1	Knihy a časopisy	59
9.2	Akademické práce	59
9.3	Interní dokumentace	59
9.4	Web	60
9.5	Zákony a normy.....	60
9.6	Elektronické publikace	60
10	Přílohy.....	65

1 Úvod

Řeky patří k životu lidí už odnepaměti. První osídlení bylo vždy směřováno k řekám, jejichž vody zajišťovaly lidem obživu. Ať už tím, že dávaly vláhu půdě, na které tak člověk mohl začít pěstovat plodiny anebo tím, že sloužily k dopravě zboží a k průmyslové výrobě.

Vodní toky modelují krajinu, kterou protékají, mění její klima a významně ovlivňují život ve svém okolí. Pozornost veřejnosti však budí zejména v extrémních situacích, kdy jsou povodňové stavy vnímány stejně intenzivně jako dlouhá období s malou vodností nebo ledové jevy. Řeka, to ale není jen jeden tok sám o sobě. Vždy je třeba o řece přemýšlet v kontextu celého jejího povodí a přírodních podmínek, kterými protéká. Protože i malá změna na horním toku jedné řeky, může přinášet výrazné změny na dolním toku řeky jiné.

Řeky umožňují život. Současně ale mohou být i mimořádně ničivou silou. Dvě strany jedné mince. O tom, jak se člověk vypořádává s povodněmi a jejich následky a jak se snaží povodňovým škodám předcházet ve Středních Čechách, pojednává tato bakalářská práce. Práce se zabývá obecným popisem protipovodňových opatření a představením konkrétních opatření, která jsou realizována na území města Mělníka, a projektem na protipovodňovou ochranu obce Kly. Obě tato sídla mají se záplavami labskou, resp. vltavskou vodou zkušenosti. Místní obyvatelé mají stále v živé paměti povodeň v roce 2002, která za sebou zanechala nemálo pohnutých osudů, stejně jako povodeň z června 2013, kdy nechybělo mnoho, aby realizovaná opatření v Mělníku nápor vody nevydržela.

Autorka práce pochází z obce Kly – z části Hoření Vinice, která není díky své poloze povodní ohrožována.

2 Cíle práce

Cílem této bakalářské práce je nastínit problematiku povodní v České republice, historii jejich výskytu na našem území a popsat příčiny jejich vzniku v návaznosti na hydrologické poměry České republiky. Po povodních v létě 2002 bylo realizováno velké množství protipovodňových opatření, kterými se samosprávy měst a obcí ale i soukromí vlastníci snaží chránit svůj majetek před škodami způsobenými povodňovou vodou. Jedním z dalších cílů práce je tedy popis obecných protipovodňových opatření, která jsou budována přímo na vodních tocích nebo v jejich blízkosti, ať už se jedná o opatření blízká přírodě, jako je revitalizace v minulosti nevhodně upravených vodních toků, anebo o technická opatření zahrnující mimo jiné výstavbu hrází a vodních nádrží.

Dalším důležitým cílem práce je popis konkrétních realizovaných protipovodňových opatření – na řece Labi v Mělníku. Mělník bývá díky své poloze v blízkosti soutoku dvou největších českých řek povodní ohrožován velmi často. Bakalářská práce tedy představuje tato opatření a nastiňuje jejich fungování během povodně v červnu roku 2013. Dalším představeným protipovodňovým opatřením je projekt na výstavbu ochranné hráze a zdi v obci Kly.

Součástí bakalářské práce je také návrh alternativních nových opatření, která by mohla zvýšit odolnost řešené lokality před povodněmi. Jelikož je největší podíl na povodních v tomto území způsoben především zvýšeným průtokem Vltavy, část práce se zaměřuje na řešení pomocí opatření na Vltavské kaskádě.

3 Metodika

Pro účely bakalářské práce bylo nutné pomocí literární rešerše obecně popsat problematiku povodní a protipovodňových opatření na území České republiky se zaměřením na navrhování ochranných hrází. S využitím znalostí místních poměrů a projektové dokumentace opatření realizovaných v řešené lokalitě byly popsány stavby protipovodňové ochrany. Návrh alternativních řešení povodňové situace v lokalitě byl zpracován na základě mapových podkladů z internetového portálu a pomocí kancelářské sady MS Office 2013 (Excel).

4 Literární rešerše

4.1 Definice povodně

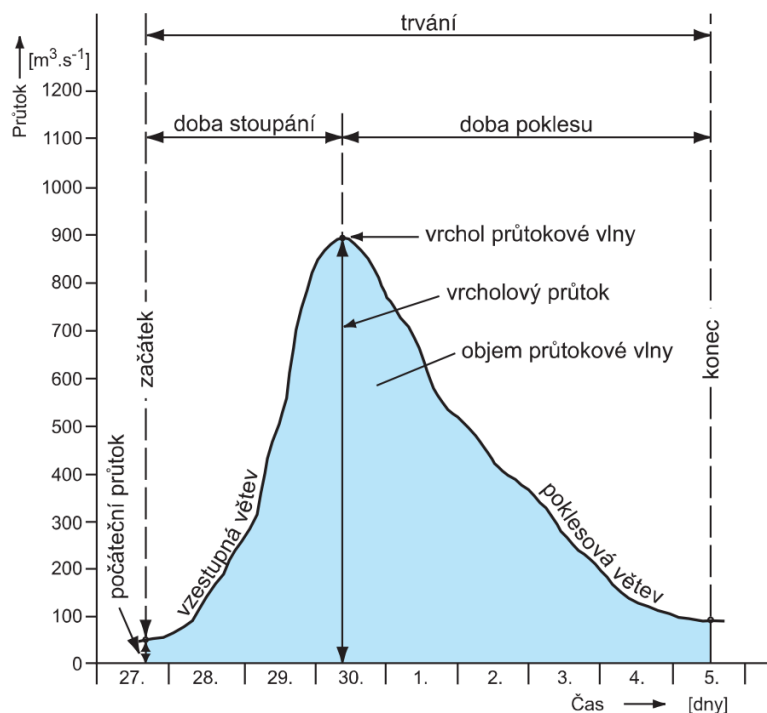
Dle ČSN 73 6511 (1975) jde o přechodné výrazné zvýšení hladiny toku, způsobené náhlým zvětšením průtoku anebo dočasným zmenšením průtočnosti koryta (např. ledovou zácpou) zpravidla působící na některých úsecích toku hospodářské škody podle stupně vybudované ochrany.

Dle ČSN 73 6530 (1983) se jedná o fázi hydrologického režimu vodního toku, která se může vícekrát opakovat v různých ročních obdobích; vyznačuje se náhlým, obvykle krátkodobým zvětšením průtoků a vodních stavů; je vyvolána dešti nebo táním sněhu z oblevy.

Dle zákona č. 254/2001 Sb., v platném znění jde o 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.

4.2 Charakteristika povodně

Povodeň je charakterizována kulminačním průtokem. Kulminační průtok je největší průtok průtokové vlny, která je definována jako přechodné zvětšení a následující pokles průtoků a vodních stavů, vyvolaný dešti, táním sněhu nebo umělým zásahem. Kulminační průtok se podle opakování stanovuje jako N -letý, kde N je počet let, kdy je daný průtok v daném místě překročen. Průtoky s nízkým N se určují z historických údajů, víceleté potom pomocí výpočtů a matematických modelů. Jedná se o složitý proces, do kterého je nutno zahrnout vícero aspektů, mimo jiné např. již provedená protipovodňová opatření realizovaná proti směru toku řeky. (Brázdil 2005)



Obr. 1 Znárodnění průtokové vlny (Brázdil 2005)

4.3 Druhy povodní

Povodně lze z hlediska příčin jejich vzniku rozčlenit do několika kategorií:

4.3.1 Dešťové povodně

Tento druh povodní je vyvoláván kapalnými srážkami a v návaznosti na způsob vzniku, doby trvání a intenzity deště jej můžeme dále rozdělit na povodně z trvalých a povodně z přívalových srážek. (Brázdil 2005)

Povodně z trvalých srážek způsobují nasycení půdy vodou a zaplavení rozsáhlých oblastí. Důležitou roli při nich hrají tlakové níže, jejich směr a rychlost pohybu a také jejich vzdálenost od postiženého místa. Povodně způsobené trvalými srážkami se na našem území vyskytly v letech 1997, 2002 a 2010. (Brázdil 2005)

Povodně z přívalových srážek, často označované jako povodně bleskové, jsou způsobeny intenzivními letními přívalovými bouřkami. Vykazují rychlý průběh s rychlým vzednutím hladin toků. Zasažené území zpravidla není příliš velké, neboť srážky padají z atmosféry poměrně rychle. Nebezpečným faktorem je v tomto případě kinetická energie tekoucí vody a tím větší nebezpečí škod na majetku a životech. Tento druh povodní byl zaznamenán např. v roce 2009 na Novojičínku.

Studiem z posledních let bylo však zjištěno, že řada povodní je způsobena kombinací obou těchto srážkových jevů, kdy jsou například trvalé deště lokálně prokládány dešti přívalovými. (Brázdil 2005; www.chmi.cz)

4.3.2 Sněhové povodně

Sněhové povodně neboli povodně z tání vznikají táním sněhu a ledu v zimním nebo jarním ročním období. Aspekty, které ovlivňují jejich výskyt, jsou především dlouhá zima s množstvím sněhových srážek bez výskytu průběžných tání a následné rychlé oteplení. Výskyt tohoto druhu povodní je v České republice méně častý. (Brázdil 2005)

4.3.3 Smíšené povodně

Smíšená povodeň je kombinací předchozích dvou druhů. Dochází k ní v obdobích zimy a jara při prudkém oteplení, kdy se nad sledovaným územím současně vyskytuje tlaková níže a vypadávající srážky ještě násobí účinky oteplení. V České republice mohou smíšené povodně větší území rozsah než povodně z trvalých srážek. (Brázdil 2005)

4.3.4 Ledové povodně

Ledové povodně jsou způsobeny oteplením po delších časových obdobích s teplotami hluboko pod bodem mrazu. Ledová vrstva vytvořená na řekách je vlivem oteplení rozlámána na kry, které jsou unášeny po proudu a v místech s menším průtočným profilem (např. mosty) vytvoří ledovou bariéru a způsobí vzednutí hladiny. (Brázdil 2005)

4.3.5 Zvláštní typy povodní

Mezi zvláštní typy povodní lze zařadit např. povodně způsobené náhlým přehrazením koryta vodního toku sesuvem půdy, lavinou masy sněhu či horniny nebo ucpání koryta či mostních otvorů naplaveninami. Specifickým typem povodní jsou také povodně způsobené při havárii vodních děl, např. protržením přehrad či jiných hrází. Škody z těchto povodní mají zpravidla lokální charakter. (Brázdil 2005)

4.4 Stupně povodňové aktivity

Stupně povodňové aktivity představují míru ohrožení obyvatel před právě aktuální povodní. Stupně jsou vyhlášovány orgány státní správy. Každá stanice má

definovány výšky hladin (někdy i jim odpovídající průtoky), které odpovídají jednotlivým stupňům povodňové aktivity.

4.4.1 1. stupeň – „bdělost“

Nevyhlašuje se, nastává při nebezpečí z povodně. Voda zůstává v korytě vodního toku, průtok dosahuje nadprůměrných hodnot. Dosažený 1. stupeň signalizuje nebezpečí příchodu povodně a měl by sloužit jako signál k předběžné přípravě na povodeň, například kontrolu okolí vodního toku. Činnost zahajuje hlídková a hlásná služba. (zdroj: www.chmi.cz)

4.4.2 2. stupeň – „pohotovost“

Voda již vystupuje z koryta vodního toku a začíná zaplavovat přilehlá území. Ještě nepůsobí téměř žádné škody, zaplavuje převážně jen louky, pastviny, lužní lesy či ostatní příbřežní vegetaci. Aktivizují se povodňové orgány a provádějí se aktivity pro zmírnění průběhu povodně podle povodňového plánu. (zdroj: www.chmi.cz)

4.4.3 3. stupeň – „ohrožení“

Voda začíná zaplavovat i území, kde již vznikají škody. Může se jednat o obytné domy, průmyslové areály, významné dopravní spojnice apod. Provádějí se zabezpečovací a v případě potřeby záchranné práce a evakuace obyvatel podle podkladů povodňového plánu. (zdroj: www.chmi.cz)

4.5 Protipovodňová opatření

Povodně představují pro Českou republiku největší přímé nebezpečí v oblasti přírodních katastrof, neboť toto území nepatří mezi regiony, kde se projevují seizmické a vulkanické děje anebo povětrnostní extrémů typu tornád a hurikánů. Povodně však jsou příčinou závažných krizových situací, které provází nejenom rozsáhlé materiální škody, ale rovněž ztráty na životech obyvatel postižených území a rozsáhlá devastace kulturní krajiny včetně ekologických škod. (Nařízení vlády č. 100/1999 Sb.)

Povodně jsou přírodní fenomén, kterému nelze zabránit. Jejich nepravidelný výskyt a variabilní rozsah nepříznivě ovlivňují vnímání rizik, která přinášejí, což komplikuje systematickou realizaci preventivních opatření. Ochrana před povodněmi není nikdy absolutní. Lze však částečně omezit povodňové kulminační průtoky a ovlivnit časový průběh povodní. (Nařízení vlády č. 100/1999 Sb.)

Povodňová ochrana je definována na úrovních stát – samospráva – občan. Pro minimalizace následků povodní je nejdůležitější prevence, na které se kromě státu musí podílet právě také samosprávné celky a v ne nepodstatné míře také sami občané. Dle nařízení vlády 100/1999 Sb v platném znění je třeba provádět opatření systémově s ohledem na provázání vlivů v rámci povodí. Lze je rozlišit na opatření v krajině a technická opatření, přičemž je u obou druhů vždy nutné sledovat jejich dopad na životní prostředí.

4.5.1 Opatření v krajině

Opatření v krajině spočívají především ve změnách využití pozemků a ve změnách jejich pokryvů a tím zvýšení zachycování vody v povodí a zpomalení jejího odtoku z nezastavěných území. U menších toků je snaha o obnovení přirozené retenční a akumulární schopnosti krajiny, vodních toků a údolních niv. Je rovněž nutné zachovávat a vhodným způsobem využívat přirozená inundační území. Základním typem opatření v krajině jsou komplexní revitalizace koryt vodních toků a rozšiřování, resp. obnova přirozených míst rozlivů.

Opatření v krajině tvoří významnou součást protipovodňových opatření, jejich účinek ovšem nelze přeceňovat, zejména při extrémních povodních, kdy mají tato opatření na velká povodí jen malý vliv. Realizace těchto opatření je problematická zejména z hlediska výkupu pozemků, které jsou nyní často využívány pro zemědělské účely. (Patočka 1989)

Revitalizace vodních toků

Obecným účelem revitalizačních úprav vodních toků je odstranění nebo zmírnění negativních důsledků úprav vodních toků na ekosystémy, obnovení nebo zlepšení jejich ekologické funkce v krajině se zohledněním účelových funkcí vodního toku, pro které byl upraven.

Koncepci revitalizace říční sítě jako součást protipovodňových opatření je nutné navrhovat vždy komplexně a s ohledem na území, kterým daný tok protéká. Opatření v povodí v extravilánu má přinést zejména zpomalení postupu povodňové vlny a snížení úrovně její kulminace pomocí zmenšení kapacity koryta a rozlivem v nivě a podporu přirozených forem retence povodňových vod v nivě nebo v poldrech. Toto se děje zakomponováním stabilizačních tůňek a bočních výhonů, vkládáním příčných

objektů do toku, které napomáhají jeho přirozenému meandrování, nebo také odstraněním opevnění koryta a tím jeho rozšíření.

