

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Bakalářská práce

Vývoj protipovodňových opatření v okrese Trutnov od roku 2002



Vedoucí práce: **Ing. Petr Bašta**

Bakalant: Daniel Kroupa

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Daniel Kroupa

Vodní hospodářství

Název práce

Vývoj protipovodňových opatření v okrese Trutnov od roku 2001

Název anglicky

Flood protection arrangements in Trutnov region from 2001

Cíle práce

1. Zmapování protipovodňových opatření (PPO) v mikroregionu okresu Trutnov od roku 2001 a jejich vývoj po současný stav
2. Analýza jejich účinnosti
3. Popis budoucího vývoje plánovaných PPO v zájmové lokalitě

Metodika

1. Rešerše literatury: v rámci rešeršní části bude shrnuta publikovaná protipovodňová problematika (objasnění vzniku povodní, typy povodní, stupně povodňové aktivity, aktivní zóna záplavového území apod., přehled protipovodňových opatření, protipovodňová prevence)
2. Popis zájmového území (mikroregion okresu Trutnov), především z hydrologického hlediska
3. Popis PPO v zájmovém území od roku 2001 a zevrubná analýza jejich účinnosti během větší povodně v tomto roce
4. Popis vývoje PPO do současnosti
5. Analýza současného stavu PPO, fotodokumentace
6. Výhled PPO do budoucna, diskuze

Doporučený rozsah práce

cca 40 normostran textu

Klíčová slova

povodeň, protipovodňové opatření, PPO, povodňový plán, záplavové území

Doporučené zdroje informací

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE, – MONITORING A VYHODNOCENÍ EXTRÉMNÍCH ODTOKOVÝCH POMĚRŮ V POVODÍCH DROBNÝCH VODNÍCH TOKŮ Z HLEDISKA PREVENCE A ZMÍRŇOVÁNÍ POVODŇOVÝCH ŠKOD (2008 : PRAHA, ČESKO), – MÁČA, P. *Monitoring a vyhodnocení extrémních odtokových poměrů v povodí drobných vodních toků z hlediska prevence a zmírňování povodňových škod : sborník workshopu grantového projektu NAZV 1G46040*. V Praze: VÚMOP, 2008. ISBN 978-80-213-1830-2.

Mena, V., 2008. Voda a krajina. Komplexní systém protierozních a protipovodňových opatření v ČR, Brno. Slavíková, L., et al. (2007): Ochrana před povodněmi v urbanizovaných územích. Praha: IREAS, Institut pro strukturální politiku, o.p.s., 80 s.

Úplné znění zákona č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon)

Předběžný termín obhajoby

2017/18 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Petr Bašta

Garantující pracoviště

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Elektronicky schváleno dne 22. 3. 2018

doc. Ing. Martin Hanel, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 22. 3. 2018

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

děkan

V Praze dne 22. 04. 2018

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval zcela sám. A že jsem uvedl všechny zdroje, ze kterých jsem čerpal.

Daniel Kroupa

Ve Dvoře Králové nad Labem

Poděkování

Chtěl bych poděkovat vedoucímu práce Ing. Petru Baštovi za cenné rady a náměty.
Za vstřícný přístup při zpracování.

Dále bych chtěl poděkovat rodičům za umožnění vzdělání.

Abstrakt

Tato práce se zabývá povodňovou problematikou a popisuje protipovodňová opatření. Dále je zde nastíněn vznik povodně a jaké jsou možné typy protipovodňových opatření. V práci je také nastíněn popis okresu Trutnov z hydrologického hlediska. Jaké jsou hlavní toky a také důležitá protipovodňová opatření. Jako například vodní nádrže Les Království a vodní nádrž Labská.

Protipovodňovým opatřením se práce věnuje ve výsledcích, z hlediska jejich vývoje, mezi roky 2002 a 2022. Dále je zde nastíněn plánovaný vývoj opatření v budoucnu.

V práci je dále zmíněno, jak jednotlivá protipovodňová opatření zafungovala při větších povodních v letech 2002 a 2013.

Na závěr navrhnou, jak by se dalo předejít přívalovým povodním ve dvou mnou vybraných oblastech.

Klíčová slova

Povodeň, protipovodňové opatření, PPO, záplavové území, malá vodní nádrž

Flood protection arrangements in Trutnov region from 2002

Abstract

This work deals with flood issues and describes flood control measures. It also outlines the occurrence of floods and what are the possible types of flood control measures. The thesis also outlines a description of the Trutnov district from a hydrological point of view. What are the main streams and also important flood control measures. Such as the Les Království dam and the Labská dam. The work deals with flood protection measures in terms of their development between 2001 and 2022. It also outlines the planned development of measures in the future. The work also mentions how the individual flood control measures worked during the larger floods in 2002 and 2013. Finally, I will suggest how flash floods could be prevented in two areas selected by me.

Keywords

Flood, flood protection arrangements, FPA, floodplain, small water reservoir

Obsah

| | |
|--|----|
| 1. Úvod | 11 |
| 2. Cíle práce..... | 12 |
| 3. Literární rešerše | 13 |
| 3.1 Charakteristiky povodně | 13 |
| 3.2 Stupně povodňové aktivity | 14 |
| 3.3 Aktivní zóna záplavového území..... | 15 |
| 3.4 Druhy povodní | 15 |
| 3.4.1 Přirozené povodně..... | 15 |
| 3.4.2 Zvláštní povodně..... | 17 |
| 3.5 Průběh povodňové vlny | 17 |
| 3.6 Protipovodňová opatření..... | 17 |
| 3.7 Pasivní protipovodňová ochrana..... | 18 |
| 3.7.1 Výstavba ochranných hrází | 18 |
| 3.7.2 Výstavba ochranných nádrží | 19 |
| 4. Popis zájmového území..... | 21 |
| 4.1 Okres Trutnov | 21 |
| 4.2 Povodí v okrese Trutnov | 22 |
| 5. Metodika | 25 |
| 6. Popis protipovodňových opatření v zájmovém území od roku 2001 | 26 |
| 6.1 Protipovodňová opatření v okrese Trutnov..... | 26 |
| 6.2 PPO Hostinné..... | 27 |
| 6.2.1 Stavidlový uzávěr | 27 |
| 6.2.2 Železniční propustek | 28 |
| 6.2.3 Zvýšené břehy koryta | 28 |
| 6.2.4 Zhodnocení rekonstrukce | 28 |
| 6.3 Les Království..... | 29 |
| 6.3.1 Základní technické parametry..... | 29 |
| 6.3.2 Rekonstrukce v průběhu let..... | 30 |
| 6.3.3 Účel vodního díla..... | 30 |
| 6.3.4 Obnova pravé spodní výpusti..... | 30 |
| 6.3.5 Práce na pravé výpusti | 31 |

| | | |
|-------|--|----|
| 6.3.6 | Zhodnocení rekonstrukce | 31 |
| 6.4 | PPO Trutnov | 31 |
| 6.4.1 | První etapa 48,487 km - 49,025 km | 32 |
| 6.4.2 | Druhá etapa 48,180-48,487 | 32 |
| 6.4.3 | Zhodnocení rekonstrukce | 33 |
| 6.5 | Vodní nádrž Labská | 33 |
| 6.5.1 | Spodní výpust'..... | 34 |
| 6.5.2 | Česle na vtoku do spodních výpustí..... | 34 |
| 6.5.3 | Odtoková štola | 35 |
| 6.5.4 | Potrubí limnigrafu | 35 |
| 6.5.5 | Ochrana korunového a šachtového přelivu..... | 35 |
| 6.5.8 | Levobřežní zeď pod vyústěním obtokového tunelu | 36 |
| 6.5.9 | Zhodnocení rekonstrukce: | 36 |
| 6.6 | PPO Rudník | 37 |
| 6.6.1 | Obec Rudník | 37 |
| 6.6.2 | Celkový popis oprav | 37 |
| 6.6.3 | Zhodnocení rekonstrukce | 38 |
| 6.7 | Účinnost během povodní 2002 a 2013..... | 38 |
| 6.7.1 | Povodeň 2002 | 38 |
| 6.7.2 | Povodeň 2013 | 39 |
| 6.7.3 | VD Labská..... | 39 |
| 6.7.4 | VD Les Království..... | 39 |
| 6.7.5 | PPO Trutnov | 40 |
| 6.7.6 | Rudník | 40 |
| 6.7.7 | PPO Hostinné | 40 |
| 7 | Výhled do budoucna | 41 |
| 7.1.1 | Suchá nádrž Žireč | 42 |
| 7.1.2 | Boční hráz..... | 42 |
| 7.1.3 | Čelní hráz..... | 43 |
| 7.1.4 | Bezpečnostní přeliv | 43 |
| 7.1.5 | Odpadní koryto | 44 |
| 7.1.6 | Spodní výpust'..... | 44 |
| 7.1.7 | Úprava koryta a měřicí prvky | 44 |
| 7.1.8 | Propustek | 45 |

| | |
|--|----|
| 7.1.9 Průleh na nátoku | 45 |
| 7.1.10 Zhodnocení stavby | 45 |
| 7.2 Vodní nádrž Fořt | 45 |
| 7.2.1 Technické parametry | 45 |
| 7.3 Suchá nádrž Na lučinách | 46 |
| 7.3.1 Technické parametry | 46 |
| 7.4 Suchá nádrž U Zoji | 46 |
| 7.4.1 Technické řešení | 46 |
| 7.5 Zhodnocení studie | 47 |
| 8. Rizikové oblasti v ploše povodí | 47 |
| 8.1. Nová Ves | 47 |
| 8.1.1. Návrh řešení | 48 |
| 8.2. Hajnice | 49 |
| 8.2.1 Návrh řešení | 51 |
| 9. Diskuze | 53 |
| 10. Závěr | 55 |
| 11. Seznam zdrojů a použité literatury | 55 |
| 12. Obrázkové přílohy | 59 |

1. Úvod

Téma povodňové a protipovodňové ochrany je v současné době často probírané, ať už se jedná o důvod vzniku, dopadu na krajinu nebo samotnou protipovodňovou ochranu. Povodně se objevují nejen v České republice, ale prakticky po celém světě. Planeta Země od počátku osídlení vystavuje lidstvo mnoha přírodním katastrofám. Jako jsou již zmíněné povodně, sucho nebo zemětřesení. Povodně ale neměly vždy jen ničivé účinky, například v Egyptě na ně čekali jako na smilování, protože jim po období sucha přinášely blahodárné živiny pro rostliny. Pro lidstvo tak bylo hlavním úkolem naučit tyto vlivy předpovědět, a také se proti nim nějak bránit.

V této bakalářské práci se proto budu zabývat k jakým změnám v rámci plošných protipovodňových opatření došlo v okrese Trutnov od roku 2001. V rešeršní části vysvětlím, jak vlastně povodeň vzniká a jaké jsou jednotlivé typy povodní. Dále vysvětlím, co znamenají výrazy jako aktivní zóna záplavového území a jaké máme stupně povodňové aktivity. V další kapitole je popsán okres Trutnov, jeho polohopis z hydrologického hlediska. Ve čtvrté kapitole je popsán vývoj protipovodňových opatření od roku 2001 do současnosti. V předposlední části jsem se zaměřil na výhled plošných protipovodňových opatření v okrese Trutnov do budoucna a na závěr vytipoval kritické body v ploše povodí a pokusil se navrhnout opatření.

2. Cíle práce

Tato práce je rozdělena na 8 oddílů. U každého oddílu je účelem objasnit jeho problematiku. Hlavním cílem této práce je zmapovat protipovodňová opatření v okrese Trutnov od roku 2001 a jejich vývoj po současný stav. Dále analýza jejich účinnosti během všech větších povodní po roce 2001. Popis budoucího vývoje protipovodňových opatření v okrese Trutnov. A nakonec návrh vlastního protipovodňového opatření ve mnou vybraných oblastech.

3. Literární rešerše

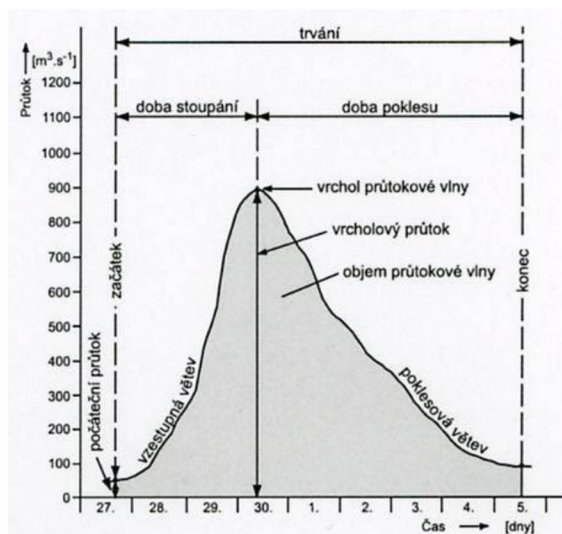
V této kapitole se budu postupně zabývat jednotlivými činiteli, které napomáhají vzniku povodně. A dalšími pojmy, které jsou s povodní spojené.

3.1 Charakteristiky povodně

Dle normy ČSN (1975) se povodeň definuje jako: „přechodné výrazné zvýšení hladiny toku, způsobené náhlým zvětšením průtoku anebo dočasným zmenšením průtočnosti koryta“. S menšími odchylkami od tohoto vyjádření byla průtoková vlna definována také v ČSN (1983). Pojem průtoková vlna se však používá souhrnně pro všechny vlny na toku bez ohledu na původ jejich vzniku.

Povodně lze charakterizovat kulminačním průtokem, což je „největší vrcholový průtok u průtokové vlny“ (Brázdil, 2005).

Průběh odtoku je popisován povodňovou vlnou, to znamená přechodné zvýšení a následující snížení průtoků (obrázek č. 1). To může nastat při intenzivním dešti, náhlým táním sněhu nebo umělým zásahem na vodním díle. Pojem „povodňová vlna“ se však používá souhrnně pro všechna zvětšení průtoku na toku bez ohledu na to, jakým způsobem vznikla. Povodňová vlna může vzniknout překročením kapacity koryta. Voda se začne vylévat z břehových hran a stává se pro lidi nežádoucím a nebezpečným živlem.