V zastavěných územích kde je prioritní ochrana majetku obyvatel, je naopak protipovodňového účinku dosahováno kapacitní úpravou koryta a tím zrychlením odtoku povodňové vlny z místa. I zde je ale žádoucí začlenit do revitalizačních opatření prvky blízké přírodě, a ne jen pouhé průtokové kanály. Základními metodami revitalizačního řešení v intravilánu jsou rozšíření upraveného koryta „položením břehů“ do rozevřenějšího říčního profilu, vyhloubení aktivních postranních ramen v přírodě blízkých tvarech a obnovení či vytvoření povodňových průlehů se zbytky či napodobeninami starých ramen, tůní a mokřadů. Návrh těchto opatření, které urychlují průtok povodňové vlny územím, je třeba vždy zpracovat také s přihlédnutím ke stavu sídel položených v nižších částech povodí. (Patočka 1989)

4.5.2 Technická opatření

Úkolem technických opatření je především zmírnění účinků povodně zachycením jejího objemu a tím snížením kulminačních průtoků nebo zabráněním rozlivů. Technická opatření jsou navrhována na základě matematických modelů výpočtů hladin a průtoků návrhových povodní a jsou realizována především jako protipovodňové hráze a zdi. (Říha a kol. 2014)

Suché nádrže

Suché nádrže jsou jedním ze základních prostředků ochrany před povodněmi. Jejich princip spočívá v zadržení vody v retenčním prostoru a tím snížení kulminačního průtoku toku, jehož voda se do suché nádrže vylévá. Aby byl princip ochrany pomocí suchých nádrží zajištěn, musí být umístovány nad chráněným územím, což mimo jiné přináší zvýšené požadavky na bezpečnost těchto děl.

Při návrhu suchých nádrží se vychází z množství norem, jejichž dodržení zajišťuje splnění původního záměru a technické bezpečnosti stavby. Jsou to především:

- zákon č. 254/2001 Sb., zákon o vodách
- TNV 75 2415: Suché nádrže
- ČSN 75 2410: Malé vodní nádrže
- ČSN 75 2340: Navrhování přehrad (parametry hráze výpustí, bezpečnostních a nouzových přelivů z hlediska bezpečnosti)

- ČSN 75 2405: Vodohospodářská řešení vodních nádrží (velikosti objemů prostorů nádrže)

(Říha a kol. 2014)

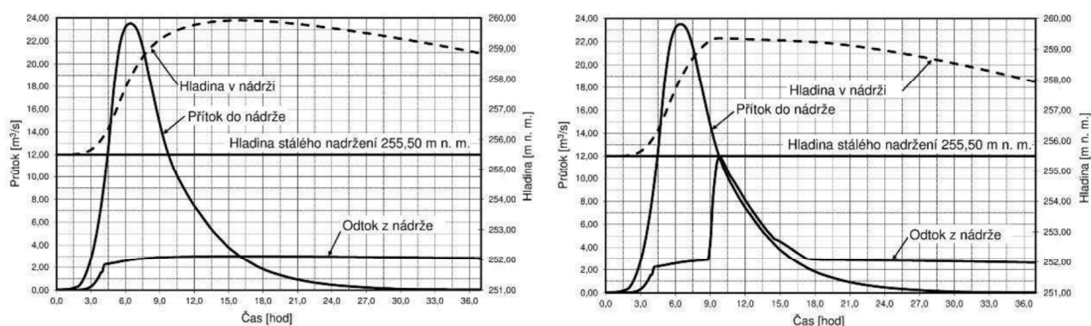
Dle TNV 75 2415 je suchá nádrž definována jako vodní nádrž určená k ochraně před účinky povodní, ve které je celkový objem nádrže téměř shodný se součtem ovladatelného a neovladatelného ochranného prostoru. Plní retenční funkci a snižuje povodňový průtok v korytě vodního toku; může mít v poměru k celkovému objemu zanedbatelné stálé nadržení, které plní krajinytvornou či ekologickou funkci. (TNV 75 2415)

Suchá nádrž se od ochranné nádrže odlišuje tím, že zatápná území nemusí nutně být ve vlastnictví správce povodí. Pozemky suchých nádrží bývají mimo povodně často obhospodařovány zemědělskou nebo lesnickou činností. Za škodu, která rozlivem povodní vznikne na půdě, polních plodinách, lesních porostech nebo stavbách, náleží majiteli finanční náhrada.

V současnosti se v rámci zvýšení ochrany před povodněmi uvažuje o desítkách nových suchých nádrží a změně koncepce některých malých vodních nádrží na nádrže suché.

Řešení suché nádrže

Základním principem suché nádrže je její transformační účinek na návrhovou povodeň, která se v dané oblasti může vyskytnout s určitou pravděpodobností vycházející z klimatických a hydrologických podkladů. Retenční objem nádrže musí být schopen zastavit nárazový kulminační průtok a svou kapacitou ho snížit pod neškodný průtok. Při úplné transformaci povodňové vlny odtéká voda z nádrže pouze spodní výpustí a velikost odtoku je tedy nižší než neškodný průtok. (Říha a kol. 2014)



Obr. 2 Částečná a úplná transformace povodňové vlny (Říha a kol. 2014)

Povodňová vlna, na kterou není suchá nádrž projektována, se transformuje pouze částečně. Je dosažena hladina ochranné výpusti a celkový odtok je součtem odtoku z výpusti a odtoku ochrannou výpustí a může překročit neškodný průtok.

Pro případy, kdy je přítok do nádrže větší než odtok a dojde k zaplnění ochranného prostoru (nadprojektová povodňová vlna, ucpání výpusti), musí být suchá nádrž vybavena bezpečnostním přelivem hráze. Přelivná hrana je umístěna níž než koruna hráze a svojí kapacitou musí dosahovat největšího možného přítoku do nádrže, aby nedošlo k přelití koruny hráze. Pokud je plánováno stálé nadržení, musí být nádrž vybavena zařízením pro udržování provozní hladiny. (Říha a kol. 2014)

Často je zaměňován pojem poldr a suchá nádrž. Dle ČSN 75 0121 je poldr prostor v říčním údolí přilehlý k toku, který po naplnění vodou při povodni plní retenční funkci a snižuje povodňový průtok v toku. Po průchodu povodně se prostor zcela vyprázdí a zpravidla se zemědělsky využívá (obdobu suché nádrže). Poldr je tedy suchá nádrž, na které se nachází zemědělsky obhospodařované plochy. (ČSN 75 2410; ČSN 75 0121)

Ochranné hráze

Mezi technická protipovodňová opatření zařazujeme protipovodňové hráze. O jejich návrhu šířeji pojednává samostatná kapitola.

Provizorní protipovodňové stěny

Tradiční metodou provizorního zajištění ochrany před povodňovou vodou je stavba hrází z narovnaných pytlů naplněných pískem. Tato metoda je i přes své nevýhody stále hojně využívána. Její největší negativa spočívají zejména v nepoměru „cena/výkon“, kdy je na vybudování pytlových zátarasů potřeba velké množství dobrovolníků, které pytle plní a rovnají, dále je nutné dodat tuny písku (a tedy použít

mnoho nákladních vozidel), který je po kontaminaci povodňovou vodou obtížně dále využitelný.

Nový způsob řešení provizorních protipovodňových stěn vyvinula například kanadská společnost International Flood Control. Systém mobilních protipovodňových zábran s názvem Tiger Dam funguje na principu „vodou proti vodě“ a lze jej zjednodušeně popsat jako systém pyramidovitě uspořádaných plastových tubusů plněných vodou. Tubusy jsou vyrobeny z PVC vyztuženého silnými skleněnými vlákny a mají délku 15,2 m a průměr 0,45 m. Jejich hlavní výhodou je relativně nízká manipulační hmotnost v prázdném stavu (27 kg) a také rychlost a jednoduchost instalace ve spojení s vysokou efektivitou opatření. Tubusy jsou rozloženy na určeném místě, pomocí manžet na koncích spojeny do požadované délky a od spodní vrstvy jsou napuštěny vodou. Pro naplnění lze použít vodu z hydrantu ale také přímo vodu povodňovou. Naplněný tubus dosahuje hmotnosti až 3 tuny. Po zaxifování tubusů pomocí popruhů dochází k plnění vyšších vrstev. Nejčastěji používaná výška hráze je 0,85 m, k dosažení výšky hráze 1,25 m jsou do základny hráze umístěny tři tubusy. Pro větší stabilitu takto postavené stěny je možné ji uchytit do podkladu pomocí kotev. K minimalizaci průsaků hrází je mezi jednotlivé vrstvy umístěna polyetylenové fólie. Po pominutí povodňového rizika jsou tubusy vypuštěny, vypláchnuty a po vysušení umístěny ve skladu. Životnost tubusů jejich dodavatel určuje na 17 let. (KUČERA 2011)

Výhody tohoto a podobných systémů spočívají především ve snadné manipulaci, rychlosti instalace a malých nároků na skladování systému a jeho údržbu. Poměrně vysoké jsou však pořizovací náklady, kvůli kterým se některá města a obce stále přiklání k hrázím z pytlů s pískem.



Obr. 3 Systém Tiger Dam (Stavební noviny 2011)

4.6 Návrh ochranných hrází

Pro správné vypracování návrhu ochranných hrází je vždy nutné spojit znalosti problematiky z vícero vědních disciplín. Kromě technických aspektů je vždy třeba zohlednit zásahy do krajiny a také dopad na faunu a flóru. Řešení návrhu by vždy mělo být provedeno ve více variantách a výsledný návrh by měl být nejvýhodnější alternativou z hlediska spolehlivosti jednotlivých objektů i celého systému, ekonomické efektivity a environmentální přijatelnosti.

4.6.1 Stanovení kóty koruny hráze

Kóta koruny hráze je stanovena jako vyšší z následujících úrovní:

- poloha hladiny při návrhové povodni zvýšená o příslušné převýšení,
- poloha hladiny při kontrolní povodňové vlně zvýšená o příslušné převýšení se zohledněním vlivu případného odlehčení části průtoku (např. hrázovým přelivem).

(Říha 2010)

4.7 Návrhová povodeň

Při volbě návrhové povodně je třeba brát ohled na hospodářská, technická, ekonomická a urbanistická hlediska. Návrhová povodeň je zpravidla stanovena jako průtok se zvolenou N -letostí, kde N je doba opakování kulminačního průtoku v době návrhu. Příslušnou hodnotu průtoku udává Český hydrometeorologický ústav. Je ovšem potřeba mít na paměti, že návrhovým parametrem je průtok a ne jeho doba opakování N . Nežádá se za návrhovou povodeň volena největší povodeň, která

se v dané lokalitě v historii vyskytla. Při volbě opakování N se přihlíží zejména k těmto faktorům:

- potřeba ochrany území v zahrází s ohledem na snížení škod na zdraví a životech lidí a materiálních škod,
- odpovídající míra ochrany území stanovená metodami rizikové analýzy s přihlédnutím k dalším kritériím, jako je např. počet obyvatel, hodnota majetku, umístění důležitých staveb a objektů, nebezpečí ohrožení významných vodních zdrojů atd.,
- vliv na přírodu, krajinu, kulturní statky,
- ekonomickou efektivitu opatření.

(Říha a kol. 2014)

Varianty uspořádání ochranných hrází jsou diferencovány podle místních podmínek daných morfologickými poměry, mírou urbanizace území, jeho konfigurací apod. V případě neurbanizovaných ploch se návrh přizpůsobuje povrchu území, typu a bonitě zemědělské půdy a především prvkům infrastruktury nacházejícím se v území. (Říha a kol. 2014)

V předběžných úvahách je možné přistoupit na přiřazení doby opakování k různým potenciálům škod ve smyslu doporučení, které shrnuje tab. 1.

Druh přilehlých pozemků	Návrhový průtok
Historická zástavba	$\geq Q_{100}$
Veřejné komunikace	dle významu Q_{20} až Q_{100}
Souvislá zástavba, významné průmyslové areály	Q_{100}
Větší sídliště, výrobní objekty	Q_{50} až Q_{100}
Menší sídliště	Q_{20} až Q_{50}
Účelové komunikace	Q_{10} až Q_{50}
Sady, zahrady, chmelnice	Q_{10}
Orná půda	Q_5
Louky, lesy, pastviny	Q_{30d} až Q_1

Tab. 1 Návrhové průtoky pro předběžné stanovení míry ochrany (Říha 2010)

4.7.1 Převýšení hráze

Určení polohy návrhové hladiny při povodni je závislé na hydraulických výpočtech koryt a inundačního území, hydrologických a geodetických podkladech. Nejistoty plynoucí z možných chyb při výpočtech či malou podrobností geodetických

podkladů jsou zohledněny převýšením koruny ochranné hráze nad hladinu navrhovaného průtoku. Převýšení hráze je svislá vzdálenost mezi korunou hráze a hladinou návrhové, popř. kontrolní povodně. (Říha 2010) Doporučené převýšení hráze, které stanovuje Vyhláška 367/2005 Sb., o technických požadavcích pro vodní díla a ČSN 75 2102, je shrnuto v tab 2.

Návrhový průtok	Doporučované převýšení
$\geq Q_{100}$	0,3 - 1,0 m
$< Q_{100}$	do 0,5 m

Tab. 2 Doporučené převýšení hráze (ČSN 75 2102)

4.7.2 Koruna a svahy hráze

Parametry koruny hráze se stanovují v návaznosti na její účel. Při výšce hráze do 2 m je dostačující šířka nepojízdné koruny 2 m. Pokud je navrhovaná hráz vyšší, je nutné počítat s minimální šířkou 3 m, a pokud je po koruně hráze vedena komunikace, je třeba šířku koruny hráze přizpůsobit potřebám této komunikace. Pojízdná koruna hráze může být opevněna např. asfaltem, betonovými bloky či válcovanou drtí. Pokud se nepožaduje jiné opevnění koruny, je nutné ji alespoň osít trávou. Pro dobré odvodnění by měla být koruna hráze lehce klenutá či vyspádovaná alespoň ve sklonu 2 % k návodnímu svahu hráze. (Říha 2010)

Při návrhu svahů hráze je třeba posuzovat stabilitu hráze a zároveň přihlížet na její jednoduchou údržbu a co nejpřirozenější začlenění do krajiny. Hráze s pozvolným a měnícím se sklonem svahu a se zakřivenými lavičkami osazenými dřevinami podporují lepší začlenění do okolní krajiny a vykazují vyšší odolnost vůči porušením činností hlodavců. Tyto požadavky ovšem velmi často naráží na snahu o minimalizaci plochy dotčených pozemků a nutných záborů. (Říha 2010)

4.7.3 Průzkum podloží

Důležitou součástí návrhu ochranné hráze je průzkum jejího podloží, se zaměřením zejména k jeho propustnosti a pevnosti. Těleso hráze by nemělo v podloží vyvolat velké rozdíly v celkových napětích, které by mohly vést k nežádoucímu nerovnoměrnému sesedání hráze.

Podrobnější pečlivý průzkum je zvláště žádoucí u nepravidelné skladby podloží. U poddajných, soudržných a organických zemin je potřeba při stanovení únosnosti zohlednit tlak vody v pórech vzniklý přitížením a jeho vývoj v čase. Průzkum

podloží je prováděn pomocí vrtů, sond nebo terénních geotechnických zkoušek. Vrty je zjišťována také přírodní úroveň hladiny podzemní vody. Čerpacími nebo vsakovacími pokusy, popř. nalévacími zkouškami se odvozuje propustnost podložních vrstev. (Říha 2010)

4.7.4 Zakládání ochranných hrází

Ochranná hráz je zakládána na únosném podloží, ze kterého byla odstraněna vegetace, humózní vrstva, neúnosné zeminy a zeminy s větším množstvím organických látek. Založení hráze se doporučuje na mocné a souvislé těsnící krycí vrstvě (stropním izolátoru), tvořené např. kvartérními náplavovými hlínami a jíly. Tyto se vyskytují často v širokých údolních nivách, kde jejich podloží tvoří propustné písčité a štěrkopísčité zeminy mocnosti až několik desítek metrů. V těchto případech je ochranná hráz zavázána do přírodní nepropustné těsnící vrstvy za předpokladu nejmenšího narušení a ponechání co největšího rozsahu těsnící vrstvy v předhrází. Je třeba také prověřit poměry na vzdušné patě hráze a posoudit nutnost odvodnění podloží za hrází s ohledem na možnost hydraulického prolomení nepropustného nadloží tlakem vody v propustném podloží. (Říha a kol. 2014)

Pokud jsou pevnostní a průsakové vlastnosti podloží zcela nevhodné, je třeba provést jeho zlepšení. Únosnost podloží může být zvýšena pomocí vertikálních drénů, zavibrováním kamenné drtě, zabudováním geotextilie, přitížením poddajné vrstvy podloží násypem, nebo výměnou zeminy. Tato opatření však musí být prováděna tak, aby při povodni nevznikly větší průsaky, které by případně mohly vést k filtračním deformacím zemin podloží. Zmenšení sedání lze dosáhnout výměnou zeminy a jejím nahrazením kamennou drtí s cílem započítí sedání již během stavby. (Říha 2010)

4.7.5 Těsnění ochranné hráze a podloží

Úkolem těsnění hráze je snížení průsaků. Podle polohy těsnícího prvku v příčném profilu hráze jsou těsnění rozlišována na povrchová (vnější, svahová) a vnitřní. Při návrhu je vždy třeba vždy vzít v úvahu vliv těsnění na stabilitu tělesa hráze.

Těsnění hráze je vyvedeno nad návrhovou hladinu vody to výšky, kde spolehlivě zamezí průsakům a porušení hráze při průchodu povodně. Nejvyšší úroveň těsnění po proběhnutém sednutí je obvykle směrodatná pro určení mezní bezpečné hladiny ochranné hráze. Vždy je třeba přihlídnout k režimu podzemní vody, zejména k její

interakci s vodním tokem, případně také na účinky hladiny vody zahrází či poldrů. (Říha 2010)

Těsnění může být realizováno jako zemní nebo z umělých materiálů.

4.7.6 Zemní těsnění

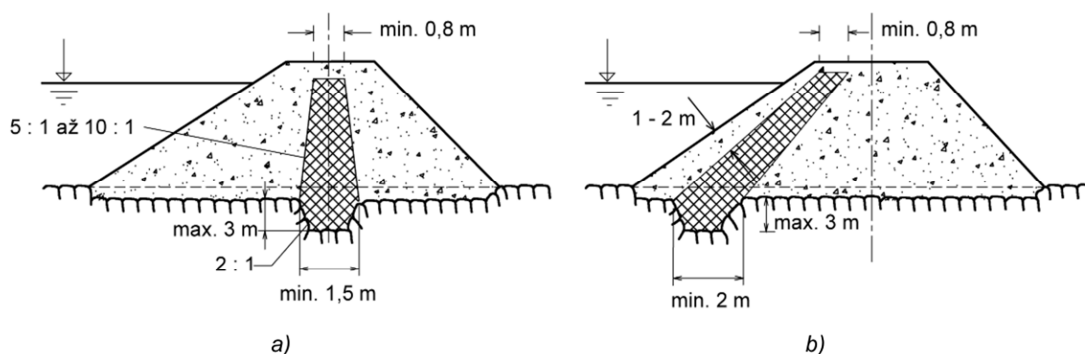
Šířka zemního těsnění musí být rovna alespoň jedné čtvrtině výšky hráze. Menší šířka je možná pouze u vnitřního těsnění, a to za předpokladu dobré a neproměnné kvality a vlhkosti těsnící zeminy a za předpokladu, že přetvoření stabilizační části hráze ani podloží neohrozí funkci těsnícího prvku. Podle umístění v těle hráze se zemní těsnění rozlišuje na povrchové a vnitřní.

Povrchové těsnění

Povrchové těsnění je umístěno na nebo při návodním svahu. Sklon návodní těsnící vrstvy je určován na základě geotechnických vlastností materiálu těsnění. Směrem ke koruně hráze se může tloušťka těsnění zmenšovat. Pomocí vrstvy zrnitého materiálu je těsnění chráněno před mechanickými a atmosférickými poškozeními (např. vysychání, mráz, poškození hlodavci nebo vegetací). Zároveň je třeba zajistit ochranu před narušením těsnění z důvodu vysoké rychlosti proudu v toku nebo chodu ledových ker. Těsnění také musí odolat případnému tlaku vody ze vzdušní strany hráze, ke kterému může dojít v případě, že hladina vody v toku po povodni klesá rychleji než hladina vody v zahrází. (Říha 2010)

Vnitřní těsnění

Vnitřní těsnění se umísťuje pod korunu uvnitř ochranné hráze. Jeho hlavní výhoda spočívá v tom, že je oboustranně chráněno proti vnějším vlivům a možným přetlakům vody i ze vzdušní strany hráze. Tento typ těsnění je využíván, pokud je v zahrází umístěn poldr. (Říha 2010)



Obr. 4 Nehomogenní ochranná hráz a) se středním dělicím prvkem, b) s těsněním při návodní lici (Říha a kol. 2014)

4.7.7 Těsnění z umělých materiálů

K těsnění z umělých materiálů se při návrzích klasických protipovodňových hrází přistupuje jen výjimečně. Uplatňují se především u kanálových hrází, které musí odolávat trvalému zatížení vodou. Podle polohy těsnění vůči hrázi lze opět rozlišit povrchový a vnitřní typ.

Povrchové těsnění

Pro povrchová těsnění se nejčastěji používá beton, asfaltobeton nebo geomembrána tvořená plastovou fólií. (Říha 2010)

Vnitřní těsnění

Pro vnitřní těsnění z umělých materiálů jsou nejčastěji využívány jílocementové, ocelové štětové popř. betonové stěny, či těsnicí stěny vytvořené tryskovou injektáží. V současné době jsou hojně využívány technologie umožňující promíchání zeminy stávající hráze nebo jejího podloží s umělou směsí na bázi cementu, jílu a dalších pojiv. (Říha 2010)

4.7.8 Odvodnění hráze a podloží

Úkol drenážních prvků hráze je zachytit a bezeškodně odvést průsakovou vodu z tělesa hráze. Návrh drenážního systému je připravován v návaznosti na těsnění hráze a její podloží. Odvodňovací systémy jsou nejčastěji uloženy v blízkosti vzdušného svahu a jsou vybudovány tak, aby byly snadno kontrolovatelné a udržovatelné. Sestávají se z drenážního potrubí, drenážního přísypu a z filtrů. (Říha 2010)

4.7.9 Drenáž

Doporučení týkající se drenážních systémů, které zpracovává ČSN 75 2310, uvádí, že je při návrhu kapacity drenážního systému třeba zohlednit možnost porušení těsnící funkce hráze nebo podloží a uvažovat se zhruba dvacetinásobnou rezervou oproti výpočtové hodnotě průsaku. (ČSN 75 2310)

Materiály používané na drenážní systémy musí splňovat požadavky na odvodnění zemin v tělese hráze a zároveň musí být filtračně stabilní vůči sousedním zeminám. Drenážní přísypy jsou většinou tvořeny pískem, štěrkem, drtí, sutí, struskou nebo geotextilií. Odvedení prosáklé vody je prováděno sběrným drenážním podtrubím nebo příkopem umístěným při vzdušní patě hráze. Sběrná zařízení se zaústějí do šachet, odkud se voda odvádí spolu s dalšími vnitřními vodami. (Říha 2010)

4.7.10 Filtry

Konstrukční vrstvy hráze je třeba chránit především před kontaktní sufozí, kdy dochází k vyplavování jemných částic zeminy na styku s hrubším materiálem druhé zeminy nebo s drenáží. Tomuto procesu zabráňují umístěvané přechodové zóny – filtry. Filtry mohou konstruovány jako vodorovné, svislé nebo skloněné a mohou být složeny z jedné nebo více vrstev. Nicméně počet vrstev je vždy vhodné omezit na minimum. Jako konstrukční materiál filtrů jsou používány přirozené zeminy jako např. písky, štěrkopísky a štěrky, drtě nebo umělé porézní hmoty jako tkaniny, betonové porézní prefabrikáty apod. Filtry musí být zhutněny s ohledem na očekávané sedání okolní sypaniny. Materiál filtru by neměl být náchylný k segregaci při jeho zpracování a dopravě a nesmí vykazovat žádnou soudržnost, či sklon ke slepování zrn nebo k dalším změnám vyvolaným fyzikálními, chemickými nebo biologickými procesy. Při použití textilií je třeba počítat s jejich omezenou životností, zejména v návaznosti k jejich možnému poškození např. hlodavci, kořenovým systémem rostlin a také snížením jejich propustnosti zakolmatováním. Vlastnosti filtru jsou voleny tak, aby odpovídaly postupu jeho zřizování a hutnění, u svislých a šikmých filtrů z přírodních materiálů se doporučuje se volit šířku minimálně 2,0 m. Při použití přírodních materiálů by největší zrno filtru nemělo být větší než 63 mm a směs by neměla obsahovat více než 5 % zrn o velikosti do 0,063 mm. Tloušťka filtrační vrstvy závisí na typu filtru. U vícevrstevného filtru je stanovena na min. 0,5 m, u odstupňovaného filtru nejméně 0,25 m. Materiál se doporučuje rozprostírat a hutnit ve vrstvách tloušťky 0,25 až 0,30 m. (Říha 2010)

4.7.11 Odvedení vnitřních vod

Jako vnitřní vody jsou označovány vody vyskytující se v zahrází v průběhu povodně. Tyto vody není možné při zvýšených vodních stavech v toku gravitačně odvést do recipientu.

Mezi vnitřní vody jsou řazeny:

- vody prosáklé hrázemi,
- vody prosáklé podložím,
- srážkové vody,
- splaškové vody (ve většině případů přiváděny do čistírny odpadních vod).

K odvedení těchto vod slouží systém odvodnění navržený v zahrází, který se skládá z místní stokové sítě a sběrných příkopů a průlehů. Sběrné příkopy by měly být umístěny nejméně 2,5 m od vzdušní paty hráze. Zachycená voda je odváděna buď do sběrných jímek, odkud je po opadnutí povodně gravitačně odvedena nebo přečerpána zpět do vodního toku, anebo k čerpací stanici odkud je do toku přečerpávána již při povodni. (Říha 2010)

V případě poldru umístěného v ochranném prostoru za hrází méně kapacitního vodního toku je k jeho plnění použit hrázový přeliv, který je po opadnutí povodně použit i k následnému odvodnění zahrází. U průtočného inundačního území je odvodnění zajištěno systémem drobných toků nebo melioračních svodnic. Zaústění do hlavního toku je provedeno otvory v ochranné hrázi dimenzovanými v závislosti na průtoku převáděném inundačním územím. (Říha 2010)

5 Charakteristika studijního území

5.1 Hydrologické údaje České republiky

Česká republika se nachází na rozhraní tří úmoří:

- severního úmoří, jehož voda je odváděna řekou Labe,
- černého úmoří, kde vodu odvádí z českého území řeka Morava, která se dále vlévá do řeky Dunaj,
- baltského úmoří, kde jsou srážky odváděny řekou Odrou.

5.1.1 Základní charakteristiky vodního hospodářství ČR

Na území České republiky, která má rozlohu 78 866 km², se nachází celkem 108 000 km vodních toků. Z toho 16 300 km jsou významné vodní toky, zbytek tvoří drobné vodní toky. Dále je na území České republiky 165 významných a 523 drobných vodních nádrží, asi 1 tisíc jezů, 522 km vodních cest a zhruba 24 000 rybníků, 74 141 km vodovodů, 41 911 km kanalizace a 2 557 čistíren odpadních vod. (MZ 2013)

5.2 Povodí Labe

Labe je jednou z nejvýznamnějších řek střední Evropy. Jeho povodí o ploše přes 148 tisíc km² je charakterizováno antropogenním ovlivněním, jehož přítomnost můžeme datovat až do 10. století.

5.3 Labe v České republice

Řeka Labe je po Dunaji, Rýnu a Visle čtvrtou největší řekou střední Evropy. Celková délka toku dosahuje 1 091 km, z nichž 460 km připadá na úsek Horního Labe, jehož 368 km teče českým územím. Labe pramení v Krkonoších v nadmořské výšce 1 386,3 m n. m. Jeho povodí dosahuje nad soutokem s Vltavou plochy 13 714 km² a dlouhodobého průměrného ročního průtoku 101 m³/s. Po cestě z Krkonoš do Polabské nížiny přibírá Labe mimo jiné vody Orlice a Jizery. Největším přítokem je Vltava, která má na soutoku s Labem průměrný roční průtok 154 m³/s a plochu povodí 28 090 km². Vltava má tedy o polovinu vyšší průtok a více než dvojnásobnou rozlohu povodí a to, že řeka pod soutokem u Mělníka nese jméno Labe, je velkým hydrologickým paradoxem. Na trase od soutoku s Vltavou ke státní hranici

s Německem přibírá Labe z významnějších toků ještě Ohři, Ploučnici a Bílinu. (Simon a kol. 2005)

stanice	1. stupeň [cm]	2. stupeň [cm]	3. stupeň [cm]
Brod	300	340	370
Němčice	350	400	450
Přelouč	240	330	400
Nymburk	310	400	440
Kostelec	520	620	680
Mělník	400	500	550
Litoměřice	400	480	550
Ústí nad Labem	450	530	600
Děčín	400	490	560

Tab. 3 Vybrané stanice na řece Labi a jejich stupně povodňové aktivity (www.chmi.cz)

5.4 Novodobá historie povodní v České republice

5.4.1 Červenec 1997

Příčinou vydatných srážek, které mezi 5. a 16. červencem 1997 způsobily povodně postihující Moravu, Slezsko a část východních Čech, byla mohutná tlaková níže, která se nad české území posouvala od severní Itálie. Díky poli vyššího tlaku vzduchu nad Skandinávií byla tato tlaková níže zablokována na rozhraní Česka a Polska, kde s kombinací návětrné strany Beskyd a Jeseníků, vyústila ve vydatné, několik dní trvající deště.

Při těchto povodních zahynulo na území České republiky 50 osob. Poškozeno bylo téměř 29 tisíc domů, celkové škody byly odhadnuty na 62,6 miliard korun. Kromě Česka bylo touto povodní postiženo také Polsko, Slovensko a Rakousko. (Brázdil 2005)

5.4.2 Srpen 2002

Povodeň v srpnu 2002 byla jednou z nejničivějších povodní, která kdy české území zasáhla. Na některých místech dosahovaly průtoky až tisíciletých hodnot, „standardní“ byly i průtoky odpovídající pětisetleté vodě. První vlna srážek byla způsobena tlakovou níží, která nad naše území přešla 6. srpna z Pyrenejského poloostrova a držela se zde bez výraznějšího pohybu dva dny. Nejvíce srážek spadlo na území jižních Čech, kde se kromě trvalých srážek vyskytovaly i silné přívalové lijáky. Obdobná situace se zdržením tlakové níže nad naším územím se opakovala

ještě jednou od 11. srpna, kdy velmi silné srážky zasáhly oblasti, které díky předchozím deštům nezvládly pojmout již další množství vody. V Hřensku kulminovalo Labe se 100 až 200 letým průtokem. Povodní bylo postiženo celkem 986 obcí a celkové škody se vyšplhaly téměř na 73 mld. Kč. Následkem povodní bylo usmrceno 19 osob. (MŽP 2005)

5.4.3 Jarní povodeň 2006

Povodeň, která zasáhla Českou republiku a přelomu března a dubna 2006, byla způsobena rychlým odtáváním sněhové pokrývky za přispění dešťových srážek. Postiženy byly především oblasti kolem toků Dyje, střední a dolní Moravy, Sázavy a Lužnice s Nežárkou. Kulminační průtoky v některých lokalitách byly zaznamenány na hodnotách Q_{50} , na Dyji a dolní Moravě dosáhly dokonce hodnot Q_{100} . Povodeň byla extrémní také z hlediska délky trvání povodňových stavů, kdy na některých tocích trvaly i déle než deset dní. Povodeň si vyžádala 9 lidských obětí a způsobila škody ve výši více než 6 mld. Kč. (MŽP 2006)

5.4.4 Červen a červenec 2009

V létě roku 2009 postihla Česko další z typických letních povodní, která byla způsobena četnými bouřkami. Bouřkové pásmo se díky rozložení tlakových útvarů nad východní a severní Evropou nad naším územím zdrželo celých dvanáct dní (nejdelší období tzv. cyklonální situace od roku 1946). V tomto období nebyl v postižených oblastech ojedinělý výskyt opakujících přívalových lijáků, které způsobovaly prudký vzestup hladin řek a tzv. bleskové povodně. Nejvíce byla povodní zasažena oblast Nového Jičína, kde byly místy naměřeny až stoleté úhrny srážek, které vedly k rozvodnění řeky Jičínky. Povodeň zasáhla také oblast Jesenicka a Fulnecka. (MŽP 2009)

5.4.5 Květen a červen 2010

Druhá polovina května a počátek června 2010 byly srážkově nadprůměrné. Vzhledem k převládajícímu dešťovému charakteru počasí také v první polovině května, byla většina povodí již nasycena a spád dalších srážek tak vyvolával poměrně rychlou odezvu zvýšením hladin řek. Nad českým územím se s odstupem deseti dní zdržely postupně dvě tlakové níže. Povodně zasáhly především oblast Novohradských Hor a povodí Malše a severní Moravy, konkrétně povodí Bečvy. (MŽP 2010a)

5.4.6 Srpen 2010

Povodně v srpnu 2010 byly způsobeny tlakovou níží, postupující z jižní Evropy, která byla nad naším územím pozdržena díky výběžkům vyššího tlaku vzduchu ze severní Evropy. Vypadávající srážky postihly především oblast severních Čech, kde intenzivní dvoudenní deště způsobily vylití toků v povodí řek Smědá, Lužická Nisa, Ploučnice, Kamenice a Mandava. (MŽP 2010b)

Českou republiku zasáhla významná povodeň naposledy v červnu 2013 a po povodních v letech 1890 a 2002 znamenala třetí největší povodně v novodobé historii. Situace z června 2013 je blíže popsána v následující kapitole.