Obrázek 1: Hydrogram povodňové vlny (Brázdil, 2005).

Vznik a průběh povodně je ovlivňován především meteorologickými faktory, a to předběžnými a příčinnými. Předběžné faktory působí několik dnů až měsíců před vznikem povodně. Důležitou roli pro ně hraje míra naplnění koryt a vodních děl před samotným začátkem povodně. Mezi další předběžné faktory můžeme dále zařadit nasycenost povodí, výšku sněhové pokrývky a promrznutí půdy.

Příčinné meteorologické faktory působí také po určitý časový interval před vznikem povodně. Působí jako její spouštěcí mechanismus. Patří sem například trvalé nebo přivalové dešťové srážky nebo kladné teploty vzduchu (Máchová a Hovorka, 2013; Brázdil, 2005).

3.2 Stupně povodňové aktivity

Stupně povodňové aktivity vyjadřují míru ohrožení povodní. Tyto stupně jsou vázány na předem domluvené limity, jimiž jsou zpravidla výšky vodních stavů nebo dosažené průtoky v hlásných profilech na vodních tocích. Popřípadě na mezní nebo maximální kritické hodnoty jiného vlivu, který může ovlivnit míru nebezpečí ohrožení povodní.

1. stupeň povodňové aktivity

Nazývá se také stav bělosti. Pro označení se používá zelená barva. Nastává při nebezpečí ohrožení povodní a zaniká, když pominou příčiny takového nebezpečí. Za nebezpečí povodní se v tomto případě považuje, pokud ČHMÚ vydá upozornění nebo výstrahu. Dále při náhlém tání sněhové pokrývky, při srážkách s velkou intenzitou, a také při narůstání nebo hromadění ledu v korytě toku.

2. stupeň povodňové aktivity

Je stavem pohotovosti. Pro označení se používá žlutá barva. Tento stav vyhláší příslušný povodňový orgán v případě, že nebezpečí ohrožení povodní přerůstá v samotnou povodeň. Pro vyhlášení druhého stupně ohrožení musí být dosažen kritický stav na vybraných hlásných profilech vodního toku.

3. stupeň povodňové aktivity

Nazývá se stav ohrožení a pro označení se používá červená barva. Vyhláší se při bezprostředním nebezpečí povodně nebo vzniku škod většího charakteru. Dále

také při ohrožení na životech a majetku v aktivních zónách záplavového území (Máchová a Hovorka, 2013).

3.3 Aktivní zóna záplavového území

„Je území v zastavěných částech obcí a v územích určených k zástavbě podle územních plánů, jež při povodni odvádí rozhodující část celkového průtoku, a tedy jsou v ní bezprostředně ohroženy životy, zdraví a majetek lidí“ (Slavíková, 2007).

Záplavová území:

Jedná se o administrativně určené území, která jsou při výskytu povodně zaplavená vodou. Velikost záplavového území je povinen stanovit vodoprávní úřad. Kritériem pro zařazení do záplavového území je, že tento pozemek byl v minulosti již někdy zaplaven vodou a v současné době není nijak chráněn před povodní.

Zátopová území:

Na rozdíl od záplavového území je území zátopové definováno jako plocha, u které je plánováno, že bude ponechána zatopení v případě, že přijde velká voda.

Omezení v zátopových územích: V zátopových územích se nesmí provádět stavby s výjimkou vodohospodářských staveb, které upravují vodní tok. Dále je zakázána těžba nerostů a zeminy, jestliže by způsobovala zhoršení odtoku povrchových vod. Nesmí se provádět terénní úpravy zhoršující odtok, stejně tak je zakázáno skladovat materiál a látky, které by mohly být odplaveny. Nesmí se provozovat dočasná ubytovací zařízení a výsadba živých plotů (Slavíková, 2007; Máchová a Hovorka, 2013; Povodí vltavy, 2018).

3.4 Druhy povodní

Povodně lze rozlišit podle příčiny jejich vzniku na povodně přirozené a zvláštní.

3.4.1 Přirozené povodně

Přirozené povodně jsou způsobeny přírodními jevy a dělí se na povodně dešťové, sněhové a smíšené. Ojedinelým případem jsou ledové povodně, způsobené dočasným zmenšením průtočnosti koryta v důsledku ledových jevů.

Dešťové povodně:

Vznikají dešťovými srážkami a podle délky trvání a intenzity deště se dále dělí na povodně z trvalých a přívalových srážek.

Dešťové povodně z trvalých srážek vznikají z pravidla při intenzivních vícedenních srážkách, které jsou součástí některých významných synoptických situací. Srážková voda postupně nasytí půdu, ta už není schopna srážkovou vodu vsáknout, a tím vzniká povodeň. Tyto povodně nejčastěji vznikají v letních měsících a zasahují velké plochy.

Dešťové povodně z přívalových srážek vznikají ze srážek s velkou intenzitou, avšak s krátkou dobou trvání. Tyto povodně se vyznačují náhlým vzestupem povodňové vlny s rychlým růstem hladin za krátký časový úsek. Velký přísun srážek často nestačí půda vstřebávat. Voda rychle odtéká po povrchu půdy a vzniká vodní eroze (Brázdil, 2005; Hordon, 2013).

Sněhové povodně:

Vznikají při náhlém zvyšování teploty v zimním a jarním období, kdy taje sněhová pokrývka. Tání urychluje rychlost větru. Přenos tepla do vrstvy sněhu se urychluje se zvyšující se rychlostí větru (Máchová a Hovorka, 2013; Hordon, 2013).

Smišené povodně:

Kombinací tání sněhu a dešťových srážek vznikají smíšené povodně. Ty jsou vázány na rozdílné povětrnostní situace, které přinášejí v zimě a na začátku jara oteplení, doprovázené často větším výskytem větru než v zimním období. Tyto povodně mají na území České republiky daleko větší rozsah než povodně z trvalých dešťových srážek (Brázdil, 2005).

Ledové povodně:

Vznikají zpravidla po období, kdy byla teplota delší dobu pod bodem mrazu. Zamrznutí řeky a následné oteplení způsobuje chod ledu. Při zatarasení průtočného profilu nahromaděným ledem, může dojít ke zmenšení průtočnosti koryta a následnému zvýšení vodní hladiny. Ledové povodně nemusí být způsobeny jen sníženým průtokem vody, ale k vyběžení vody mimo koryta vodního toku může dojít v důsledku vymrznutí koryta vodního toku. K tomu může dojít u toků s menší hloubkou a větším sklonem dna (Máchová a Hovorka, 2013; iwapublishing, 2018).

3.4.2 Zvláštní povodně

Zvláštní povodně, na rozdíl od přirozených povodní, vznikají umělými vlivy. Nejčastěji jsou způsobeny poruchou vodního díla (Máchová a Hovorka, 2013; Brázdil, 2005). Může se například jednat o poruchu vzdouvacího vodního díla, protržení nádrže, neřízený odtok vody nebo havárii hradících uzávěrů vodního díla. Zvláštní typ bývá v určitých případech spojen s porušením či zanedbáním povinností na technickobezpečnostním úseku vlastníkem, uživatelem nebo správcem vodního díla (Máchová a Hovorka, 2013; Brázdil, 2013).

3.5 Průběh povodňové vlny

Jedná se o přechodné zvětšení a následný pokles vodního stavu, který je vyvolaný nějakým vnějším vlivem, například prudkým deštěm.

Jako počátek povodňové vlny se považuje čas, kdy došlo k náhlému zvětšení průtoku v korytě řeky. Postupné snižování průtoku se obvykle považuje za ukončení povodňové vlny. Doba trvání povodňové vlny se určuje velmi těžko, protože se může stát, že jedna povodňová vlna postupně přechází ve druhou.

Také je potřeba vymežit pojem jednotkový hydrogram. Umožňuje určit hodnotu odtoku na základě velikosti dopadených srážek na povodí (Máca, 2010).

3.6 Protipovodňová opatření

„Termín protipovodňová opatření lze obecně definovat jako opatření sloužící k úplné eliminaci povodní, nebo alespoň k snížení povodňových škod“ (Máchová a Hovorka, 2013).

Protipovodňová opatření můžeme rozdělit na přípravná opatření, dále na opatření prováděná v době mimo povodeň, opatření v době ohrožení povodně a nakonec opatření po povodni.

Mezi přípravná opatření může patřit tvorba povodňových plánů a přizpůsobení staveb pro povodně. Opatření prováděná v době mimo povodeň se používají ke snížení pravděpodobnosti dopadu povodně. Mezi opatření v době ohrožení povodně patří informovanost obyvatelstva o správném chování v průběhu povodně a vybudování

přechodných opatření. A nakonec mezi opatření po povodni patří vyhodnocení dopadů škod a jejich odstranění, evidenční a dokumentační práce.

Dále můžeme protipovodňová opatření dělit na aktivní a pasivní. A také na technická a netechnická.

Aktivní protipovodňová opatření pracují s využíváním záplavových území. Cílem aktivních protipovodňových opatření je zajistit optimální rozvoj v záplavových územích a snížit dopad škod při povodni. Znamená to tedy, že tato opatření řeší problém škod po povodni.

Pasivní protipovodňová opatření se používají při ochraně majetku, který je umístěn v záplavovém území. Na rozdíl od aktivních protipovodňových opatření, je nutné u pasivních opatření vynaložit určité finanční prostředky.

Mezi netechnická opatření patří definování záplavových zón, varovné systémy, právní zajištění záplavových zón, výchova veřejnosti a předpovědní systémy.

Technická opatření se dále dělí na opatření v ploše povodí a na vodních tocích. Opatření v ploše povodí je například regulace zemědělství, lesního hospodářství a retenční opatření v ploše povodí. Mezi opatření na vodních tocích patří úprava a údržba retenčních nádrží a poldrů, zkapacitnění koryt a ochranné hráze (Máchová a Hovorka, 2013; cs-povodne, 2018).

3.7 Pasivní protipovodňová ochrana

Jsou to zásahy do krajiny, které nejvíce přispívají k retenci krajiny. Značný význam zde mají některá velkoplošná ekologická opatření, která snižují povrchový odtok a zvyšují retenci krajiny.

3.7.1 Výstavba ochranných hrází

Ochranné hráze mají na území České republiky tradici už z dřívějších let. Největší množství hrází bylo vybudováno na řekách Morava, Odra, Labe a na hlavních přítocích. Jejich hlavním účelem byla ochrana obytných a hospodářsky využívaných území (Jánský, 2003).

3.7.2 Výstavba ochranných nádrží

Další možnost povodňové ochrany je výstavba nových nádrží. Po jejich výstavbě nejčastěji dojde ke zhoršení podmínek pro živočichy. Ať jde o větší spotřebu kyslíku z důvodu rozkladu řas a sinic nebo o průchodnost toku. Také se zhorší podmínky pro transport plavenin (Jánský, 2003).

Druhy vodních nádrží:

1. Malé vodní nádrže – nejčastěji se umísťují na horních tocích a v zastavěných územích (Šálek, 1998). Jejich hlavní účel je dočasné zadržení části povodňové vlny. Dále akumulace nenaplněného prostoru nádrže. Výsledkem je zmenšení kulminačního průtoku v území pod nádrží (Hrádek, 2003).
2. Retenční nádrže – jejich hlavní funkcí je zabezpečit území ležící pod nádrží proti velkým vodám. Zachycují povodňový průtok včetně splavenin. Hlavním cílem je nalezení vztahu mezi povodňovým průtokem, velikostí zásobního prostoru a sníženým průtokem při povodňových průtocích.
3. Protierozní nádrže – chrání území pod nádrží proti erozním účinkům velkých vod. Jejich vypouštěním zlepšují průtok pod nádrží. Dále snižují sklon toku a zmenšují erozní účinek protékající vody. Dělí se na protierozní usazovací nádrže a vsakovací protierozní nádrže.

Hlavním cílem protierozních nádrží je zachycování splavenin. Nejčastěji se navrhují dvě vedle sebe. Mají zpevněné dno, aby se usazené splaveniny mohly odtěžit.

Vsakovací protierozní nádrže slouží k převedení povrchového odtoku do půdy.

4. Aktivační nádrže – slouží k zachytávání odtoků z přívalových dešťů. Navrhují se u pramenišť a jejich význam při řešení vodohospodářské bilance je klíčový (Šálek, 1998).
5. Závlahové nádrže – mají hlavně závlahovou funkci. Tím, že vytvářejí okamžitou zásobu vody při odtocích z přívalových dešťů. Jejich zásobní prostor má ochrannou funkci a jsou vybaveny výpustným a odběrným zařízením (Šálek, 1998).
6. Vyrovnávací nádrže – nejčastěji se staví v běžných terénních podmínkách a osazují se nápusnými, výpustnými, odběrnými a zabezpečovacími objekty. Jejich hlavním

úkolem je vyrovnání odtoku a jeho kolísání. Dále je to chov ryb, závlahy a ochrana (Šálek,1998).

7. Suché nádrže – mají pouze jednu funkci, a to je ochrana níže ležícího území při povodních. V jiných případech se využívají zemědělsky (Hrádek, 2003).