5.5 Povodeň v červnu 2013

5.5.1 Meteorologické příčiny

V průběhu května se nad Britskými ostrovy nacházela brázda nízkého tlaku vzduchu, která postupovala přes střední Evropu. Tato tlaková níže zapříčinila nadprůměrný spád srážek nad Českou republikou (152 % dlouhodobého průměru). Květnové srážky způsobily silné nasycení půdy, což mělo značný vliv na odtokovou odezvu a tedy na povodňovou situaci, která byla ještě umocněna dalšími silně nadprůměrnými srážkami během měsíce června (174 % dlouhodobého průměru). (MŽP 2013a)

Povodně z června 2013 byly typické letní a vyskytly se ve třech vlnách:

- 29. května – 3. června,
- 9. – 11. června,
- 24. a 25. června.

5.5.2 1. vlna (29. května – 3. června)

První vlna povodní, trvající od 29. května do 3. června, s výraznou srážkovou epizodou 1. – 2. června, byla způsobena tlakovou níží, která se vytvořila 30. května na východě od České republiky a postupovala nad naším územím, kde se vyskytovala téměř 20 hodin bez výraznějšího pohybu. První vlna zasáhla výlučně Čechy. (MŽP 2013a)

Srážky především v Krkonoších a středních Čechách od 1. června od 8 hodin po dobu jednoho dne dosáhly ojediněle hodnoty více než 100 mm. Dále byly

nejintenzivnější srážky naměřeny v Novohradských horách a na Šumavě. (MŽP 2013a)

5.5.3 2. vlna (9. – 11. června)

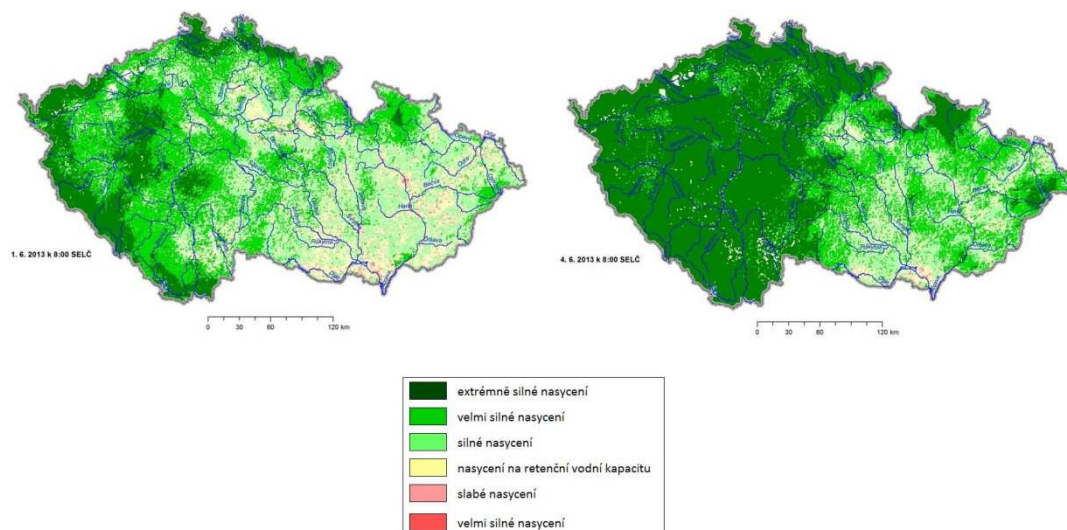
Nad střední Evropou došlo 9. června ke střetnutí tlakové níže, která putovala od Atlantského oceánu, a tlakové níže vytvořené nad Skandinávským poloostrovem. Střetem těchto dvou systémů vznikl nad českým územím pás bouřek, které zde setrvaly téměř bez pohybu. Intenzivní srážky se nicméně vyskytovaly pouze lokálně (Mělnicko, Děčínsko, Mladoboleslavsko) a ke zvednutí hladin došlo především na malých tocích. Od 17. června začal do ČR proudit velmi teplý vzduch od jihu. Mezi druhou a třetí vlnou se na území ČR vyskytovalo období letních až tropických teplot, kdy maximální denní teploty dosahovaly až 35 °C. (MŽP 2013a)

5.5.4 3. vlna (23. – 26. června)

Třetí vlnu povodní způsobila brázda nízkého tlaku vzduchu, která se nacházela nad Britskými ostrovy a začala postupovat do střední Evropy, v kombinaci se studenou frontou a tlakovou níží na jihovýchodě Evropy. Jejich střetnutím došlo ve střední Evropě k tvorbě intenzivních srážek především v Krušných a Jizerských horách a na Českomoravské vrchovině, což způsobilo další vlnu povodní především v povodí Labe a Dyje. (MŽP 2013a)

5.5.5 Hydrologické zhodnocení

Květnové srážky způsobily silné nasycení půdy, které mělo značný vliv na odtokovou odezvu a tedy na povodňovou situaci. Stav nasycení půdy je znázorněn na obr 5. Nasycení se nejrychleji projevilo na pravých (Otava, Berounka) i levých (Lužnice, Sázava) přítocích Vltavy, Labi i na Vltavě samotné. Došlo k rychlému plnění Vltavské kaskády. V Praze způsobily největší problémy Botič a Rokytky. V Praze-Libni byla uzavřena protipovodňová vrata na vtoku Rokytky do Vltavy a voda z Rokytky byla čerpadly čerpána přes tato vrata. Povodňový přítok Rokytky ovšem přesahoval kapacitu čerpadel a došlo ke zvednutí hladiny a vylití říčky koryta. (MŽP 2013a)



Obr. 5 Nasycení půdy 1. a 4. června 2013 (MŽP 2013b)

Na soutoku Labe a Vltavy došlo ke zpětnému vzduť Labe podobně jako při záplavách v roce 2002. Labe v Mělníku kulminovalo o 22 hodin později než v Praze, 5. června ve 3:00 s průtokem 3 640 m³/s a hladinou 936 cm, což odpovídá době opakování 50 let. V Ústí nad Labem kulminovalo Labe o 17 hodin později než v Mělníku s průtokem 3 630 m³/s. Zde se jednalo se o 20 – 50 letý průtok. (MŽP 2013a)

tok	stanice	datum	čas	hladina [cm]	průtok [m ³ /s]	doba opakování [roky]
Vltava	Vyšší Brod	7.6.	10:10	262	131	5
Vltava	České Budějovice	2.6.	18:00	486	628	50-50
Vltava	Praha-Chuchle	4.6.	4:50	546	3040	20-50
Vltava	Vraňany	4.6.	13:10	785	3080	20-50
Labe	Jaroměř	3.6.	2:50		243	10
Labe	Mělník	5.6.	3:00	936	3640	50
Labe	Ústí nad Labem	5.6.	19:50	1072	3630	20-50
Labe	Děčín	6.6.	1:20	1074	3740	20-50
Labe	Hřensko	6.6.	2:50	1108	3750	20-50

Tab. 4 Kulminační průtoky povodní v červnu 2013 v různých stanicích (MŽP 2013a)

5.5.6 Dopady povodně

Bylo evakuováno přes 26 000 osob z celkem 105 obcí, nahlášeno 16 úmrtí, dotčeno bylo celkově 1 400 obcí, 66 rodinných domů a bytů bylo statikem určeno k demolici. Škody způsobené povodněmi se vyšplhaly na 15,4 mld. Kč. Největší škody vznikly v dopravní infrastruktuře. Na pojišťovny bylo hlášeno 38 227 pojistných událostí

v celkové výši více než 2 mld. Kč. Nejvíce postižené obce shrnuje následující tabulka. (MŽP 2013a)

obec	kraj	škoda [mil. Kč]
Praha	Praha	3841
Terezín	Ústecký	922
Kly	Středočeský	266
Hořín	Středočeský	243
Křešice	Ústecký	232

Tab. 5 Nejvíce postižené obce povodní v červnu 2013 (MŽP 2013a)

5.5.7 Porovnání s historickými povodněmi

Novodobé povodně a jejich porovnání s povodní v roce 2013 shrnuje tab. 6.

povodně	typ	zasažená oblast	doba opakování [roky]	úmrť	škody [mld. Kč]
červenec 1997	letní	povodí Odry a Moravy	100-500	60	63
srpen 2002	letní	povodí Vltavy, Berounky, Labe	200-1000	19	73
březen – duben 2006	z tání	povodí Dyje, Moravy, Lužnice	50-100	9	6
červen – červenec 2009	letní přívalové	Jesenicko, Děčínsko	100	15	9
srpen 2010	letní	Lužnice, Nisa, Ploučnice	50-100	5	10
červen 2013	letní	povodí Vltavy, Berounky, Labe	20-50	16	15

Tab. 6 Srovnání novodobých povodní v ČR (MŽP 2013a)

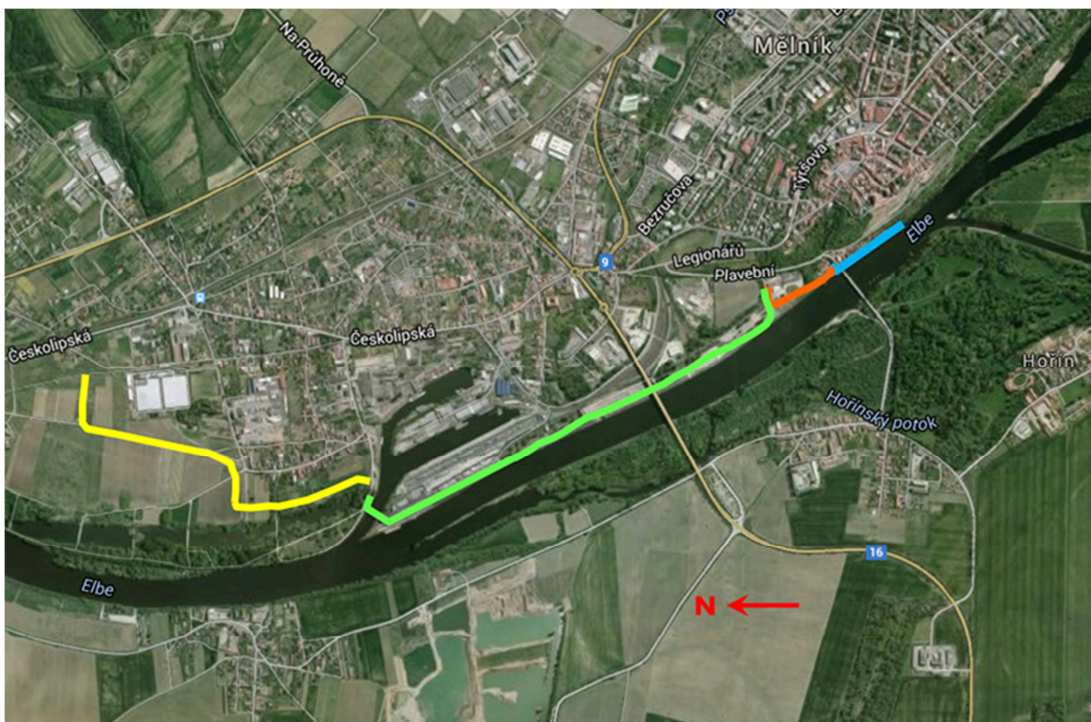
Z tabulky je patrné, že co do počtu úmrtí vlivem povodně a celkových škod, je povodeň z června 2013 třetí nejhorší v novodobé historii České republiky.

6 Současný stav řešené problematiky

6.1 Protipovodňová opatření ve městě Mělník

Vodní dílo „Labe, Mělník, protipovodňová ochrana“ je situováno na pravém břehu Labe v říčním kilometru cca 832,6 až 836,92, v katastrálním území Mělník.

Realizovaná protipovodňová opatření, vodní dílo „Labe, Mělník, protipovodňová ochrana“ jsou liniovou stavbou rozčleněnou do čtyř lokalit: Mlazice, Přístav, Vinařství a Rybáře. Protipovodňová ochrana je navrhována jako kombinace zemních hrází, zídek a mobilních hrazení. Dokumentaci pro stavební povolení pro MÚ Mělník zpracovala v červnu 2011 společnost Valbek, spol. s r.o. Liberec, se sídlem Vaňurova 505/17, 460 02 Liberec. Hlavním inženýrem projektu byl p. Ing. Jaromír Drašar.



Obr. 6 PPO Mělník (žlutá: Mlazice, zelená: Přístav, oranžová: Vinařství, modrá: Rybáře) (zdroj: maps.google.com)

Protipovodňová opatření jsou navržena na povodňový průtok Q_{100} s bezpečnostním převýšením + 0,30 m, resp. Q_{20} + 0,30 m pro lokalitu Rybáře.

Architektonické a výtvarné řešení v případech obecně prospěšných staveb zpravidla ustupuje funkčnosti celého řešení, nicméně v Mělníku byla snaha o co nejmenší narušení rázu lokality. Použitím kombinace několika způsobů opatření, např. zídky

s průchody z mobilního hrazení, není vyloučeno užívání území i mimo povodňové stavy. Zemní hrázky mohou v budoucnu případně sloužit jako cesty pro pěší či cyklostezky. (Valbek 2011)

Výstavba byla zahájena na začátku roku 2012 a dokončena měla být v červnu 2013. Na začátek června 2013, tedy na období, kdy Česko zasáhla povodeň, byly původně naplánovány těsnící a další zkoušky před kolaudací projektu.

Vodní dílo „Labe, Mělník, protipovodňová ochrana“ ale nakonec muselo projít tou nejostřejší možnou zkouškou.

6.1.1 Lokalita Mlazice

Lokalita Mlazice se nachází v severozápadní části města Mělník, na pravém břehu řeky Labe. Převažuje zde zástavba přibližně 350 rodinných domů a menších komerčních objektů, je zde mateřská škola a základní škola pro první stupeň. Tato městská část má díky bezprostřední blízkosti řeky Labe s povodněmi své zkušenosti. Největší škody v novodobé historii napáchala povodeň v roce 2002, kdy řeka Labe na Mělníku kulminovala na výšce 1 066 cm.