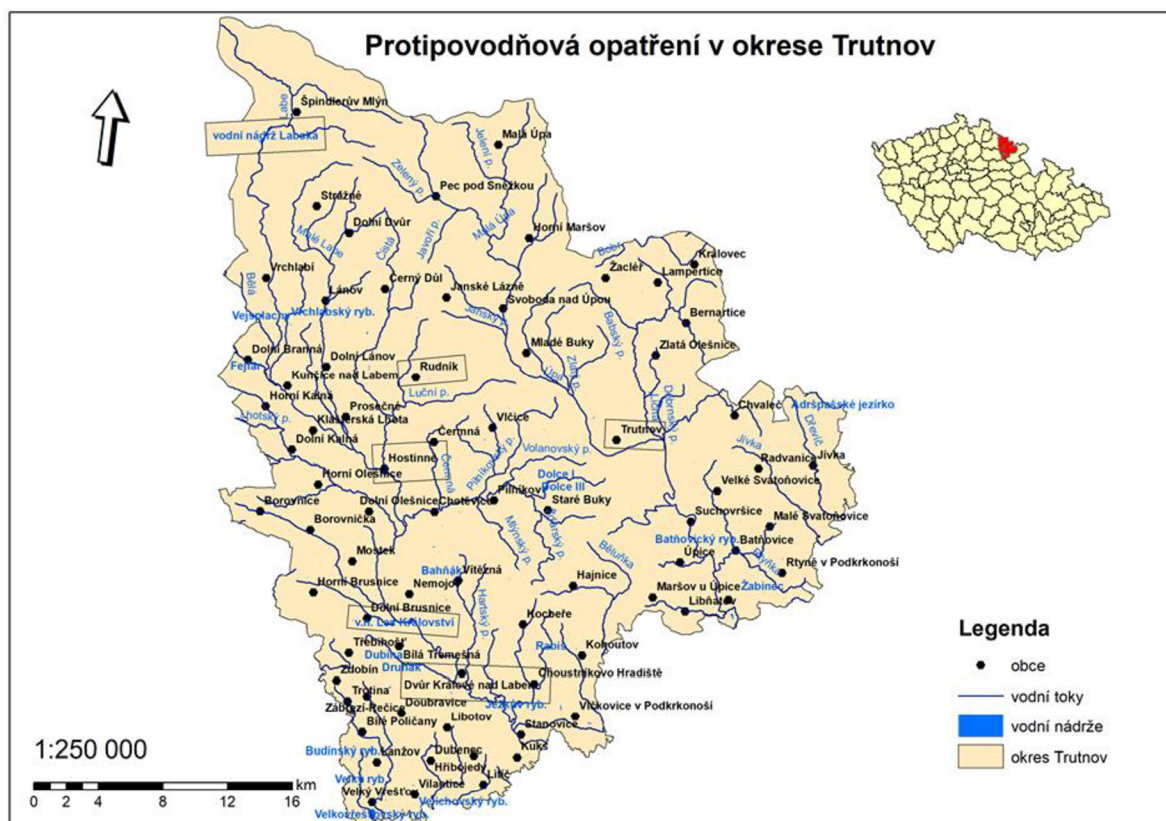
4. Popis zájmového území

V této kapitole je popsáno zájmové území. Jedná se o okres Trutnov. Nejprve je krátce popsána jeho místopisná poloha. Dále je vysvětleno, které řeky okresem protékají.

4.1 Okres Trutnov

Okres Trutnov leží v severní části Královéhradeckého kraje, nachází se v severozápadní části Krkonoš. Severní hranici tvoří v celé délce státní hranice s Polskem, na východě sousedí s okresem Náchod. Severozápadní hranici okresu tvoří okres Semily a jihozápadní hranici sdílí s okresem Jičín. Malá část na jihu pak sousedí s okresem Hradec Králové. Největšími městy v okrese Trutnov jsou: Trutnov, Dvůr Králové nad Labem, Hostinné, Vrchlabí, Janské Lázně, Pec pod Sněžkou, Rtyně v Podkrkonoší a Špindlerův Mlýn.

Nejnižší položený bod v okrese Trutnov se nachází v katastru obce Kuks s nadmořskou výškou 263 m. Nejvýše položeným místem v okrese je i zároveň nejvyšší bod v České republice, Sněžka 1603 m n. m. Celé území okresu, od severu k jihu, odvodňuje na západě řeka Labe, na východě řeka Úpa, která se do Labe vlévá v Jaroměři. Obě pramení v Krkonoších (Obrázek č.2.) (, CZSO, 2018).



Obrázek č. 2: Okres Trutnov. V rámečku jsou vyznačena místa, kde se nachází protipovodňová opatření uvedená v textu.

4.2 Povodí v okrese Trutnov

Veškeré vodní toky v okrese Trutnov má na starosti státní podnik povodí Labe se sídlem ve Dvoře Králové nad Labem a ředitelstvím v Hradci Králové. Řeky spadající do Povodí Labe v Okrese Trutnov jsou: Labe, Úpa, Metuje, Čistá, Malé Labe, Malá Úpa, Rtyňka a další.

4.2.1. Labe

Řeka Labe pramení v Krkonoších na místě zvaném Labská louka ve výšce 1386 m n. m. Od pramene se postupně vlévají Bílé a Malé Labe. Dále řeka pokrčuje na jihovýchod až k městu Jaroměř, kde se do Labe postupně vlévá Úpa a poté i Metuje. Zde Labe teče jižním směrem až do Pardubic. Odtud pokračuje na severozápad s několika významnými úseky, kterými míří na sever. Labe Čechy opouští u Hřenska ve výšce 115 m n. m. Dále teče do Německa, kde se ubírá převážně směrem severozápadním až k městu Cuxhaven, asi 100 km za Hamburgem, kde se vlévá

do Severního moře. Patří do povodí prvního řádu. Číslo hydrologického pořadí 1-01-01-001, (reka-labe, 2018; heis.vuv,2018; eagri, 2022)).

4.2.2. Úpa

Úpa pramení v Krkonoších asi 2 km od Sněžky, kousek od hranic s Polskem v nadmořské výšce 1422 m n. m., což z ní dělá nejvýše pramenící řeku v Čechách. Odtud teče jižním směrem postupně přes Pec pod Sněžkou a Velkou Úpu. Mezi Obcí Velká Úpa a Horním Maršovem se do ní vlévá Malá Úpa. Z Horního Maršova dále teče jihozápadním směrem přes obce Svoboda nad Úpou a Mladé Buky až do Trutnova, kde se do Úpy vlévá Zlatý potok. Z Trutnova odtéká západním směrem do Úpice, kde se do Úpy vlévá Rtyňka. Od Úpice až do Ratibořic teče Úpa jižním směrem. U České Skalice je tok řeky rozdělen a jedna část je vedena do Vodní nádrže Rozkoš a druhá dále pokračuje přes Českou Skalici až do Jaroměře, kde je levostranným přítokem řeky Labe. Číslo hydrologického pořadí 1-01-02-001 (heis.vuv, 2018; mapy, 2018; eagri, 2022)).

4.2.3. Metuje

Metuje pramení v nadmořské výšce 630 m n. m. v Broumovské vrchovině u obce Hodkovice západně od Adršpašských skal. Z Adršpachu teče jihozápadním směrem přes obec Teplice nad Metují, kde přitéká Teplický potok. Odtud Metuje teče jižním směrem přes obce Javor, Dědov, až do Velké Dřevíče, kde se do Metuje vlévá Dřevíč. Dále teče do Hronova, kde postupně přitéká Zbečnický potok a Brlenka. Poté už se Metuje dostává do Náchoda, kde se do ní vlévá Střela a Bavorův potok. Z Náchoda Metuje odtéká jihozápadním směrem a u Pekla, u Nového Města nad Metují se do Metuje vlévá Olešenka. Odtud už Metuje nabírá jihozápadní směr až do Nového Města nad Metují, kde teče západním směrem a vlévá se do ní Mlýnský potok. Zachovává si západní směr a postupně se přes obce Krčín, Dolsko, Josefov a Jaroměř stává levostranným přítokem Labe. Číslo hydrologického pořadí 1-01-03-001 (heis.vuv, 2018; mapy, 2018; eagri, 2022)).

4.2.4. Čistá

Říčka Čistá pramení v Krkonoších v blízkosti Pece pod Sněžkou. Dále teče jižním směrem až do Černého Dolu, kde se do ní vlévá Zrcadlový potok. Odtud pokračuje stále jižním směrem a postupně protéká obcemi Čistá v Krkonoších, Fořt a Terezín, kde se do ní vlévá Luční potok. Od soutoku dále pokračuje jihozápadním

směrem přes obec Arnultovice až do Hostinného, kde je pravostranným přítokem Labe. Číslo hydrologického pořadí 1-01-01-026. (heis.vuv, 2018; mapy, 2018; eagri, 2022)).

4.2.5. Malé Labe

Malé Labe pramení jižně od Špindlerova Mlýna v Krkonošském národním parku. Teče jihozápadním směrem podél obce Strážné, až do Luisina údolí, kde se vlévá Husí potok. Odtud teče jihozápadním směrem až do obce Dolní Dvůr, zde přitéká Kotelský potok. Dále Malé Labe pokračuje jižním směrem do obce Horní Lánov, kde z levé strany přitéká Pekelský potok. Z Horního Lánova se tok napřimuje a teče jižním směrem přes obce Lánov, Dolní Lánov a Prosečné, kde přitéká Mezilabský potok. Před Hostinným se vlévá do Labe z levé strany. Číslo hydrologického pořadí 1-01-01-020 (heis.vuv, 2018; mapy, 2018, eagri, 2022)).

4.2.6. Malá Úpa

Malá Úpa pramení na Česko-polské hranici u obce Malá Úpa v Krkonošském národním parku. Odtud teče jižním směrem až do Horní Malé Úpy, kde se do ní vlévá Jelení potok. Odtud kopíruje silnici vedoucí z Malé Úpy do Temného Dvora, kde je levým přítokem Úpy. Číslo hydrologického pořadí 1-01-02-006. (heis.vuv, 2018; mapy, 2018, eagri, 2022)).

4.2.7. Rtyňka

Řeka Rtyňka pramení v severozápadní části okresu Trutnov mezi obcemi Bohdašín a Rtyně v Podkrkonoší. Z prameniště teče jihozápadním směrem do obce Rtyně v Podkrkonoší, kde nabírá západní směr a zde se do ní vlévá Petrovický potok a Markoušovický potok. Dále teče jihozápadním směrem do Úpice, kde se vlévá do Úpy. Číslo hydrologického pořadí 1-01-02-044. (heis.vuv, 2018; mapy, 2018, eagri, 2022)

5. Metodika

V praktické části budu postupně popisovat, k jakým změnám došlo v rámci protipovodňové ochrany od roku 2002. S jakými opatřeními se plánuje do budoucna. A dále jaké jsou další kritická místa v lokalitě.

Postupně jsem procházel projektové dokumentace, které si nechalo vypracovat státní podnik Povodí Labe. A zaznamenával, k jednotlivým opatřením, k jakým změnám, v rámci vývoje povodňových opatření, došlo. Jednalo se o dokumentace: PPO Hostinné, Provozní řád PPO Hostinné, Průvodní zpráva Úpa-Trutnov, Úpa, Trutnov rekonstrukce regulace ve městě, Strategický plán rozvoje obce Rudník, Souhrnná technická zpráva Čistá, Technická zpráva stavební firmy SWECO Hydroprojekt a informace poskytnuté in verb Povodím Labe. Na tyto technické zprávy se odkazuji níže v jednotlivých kapitolách. 6.2-6.7., kde jsou jednotlivá protipovodňová opatření rozepsána do detailu. Celkové znění dokumentací posloužilo jako zdroj informací a jsou uvedeny také v kapitole 11. Seznam zdrojů a použitá literatura.

V rámci budoucího vývoje protipovodňových opatření se jedná o dvě studie. První se nachází v obci Rudník a druhá v obci Žireč poblíž Dvora Králové nad Labem. Pro oba tyto případy byla již vypracována projektová dokumentace. S realizací opatření se počítá v následujících letech. Podrobně jsou tato opatření rozepsána v kapitole 7. Výhled do budoucna.

Dále jsem pracoval s mapou kritických bodů přívalových povodní. Zájmovou lokalitu u kritických bodů v ploše povodí jsem si vybral z důvodu mého bydliště. O těchto bodech vím z vlastní zkušenosti, že v případě přívalových povodní dochází k ohrožení obyvatelstva. Základní parametry jednotlivých bodů jsou popsány na internetových stránkách povodňového informačního systému (POVIS, 2022). A také v metodickém návodu pro identifikaci kritických bodů (VÚV TGM, 2009).

Parametry mnou vybraných bodů jsou podrobněji popsány v kapitole 8. Kritické body v ploše povodí. Můj vlastní návrh opatření, u těchto kritických bodů, se pak opírá o znalosti nabyté v průběhu studia VŠ.

6. Popis protipovodňových opatření v zájmovém území od roku 2001

V kapitole číslo 5 bude popsáno, jaké jednotlivé opravy, ať už funkční, nebo jen údržbové, proběhly v zájmové lokalitě od roku 2001. Na konci kapitoly bude stručně naznačeno, jak jednotlivá opatření zafungovala během nejbližší povodně po jejich rekonstrukci. Všechna opatření v okrese Trutnov má na starosti státní podnik Povodí Labe se sídlem ve Dvoře Králové nad Labem. Účinnost všech mnou vybraných protipovodňových opatření během povodní v letech 2002 a 2013 je shrnuta v kapitole 6.7. Účinnost během povodní v roce 2002 a 2013.

6.1 Protipovodňová opatření v okrese Trutnov

V období mezi lety 2002-2007 byla na řece Úpa, v Trutnově rekonstruováno ve dvou etapách koryto, a to navýšením stávajícího opevnění o zhruba půl metru. A také oprava zakotvení opěrné zdi.

Ve stejném období na vodním díle Les Království probíhalo zvýšení ochranné funkce nádrže na levé výpusti. Tato výpust' byla z nepochopitelných důvodů v 70. letech zabetonována, aby později v letech 2002-2007 mohla být opět obnovena. V období mezi léty 2017-2019 na vodním díle Les Království probíhaly drobné údržbové opravy. Jednalo se o opravy střešních krytin na všech přilehlých objektech.. Dále se rekonstrukce týkala i levé šoupátkové věže a obou průjezdových bran, které jsou umístěny na hrázi. A také příjezdové komunikace.

V období mezi lety 2007-2013 bylo na řece Čistá v Hostinném provedeno několik úprav. Jednalo o zvýšení ochranného opevnění na levém a pravém boku podél toku Labe, vybudování stavidlové hráze na řece Čistá a osazení železničního propustku mobilními hradidly u řeky Labe.

Mezi roky 2018-2019 probíhaly práce na vodním díle Labská, která leží na horním toku řeky Labe. Práce se týkaly rekonstrukce spodní výpusti a také ochraně této výpusti pomocí česlí. Dále se rekonstruovala odtoková štola a potrubí limnigrafu v této štole. Korunový a šachtový přeliv byl osazen novými hrubými česlemi. Nakonec proběhla oprava levobřežní zdi a také byl vyměněn řídicí systém celého vodního díla.

Obec Rudník si v souvislosti s ničivou povodní v roce 2013 nechala vypracovat projektovou dokumentaci k opravě opěrných zdí, které byly zničeny

v průběhu této povodně. Současně také nechala opravit mosty, které byly poničeny. A také zpevnit svahy, které se vlivem povodně sesunuly.