Protipovodňové opatření v této lokalitě je navrženo na povodňový stav do průtoku Q_{100} s bezpečnostním převýšením + 0,30 m a tvoří ho zemní hráz s drenážním potrubím v celkové délce 1 744 m. Hráz je vybudována především na zemědělsky využívaných pozemcích. (Valbek 2011)

Protipovodňové opatření v lokalitě Mlazice se skládá s následujícími prvky:

Ochranná zemní hráz

- celková délka: 1 744,0 m
- výška: 0,0 až 5,0 m, průměrná výška cca 3,0 m
- sklon svahů: 1:3 (návodní) a 1:2 (vzdušný)
- šířka v koruně: 3,0 m

V koruně hráze je vybudována zpevněná komunikace šířky 2,5 m s 0,25 m nezpevněné krajnice pro potřeby pojíždění vozidel údržby. Vozovka se skládá z dvouvrstvého asfaltového nátěru, penetračního makadamu tloušťky 90 mm, mechanicky zpevněného kameniva o tloušťce 150 mm a vrstvy štěrkodrti tloušťky 200 mm. Stejnou konstrukci mají i dva přejezdy hráze široké 3 m a 6 m. Pro zajištění odtoku vody z částí za hrází jsou na dvou nejnižších místech vybudovány propusty

DN 800 s šachtou, ve které je umístěn uzávěr. Propusty umožňují také snadnější odtok vody z části za hrází v případě nahromadění srážkových vod v chráněném území. Návodní líc hráze je v místě přečerpávání vody přes hráz a v místě křížení s horkovodem opevněn dlažbou z lomového kamene. Hráz je vybavena betonovými bloky pro upevnění potrubí k čerpání vody přes korunu hráze. Svahy hráze jsou ohumusovány a osety hydroosevem. (Valbek 2011)

Podzemní těsnicí prvek

- délka: 1 744 m
- hloubka: 5,0 m

Parametry podzemního těsnicího prvku byly navrženy na základě výsledků matematického modelování proudění podzemních vod. Těsnicí stěna byla realizována metodou MIP (mixed-in-place). Při použití této metody dochází na místě stavby k mechanickému smíchání zeminy s pojivem. V důsledku změny půdního skeletu dochází k vyplnění volných prostor (pórů) zeminy suspenzí. Výsledkem je tzv. „zemní beton“, do kterého je přidána zemina jako plnivo. Podzemní těsnicí stěna není navržena na úroveň nepropustného podloží. Její hlavní úlohou je prodloužení průsakové dráhy a zmenšení množství průsaků za linií protipovodňové ochrany. V přechodu mezi podzemní těsnicí stěnou a tělesem hráze je stěna ukončena betonovou hlavou (ostruhou), z důvodu napojení a hutnění násypu. V místech stávajících inženýrských sítí – parovod, vodovody, kanalizace, kabelová vedení, kde není možné použít metodu MIP, je těsnicí stěna provedena jinou metodou, např. tryskovou injektáží. (Valbek 2011)

Drenážní systém

- délka: 1744m
- DN 300
- maximální kapacita: 200 l/s
- 4 sběrné šachty
- průběžné drenážní potrubí délky 1748,5 m
- 34 drenážní šachty
- 4 čerpací šachty
- dva propustky DN 800 s šoupátkovým uzávěrem a zpětnou klapkou

Průběžný drenážní systém byl navržen v návaznosti na provedení podzemní těsnicí stěny, která není zavázána do skalního podloží, a také vzhledem k relativně vysoké propustnosti podloží i výsledkům modelu proudění podzemních vod. Drenážní systém je realizován na vzdušné straně v patě hráze. Drén svádí průsakové vody do sběrných šachet, kde je při zvýšeném zatížení konstrukce navrženo mobilní čerpání. Sběrné šachty jsou navrženy čtyři, vždy v blízkosti přejezdů hráze nebo stávajících cest, dále je část drenážního systému odvodněna do přístavního bazénu. Systém se skládá z průběžného drenážního potrubí DN 300, drenážního obsypu a revizních šachet pro případ údržby. Tyto šachty je možné použít v případě zvýšené potřeby k čerpání. Celková délka drenážního potrubí je 1 748,5 m, na trase je 34 drenážních šachet a 2 čerpací šachty. Dle inženýrsko-geologického průzkumu je maximální průtok drenážních vod na celou délku hráze při povodňové situaci 200 l/s. Lokalita Mlazice zahrnuje rovněž opatření na stávajících inženýrských sítích. (Valbek 2011)



Obr. 7 Ochranná hráz v lokalitě Mlazice při povodni 2013 (Povodí Labe 2014)

6.1.2 Lokalita Přístav

Lokalita Přístav se rovněž nalézá v severozápadní části města na pravém břehu Labe, se kterým těsně sousedí, a zahrnuje areál společnosti České přístavy a.s. Protipovodňové opatření je realizováno štětovnicovou zdí délky 1 177,8 m a je

navrženo pro průtok $Q_{100} + 0,30$ m a jeho součástí je také zajištění uzávěru přístavního bazénu a uzávěru zaústění toku řeky Pšovky do Labe. (Valbek 2011)

Lokalita Přístav zahrnuje následující části:

- přístavní zeď,
- zemní hráz,
- protipovodňovou zeď,
- zaústění Pšovky a čerpací stanici,
- zaústění přístavu.

Přístavní zeď s parametry

- provedení: ocelové štetovnice pod vjezdem do přístavu a zeď nad vjezdem do přístavu
- délka: 960,14 m a 237,00 m
- výška: 5,85 m nad upraveným dnem
- koruna na kótě 158,25 m n. m.
- 51 kotvených pacholat s výstupními žebříky
- 4 zpětné klapky DN 300 na vyústění drenáže a kanalizace

Přístavní zeď je dělena na úsek „Nad vyústěním Pšovky“ a „Pod vyústěním Pšovky“.

Zemní hráz s opevněním svahu

Zemní hráz s návodním těsněním folií nad a pod vyústěním Pšovky je realizována v délce shodné s délkou obou úseků přístavní zdi. V koruně hráze je vybudována zpevněná vozovka pro pojíždění vozidel údržby. V hrázi se nachází celkem šest schodišť a dva sjezdy. V části úseku pod vyústěním Pšovky je vybudován patní drén. (Valbek 2011)

Protipovodňová zeď v ulici Rybáře

Protipovodňová zeď v celkové délce 102 m a korunou na kótě 162,10 m n. m. je přibližně kolmá na břeh vodního toku. Je tvořena štetovou stěnou, v koruně zpevněnou železobetonovým trámem délky 60 m a železobetonovou úhlovou zdí délky 42 m. Ve zdi se nachází prostup o šířce 3 metry, který je při povodňovém stavu hrazen pomocí mobilního hrazení. Součástí tohoto stavebního objektu je také ochranná zemní hrázka přes trasu kolejové spojky „A“ přístavních vleček Českých přístavů o délce 68,0 m a výšce cca 4,35 m. Koruna této zemní hrázky se nachází na kótě 162,00 m n. m. (Valbek 2011)

Zaústění Pšovky a čerpací stanice

Pro ochranu před zpětným vzednutím hladiny řeky Pšovky, která v prostředí mělnického přístavu vtéká do Labe, jsou na jejím ústí instalována vzpěrná vrata, která jsou na navazující opatřena napojena mobilním hrazením. Vrata mají šířku 10 m a výšku 7,1 m. V délce cca 75 m do vyústění Pšovky došlo v úpravě jejího koryta. Říčka je jedním z recipientů vnitřních vod v chráněném území lokality. Při povodňové situaci na Labi, kdy dojde k uzavření vzpěrných vrat, je tedy třeba udržovat její hladinu v chráněném území. Konkrétně v rozmezí kót 157,20 - 158,72 m n. m. Pro zajištění přečerpávání nadměrných průtoků Pšovky je zde vybudována čerpací stanice. Čerpací stanice je navržena na celkovou maximální kapacitu 13,2 m³/s, což odpovídá přibližně pětiletému průtoku. Stanice je vybavena šesti ponornými vertikálními vrtulovými čerpadly se samostatnými vtoky chráněnými hrubými česlemi. Součástí čerpací stanice je také trafostanice s rozvodnou vysokého a nízkého napětí. (Valbek 2011)

Zaústění přístavu

Ochrana areálu přístavu před pronikáním povodňové vody skrze přístavní bazény je realizována pomocí vzpěrných vrat. Vrata jsou široká celkem 24,0 m a ode dna úvratí dosahují výšky 10,25 m. Jsou opatřena manipulačními plošinami a svodidly po obou stranách ohlaví a zábradlím. Vrata jsou vybavena dvěma šoupátkovými otvory o rozměrech 2,0 m × 2,0 m, které slouží pro vyrovnávání hladin na obou stranách vrat. Vzpěrná vrata bezprostředně navazují na protipovodňovou hráz v lokalitě Mlazice, napojení na protipovodňovou stěnu v ulici Rybáře je realizováno pomocní mobilních hrazením. Součástí stavby jsou také základy pro mobilní protipovodňové hrazení v ulici Rybáře (nikoli Lokalitě Rybáře) délky 4,0 m. Mobilním hrazením šířky 4,0 m a výšky 1,65 m je zabezpečována také příjezdová komunikace k přístavním bazénům. Součástí stavebního objektu je také mobilní naftová elektrocentrála o jmenovitém napětí 400/230 V a jmenovitém výkonu 16,25 kVA. Lokalita Přístav rovněž zahrnuje opatření na stávajících sítích. (Valbek 2011)



Obr. 8 Sypaná hráz v lokalitě Přístav během povodně v červnu 2013 (MŽP 2013a)



Obr. 9 Protipovodňová opatření v lokalitě Přístav, přístavní bazény (MŽP 2013a)

6.1.3 Lokalita Vinařství

Lokalita Vinařství leží severozápadně od historického centra města Mělník v ulici Rybáře. Protipovodňová opatření v této lokalitě jsou zaměřena na ochranu dvou komplexů nemovitostí, vinařství a bytového domu, a jsou řešená základy pro mobilní hrazení o délce 99,2 m v kombinaci s opěrnou zdí délky 248,0 m. Navržená ochrana je pro povodňový stav do průtoku Q_{20} s bezpečnostním převýšením + 0,30 m. (Valbek 2011)

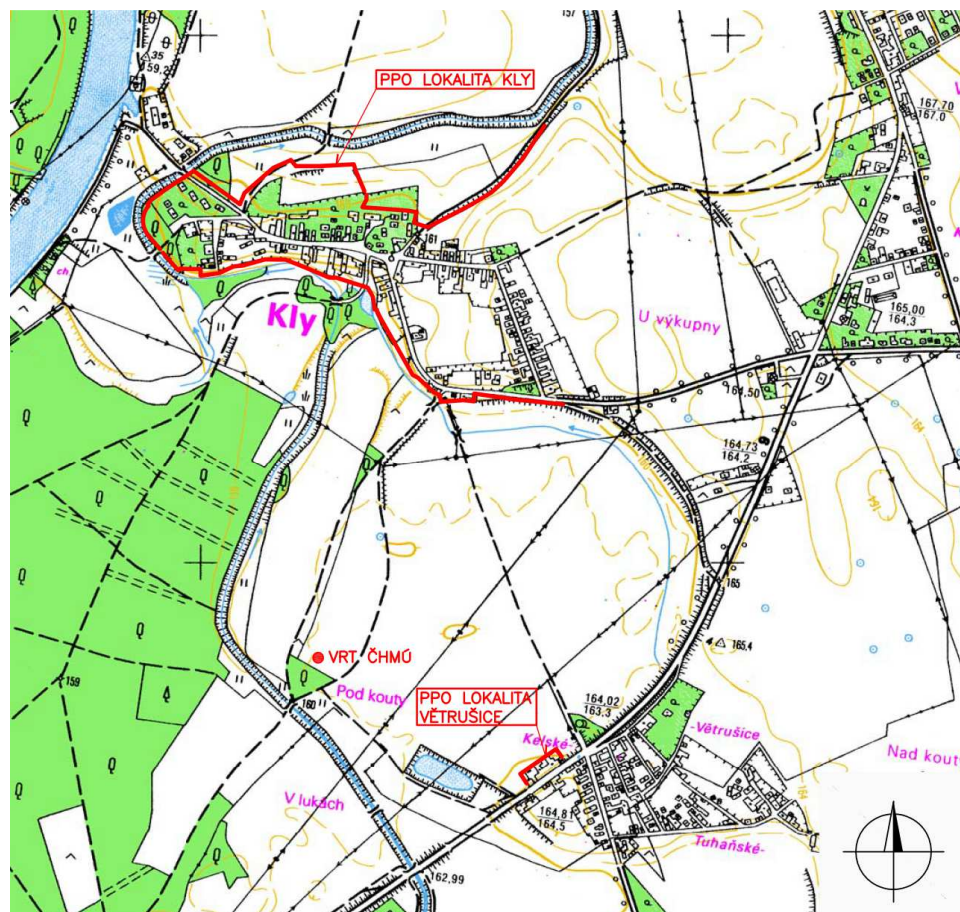
6.1.4 Lokalita Rybáře

Lokalita Rybáře zahrnuje rodinné domy nacházející se u pravé paty mělnického mostu Josefa Straky přes Labe a protipovodňová opatření jsou zde tvořena základy pro mobilní hrazení délky 159,7 m, železobetonovou zídou délky 22,1 m a nábrežní betonovou opěrnou zdí o délce 30,2 m. Opatření je navrženo pro průtok $Q_{100} + 0,30$ m. (Valbek 2011)

6.2 Přípravovaná protipovodňová opatření v obci Kly

Obec Kly se nachází přibližně 5 – 7 km jihovýchodně od města Mělník, mezi řekou Labe a Turbovickým hřbetem, nedaleko silnice I/9. Západní hranice obce se rozkládá při pravém břehu Labe, cca 4,5 km nad soutokem Labe a Vltavy. Obec se skládá ze šesti historických částí, přičemž povodní jsou nejvíce ohroženy dvě z nich – Kly a Větrušice. Část Kly, která bezprostředně sousedí s tokem Labe, se nachází v nadmořské výšce 157,0 – 159,0 m n. m., přičemž již výška hladiny povodně při Q_{20} dosahuje nadmořské výšky 161,6 m n. m. (Sweco Hydroprojekt 2007) Obec se tedy s povodní setkává poměrně často.

Studie protipovodňových opatření byla zpracována v roce 2007 společností Sweco Hydroprojekt a.s. Protipovodňová opatření jsou navržena variantně pro povodeň Q_{20} a Q_{100} s navýšením +0,30 m. Opatření jsou koncipována jako trvalá nová stavba, zahrnující zemní hrázky a betonové zídky s podzemní částí s těsnicí clonou, doplněné o mobilní hrazení ze slitin lehkých kovů. Aby byl co nejméně narušen režim podzemních vod, nebude těsnicí clona zapuštěna až do skalního podloží, přičemž možné průsaky při povodni budou přečerpávány běžnou čerpací technikou. (Sweco Hydroprojekt 2007)



Obr. 10 Celková situace PPO v lokalitě Kly a Větrušice (linie PPO červeně zvýrazněna) (Sweco Hydroprojekt 2007)

Celkové investiční náklady byly v roce 2007 vypočteny na přibližně sto milionů korun. Tab 7 shrnuje ekonomickou rentabilitu navrhovaných opatření, kdy se jako výhodné jeví obě uvažované varianty.

Varianta	investiční náklady na objekty PPO [mil. Kč]	redukce kapitalizovaného rizika [mil. Kč]	poměrová efektivnost [-]
průtok Q_{20}	98 319	147 474	1,50
průtok Q_{100}	108 691	208 001	1,91

Tab. 7 Ekonomická rentabilita navrhovaných PPO (Sweco Hydroprojekt 2007)

6.2.1 Popis uvažovaných opatření

Linie protipovodňové ochrany v lokalitě Kly je navržena převážně podél stávajícího odvodňovacího příkopu a podél komunikací. Konstrukce protipovodňové ochrany je dle místních podmínek řešena vybudováním zemních hrází, pevných zídek a použitím mobilního hrazení, které bude využíváno především v místech křížení

trvalých staveb PPO s komunikacemi. Celková délka linie opatření dosahuje v části Kly přibližně 2 075 m. (Sweco Hydroprojekt 2007)

Sypané zemní hráze jsou uvažovány pro povodeň Q_{20} a jsou navrženy vysoké místy až 4,14 m s korunou šířky 3,0 m a sklonem svahů 1:2. Povrch celého tělesa hráze bude zatravněn. Pevné zdi výšky až 3,1 m pro Q_{20} a až 4,3 m pro Q_{100} budou do výšky cca 1,79 m založeny do monolitického pásu s minimální hloubkou 2,0 m. Zdi jsou navrženy jako betonové a jejich linie je vedena podél hranic pozemků. Povrchová úprava zdí tedy bude zvolena v návaznosti na okolní zástavbu. Dalším typem uvažovaných opatření je kombinace zemních hrázek s nastavením pevnými zídkami, které jsou využity především v místech, kde není z prostorových důvodů možné vystavět zemní hráz v požadované výšce ochrany. Mobilní hrazení bude osazováno na přejezdech na polních cestách. (Sweco Hydroprojekt 2007)

Protipovodňová ochrana lokality Větrušice je řešena pomocí mobilního hrazení, které bude v případě povodně Q_{20} instalováno na silnici u mostu přes odvodňovací příkop a u vjezdu na pozemek v této lokalitě. (Sweco Hydroprojekt 2007)

7 Výsledky a přínos práce

7.1 Protipovodňová opatření v Mělníku během povodně v červnu

Povodeň v červnu 2013 zasáhla Mělník ve chvíli, kdy byla ochranná opatření ještě ve fázi před kolaudací stavby, nicméně převážná část stavby vodního díla již byla dokončena a byla funkční. Průběh povodně však za bezproblémový označit zcela jistě nelze.

V lokalitě Vinařství, jejíž ochrana je navržena na průtok s dvacetiletým opakováním, došlo k překročení návrhového průtoku a k zatopení chráněného prostoru. (MŽP 2013a)

Mobilní hrazení v lokalitě Rybáře je sice navrženo na povodňový průtok Q_{100} s převýšením 0,30 m, nicméně mobilní stěny nebyly při povodni vůbec postaveny. Při zkušebním sestavování hrazení, které proběhlo přibližně tři týdny před povodní, bylo zjištěno, že část prvků pro ukotvení sloupků hrazení neodpovídá projektu a je nutné chybně provedené úseky opravit. Opravné práce ale nebyly v době povodně ještě dokončeny. Rovněž bylo zjištěno, že do projektu nebyla zahrnuta realizace vrat do jedné z částí lokality. Tímto prostorem by, i při zajištění mobilními stěnami, do chráněného prostoru vnikla povodeň již při dosažení výšky hladiny odpovídající padesátiletému průtoku.

Z hlediska fungování již téměř hotových opatření byla nejproblematičtější lokalita Přístav. Na některých místech lokality bylo během povodně dosaženo nivelety hráze, kdy hladina rozvodněného Labe přesáhla úroveň těsnícího prvku. V těchto místech vykazovala hráz velmi silné průsaky, které rozrušovaly vzdušnou patu hráze, a zároveň hrozilo posunutí, resp. utržení horní nebezpečné části koruny hráze. Kvůli zvýšení stability přístavní hráze bylo nutné přitěžovat její vzdušnou patu pomocí betonových bloků a dalších materiálů. Průsaky byly operativně sanovány. Vzhledem k výšce kulminační hladiny řeky Labe, kdy místy hrozilo přelití koruny hráze, byla hráz místy navyšována pomocí pytlů s pískem a vaků. (MŽP 2013a)

Realizovaná opatření před povodní neprošla kontrolními zkouškami a nebylo tedy zcela jasné, jak budou na tlak povodňové vody reagovat. Hráze byly vystaveny velkým průsakům, které narušovaly jejich stabilitu, a také vysoké hladině Labe, která

přesahovala výšku zpevňujících těles hrází. V průběhu povodně proto sílily obavy z možnosti protržení ochranných hrází či z přelití jejich koruny. Při přelití koruny hráze by byly škody způsobeny především na samotné hrázi. Ovšem při protržení hráze by byly účinky povodní na chráněném území znásobeny silou vzniklé záplavové vlny. Kvůli obavám z protržení hráze bylo uvažováno o dočasném otevření šoupátkových otvorů protipovodňových vrat u přístavních bazénů. Vzhledem k chybějícím zátěžovým zkouškám však nebyl investor stavby PPO schopen garantovat, že by bylo možné šoupátkové otvory po nějaké době zase bezpečně uzavřít. Otevřené otvory by tak umožňovaly neomezený průtok povodňové vody do chráněného území, což by v průběhu času vedlo k zaplavení mělnických částí Mlazice a Pšovka.

Rozhodnutí vedení města neotevřít šoupátkové otvory vrat se zpětně ukázalo, jako správné, neboť protipovodňové hráze nakonec Labi odolaly.

7.2 Příčiny povodňové situace na Mělnicku

Vyhodnocení povodně 2013 v oblasti Mělníka přineslo rozpory mezi zaznamenanými úrovněmi hladiny a údaji z historických povodní. Na několika místech byla zaznamenána výška hladiny vyšší než při průtokově větších povodních, např. v roce 1845 nebo 1890. Na mělnickém vodočtu byla naměřena hladina, která by odpovídala průtoku $4\,300\text{ m}^3/\text{s}$ (Labe v červnu 2013 kulminovalo s průtokem $3\,640\text{ m}^3/\text{s}$). Tato výrazná odchylka je způsobena kombinací přírodních a antropogenních změn, především se jedná o změnu vegetace a tedy inundační schopnosti krajiny, výstavbu plavebního kanálu Mělník – Vraňany, výstavbou ochranných hrází v Praze a na jiných místech. (MŽP 2013a)

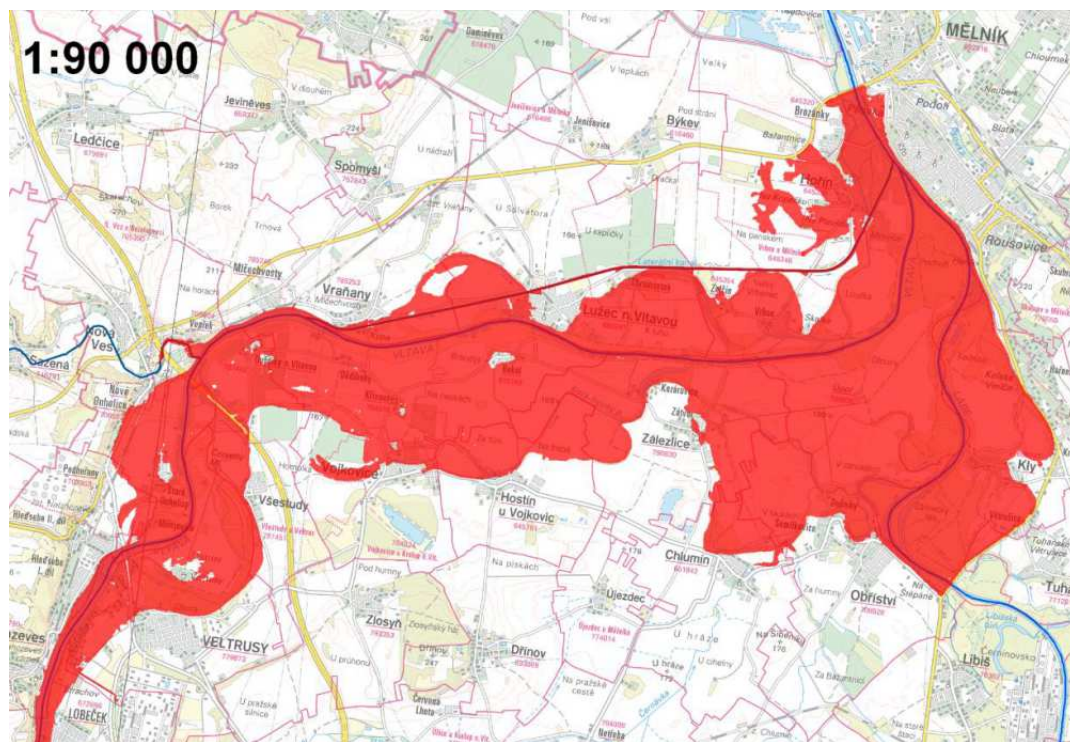
Parametry všech opatření realizovaných v lokalitách Mlazice, Přístav, Vinařství a Rybáře byly navrženy na základě povodňového modelu z roku 2005, který byl zpracován podle v té době nejpřesnějších podkladů a který stanovil výši hladiny Labe v Mělníku při Q_{100} . V roce 2012 byl v rámci projektu „Tvorba map povodňového nebezpečí a povodňových rizik“ vytvořen nový matematický model, který již vykazuje vyšší hladiny než ty, které byly stanoveny pro vodní dílo „Labe, Mělník, protipovodňová ochrana“. Z těchto podkladů vyplývá, že niveleta realizovaných PPO neodpovídá současným parametrům $Q_{100} + 0,30\text{ m}$ a je

doporučeno na základě těchto nových dat zpracovat návrh zvýšení nivelety protipovodňových opatření a toto následně realizovat. (MŽP 2013a)

7.3 Návrh alternativních řešení povodňových situací

Při zkoumání povodní ve středních Čechách je vždy třeba uvažovat v kontextu obou velkých řek, jejichž toky se zde setkávají. Povodně postihující tuto oblast v poslední době jsou zpravidla způsobovány rozlivem vody z Vltavy, přičemž k rozlivům Labe dochází až s přítokem povodňové vlny z Vltavy. Nad soutokem s Vltavou je Labe rozvodňováno kvůli jeho zpětnému vzduť. Podle souhrnné zprávy Povodí Labe o povodni v roce 2002 došlo ke zpětnému vzduť Labe až v délce 20 km. (Povodí Labe 2003).

Následující obrázek znázorňuje rozlivy a soutoku Labe a Vltavy u Mělníka.



Obr. 11 Mapa rozlivů na soutoku Labe a Vltavy při povodni 2013 (MŽP 2013a)

Součástí této práce je i vlastní návrh alternativních řešení protipovodňové ochrany pod soutokem s Vltavou, která by doplnila stávající opatření. Bylo uvažováno se dvěma variantami vedoucími ke snížení kulminačního průtoku Labe:

- návrh nových suchých nádrží,
- trvalé snížení hladiny ve VD Orlík.

7.3.1 Návrh suchých nádrží

Pro výstavbu poldrů byly vytipovány lokality při soutoku Labe a Vltavy, neboť právě zde se následky povodňové vlny projevují nejvíce. Z návrhu musely být vyloučeny dvě lokality, které jsou cenné z hlediska ochrany životního prostředí. Jedná se o vyhlášené přírodní rezervace Úpor a Kelské louky. Přírodní rezervace Úpor se nachází v cípu země mezi soutokem obou řek a je významný především výskytem zachovalých lužních lesů s bohatým výskytem např. sněženky podsněžníku. Významné nivní a mokřadní území Kelských luk se nachází na opačném břehu Labe, mezi tokem řeky a silnicí I/9. Stanovení lokalit potenciálně vhodných pro výstavbu suchých nádrží bylo komplikované zejména vůli poměrně hustému osídlení v blízkosti obou řek. Byly vytipovány dvě lokality, které by během povodně naakumulovaly část protékající vody, a tím by snížily kulminační průtok povodňové vlny.

První uvažovaná lokalita se nachází mezi laterálním kanálem Mělník – Vraňany a řekou Vltavou, nad jejich soutokem s Labem. Oblast je nazývána Mrkvice a v současnosti se zde nachází ovocné sady. Bylo navrženo vybudování poldru o ploše přibližně 220 ha (zdroj: www.mapa.cz). Hloubka navrhovaného poldru byla uvažována v rozmezí mezi 2,0 a 3,4 m.



Obr. 12 Lokalita Mrkvice (zdroj: www.mapa.cz)

Druhá lokalita se nachází v blízkosti přírodní rezervace Úpor, na části území cípu mezi Labem a Vltavou. Jedná se o oblast o rozloze přibližně 730 ha (zdroj: www.mapa.cz), která je nyní zemědělsky využívána. Hloubka navrhovaného poldru byla stejně jako v předchozí lokalitě uvažována v rozmezí mezi 2,0 a 3,4 m. Pracovně je lokalita označena jako Úpor, ovšem území rezervace Úpor není z pochopitelných důvodů do tohoto poldru zahrnuto.



Obr. 13 Lokalita Úpor (zdroj: www.mapa.cz)

Výpočet efektivity uvažovaných poldrů

Tab 8 shrnuje kapacitu vybraných potencionálních poldru pro různé hloubky výkopů.

hloubka výkopu [m]	Mrkvice [mil. m ³]	Úpor [mil. m ³]	celkem [mil. m ³]
2,0	4,4	14,6	19,0
2,2	4,8	16,1	20,9
2,4	5,3	17,5	22,8
2,6	5,7	19,0	24,7
2,8	6,2	20,4	26,6
3,0	6,6	21,9	28,5
3,2	7,0	23,4	30,4
3,4	7,5	24,8	32,3

Tab. 8 Kapacita uvažovaných poldrů v závislosti na hloubce výkopu

Pro zjednodušení simulace jsou obě lokality uvažovány jako jeden komplexní systém, který funguje společně. Celková maximální kapacita poldru byla výpočtem

stanovena na 32,3 mil. m³. Využití poldru je uvažováno k transformaci povodňové vlny, jejíž kulminace by byla využitím poldru snížena na průtok v hodnotě dvacetileté povodně. U dvacetiletého průtoku lze předpokládat vznik pouze malých škod, neboť jsou na mnoha místech realizována nebo připravována protipovodňová opatření s ochranou před právě takovou povodní. Dvacetiletý průtok ve stanici Mělník je 2 990 m³/s. (zdroj: www.pla.cz)

Napouštění poldru by bylo prováděno za následujících podmínek:

- při průtocích Labe v Mělníku do průtoku Q_{20} se poldr nenapouští,
- při průtoku Labe v Mělníku vyšším než Q_{20} se poldr začíná napouštět přes svoji regulovanou vpusť takovým průtokem, aby byl v Mělníku průtok právě Q_{20} .

Simulace ideálního tvaru povodňové vlny

V příloze 2 a 3 jsou zobrazeny dvě krajní varianty povodňových vln, které by poldr zcela naplnily a zároveň by udržely průtok ve stanici Mělník na hodnotě Q_{20} .

V příloze 2, dosahuje ve 48. hodině průtok hodnoty Q_{20} . V této chvíli dochází k otevření vpusti a k plnění poldru. S ohledem na tvar vlny se stavidlo vpusti dále otevírá až do 72. hodiny, kdy by netransformovaná povodňová vlna Labe v Mělníku kulminovala s průtokem 3 270 m³/s. Od 72. hodiny simulace se stavidlo vpusti začíná zavírat tak, aby byla dodržena podmínka, že Labe v Mělníku dosahuje průtoku maximálně 2 990 m³/s. V 96. hodině průtok klesá pod Q_{20} a vpusť poldru je uzavřena. Naakumulovaná voda bude z poldru vypuštěna v návaznosti na klesající průtok v Mělníku.

Pro případ, že by kulminace měla rychlejší charakter, je nasimulována povodňová vlna v příloze 3. V 60. hodině simulace dochází k překročení průtoku Q_{20} . V ideálním případě opět dochází k otevření vpusti, jejíž průtok je regulován tak, aby Labe v Mělníku nepřesáhlo Q_{20} . za dvanáct hodin dochází ke kulminaci s průtokem 3 550 m³/s a za dalších dvanáct hodin k podkročení pod Q_{20} .

Shrnutí

Popsanou simulací bylo znázorněno, že by byl vytipovaný poldr svojí kapacitou schopen transformovat povodňovou vlnu:

- s průtokem větším než Q_{20} po dobu maximálně 48 hodin a kulminačním průtokem 3 270 m³/s nebo

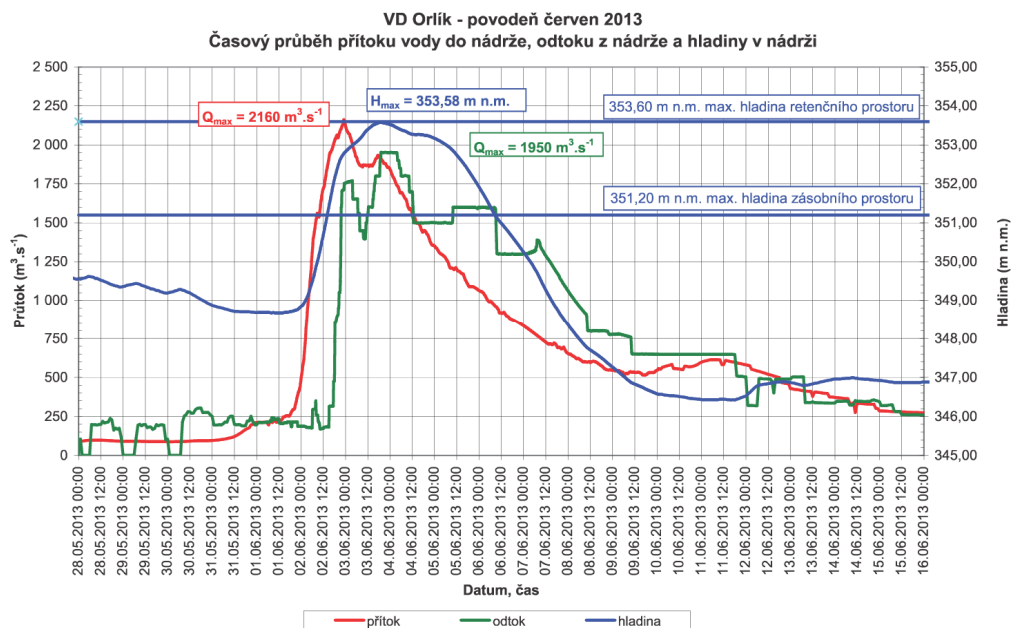
- s průtokem větším než Q_{20} po dobu maximálně 24 hodin a kulminačním průtokem $3\,550\text{ m}^3/\text{s}$.