Povodí Labe nechalo pro obec Rudník vypracovat studii na návrh stavby suchých poldrů Fořt, Na Lužinách a U Zoji, které by měly celou obec chránit při další povodni na řece Čisté.

Dále státní podnik Povodí Labe připravil projektovou dokumentaci k výstavbě suché nádrže v obci Žireč, lokalitě v Olšinkách, u Dvora Králové nad Labem, okres Trutnov. Která by v případě povodně měla ochránit majetek a občany obce Žireč. (Informace poskytnuté Povodím Labe, 2018).

Účinnosti jednotlivých protipovodňových opatření při větších povodních v letech 2002 a 2013 se věnuji v kapitole 5.7. Účinnost během povodní 2002 a 2013.

6.2 PPO Hostinné

Účelem vodního díla je ochrana města Hostinné před povodněmi z řeky Labe a z řeky Čistá. Funkcí je zabránění rozlití povodňových průtoků do města Hostinné. Tuto funkci zajišťuje hrazený propustek pod železniční tratí, stavidlový uzávěr na labském Mlýnském náhonu a navýšení nábrežní zdi podél řeky Čisté. Protipovodňová opatření jsou vybudována na ochranu území před stoletou vodou ($Q_{100} = 70 \text{ m}^3/\text{s}$ na soutoku Labe s Čistou)

6.2.1 Stavidlový uzávěr

Stručný popis vodního díla

Hrazený profil má obdélníkový průřez a přechod na lichoběžníkový tvar je proveden přechodovými úseky délky 5,5 m, které jsou opevněny kamennou dlažbou do betonového lože a ukončeny stabilizačními betonovými prahy. Stavidlový uzávěr na labském Mlýnském náhonu je tvořen čtyřmi poli s šířkou 2,3 m. Rám stavidel je tvořen z nosníků. Rám je zakotven do betonového základu. K ručním pohonům stavidel je přístup z obslužné lávky, která spojuje levý a pravý břeh labského Mlýnského náhonu. Jako hrazení stavidel slouží hliníkové desky. (Povodí Labe, 2013a).

6.2.2 Železniční propustek

Stručný popis vodního díla

Železobetonový rám pro usazení hliníkového hrazení, který je přikotvený na stávající železniční podchod šířky 2,0 m. Průchozí profil, kde se osazuje hradičkový systém má šířku 1,4 m. Rám má rozměry šířky 2,0 m a výšku 3,0 m. Základ pod dosedacím prahem má rozměry 2,0 x 0,6 x 0,6 m. Konstrukce rámu hradičel má rozměry 0,3 x 0,6 x 2,4 m. Konstrukce rámu překrývá stávající propustek o 0,3 m a do stávajícího propustku je zakotvena třemi kotvami délky 0,75 m, kde čtyři kotvení jsou do stěn stávajícího propustku a dvě do čela.. Obrázek č.9 (Povodí Labe, 2013a).

6.2.3 Zvýšené břehy koryta

Obruba komunikace – je ve formě betonové nadezdívky osazené na betonový základ situovaný v hraně stávající břehové čáry-horního líce stávajícího dlážděného opevnění, resp. asfaltové plochy komunikace. Konstrukčně je stěna navržena ze železobetonu a oboustranným vyztužením ocelovou sítí kotvenou do základu. Zidky jsou vybetonovány. Základ obruby má šířku 0,6 m a hloubku 0,8 m, část obruby má rozměry 0,7-1,4 m výšky a 0,4 m šířky. Obrázek č.10

Navýšení nábrežní zdi – zvýšení nadzákladové stávající nábrežní zdi je provedeno pomocí žulových kvádrů. Navýšení je provedeno o 0,23-0,92 m a šířky 0,50 m, s propojením se stávající zdí pomocí ocelového trnu. Toto opatření je provedeno na pravém i levém břehu toku Čistá.

6.2.4 Zhodnocení rekonstrukce

Celá rekonstrukce přispěla ke zlepšení protipovodňových opatření v Hostinném. Všechny rekonstrukce přispívají k zabránění rozliti povodňových průtoků. Jelikož se ve všech případech jedná o městskou zástavbu, nemělo by dojít ani ke zhoršení podmínek pro životní prostředí (Povodí Labe, 2013a; Povodí Labe, 2013b).

6.3 Les Království

Zájmové území se nachází na pravém břehu řeky Labe. Jedná se o jednu z nejhezčích vodohospodářských staveb v České republice. Od roku 1964 je celý objekt chráněn jako technická památka. Zpětným osazením výpustí v pravé obtokové štole došlo k obnovení původního zařízení bez zásahu do viditelných částí stavby.

Důvodem k postupným výstavbám přehrad na horním toku Labe byly ničivé povodně z července roku 1897. Projekt přehrady Les Království, dříve známé jako Těšnov, vypracovalo Technické oddělení pro úpravu řek v Praze až v roce 1909. V roce 1910 se začalo samotné vodní dílo stavět a dokončeno bylo až v roce 1919 z důvodu první světové války. O rok později se začalo s výstavbou vodní elektrárny, která byla dokončena roku 1923. Vodní dílo včetně elektrárny je nemovitou památkou od roku 1958.

Mezi hlavní účely vodního díla Les Království patří snížení povodňových průtoků na Labi a ochrana území pod přehradou. Dále využití odtoků k výrobě elektrické energie a zajištění zůstatkového průtoku v Labi (přehrada les království, 2018; Povodí Labe2018).

6.3.1 Základní technické parametry

Typ hráze: gravitační, oblouková, zděné z pískovce

Umístění: údolí Těšnov u Dvora Králové nad Labem

Výška koruny hráze nad terénem: 32,7 m

Výška koruny hráze nad základovou spárou: 41 m

Šířka v koruně: 7,2 m

Šířka komunikace na koruně hráze: 4,2 m

Délka v koruně: 218 m

Poloměr zakřivení hráze v půdoryse: 200 m

6.3.2 Rekonstrukce v průběhu let

V roce 1922 proběhlo utěsnění puklin pomocí cementové injektáže podloží na návodním líci přehrady. Dále v roce 1929 byla na levém břehu provedena výstavba těsnící zdi a také injektáž v okolí obtokového tunelu. V období mezi léty 1937 až 1938 došlo k prodloužení těsnící stěny. 1952-1959 došlo k opravě a celkové rekonstrukci spodní výpusti, dále došlo k vystavění nového vývaru pod výpustí a proběhla rekonstrukce přivaděče vody na elektrárnu a také zabetonování pravé spodní výpusti. Na levém břehu, proběhla rekonstrukce výpusti v období 1988-1989. 1998-1999 byla zlepšena účinnost spodní výpusti. A nakonec mezi lety 2005-2006 došlo k obnově pravé spodní výpusti (Povodí Labe 2018;. Broža, 2010).

V letech 2018-2019 na vodní přehradě Les Království probíhala celá řada drobných oprav. Například se bude jednat o opravy střešních krytin všech přilehlých objektů. Dále se rekonstrukce týkala i levé šoupátkové věže a obou průjezdových bran, které jsou umístěny na hrázi. Obrázek č.11 (Krkonošský deník2018).

6.3.3 Účel vodního díla

Vodní dílo Les Království zajišťuje snížení velkých průtoků na Labi a také ochranu území pod hrázi, zajištění dodávky povrchové vody pro odběratele pod vodním dílem a také zajištění minimálního průtoku v Labi pod vodním dílem. V neposlední řadě také využití odtoků z nádrže k výrobě elektrické energie v elektrárně, která je součástí vodního díla.(Knap, 2006).

6.3.4 Obnova pravé spodní výpusti

Stavební práce probíhaly při běžné úrovni hladiny vody, v přehradní nádrži v pravém obtokovém tunelu a v těsné blízkosti zděné gravitační hráze. Instalace uzávěrů spodní výpusti zahrnuje následující práce. Nejprve bylo potřeba odstranit nánosy splavenin před portálem vtoku. Dále proběhla instalace ocelových česlí a odstranění nánosů v přístupové štole. Poté proběhlo vybourání otvoru v betonové zátce a osazení přívodního potrubí, revizního a návodního uzávěru, osazení provozního segmentu uzávěru a úprava okenních otvorů. Také proběhla montáž nového limnigrafu (Knap, 2006; Povodí Labe 2005).

6.3.5 Práce na pravé výpusti

V důsledku nerozhodného jednání o vyžívání přehradní nádrže, došlo u výpusti v průběhu času k mnoha úpravám. V poslední době je záměr hlavně vylepšit podmínky pro povodňovou připravenost. V období mezi lety 1997-2000 se dospělo k závěru, že je potřeba zvětšit kapacitu výpustí. Jako nejvhodnější řešení se nakonec ukázalo obnovení výpustního objektu na pravém břehu, jehož vtoková část byla po dlouhá léta mimo provoz. Prozkoumání celkového stavu pravé výpusti se dalo za úkol potápěčům, kteří měli zkušenosti s podobnými pracemi na přehradě Laská v roce 1999. Nejprve bylo nutné nechat vyrobit kovový hradící prvek o průměru 3 metry, který měl za úkol chránit celé pracoviště. Následně byla proražena betonová zátka a bylo osazeno potrubí s uzávěry na vtokové části výpusti. Nakonec byly instalovány regulační uzávěry a na dno výpusti se umístily revizní šoupata. Obnovou pravé výpusti se dosáhlo zvýšení kapacity až o 40 m³/s. Vtok do pravé výpusti byl navíc osazen hrubými česlemi, které mají chránit vstup do výpusti proti velkým naplaveninám. Obrázek č.12 (Knap, 2006; Povodí Labe 2005; Povodí Labe, 2018).

6.3.6 Zhodnocení rekonstrukce

Touto rekonstrukcí došlo ke zvýšení protipovodňového účinku vodní nádrže a také došlo ke zvětšení bezpečnosti pod vodní nádrží. Dále nedošlo ke zvýšení nároků na odběr elektrické energie. Nedošlo ani ke zhoršení životního prostředí v okolí vodního díla. Při obnově výpusti došlo ke zvýšení její kapacity až o 40 m³/s.

6.4 PPO Trutnov

Hlavním důvodem k provedení úprav nábrežních zdí na toku Úpa v zastavěné části Trutnova bylo zvýšení stability nábrežních zdí. Jedná se o úsek mezi mostem u polikliniky a mostem u železniční stanice Trutnov. V říční kilometrů je to úsek 48,487-49,025. Po obou bocích řeky Úpy vedou komunikace. Na pravém břehu jde o cyklostezku a na levém břehu o komunikaci vedoucí od kina směrem k železniční stanici Trutnov.

Nejdříve musel být proveden pochůzkový průzkum podél toku a zjištění stavu obou nábrežních zdí. Průzkumem bylo zjištěno, že tělo nábrežní zdi bylo zhotoveno z málo kvalitních betonů, na kterých se projevují silné erozní účiny a dochází k jeho drolení a rozpadání. Poté bylo potřeba navrhnout buď nové tělo nábrežní zdi, nebo výměnu vystouplých a vyplavených kamenů (Povodí Labe, 2018; Soukal, 2001a; Soukal, 2001b.).

6.4.1 První etapa 48,487 km - 49,025 km

Nejprve bylo nutné zajištění podemletého základu a betonové patky. Toto zajištění proběhlo pomocí zapuštění do skalního podloží ocelovým trnem. Oprava těla zdi se uskutečnila v místech, kde je porušena stabilita zdi vyboulením směrem do koryta. To se uskutečnilo tak, že původní stěna byla rozebrána až na holou skálu. Tělo bylo vybouráno a nahrazeno novou betonovou zdí. Kameny, které „pouze“ vystupovaly z nábrežní stěny se vyjmuly, očistily a byly zpět usazeny na své místo. Na místech, kde byly kameny vymlety se usadily kameny nové. Po celé délce se také muselo opravit spárování mezi jednotlivými kameny. Dále na celém pravém břehu podél cyklostezky, bylo nutné vyměnit zábradlí. Obrázek č.9 (Povodí Labe, 2018; Soukal, 2001a).

6.4.2 Druhá etapa 48,180-48,487

Hlavním účelem stavby je zajištění stability nábrežních zdí Úpy. Jedná se o úsek mezi mostem u městských lázní a mostem u polikliniky. V říční kilometrůžce se jedná o úsek 48,180-48,487.

Technické řešení:

Na pravém břehu Úpy došlo k zajištění podemletého základu pomocí betonové přízdívky, která je zapuštěna do skalního podloží. Oprava těla zdi byla provedena v místech, kde byly kameny v původní zdi vybouleny nebo vysunuty. Oprava proběhla tak, že původní kameny byly odstraněny a zaspárovány. Byla zde postavena zeď nová, osazena železobetonovou římsou.

Na levém břehu došlo k podobnému zajištění základové stěny, jako na pravém břehu. Oprava pravé zdi probíhala doplněním chybějících kamenů hlavně ve spodní straně

nábřežní zdi. Dále pak byly vyměněny erodované kameny, které vystupovaly z nábřežní zdi. Ty byly nejdříve očištěny a poté pomocí malty usazeny zpět. Také zde bylo nutné opravit spárování. Obrázek č. 8 (Soukal, 2001b; Průvodní zpráva Úpa-Trutnov, Povodí Labe, 2001).

6.4.3 Zhodnocení rekonstrukce

Touto realizací došlo ke zlepšení odtokových vlastností řeky Úpy v Trutnově. Došlo k úpravám stávajících nábřežních zdí. Ať už šlo o výměnu jednotlivých kamenných bloků, nebo vybourání celého kamenného těla na pravém i levém boku. Nedošlo ke zhoršení životního prostředí podél vodního toku.

6.5 Vodní nádrž Labská

Vodní nádrž Labská se nachází na řece Labi v Královéhradeckém kraji okres Trutnov. Byla postavena v období mezi lety 1910-1916. Přehradní hráz má tvar oblouku a je vybudována z lomového kamene. Celkový objem nádrže je 3,292 mil. m³ a maximální zatopená plocha činí 26,78 ha. Průměrný dlouhodobý roční průtok 2,14 m³.s-1. Průtok Q100 činí 175 m³.s-1. Pro vypouštění vody pod přehradu slouží základová výpust' o průměru 1,1 metru. Na této výpusti je umístěna odbočka na malou vodní elektrárnu. Bezpečnostními zařízeními na přehradě je šachtový přeliv na levé straně hráze. A také korunový přeliv na straně pravé. Skládá se z celkem čtyř přelivných polí a jsou osazeny žulovými kvádry. Oba přelivy jsou osazeny hrubými česlemi. Dále k manipulaci s vodou pod nádrží slouží celkem pět spodních výpustí, které jsou umístěny v obtokovém tunelu.

Součástí vodní nádrže je také malá vodní elektrárna, která je umístěna pod hrází. V elektrárně je umístěna Kaplanova turbína.

Dále jsou součástí vodní nádrže Labská dvě limnigrafické stanice, které slouží ke sledování průtoků nad i pod nádrží.

Mezi hlavní účely vodního díla patří zachycení a snížení povodňových vln. Dále částečná ochrana území, které se nachází pod přehradou. Zajištění minimálního průtoku v Labi. V neposlední řadě také chov ryb a rekreace (české hory, 2018; Povodí Labe, 2018; Krkonoše, 2018)

Celkový popis rekonstrukce:

Rekonstrukce probíhala mezi lety 2017-2019. Hlavním účelem rekonstrukcí na vodním díle Labská bylo zvýšení protipovodňové funkce a zvýšení retence nádrže. V rámci rekonstrukce byl zvýšen odtok pod hrází. Došlo ke zvýšení kapacity spodních výpustí. Po rekonstrukci je možné z přehradní nádrže vypouštět navíc 32 m³/s, což umožní větší využití zásobního prostoru nádrže. Toto zlepšení se významně projeví na zvýšení protipovodňové ochrany.

Rekonstrukce spočívá ve zvětšení kapacity současných výpustí. Dále došlo ke zvětšení retenční funkce nádrže a zmírnění dopadů účinků povodně. Byla zlepšena ochrana vtoků do bezpečnostních přelivů proti jejich ucpávání splaveninami. Prodloužila se provozní spolehlivost a životnost jednotlivých prvků.

Úpravami došlo k transformaci kulminačního průtoku (Q100) ze 175 m³/s na 120 m³/s. Jedná se o snížení odtoku o 53 m³/s (Povodí Labe, 2018; Souhrnná technická zpráva Státního podniku Povodí Labe, 2004).

6.5.1 Spodní výpust'

Při rekonstrukci došlo k výměně stávajících spodních výpustí. 5 výpustí DN 1100, 2 výpustí DN 2000 a jedna výpust DN 800 pro spolehlivé převedení všech průtoků. Dvě krajní výpustí (DN 2000) budou sloužit hlavně k převádění povodňových průtoků. (Povodí Labe, 2018; Souhrnná technická zpráva Státního podniku Povodí Labe, 2004).

6.5.2 Česle na vtoku do spodních výpustí

Řešení nových česlí bylo navrženo na dosažení rychlosti proudění česlemi 0,5 m/s, proto musela být plocha česlí zvětšena. Na pravé straně se nachází zeď ochranného jezu, který je zde původní z doby výstavby přehrady. Ke snížení rychlosti proudění a zanášení česlí splaveninami došlo tak, že se vytvořila česlová komora s dostatečnou plochou před nátokem do obtokového tunelu. Nová česlová komora je složena z ocelového rámu, samotných česlových polí, prahu, nosných sloupů a opěrného nosníku.

6.5.3 Odtoková štola

Odtoková štola má nepravidelný profil. V místech za stávající zátkou má šířku 8,6 metrů a v délce cca 4 metry se postupně zužuje na šířku 7 metrů. V některých místech ale vystupují kamenné bloky do profilu a šířku ještě snižují. Asi 19 metrů od stávající zátky se na tuto odtokovou štolu napojuje štola šachtového přelivu. Stabilita současné štoly je zajištěna kamennou klenbou (Povodí Labe 2018; Souhrnná technická zpráva Státního podniku Povodí Labe, 2004).

6.5.4 Potrubí limnigrafu

Potrubí limnigrafu je nově umístěno v místech vtokové štoly. Nové potrubí je řešeno tak, že měření nebude ovlivněno jak splaveninami, tak proudící vodou. V prostorách, kde se v době rekonstrukce nachází zátka je zachováno stávající potrubí. V místě uzávěrové šachty bude opět nové potrubí nad podlahu strojovny.

6.5.5 Ochrana korunového a šachtového přelivu

Tato realizace řeší ochranu na vtocích do šachtového a korunového přelivu při povodni. Výsledek této realizace má za následek zadržení velkých splavenin (např. stromy, klády apod.) před přelivy, které by mohly snížit jejich kapacitu.

Konstrukce je pro oba dva přelivy shodná pomocí předsazených ocelových prvků před bezpečnostními přelivy. Tyto ocelové prvky jsou vytvořeny v antikorozi úpravě s dřevěnou výplní.

Korunový přeliv

Korunový přeliv je ochráněn pomocí svislých předsazených prvků s roztečí 1,6 metrů s cílem zachycení velkých splavenin, které by mohli způsobit jeho ucpání.. Konstrukce těchto prvků jsou svařované sloupky výšky 4,6 metrů kotvené do železobetonového pasu. Ocelové sloupy jsou antikorozi s nátěrem.

Šachtový přeliv

Šachtový přeliv je ochráněn pomocí předsazených svislých prvků s roztečí 1,5 metru. Hlavním cílem je zachycení velkých splavenin, které by mohly šachtový přeliv ucpat. Tyto svislé prvky tvoří svařované sloupy výšky cca 5,0 metru. Jsou kotvené do železobetonového pasu. Ocelové sloupy jsou opatřeny antikoročním nátěrem, a z pohledové strany je dřevěná výplň. Dále byly odstraněny stávající česle. Jejich stěna byla náchylná na ucpávání splaveninami a tím se snižovala jejich kapacita (Souhrnná technická zpráva Státního podniku Povodí Labe, 2004). Obrázek č. 11 a 12.

6.5.8 Levobřežní zeď pod vyústěním obtokového tunelu

Rekonstrukce levobřežní zdi proběhla hlavně z důvodu jejího špatného technického stavu. Celková konstrukce byla místy vyboulená, kamenné prvky byly uvolněné a vyčnívaly ven.

Příčinou tohoto stavu je s největší pravděpodobností voda, které prosakovala za rubem zdi a také mrazové cykly. Kvůli těmto dvěma jevům docházelo k postupnému uvolňování od skalního podkladu.

Hlavním cílem celé rekonstrukce bylo především zajistit zeď pro možnost průjezdu stavební techniky, a dále také samotné zajištění stability porušené zdi při povodňových průtocích a nedocházelo tak k dalším rozsáhlejšími škodám na vývaru, popřípadě i na malé vodní elektrárně umístěné pod nádrží.

Vlastní rekonstrukce levobřežní zdi spočívala v zajištění levobřežní stěny jejím částečným rozebráním a přezděním rozebraných částí. Dále přespárováním a injektáží kamenného zdiva v místech, kde byly kameny uvolněné nebo chyběly. (Souhrnná technická zpráva Státního podniku Povodí Labe, 2004).

6.5.9 Zhodnocení rekonstrukce:

Vodní dílo Labská nemá po rekonstrukci negativní vliv na životní prostředí. Nemá výrobní charakter, tudíž neprodukuje žádný odpad. Po dokončení stavby se v místech pod samotnou hrází snížilo riziko poškození životního prostředí v důsledku povodně. V rámci stavby nedošlo ke kácení stromů a ani ořezu větví.

Staveniště se nacházelo jak v ochranném pásmu Krkonošského Národního parku, tak v Evropsky významné lokalitě Natura 2000.

Dále v souvislosti se stavbou nevznikly žádná nová ochranná nebo bezpečnostní pásma (Souhrnná technická zpráva Státního podniku Povodí Labe, 2004).

6.6 PPO Rudník

6.6.1 Obec Rudník

Obec Rudník se nachází v okrese Trutnov v Královéhradeckém kraji. Žije zde přibližně 2200 obyvatel. Rudník leží na soutoku říčky Čistá a mnoha dalších menších toků jako například Bolkovský potok, Janovický potok, Javorovský potok, Luční potok, Žabí potok a mnoho dalších malých bezejmenných toků.

V červenci roku 2013 byl zasažen ničivou povodní, kdy na všech tocích byly překročeny stoleté průtoky. Hladina vody tehdy stoupla nejméně o 3 metry. Povodeň za sebou nechala množství vytopených objektů. Došlo také k mnoha sesuvům půdy. V souvislosti s touto katastrofou si obec Rudník nechala vypracovat technickou dokumentaci k vybudování suchých nádrží Fořt, Na Lučinách a U Zoji. (KRNAP, 2018; povodňový portál2018; Rudník, 2018).

6.6.2 Celkový popis oprav

Účelem stavby je obnova koryta, které bylo poničeno v průběhu povodně v roce 2013. Jedná se o sanaci břehových nátrží, oprava poškozených částí kamenných opěrných zdí a stabilizaci svahů.

Levobřežní opěrná zeď u č.p. 60

Opěrná zeď se nachází na levém břehu u domu č.p. 60. Zeď je navržena jako železobetonová konstrukce. Návodní strana bude obložena řádkovým zdivem. Celá zeď bude zavázána do terénu stávajícího svahu a chráněna kamenným záhozem. Výška zdi je 3,1 metru a postupně klesá až do výška cca 1,7 metru. Obrázek č. 11 (Souhrnná technická zpráva, Čistá, Rudník, 2013).

Pravobřežní opěrná zeď u č.p. 60

Opěrná zeď se nachází na pravém břehu u domu č.p. 60. Celková délka úpravy je 35 metrů a opravy poničených částí zdi bude řešena obdobně jako strana levá.

Pravobřežní opěrná zeď u garáží

Bude vystavěna nová opěrná zeď v celkové délce 55 metrů, která navazuje na stávající betonovou zídku pod mostem. Opěrná zeď je opět navržena jako ty u č.p. 60. Výška zdi v místě napojení na mostní pilíř je 2 metry a v délce 6 ti metrů bude postupně zvýšena na výšku 2,8 metru. Na tuto opěrnou zeď bude navazovat kamenná rovinanina s opěrnou patkou. Obrázek č. 19 (Souhrnná technická zpráva, Čistá, Rudník, 2013).

6.6.3 Zhodnocení rekonstrukce

Stavba bude prováděna v intravilánu a nezasáhne negativně do stávající urbanistické koncepce obce. Jedná se o obnovu koryta v původních parametrech se zachováním souvisejících objektů na toku. Celá stavba by měla pozitivně přispět k protipovodňové ochraně obce Rudník.

6.7 Účinnost během povodní 2002 a 2013

6.7.1 Povodeň 2002

Tlaková níže spojená s trvalými srážkami začala průtoky v řekách ovlivňovat především až mezi 13. a 14.8. Oblast Krkonoš byla zasažena srážkami především v polohách nad 1400 m. n. m. V Krkonoších bylo naměřeno během 24 hodin úhrn nad 100 mm. I přes takto velký srážkový úhrn povodeň na horním toku Labe v roce 2002 nebyla tak ničivá jako na středním a dolním toku.

6.7.2 Povodeň 2013

Velké srážky, které dopadly na území České republiky na konci května především v horských oblastech, měly za následky nasycení všech vodních toků v oblasti Krkonoš. V noci z 1. na 2.6 se celkový úhrn srážek pohyboval mezi 100-150 mm.

6.7.3 VD Labská

Před nástupem povodně byla přehrada předvypuštěna. Hladina vody v nádrži byla 1 m pod úrovní nejvyšší hladiny zásobního prostoru. Po vydání výstrahy Českého Hydrometeorologického úřadu na možnost zvýšení úhrnu srážek došlo k dalšího snížení hladiny. Vzniklo tak o 0,4 mil.m³ zásobního prostoru navíc. Při povodni v roce 2002 však byl maximální přítok do nádrže 58 m³.s⁻¹ a odtok 41 m³.s⁻¹ (Q₂₋₅) Ochranný ovladatelný prostor tak byl povodní naplněn z asi 25 %.

Při povodni v roce 2013 byl na vodním díle Labská překročen 3. stupeň povodňové aktivity v noci z 1. na 2.6. Kulminační průtok byl 47 m³/s. Velký význam vodního díla Labská se prokázal až v dalších hodinách při spolupráci s přehradou Les Království (Povodí Labe 2018).

6.7.4 VD Les Království

Vodní nádrž Les Království byla stejně jako Labská předvypuštěna. Ochranný prostor nádrže byl zvětšen o dalších 0,9 mil.m³. Povodňová situace se však této přehradě nedotkla. Přítok kulminoval na 49 m³.s⁻¹ a odtok 45 m³.s⁻¹ což představuje průtok Q₁. Hladina vody taky nedosáhla ani úrovně zásobního prostoru (pla.cz, 2018). Při povodni v roce 2013 došlo k dosažení přítoku Q₅₀ což činí 308 m³/s. Odtok z nádrže byl 156 m³/s. Ochranný prostor byl tehdy naplněn z 95 % a hladina vody byla 29 cm pod úrovní bezpečnostních přelivů. K celkovému snížení dopadů povodně tak přispěla součinnost přehrady Labská a Les Království odtok by tak činil až 200 m³/s.

6.7.5 PPO Trutnov

S výstavbou opěrných kamenných zdí se začalo po povodni v roce 1898. A po drobných úpravách v průběhu let, slouží dodnes. Povodně se tak Trutnovu od té doby vyhnuly (Krkonošský deník2013).