7.3.2 Návrh snížení hladiny ve VD Orlík

Souhrnná zpráva vyhodnocení povodní v červnu 2013 uvádí, že vlastní odtok z Vltavské kaskády byl po přechodnou dobu snížen manipulací na VD Orlík a kulminace vlny ze Sázavy (v Nespekách $509\text{ m}^3/\text{s}$) se tak na Vltavě v Praze neprojevila. V době kulminace Berounky již však byl retenční prostor nádrže Orlík zcela zaplněn a odtok z Vltavské kaskády musel být zvýšen. Na soutoku Vltavy s Berounkou tak došlo k souběhu kulminací povodňových vln a tím znásobení účinků povodní. (MŽP 2013b)

Vyvstává tedy otázka, jak zabezpečit, aby se kulminační průtoky těchto dvou řek na svém soutoku nesetkaly. Jednou z možností je oddálení kulminačního průtoku Vltavy za pomoci zvýšení retenční schopnosti VD Orlík.

Průběh povodňové vlny na VD Orlík znázorňuje následující obrázek.



Obr. 14 Časový průběh průtoků a hladin VD na Orlík (MŽP 2013)

Je patrné, že od 20. května 2013, byl s ohledem na předpověď počasí zvýšen odtok z nádrže. 1. června dosahovala hladina $348,7\text{ m n. m.}$ a k dispozici tedy bylo 122 mil. m^3 volného objemu. 2. června začal vlivem silných srážek přítok do přehrady prudce stoupat, nicméně odtok byl držen stále na nízké úrovni, aby byl dostatek času pro realizaci protipovodňových opatření a aby se zabránilo společné

kulminaci Vltavy a Sázavy ve VD Slapy ve stejný čas. Kulminace dosáhl přítok téhož dne ve 23 hodin s hodnotou $2\,160\text{ m}^3/\text{s}$. 3. června chyběly hladině v nádrži pouze 2 cm, aby výšky hladiny dosáhla maximálního retenčního prostoru. Aby nedošlo k přelití koruny hráze a jejímu možnému poškození, začalo v 19 hodin razantní odpouštění rychlostí $1\,950\text{ m}^3/\text{h}$. (Povodí Vltavy 2013)

Naneštěstí se kulminační průtoky Vltavy a Berounky setkaly a v Praze – Chuchli byl ráno 4. června dosažen kulminační průtok $3\,040\text{ m}^3/\text{s}$. (MŽP 2013b)

Kdyby byl kulminační průtok z Vltavy pozdržen o několik desítek hodin, nedošlo by k takovým kulminačním průtokům na tocích za soutokem Berounky a Vltavy a povodeň by v těchto místech nezpůsobila takové škody.

Simulace odtoku z VD Orlick

Pro simulaci odtoku byl vytvořen zjednodušený model VD Orlick s různými výškami hladin, na které byla aplikována povodňová vlny z června 2013. Výsledek simulace je znázorněn v příloze 4. Data byla čerpána z (Povodí Vltavy 2013) a z (Bíňovec 2007).

Graf zobrazuje časový průběh skutečného odtoku z povodní 2013 a simulované odtoky pro varianty snížení stálé hladiny v nádrži o pět, deset a patnáct metrů. Vše za předpokladu dvou zjednodušujících podmínek:

- průběhy odtoků do 2. června jsou ponechány. Tím je zahrnuta reálná reakce na předpověď počasí a možnost dalšího dočasného snížení hladiny pro další navýšení retenčního prostoru
- bezpečnostní přelivy jsou plně otevřeny a jejich průtok je dán pouze výškou hladiny nad přelivem. Opět je ponechána možnost reagovat na aktuální situaci povodně na toku Vltavy. Tuto zjednodušující podmínku lze zahrnout s obhajobou, že jakákoliv manipulace s bezpečnostními přelivy (jejich přivření) by vedla k dalšímu zpoždění kulminačního průtoky, tedy k efektu, který je pro tuto situaci žádoucí.

Shrnutí

Z grafu je patrné, že stálým snížením hladiny VD Orlick dojde ke snížení kulminačního odtoku a také k jeho oddálení v čase.

- Při simulaci nádrže s hladinou sníženou o pět metrů je kulminační odtok snížen na $1\,521\text{ m}^3/\text{s}$. Je tedy o $429\text{ m}^3/\text{s}$ menší než při skutečném průtoky

a došlo k jeho oddálení o 7 hodin, čili na 4. června ve 2:00. Hladina dosahovala kóty 351,0 m, což je stále 2,6 m pod hladinou ovladatelného prostoru.

- Při simulaci nádrže s hladinou sníženou o 10 metrů je kulminační odtok snížen na 1 301 m³/s. Je o 649 m³/s menší než při skutečném průtoku a došlo k jeho posunutí o 16 hodin, tedy na 4. června v 11:00. Maximální hladina dosáhla výšky 350,3 m, což je o 3,3 m níže než hladina ovladatelného prostoru.
- Při simulaci nádrže s hladinou sníženou o 15 metrů je kulminační odtok snížen na 1 096 m³/s, což je téměř polovina skutečném průtoku. Došlo k jeho posunutí na půlnoc ze 4. na 5. června, celkové zpoždění činí 29 hodin. Maximální hladina v nádrži nepřekročila kótu 349,7 m. Pro dosažení neovladatelného ochranného prostoru by musela vzrůst ještě o 3,9 m.

8 Závěr a diskuse

Návrh poldrů v oblasti soutoku Labe s Vltavou je problematický zejména kvůli hustému osídlení v blízkosti obou řek. Obtížně se tedy hledá lokalita, kde by bylo možné umístit poldr takové velikosti a objemu, který by mohl transformovat povodňovou vlnu v rozsahu, aby byla výstavba tohoto opatření rentabilní. Výpočtem bylo zjištěno, že systém dvou poldrů, o ploše přibližně 730 ha a retenčním objemu přibližně 32,3 mil m³ by dokázal transformovat povodňové vlny odpovídající povodni s průtokem mezi Q_{20} a Q_{50} , za předpokladu zachování průtoku řeky pod poldrem na úrovni dvacetileté povodně. Q_{20} má v Mělníku hodnotu 2 990 m³/s (zdroj: www.pla.cz) a tento průtok byl zvolen z důvodu, že již realizovaná nebo připravovaná povodňová opatření v této lokalitě nebo dále po proudu jsou často dimenzovaná právě na takovou povodeň. Tento průtok by tak v lokalitě nemusel způsobit příliš velké škody. Velikost transformace se odvíjí od předpokládaného kulminačního průtoku povodňové vlny. Ve výpočtu byly simulovány dvě situace: povodňová vlna s předpokládanou kulminací na průtoku 3 270 m³/s a vlna s kulminací na 3550 m³/s. Z grafů zobrazených v příloze 2 a 3 vyplývá, že by systém poldrů byl schopný úplně transformovat vlnu přesahující Q_{20} po dobu 48 hodin s kulminačním průtokem 3 270 m³/s nebo vlnu přesahující Q_{20} po dobu 24 hodin s kulminačním průtokem 3 550 m³/s. Pro porovnání jsou v příloze 1 znázorněny části povodňových vln z povodní ze srpna 2002 a června 2013. Je patrné, že objemy těchto vln nad hodnotou Q_{20} jsou několikanásobně vyšší než kapacita zvoleného poldru. Pokud by se tedy opakovala situace z některého z těchto roků, došlo by k rychlému úplnému naplnění poldru, a tím pouze k částečné, a nutno podotknout, že pouze k minimální, transformaci povodňové vlny. Kulminační průtoky by dosáhly stejných hodnot a realizace poldru by tak byla bezúčelná. Nedostatkem navrhovaného řešení je také předpoklad zachování konstantního povodňového průtoku v Mělníku na úrovni Q_{20} . V návrhu rovněž není řešena cena za vybudování poldru ani za odkup pozemků či za kompenzaci vlastníkovi. S největší pravděpodobností by se ale vyšplhala na stovky milionů korun. Realizaci tohoto opatření bych tedy nedoporučila.

Druhé navrhované řešení povodňové situace na Labi počítá s opatřením vybudovaným na řece Vltavě. Povodí Vltavy má na povodí Labe velmi významný vliv. Síla většiny z posledních povodní byla znásobena přítokem vltavských vod.

V návrhu je uvažováno s trvalým snížením hladiny na vodním díle Orlík variantně o 5, 10 a 15 m. Z výpočtu vyplývá, že při snížení hladiny VD Orlík o pět až patnáct metrů by bylo možné snížit kulminační průtok odpovídající hodnotě z povodně v červnu 2013 o 429 m³ - 854 m³ a došlo by k oddálení kulminace až o 29 hodin. Navíc přivřením bezpečnostních přelivů by došlo k oddálení kulminačního odtoku z nádrže tak, aby nedošlo k souběhu kulminací Sázavy a Berounky s Vltavou a tím ke znásobení povodňové vlny. Tím by byl snížen kulminační průtok na soutoku Labe s Vltavou. Ani tato varianta však nezohledňuje další dopady na okolní prostředí. Předně je nutné zmínit, že nádrže tzv. Vltavské kaskády nebyly budovány za účelem protipovodňové ochrany. Právě naopak – jejich hlavním účelem je nadlepšování průtoků a slouží také jako zásobárna vody pro období sucha. Neméně důležitá je jejich energetická funkce. Trvalé snížení hladiny VD Orlík by si vyžádalo mohutné úpravy jeho břehů, omezen by byl také turistický ruch v lokalitě. Lze tedy předpokládat velmi silné protesty obcí z okolí nádrže, které by přišly o značné příjmy plynoucí z turismu. Náklady na realizaci těchto opatření by byly odhadem v řádech miliard korun. Tato varianta je pravděpodobně příliš extrémní neměla by šanci na reálné uplatnění. Nicméně by stálo za zvážení otevřít veřejnou diskusi o možnost navýšení ochranného prostoru VD Orlík.

Návrh protipovodňových opatření je komplexní a komplikovaná disciplína. Při tvorbě projektu na ochranné hráze je vždy třeba uvažovat s velkým množstvím dat z několika vědních oborů a tato data vhodně kombinovat tak, aby navržené stavby splňovaly svoji funkci a zároveň co nejméně negativně ovlivnily život obyvatel v dané lokalitě. Obě uvažované varianty alternativních opatření, návrh vybudování poldrů a návrh trvalého snížení hladiny vodní nádrže Orlík, jsou pojaty čistě z hlediska ochrany před povodněmi a v návrhu nezohledňují další dopady na své okolí. Obě alternativy by byly zcela jistě problematické z hlediska jejich realizace.

Bakalářská práce v úvodu popsala příčiny vzniku povodní na území České republiky v novodobé historii. Dále se věnovala rozlišení protipovodňových opatření, která jsou na našem území realizována, a popsala konkrétní ochranná opatření vybudovaná ve městě Mělník a připravovaná v obci Kly. V závěru práce byly popsány varianty a dalších možných řešení povodňové situace ve středních Čechách, výstavba dvou

poldrů v blízkosti soutoku Labe a Vltavy a trvalé snížení hladiny na vodní nádrži Orlík.

9 Seznam použité literatury

9.1 Knihy a časopisy

BRÁZDIL R., 2005: Historické a současné povodně v České republice. Český hydrometeorologický ústav. Praha. 369 s. ISBN 80-210-3864-0.

DOLEŽAL P., 2011: Malé vodní a suché nádrže: TP 1.19 : technická pomůcka k činnosti autorizovaných osob. Informační centrum ČKAIT. Praha. 108 s. ISBN 978-80-86364-16-2.

KUČERA Jiří, 2011: Protipovodňové zábrany s novou alternativou. Stavitel 19/10: str. 26-27.

Ministerstvo zemědělství, 2013: Fakta o vodě v České republice. Praha, 31 s. ISBN 978-80-7434-048-2.

Ministerstvo životního prostředí, 2005: August 2002 catastrophic flood in the Czech Republic. Praha, 68 s.

SIMON M., BEKELE V., KULASOVÁ B., MAUL Ch., OPPERMANN R., ŘEHÁK P., 2005: Labe a jeho povodí. Druckerei Schlüter GmbH & Co. KG. Schönebeck. 258 s.

ŘÍHA J., 2010: Ochranné hráze na vodních tocích. Grada. Praha. 223 s. ISBN 978-80-247-3570-2.

ŘÍHA J., SEDLÁČEK M., SMRŽ P., VESELÝ R., ŽATECKÝ S., 2014: Návrh a realizace suchých nádrží z pohledu technickobezpečnostního dohledu. Praha. 127s.

PATOČKA C., 1989: Úpravy toků. Nakladatelství techn. lit, Praha.

9.2 Akademické práce

BÍŇOVEC V., 2007: Využití modelování průchodu povodňových vln v operativním řízení nádrže Orlík. Praha. 73 s.

9.3 Interní dokumentace

Valbek spol. s r.o. 2011: Protipovodňová ochrana města Mělník.

Sweco Hydroprojekt a.s., 2007: Protipovodňová opatření ve městech Kly a Větrušice.

9.4 Web

ČHMÚ: Hlásná a předpovědní povodňová služba, online: <http://hydro.chmi.cz/hpps/>, cit. 2015-04-11

Mapy Google, 2015. online: maps.google.com. cit. 2015-03-14.

Mapa.cz, 2015. online: www.mapa.cz. cit. 2015-03-14.

Portál ČHMÚ: Home, 2015. online: <http://www.chmi.cz/>. cit. 2015-03-11.

Povodí Labe, 2015. online: www.pla.cz. cit. 2015-03-11.

Povodí Vltavy, 2015. online: www.pvl.cz. cit. 2015-03-11.

Stavební noviny, 2011: Tygří přehrady v České republice. online: <http://tvstav.cz/clanek/1401-tygri-prehrady-v-ceske-republice>. cit.: 2015-03-11.

9.5 Zákony a normy

ČSN 73 6530. Vodní hospodářství. Názvosloví hydrologie. 1983.

ČSN 75 2310. Sypané hráze. 2006.

ČSN 75 2410. Malé vodní nádrže. 1997.

ČSN 75 0121. Vodní hospodářství - Terminologie vodních toků. 2003.

ČSN 73 6530. Vodní hospodářství. Názvosloví hydrologie. 1983.

ČSN 73 6511. Názvosloví v hydrologii. 1975.

TNV 75 2415. Suché nádrže. 2013.

Nařízení vlády č. 100/1999 Sb., o ochraně před povodněmi v platném znění.

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

9.6 Elektronické publikace

ČHMÚ, Typy povodní. online:

<http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/ruzne/vystava/HYDRO/14.pdf>, cit. 2015-03-11.

Ministerstvo životního prostředí, 2006: Vyhodnocení jarní povodně 2006 na území ČR, online: http://www.vuv.cz/files/pdf/problematika_povodni/povoden-2006_souhrnna_zprava.pdf, cit. 2015-04-11.

Ministerstvo životního prostředí 2009: Vyhodnocení povodní v červnu a červenci 2009 na území České republiky [online: <http://voda.chmi.cz/pov09/doc/01.pdf>. cit. 2015-04-11 .

Ministerstvo životního prostředí, 2010: Vyhodnocení povodní v květnu a červnu 2010, online: http://voda.chmi.cz/pov10/pdf/vuv_szpr.pdf, cit. 2015-04-11.

Ministerstvo životního prostředí, 2010: VYHODNOCENÍ POVODNÍ V SRPNU 2010, online: <http://voda.chmi.cz/pov10s/pdf/zprava.pdf>, cit. 2015-04-11.

Ministerstvo životního prostředí, 2013: Vyhodnocení povodní v červnu 2013: hydrologický průběh povodní. online: http://voda.chmi.cz/pov13/DilciZprava_DU_1_2_Hydrologie.pdf. cit. 2015-03-11.