6.7.6 Rudník

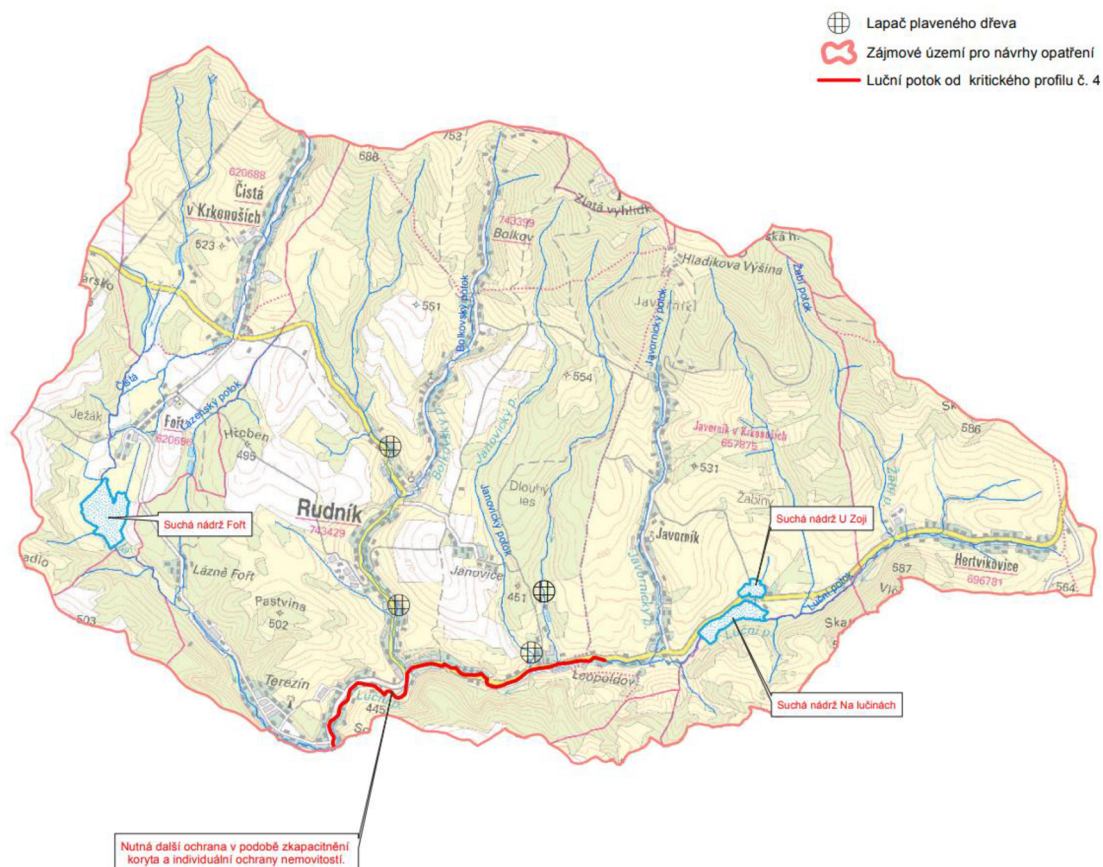
Asi nejhorší situace nastala při povodni v roce 2013 na Labi a Čisté. V obci Vestřev, která se nachází pár kilometrů po proudu z Hostinného byl vodní stav 160 cm což odpovídá druhému stupni povodňové aktivity (Povodí Labe 2018).

6.7.7 PPO Hostinné

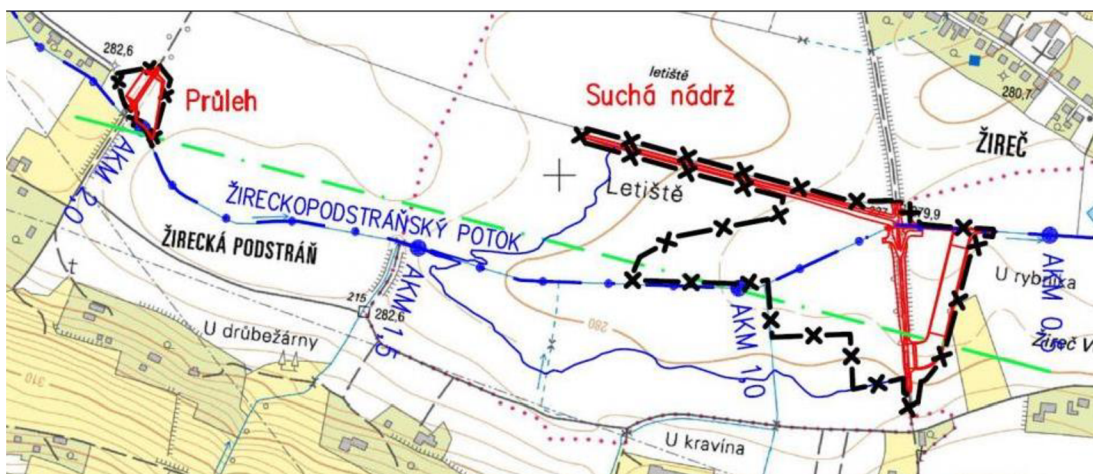
S úpravou nábrežních zdí, opravou železničního propustku a vybudováním stavidlového uzávěru se začalo až po povodni v roce 2013. Všechna opatření jsou navržena na průtok $Q_{100} = 251 \text{ m}^3/\text{s}$ (Povodí Labe2013).

7 Výhled do budoucna

V následující kapitole bude popsán budoucí vývoj v rámci protipovodňových opatření. První uvedené je suchá nádrž Žireč, která je plánovaná v blízkosti Dvora Králové nad Labem a měla by svou funkci plnit hlavně k ochraně obce Žireč. Druhá je soustava nádrží u obce Rudník v blízkosti Trutnova. Jedná se o nádrže Fořt, Na lučinách a U Zoji.



Obrázek
č.3(Rudník 2018)



Obrázek č.4. Suchá nádrž Žireč (MUDK, 2022)

7.1.1 Suchá nádrž Žireč

Účel této stavby je zvýšení protipovodňové ochrany obce Žireč. K plnění suché nádrže bude docházet pouze při větších průtocích. Po jejich průběhu se suchá nádrž sama pozvolna vyprázdní. Celá stavba je navržena tak, aby povodňovou vlnu transformovala na hodnotu neškodného průtoku. Stavba je umístěna v prostoru rybníka a hlavní stavební zásah bude tvořen zemní hrází, která se bude skládat z boční a čelní hráže. Celá stavba bude sloužit k eliminaci, popřípadě snížení a oddálení povodňových průtoků v obci Žireč. Povodňové průtoky budou suchou nádrží přeměněny tak, aby v chráněném území nepřesáhl průtok hodnotu neškodného průtoku, který je $1,6 \text{ m}^3/\text{s}$.

Samotná hráz se skládá ze dvou částí, čelní a boční. Těleso hráže má v řezu tvar lichoběžníku. Koruna hráže má šířku 4 metry a sklon návodního svahu hráže bude 1:3 a sklon svahu na vzdušní straně bude mít sklon 1:2 (Povodí Labe, 2017; Povodí Labe, 2018).

7.1.2 Boční hráz

Boční hráz je umístěna severně od levého břehu Žirečského potoka a vede souběžně s areálem Letiště Dvůr Králové nad Labem. Těleso boční hráže bude mít délku 499 metrů, výška hráže v nejvyšším bodě bude dosahovat 2,7 metru a hloubka založení v patě hráže je minimálně 0,5 metru pod terénem. Součástí hráže je také patní

drén, který bude založen minimálně 1 metr pod terénem v lici šířky 2 metry. (Povodí Labe, 2018; Hydroprojekt a.s; 2017).

7.1.3 Čelní hráz

Čelní hráz bude provedena v místě hráze stávajícího rybníka. Výška hráze nad úrovní základové spáry je 4,2 metru, šířka v patě je 17,5 metru. Zavázání hráze do nepropustného podloží je provedeno pomocí zavazovacího ozubu, jehož hloubka bude minimálně 1 metr. V patě vzdušního líce se bude nacházet drén s drenážním potrubím.

Na koruně hráze bude obnovena místní komunikace, ze které povedou dva sjezdy. Jeden do prostoru zátopy a druhý do prostoru pod hrází.

7.1.4 Bezpečnostní přeliv

Pro převedení průtoků Q_{100} je navržen korunový bezpečnostní přeliv, lichoběžníkového profilu. Korunový přeliv je založen v podélném i příčném směru pomocí betonových prahů a celá plocha je opatřena dlažbou z kamene. Návodní strana je navržena ve stejném sklonu jako hráz a je zakončena betonovým prahem. Vzdušná strana je také opatřena kamennou dlažbou do betonu. Pod bezpečnostním přelivem je navržen vývar. Vývar ústí do Žirečského potoka asi 100 metrů pod hrází (Hydroprojekt a.s, 2017).

Parametry objektu:

| | |
|-------------------------------------|------------------------|
| Návrhový průtok Q_{100} | 20,4 m ³ /s |
| Úroveň přelivné hrany | 279,70 m n. m. |
| Úroveň hladiny při Q_{100} | 280,20 m. n. m. |
| Výška přepadového paprsku Q_{100} | 0,5 m |
| Délka přelivu | 54 m |
| Sklon svahů přelivu | 1:8 |
| Délka přelivné hrany ve dně | 38 m |
| Délka odpadního koryta | 227 m |
| Šířka odpadního koryta | 25 m |

| | |
|--------------------------------|-------|
| Hloubka odpadního koryta | 0,5 m |
| Podélný sklon odpadního koryta | 0,8% |

7.1.5 Odpadní koryto

Odpadní koryto navazuje na vývar z bezpečnostního přelivu a bude v délce 50 metrů opevněno kamenným záhozem.

7.1.6 Spodní výpust

Spodní výpust je navržena jako jednodílná konstrukce ze železobetonu o rozměrech 1,8 m x 3 m. Voda tímto objektem bude odtékat ocelovým potrubím DN 1000. Pro možnost zahrazení budou boční stěny osazeny drážkami provizorního hrazení. Čelní stěna spodní výpusti je osazena hrubými česlemi. (Hydroprojekt a.s; 2017).

7.1.7 Úprava koryta a měřicí prvky

Úprava koryta pod hrázi spočívá v odstranění betonového opevnění stávajícího koryta a vytvoření lichoběžníkového koryta. Délka úpravy je 125,2 metrů. Dále bude také upraven Žirečský potok, a to v délce 12 metrů před vtokovým objektem. Koryto bude upraveno do lichoběžníkového profilu a bude opevněno záhozem z kamene. Úprava bude plynule přecházet na tvar stávajícího koryta.

Měřicí prvky:

1. vodočetná lať-bude umístěna na boční zídce přístupového schodiště na návodní straně hráze.
2. hřbové nivelační značky-se budou nacházet na úrovni horního vtokového objektu spodní výpusti a budou sloužit k pozorování případného sedání a naklánění objektu.
3. monitorovací stanice-je navržena pro možnost měření úrovně hladiny v nádrži. Stanice bude plně automatická. Hladina vody bude měřena tlakovou sondou v šachtě vtokového objektu (Hydroprojekt a.s; 2017).

7.1.8 Propustek

Propustek je navržen v místě napojení čelní hráze na stávající. Hlavním účelem propustku je zabránění vzniku bezodtoké zóny mezi letištěm, boční hrází a stávající komunikací. Propustek bude na obou koncích ukončen betonovými čely. Pro odvedení vod je na vzdušné straně hráze vybudován příkop. (Hydroprojekt a.s; 2017; Labe, 2017).

7.1.9 Průleh na nátoku

Průleh bude sloužit k zajištění nátoku povodňových průtoků do suché nádrže. Průleh bude mít šířku ve dně 48 metrů a je navržen v trase stávající polní cesty. (Hydroprojekt a.s; 2017; Labe, 2017).

7.1.10 Zhodnocení stavby

Stavba suché nádrže by nijak zásadně neměla ovlivnit stávající životní prostředí v dotčeném území. Konstrukce jsou navrženy tak, aby jejich vzhled co nejlépe zapadal do krajiny. Stavba je navržena jako protipovodňová ochrana pro obec Žireč, měla by tedy přinést lepší životní podmínky pro obyvatele v průběhu povodně.

7.2 Vodní nádrž Fořt

Vodní nádrž Fořt je koncepcí návrhu na soutoku říčky Čisté a Lázeňského potoka v obci Rudník na Trutnovsku. Hrázový profil se nachází v nezastavěném území. Prostor plánované zátopy nádrže je tvořen z části lučními a lesními pozemky.

7.2.1 Technické parametry

Suchá nádrž bude schopna zachytit přibližně 583 000 m³ vody, zatopená plocha bude činit 17,7 ha při Q₁₀₀. Délka hráze je uvažována 181 metrů a výška hráze nad terénem bude v nejvyšším místě 11 metrů, šířka v koruně pak bude 5 metrů. Hráz bude opatřena základovou výpustí a bude otevřená pro běžné průtoky. V dostatečné vzdálenosti nad spodní výpustí se plánují navrhnout hrubé česle.

Na levé straně hráze bude umístěn bezpečnostní přeliv Q_{500} o délce přelivné hrany 33 metrů. Výška přepadového paprsku bude 1,6 metru. Na bezpečnostní přeliv bude navazovat rampa, která bude sloužit jako kamenný skluz (obecní úřad Rudník, 2013; stavební úřad Rudník, 2013).

7.3 Suchá nádrž Na lučinách

Území pro vybudování suché nádrže se nachází nad soutokem Lučního a Javornického potoka u obce Vlčice na Trutnovsku. Hrázový profil se nachází v extravilánu a prostor plánované zátopy nádrže tvoří luční a lesní pozemky. Hráz se bude nacházet na jihozápadní straně nádrže.

7.3.1 Technické parametry

Suchá nádrž bude schopna zachytit přibližně 250 000 m³ vody, zatopená plocha bude necelých 8,5 ha při Q_{100} . Základní konstrukci hrázového tělesa bude tvořit betonová hráze. Uvažuje se vytvoření dvou terasových stupňů vertikálně vzdálených 3 metry a tří svahů. Délka hráze bude přibližně 178 metrů a výška hráze nad terémem bude 8,5 metru. Nádrž bude řešena stejně jako suchá nádrž Fořt Bezpečnostní přeliv je uvažován pod korunou hráze v šířce 4,5 metru.. (Rudník,2018; obecní úřad Rudník, 2013).

7.4 Suchá nádrž U Zoji

Kvůli zajištění co největší transformace průtoku na Lučním potoce je v jeho horní části plánována ještě jedna suchá nádrž. Lokalita U Zoji se nachází v těsné blízkosti návrhu suché nádrže Na lučinách při soutoku Lučního potoka a jeho bezejmenného přítoku.

7.4.1 Technické řešení

Plánuje se využití silničního náspu, ke kterému se umístí přitěžovací přísyp. Maximální sloupec v zátopě je uvažován 1,8 metru. V této úrovni již dochází k přetoku vody přes místní komunikaci do lokality Žabiny a dále do Javorníku.

Z tohoto důvodu je potřeba vybudovat ještě jednu druhou hráz. Tato hráz bude mít svou vlastní spodní výpust. Hráz bude zasahovat až k místní komunikaci, kde bude navazovat na již zmíněný přísyp. V koruně hráze není možné umístit bezpečnostní přeliv, proto bude řešen jako kašnový přeliv (Rudník, 2018; obecní úřad Rudník 2013).

7.5 Zhodnocení studie

Navrhované studie byly vytvořeny ve srážkoodtokovém modelu HEC-HMS. Vyhodnocení bylo provedeno na datech stanovených modelem.

Nádrž U Zoji nemá téměř žádný vliv jako samostatná ochrana, tak v kombinaci například s nádrží Na lučinách. Proto se doporučuje jako vhodnější opatření revitalizace území.

Jako nejlepší řešení se tedy podle studie ukázala kombinace nádrže Fořt s nádrží Na lučinách. Kdy by mohlo dojít ke snížení průtoku až o 29 % (Rudník2018; obecní úřad Rudník, 2013).

8. Rizikové oblasti v ploše povodí

Z mapy umístěné na webovém portále (POVIS, 2022) jsem si vybral 2 rizikové oblasti, ve kterých působením extrémní přívalové srážky dochází k tvorbě lokálních povodní. Jedná se o lokality Nová Ves a Hajnice. Obě tyto lokality se nachází poblíž Dvora Králové nad Labem, tudíž o nich z vlastní zkušenosti vím, že mají zvýšený potenciál k tvorbě lokálních povodní.

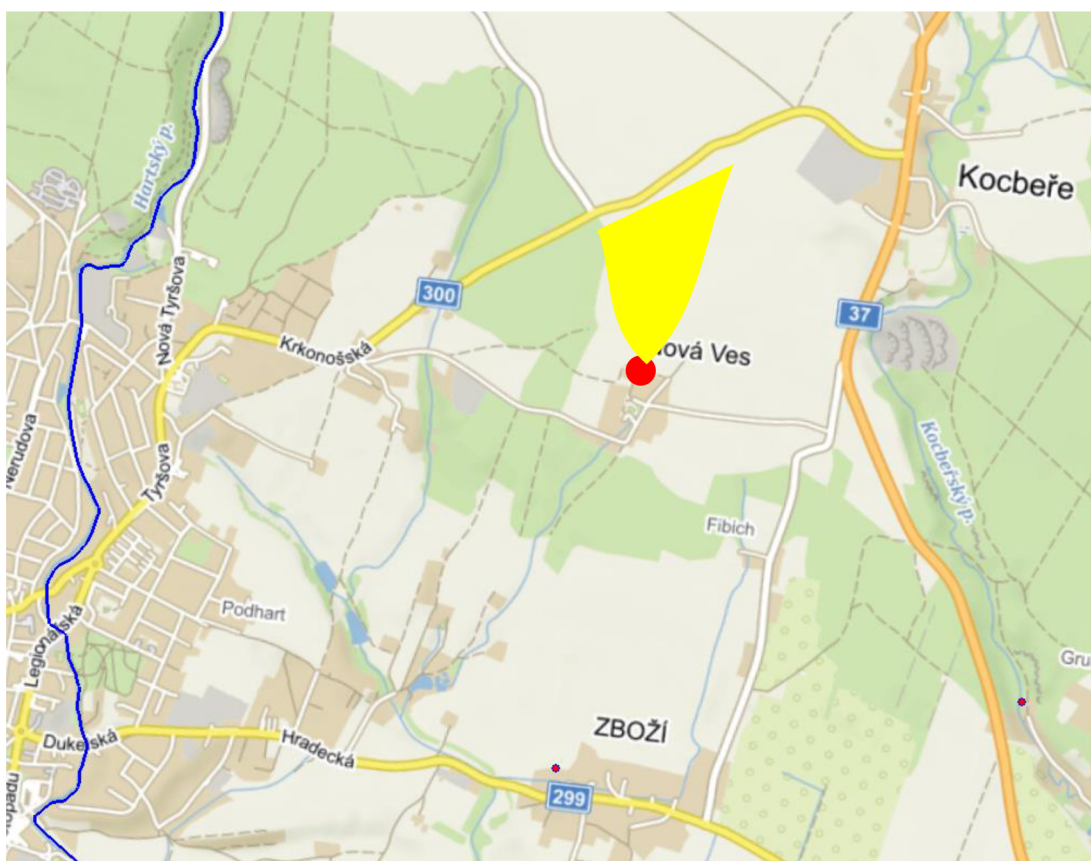
8.1. Nová Ves

Obec Nová Ves se nachází v katastrálním území Dvora Králové nad Labem, část Kočeře. Žlutě vyznačená část naznačuje, o jaké území se jedná. Obrázek č.5

Parametry:

| | |
|----------------------------|-----------------|
| Číslo kritického bodu (KP) | <u>10110402</u> |
|----------------------------|-----------------|

| | |
|--------------------------------------|------------------|
| <u>Průměrný sklon</u> | <u>4,342 %</u> |
| <u>Podíl orné půdy</u> | <u>94,458 %</u> |
| <u>Plocha povodí kritického bodu</u> | <u>45,600 ha</u> |



Obrázek č.5 (POVIS, 2022)

8.1.1. Návrh řešení

Jelikož se obec Nová Ves nachází pod svažitém terénem, který je využíván jako zemědělská půda. Nabízí se jako nejúčinnější řešení orba po vrstevnici nebo vhodný způsob obdělávání. Snížení podílů erozně náchylných plodin. Dále větší segmentace půdních bloků na malá políčka (do 5 ha). Zatravnění odtokových linií soustředěného odtoku, případně jejich přerušení realizací soustavy retenčních prvků (průlehy, příkopy, zatravněné pásy). Nutnost realizace komplexních pozemkových úprav se

zaměřením na zvýšení retenční kapacity krajiny. Hrazení hlavních odvodňovacích zařízení.

8.2. Hajnice

Obec Hajnice se nachází v katastrálním území města Trutnov. Na tomto území se nachází celkem 5 kritických bodů

Parametry:

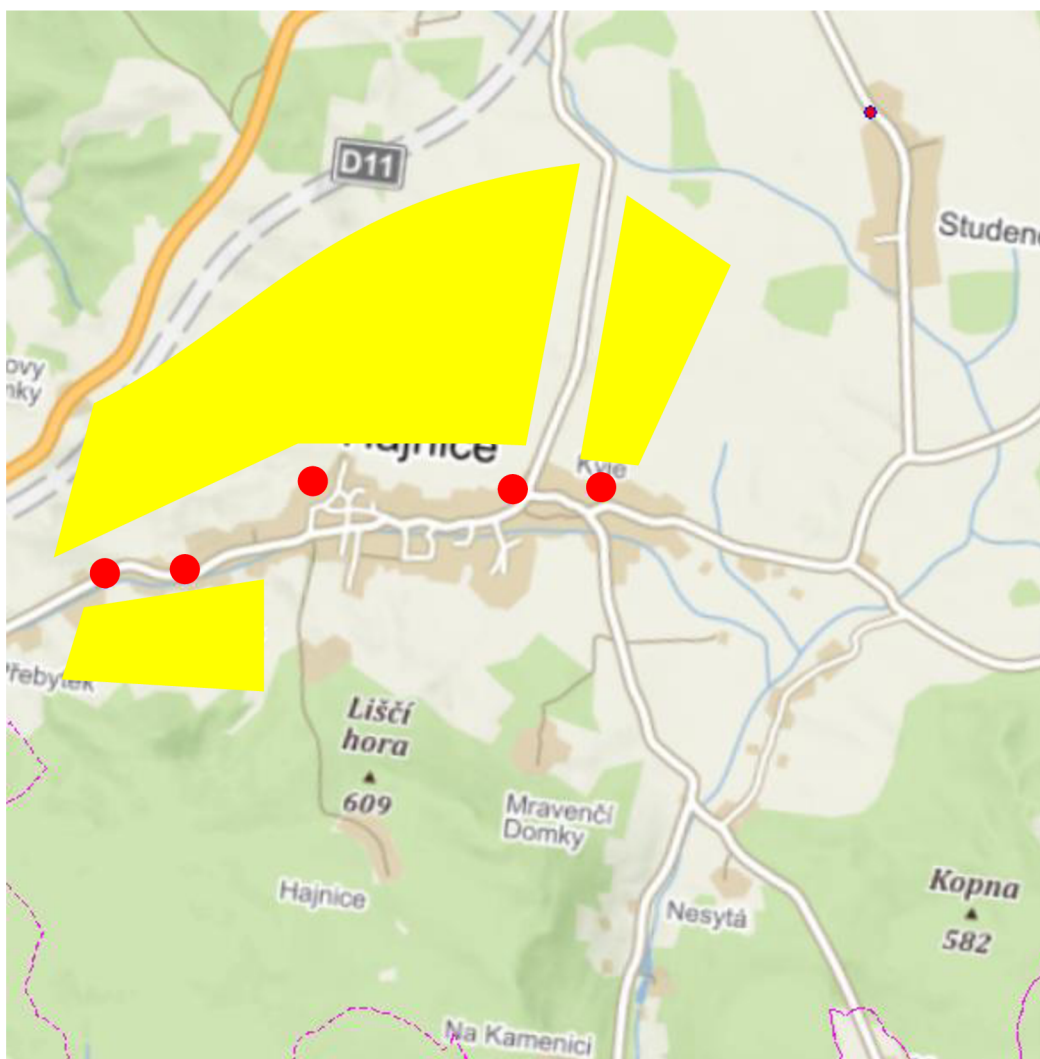
| | |
|--------------------------------------|-------------------|
| <u>Číslo kritického bodu (KP)</u> | <u>10108505</u> |
| <u>Průměrný sklon</u> | <u>9,748 %</u> |
| <u>Podíl orné půdy</u> | <u>22,486 %</u> |
| <u>Plocha povodí kritického bodu</u> | <u>180,770 ha</u> |

| | |
|--------------------------------------|------------------|
| <u>Číslo kritického bodu (KP)</u> | <u>10108504</u> |
| <u>Průměrný sklon</u> | <u>10,344 %</u> |
| <u>Podíl orné půdy</u> | <u>95,075 %</u> |
| <u>Plocha povodí kritického bodu</u> | <u>30,370 ha</u> |

| | |
|-----------------------------------|-----------------|
| <u>Číslo kritického bodu (KP)</u> | <u>10108489</u> |
| <u>Průměrný sklon</u> | <u>8,414%</u> |

| | |
|--------------------------------------|-------------------|
| <u>Podíl orné půdy</u> | <u>96,079 %</u> |
| <u>Plocha povodí kritického bodu</u> | <u>42,440ha</u> |
| <u>Číslo kritického bodu (KP)</u> | <u>10108490</u> |
| <u>Průměrný sklon</u> | <u>6,586 %</u> |
| <u>Podíl orné půdy</u> | <u>99,897 %</u> |
| <u>Plocha povodí kritického bodu</u> | <u>123,590 ha</u> |

| | |
|--------------------------------------|------------------|
| <u>Číslo kritického bodu (KP)</u> | <u>10108500</u> |
| <u>Průměrný sklon</u> | <u>6,630 %</u> |
| <u>Podíl orné půdy</u> | <u>86,022 %</u> |
| <u>Plocha povodí kritického bodu</u> | <u>173,91 ha</u> |



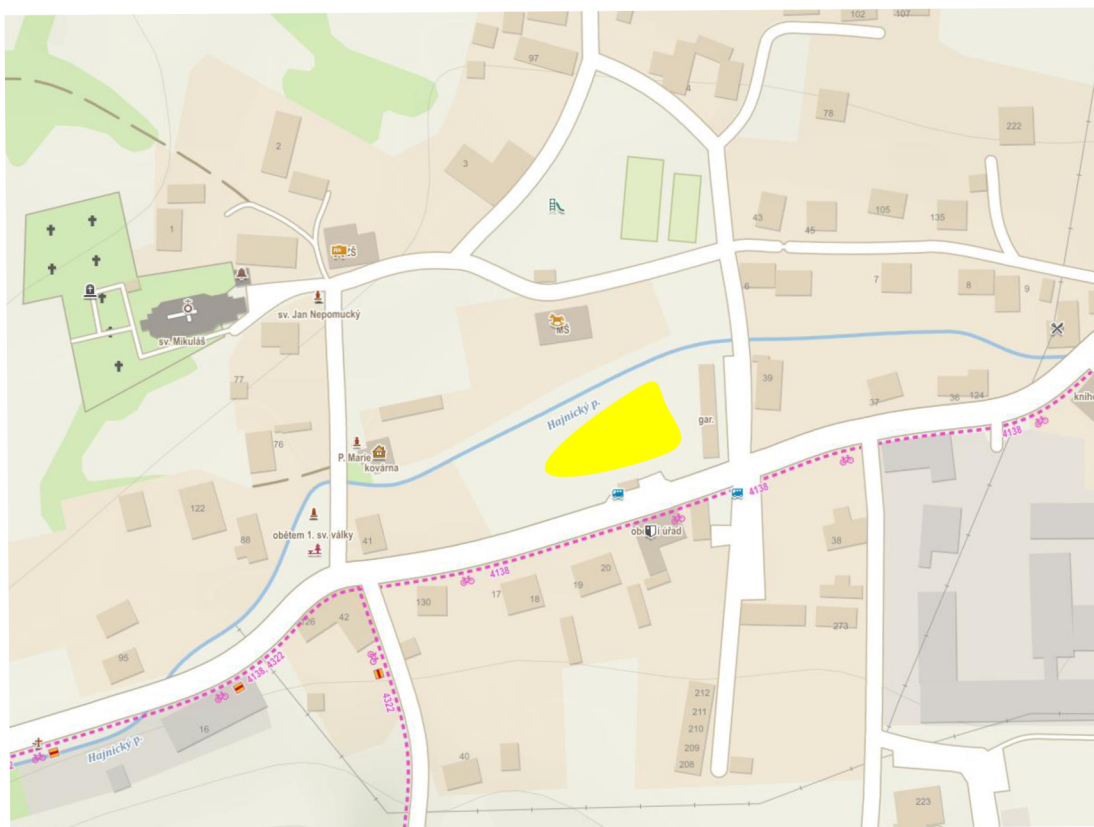
Obrázek č. 6_(POVIS, 2022)

8.2.1 Návrh řešení

Obec Hajnice se nachází v údolí a jejím středem protéká Hajnický potok. Svažité terény podél obce se využívají k zemědělské činnosti. Často zde dochází při přívalovém dešti k vytopení zástavby. V tomto případě by se dalo přívalovým povodním na Hajnickém potoce předejít vystavěním menší suché nádrže a revitalizací vodního koryta (vyčištění koryta, údržba břehových porostů a snížení výskytu odplavitelných materiálů, které mohou průtočný profil ovlivnit). Suchou nádrž by bylo možné vystavět uprostřed obce poblíž obecního úřadu a mateřské školy. Tyto opatření by zabránila přívalové povodni níže na Hajnickém potoce.