Ministerstvo životního prostředí, 2013: Vyhodnocení povodní v červnu 2013: souhrnná zpráva. Online: <http://voda.chmi.cz/pov13/SouhrnnaZprava.pdf>. cit. 2015-03-11.

Ministerstvo zemědělství, 2014: Zpráva o stavu vodního hospodářství České republiky v roce 2013. online: http://eagri.cz/public/web/file/341044/Modra_zprava_2013_komplet.pdf, cit. 2015-04-11.

Povodí Labe, 2003: Souhrnná zpráva o povodní v srpnu 2002 za ucelené povodí Labe. online: http://www.pla.cz/planet/public/dokumenty/zpravy_vhd/zprava8_2002/text/Souhrnnazprava_cast_1.pdf. cit. 2015-03-11

Povodí Labe, 2014: Souhrnná zpráva o povodních v červnu 2013 v oblasti povodí Horního a středního Labe a na vlastním toku Labe v oblasti povodí Ohře a Dolního Labe (1.6. - 13.6. a 25.6 – 28.6.). online: http://www.pla.cz/planet/public/dokumenty/zpravy_vhd/Zprava%20o%20povodni%202013_06b.pdf. Cit. 2015-03-11.

Povodí Vltavy, 2014: Souhrnná zpráva o povodni v dílčích povodích horní Vltavy, Berounky, dolní Vltavy a ostatních přítoku Dunaje, povodeň červen 2013. online:

<http://www.pvl.cz/files/download/hydrologicke-informace/zpravy-o-povodni/2013-06-zprava-o-povodni-spravce-povodi.pdf>. cit. 11. 03 2014.

Seznam obrázků

- Obr. 1 Znázornění průtokové vlny (Brázdil 2005)
- Obr. 2 Částečná a úplná transformace povodňové vlny (Říha a kol. 2014)
- Obr. 3 Systém Tiger Dam (Stavební noviny 2011)
- Obr. 4 Nehomogenní ochranná hráz a) se středním dělicím prvkem, b) s těsněním při návodní líci (Říha a kol. 2014)
- Obr. 5 Nasycení půdy 1. a 4. června 2013 (MŽP 2013b)
- Obr. 6 PPO Mělník (žlutá: Mlazice, zelená: Přístav, oranžová: Vinařství, modrá: Rybáře) (zdroj: maps.google.com)
- Obr. 7 Ochranná hráz v lokalitě Mlazice při povodni 2013 (Povodí Labe 2014)
- Obr. 8 Sypaná hráz v lokalitě Přístav během povodně v červnu 2013 (MŽP 2013a)
- Obr. 9 Protipovodňová opatření v lokalitě Přístav, přístavní bazény (MŽP 2013a)
- Obr. 10 Celková situace PPO v lokalitě Kly a Větrušice (linie PPO červeně zvýrazněna) (Sweco Hydroprojekt 2007)
- Obr. 11 Mapa rozlivů na soutoku Labe a Vltavy při povodni 2013 (MŽP 2013a)
- Obr. 12 Lokalita Mrkvice (zdroj: www.mapa.cz)
- Obr. 13 Lokalita Úpor (zdroj: www.mapa.cz)
- Obr. 14 Časový průběh průtoků a hladin VD na Orlík (MŽP 2013)

Seznam tabulek

- Tab. 1 Návrhové průtoky pro předběžné stanovení míry ochrany (Říha 2010)
- Tab. 2 Doporučené převýšení hráze (ČSN 75 2102)
- Tab. 3 Vybrané stanice na řece Labi a jejich stupně povodňové aktivity (www.chmi.cz)
- Tab. 4 Kulminační průtoky povodní v červnu 2013 v různých stanicích (MŽP 2013a)
- Tab. 5 Nejvíce postižené obce povodní v červnu 2013 (MŽP 2013a)
- Tab. 6 Srovnání novodobých povodní v ČR (MŽP 2013a)
- Tab. 7 Ekonomická rentabilita navrhovaných PPO (Sweco Hydroprojekt 2007)
- Tab. 8 Kapacita uvažovaných poldrů v závislosti na hloubce výkopu

Seznam příloh

Příloha 1 Porovnání povodňových vln ze srpna 2002 a června 2013 se simulovanými vlnami

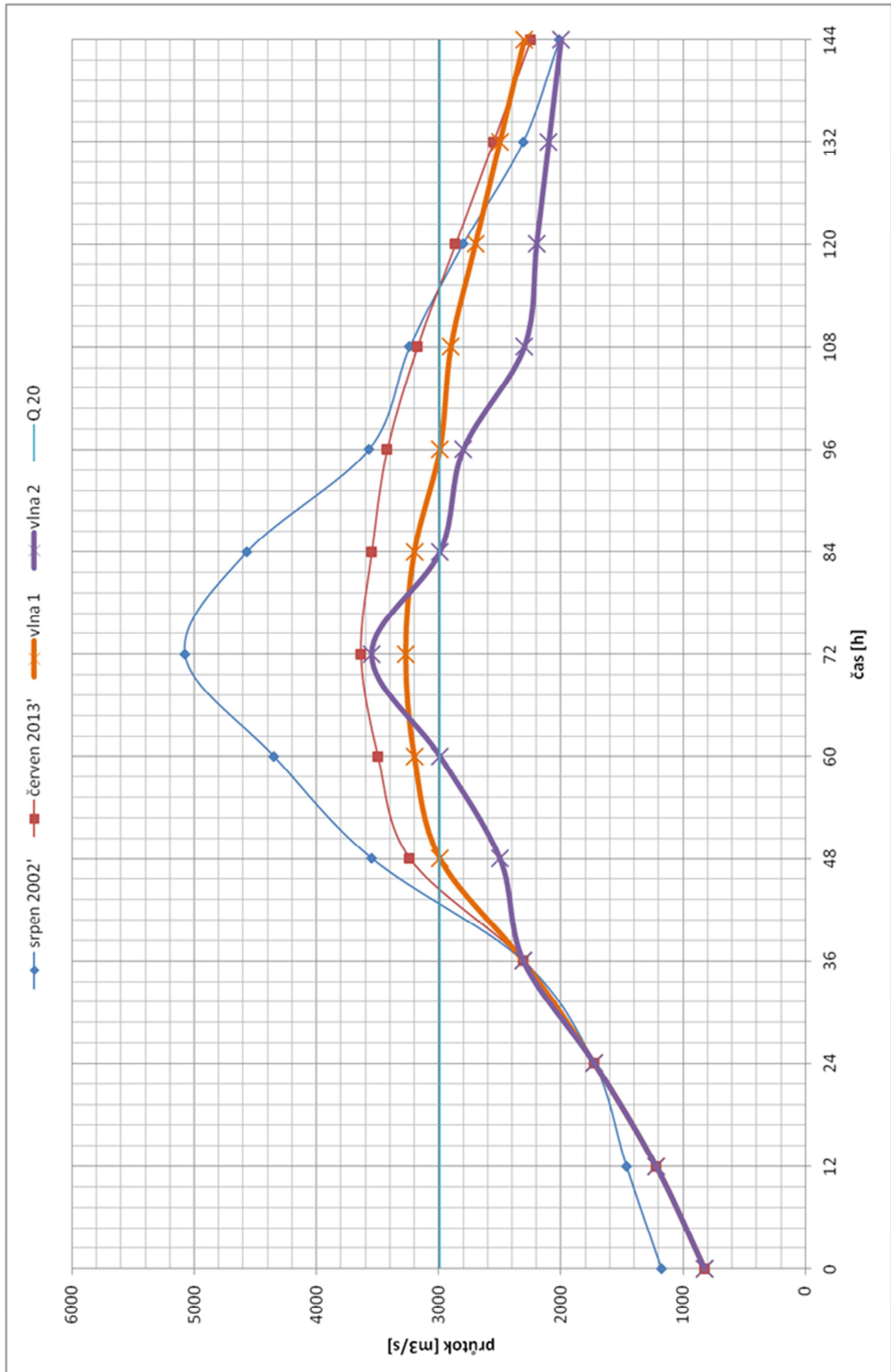
Příloha 2 Časový průběh simulované Vlny 1

Příloha 3 Časový průběh simulované Vlny 2

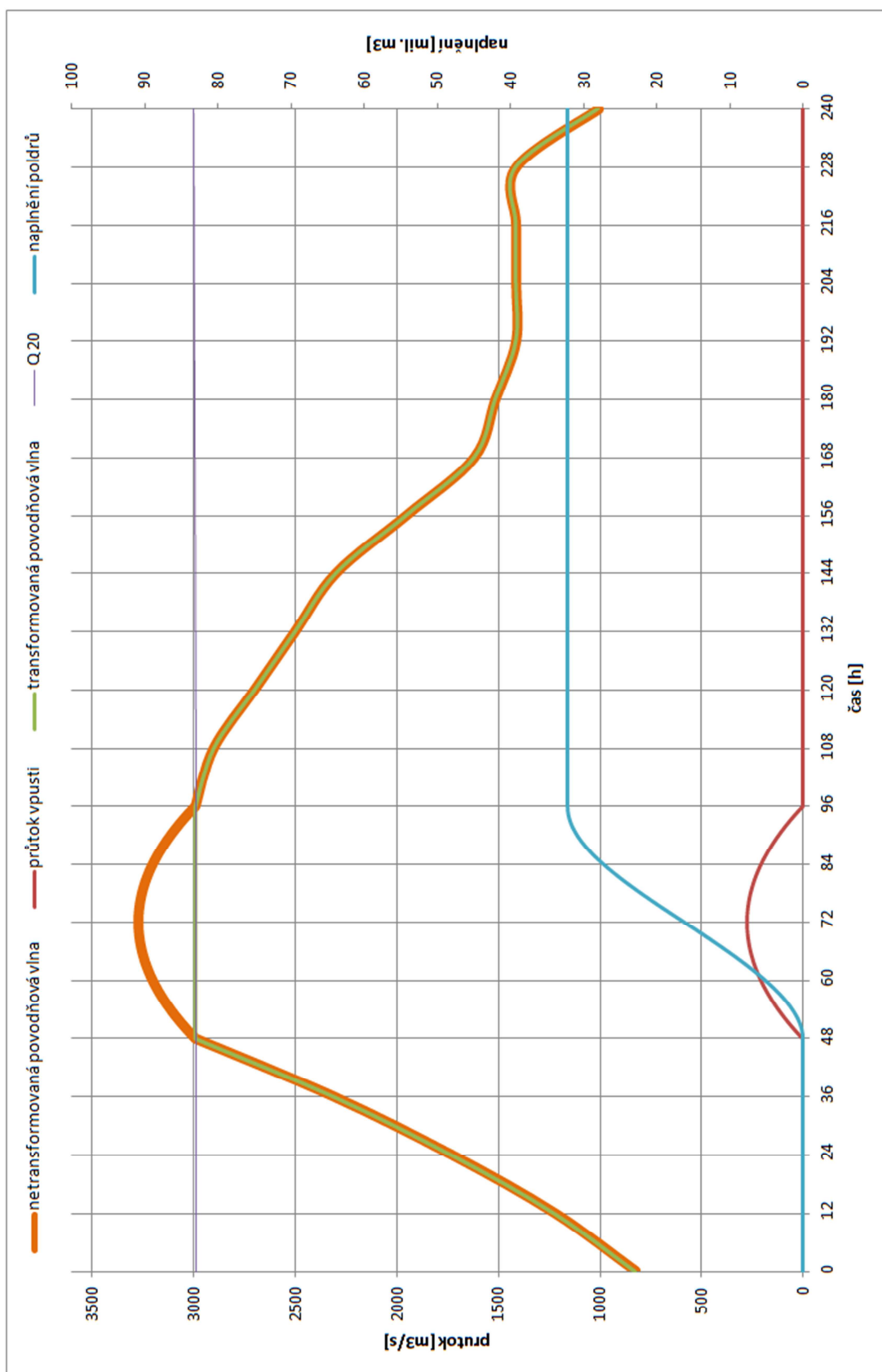
Příloha 4 Porovnání skutečného odtoku z VD Orlík se simulovanými odtoky při různých hladinách

10 Přílohy

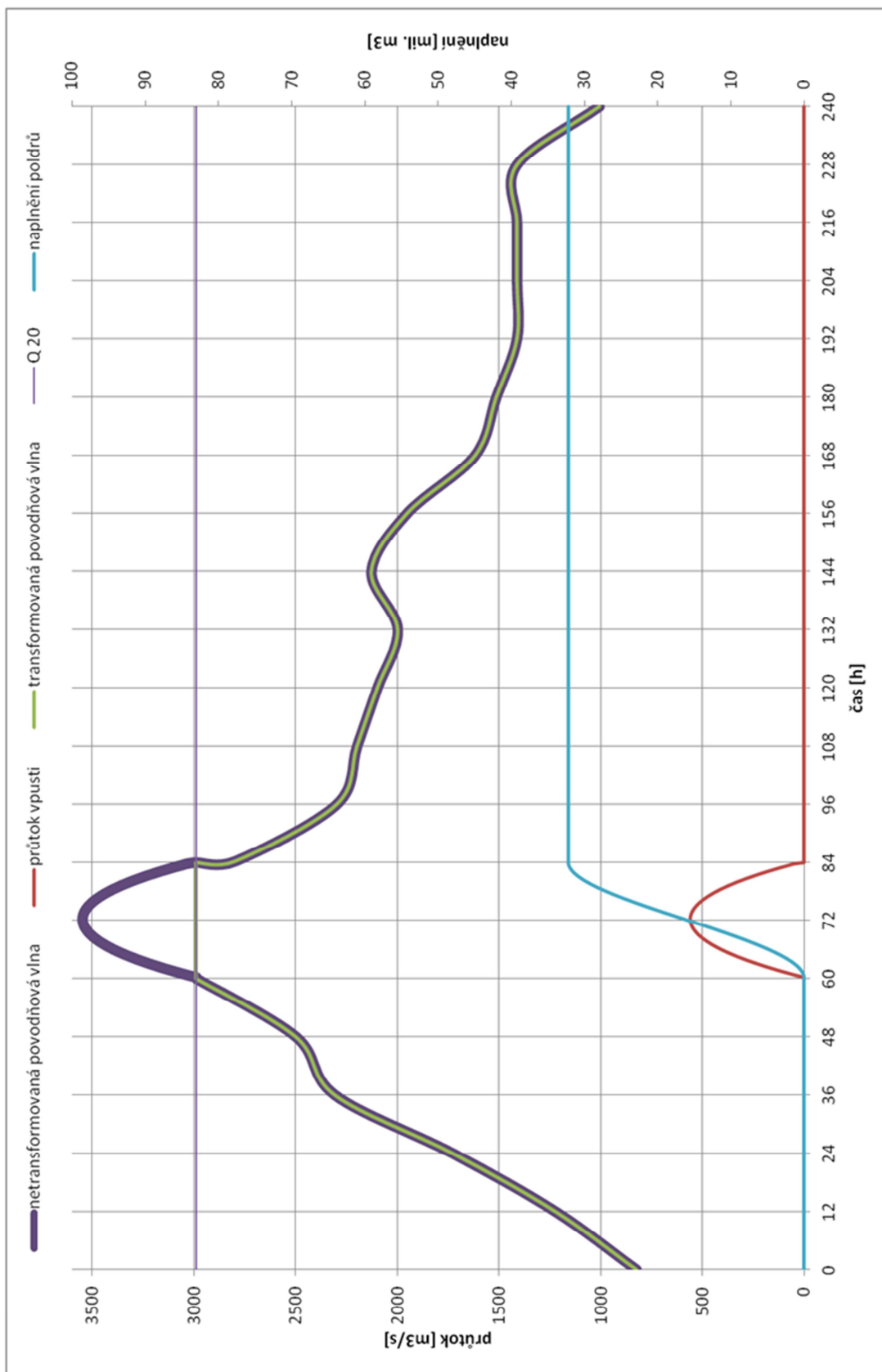
Příloha 1 Porovnání povodňových vln ze srpna 2002 a června 2013 se simulovanými vlnami



Příloha 2 Časový průběh simulované Vlny 1



Příloha 3 Časový průběh simulované Vlny 2



Příloha 4 Porovnání skutečného odtoku z VD Orlík se simulovanými odtoky při různých hladinách