Dále by bylo potřeba zabránit smyvům orné půdy z okolních polí. Tomu by se dalo opět předejít podobnými opatřeními jako u obce Nová Ves, v kapitole 8.1.1.

Obrázek č.7.



Obrázek č.7.návrh umístění suché nádrže v obci Hajnice (MAPY.cz, 2022)

9. Diskuze

V současné době se jako nejlepší protipovodňové opatření jeví výstavba suchých nádrží, takzvaných „polderů“. Oproti velkým zděným vodním nádržím nenarušují tolik celkový ráz krajiny a ani nejsou tak drahé. Suché nádrže se většinou staví na místech, kde se voda může dočasně rozlít. Nejčastěji jsou to místa, která nejsou obydlená.

Naopak z funkčního hlediska a ochranou před velkou vodou by se jako nejlepší možné řešení mohly jevit vodní nádrže, ale ne vždy tomu tak je. Pokud je součástí vodní nádrže elektrárna, může být kapacita nádrže zaplněna z velké části. V případě přívalových povodní tak nemusí splnit svůj účel.

Při povodních v letech 2002 a 2013 vodní nádrže Labská a Les Království splnily svůj účel. Labe se nerozlilo a neohrozilo tak obce ležící pod nimi. Velkou zásluhu na tom ale také má včasný zásah Povodí Labe, které bylo na tuto situaci výborně připraveno a předvypustilo obě nádrže.

U povodně roku 2013 se rozlily hlavně lokální toky. Tyto povodně nejvíce zasáhly obce Rudník a Hostinné. Po tomto roce se začalo s výstavbou protipovodňových opatření v obci Hostinné (kapitola 6.2.). A také se začalo s plánováním ochrany obce Rudník (kapitoly 7.2 7.3 a 7.4)

V rámci výhledu do budoucna v oblasti Žireč se výstavba suché nádrže nabízí jako nejideálnější řešení. Jelikož se zájmové území nachází v extravilánu, je na výběr daleko více řešení než například v obci Rudník. Výstavba přehradní nádrže by ale v tomto území nebyla možná kvůli rázu krajiny.

V obci Rudník je plánování daleko složitější. Obcí Rudník totiž protéká větší množství menších vodních toků, které postupně vtékají do říčky Čisté a koryto se tak zvětšuje. Zde se jako ideální řešení nabízí revitalizace toků společně s výstavbou suchých nádrží Fořt a Na Lučinách a U Zoji.

V souvislosti s obcí Rudník se mi jako zajímavý jeví návrh přeměny veřejných ploch (náměstí, parky, hřiště...) v dočasné nádrže. S podobnou myšlenkou se začalo již v roce 1993 v Rio de Janeiru v rámci programu „Rio-Cidade“. Myšlenka programu pracuje s tím, že náměstí Edmunda Regoa by se dalo využít jako protipovodňová

ochrana. Zatopené náměstí by tak dokázalo vytvořit dočasnou nádrž o velikosti retenčního prostoru 4 500 m³ (Mascarenhas a kol., 2018)

Další typy protipovodňových opatření mohou být opatření přímo v ploše povodí. Ať už se jedná o optimalizaci zemědělského hospodaření. Například orba po vrstevnici, snížení podílů erozně náchylných plodin v rizikových povodích. Nebo zvyšování fragmentace zemědělské krajiny (obnova remízků, průlehů apod. ve sběrných plochách). Případně zatrávnění nebo rozšiřování mokřadů. V této souvislosti jsem našel studii, která popisuje podobný problém v povodí Olešky. Byla navržena podobná opatření, jako v případě Nové Vsi a Hajnice. Závěry z této studie ale bohužel nepočítají s realizací některých opatření. Z provedeného šetření také vyplynulo, že potenciál realizace dalších opatření ze strany zemědělců je velmi nízký – téměř nikdo z oslovených neplánuje do budoucna některé z opatření, které bylo předmětem šetření, realizovat. Hlavními důvody je administrativní zátěž, současné nastavení legislativy a komplikované majetkové vztahy. Finanční aspekty realizace (nedostatečné vlastní zdroje, nízké dotace a snížení výnosů) jsou oproti zátěži spojené s administrativou a legislativně-majetkovými komplikacemi při přípravě a realizaci opatření hodnoceny jako méně zásadní. (IEEP, 2020)

10. Závěr

Celá práce shrnuje problematiku povodní a s nimi i protipovodňová opatření. Je zde popsán okres Trutnov. Jaké vodní toky se v něm vyskytují a také k jakým změnám v rámci protipovodňových opatření došlo od roku 2002. Dále je zde naznačen vývoj protipovodňových opatření v okrese Trutnov do budoucna. V budoucnu se již neplánuje s výstavbou nákladných vodních děl. Spíše se uvažuje o opatřeních, která svým rázem tolik neovlivňují okolní krajinu. Dále by se co nejvíce mělo zamezit napřimování toků a vysoušení mokřadů, jako tomu bylo v minulosti. Naopak se jako nejúčinnější a nejjednodušší způsob ochrany ukázaly suché nádrže a revitalizace malých vodních toků.

Práce také shrnuje účinnost jednotlivých opatření během povodní, které zájmovou oblast později zasáhli. Ukázalo se, že všechna provedená opatření jsou účinná a povodňová vlna zájmovým územím proběhla bez větších škod na majetku nebo lidských životech. Za to může okres Trutnov vděčit skvělé práci státního podniku Povodí Labe. Ten, nejenže se o současná protipovodňová opatření skvěle stará a udržuje je ve skvělé provozní kondici. Zároveň také plánuje vytvoření nových opatření na rizikových místech.

Dále jsem se v práci pokusil vyřešit problematiku dvou rizikových míst, u kterých z vlastní zkušenosti vím, že v případě přívalových povodní dochází k vniku nánosů orné půdy do zastavěné oblasti. Jedná se o lokality Nová Ves a Hajnice.

V obci Nová Ves by se tento problém vyřešil vhodným způsobem hospodaření se zemědělskou půdou. V obci Hajnice kombinací vhodného hospodaření se zemědělskou půdou a vystavěním menší suché nádrže.

11. Seznam zdrojů a použité literatury

Knižní zdroje:

- BRÁZDIL, R. Historické a současné povodně v české republice, Český Hydrometeorologický ústav, 2005. ISBN: 80-210-3864-0
- BROŽA, V. Přehrady v České Republice, 2010. ISBN 80-86660-11-7

- HORDON, Robert M. Flood-Control Technology. *Salem Press Encyclopedia of Science*. 2013.
- HRÁDEK F. et KURŮÍK P. Hydrologie. 3. vydání. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2008, s. 280. ISBN 978-80-213-1744-4
- JANSKÝ, B. 2003. Water Retention in River Basin. *Acta Universitatis Carolinae– Geographica*, Praha.
- MÁČA P. Jednotkový hydrogram. 1. vydání. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze ve Výzkumném ústavu vodohospodářském T. G. Masaryka, v. v. i., v edici Práce a studie jako sešit 202, 2010. s. 104. ISBN 978-80-87402-05-4.
- MÁCHOVÁ, Jana a Petr HOVORKA. Protipovodňová opatření. Vyd. 1. Vodňany: Střední rybářská škola a Vyšší odborná škola vodního Hospodářství ekologie. 2013. ISBN 978-80-87096-17-8
- SLAVÍKOVÁ L. et al. Ochrana před povodněmi v urbanizovaných územích. 1. vydání. Praha: IREAS, Institut pro strukturální politiku, o.p.s., 2007. s.80. ISBN 978-80-86684-48-2.
- ŠÁLEK J. Retenční nádrže v pozemkových úpravách. In Voda v krajině a pozemkové úpravy. Sborník IV. konference voda a pozemkové úpravy. Kutná hora: Sdružení vodohospodářů ČR, Oblastní sdružení Kutná hora, 1998. s. 53-65

Internetové zdroje:

- cs-povodne.eu, 2018: Protipovodnova ochrana a povodně, cs-povodne.eu/Protipovodnova-ochrana-a-povodne/Protipovodnova-opatreni, 18.2.2018
- města.obce.cz, 2018: okres Trutnov, mesta.obce.cz/vyhledat2.asp?okres=3610, 10.1.2018.
- czso.cz, 2018: okres Trutnov, www.czso.cz/csu/xh/charakteristika_okresu_trutnov, 3.4.2018
- reka-labe, 2018: www.reka-labe.cz, 8.1.2018.
- heis.vuv.cz, 2018: heis.vuv.cz, 18.4.2018.
- přehrada-les-kralovství, 2018: prehrada-les-kralovstvi.cz/, 25.3.2018
- pla.cz, 2018: Přehrada Les Království, www.pla.cz/planet/public/vodnidila/prehrada_leskralovstvi.pdf, 15.1.2018.

- krkonosky.denik.cz, 2018, krkonosky.denik.cz/zpravy_region/prehradu-les-kralovstvi-zkrasli-dvacet-milionu-korun-20180220.html, 30.1.2018
- labska.prehrada.cz, 2018: Labská přehrada, labska-prehrada.ceskehory.cz/, 10.3.2018
- pla.cz, 2018: Povodňová zpráva 2013, www.pla.cz/portal/sap/cz/PC/Mereni.aspx?oid=1&id=47, 14.3.2018
- knap.cz, 2018: Největší povodně v Krkonoších, www.knap.cz/data/File/letaky_brozury/knap-nejvetsi_povodne_v_krkonosich-web.pdf, 18.3.2018
- sgi.nahlizenidokatastru.cuzk.cz, 2018: sgi.nahlizenidokn.cuzk.cz/marushka/default.aspx?themeid=3&&MarQueryId=6D2BCEB5&MarQParam0=633968&MarQParamCount=1&MarWindowName=Marushka, 26.3.2018
- vop-povodnovyportal.cz, 2018: povodňový plán rudník, www.vop-povodnovyportal.cz/povodnovy-plan/rudnik-287/bleskove-povodne, 18.1.2018
- rudnik.cz, 2018: Povodeň 2013, www.rudnik.cz/obec-1/povoden-2013/, 10.12.2017
- krkonosky.denik.cz, 2018, krkonosky.denik.cz/kultura_region/krkonoska-povoden-zabila-pres-sto-lidi-20170422.html, 12.4.2018
- rudnik.cz, 2018: www.rudnik.cz/evt_file.php?file=1122, 24.2.2018
- pla.cz, 2018: Souhrnná zpráva, www.pla.cz/planet/public/dokumenty/zpravy_vhd/zprava8_2002/text/Souhrnnazprva_cast_1.pdf, 10.3.2018
- pla.cz, 2018: Zpráva z povodní, www.pla.cz/planet/public/dokumenty/zpravy_vhd/Zprava%20o%20povodni%202013_06b.pdf 12.3.2018
- pvl.cz, 2018: Záplavová území, www.pvl.cz/vodohospodarske-informace/zaplavova-uzemi, 2.12.2017
- Mascarenhas F C B a spol, 2018: Comparison of different multifunctional landscapes approaches for flood control in developing countries, Computacional Hydraulic Laboratory, Rio de Janeiro, 17.4.2018
- [Iwapublishing.com](http://iwapublishing.com), 2018: Flood control and disaster management, iwapublishing.com/news/flood-control-and-disaster-management, 15.1.2018

- Institut pro ekologickou a ekonomickou politiku:
ieep.cz/wp-content/uploads/2021/03/Strima_studie_Oleska_Socioeconomicke_setreni_2020.pdf
POVIS, 2022
https://heis.vuv.cz/data/webmap/isapi.dll?map=mp_heis_voda&TMPL=HVMAP_MAIN&IFRAME=0&lon=15.4871695&lat=49.7692482&scale=1935360

Technické zprávy z projektových dokumentací:

- Povodí Labe 2013a: PPO Hostinné, Dvůr Králové nad Labem, 2013.
- Povodí Labe, 2013b: Provozní řád PPO Hostinné 2013, Dvůr Králové nad Labem, 2013.
- Povodí Labe, 2001: Průvodní zpráva Úpa-Trutnov, Povodí Labe s.p; Dvůr Králové nad Labem 2001.
- Úpa-Trutnov rekonstrukce regulace ve městě ŘK 48,487-49,025, Soukal 2001a
- Úpa-Trutnov rekonstrukce regulace ve městě ŘK 48,180-48,487, Soukal 2001b
- Obec Rudník, 2013a: Strategický plán rozvoje obce Rudník 2014-2022, obecní úřad Rudník 2013
- Obec Rudník, 2013b: Souhrnná technická zpráva, Čistá, Stavební úřad Rudník, 2013
- Povodí Labe, 2017: Průvodní zpráva Státního podniku Povodí Labe, Dvůr Králové nad Labem, 2017
- Technická zpráva stavební firmy SWECO Hydroprojekt a.s; 2017
Povodí Labe, 2018. Informace poskytnuté in verb, 16.2.2018.
 - Metodika mapování povodňového rizika: Dílčí zpráva. Praha, 85+7 s.
Dostupné z [29. 3. 2022]
 - http://www.pla.cz/planet/public/dokumenty/zpravy_vhd/zprava3_2002/text/zprava%2003-2002.pdf

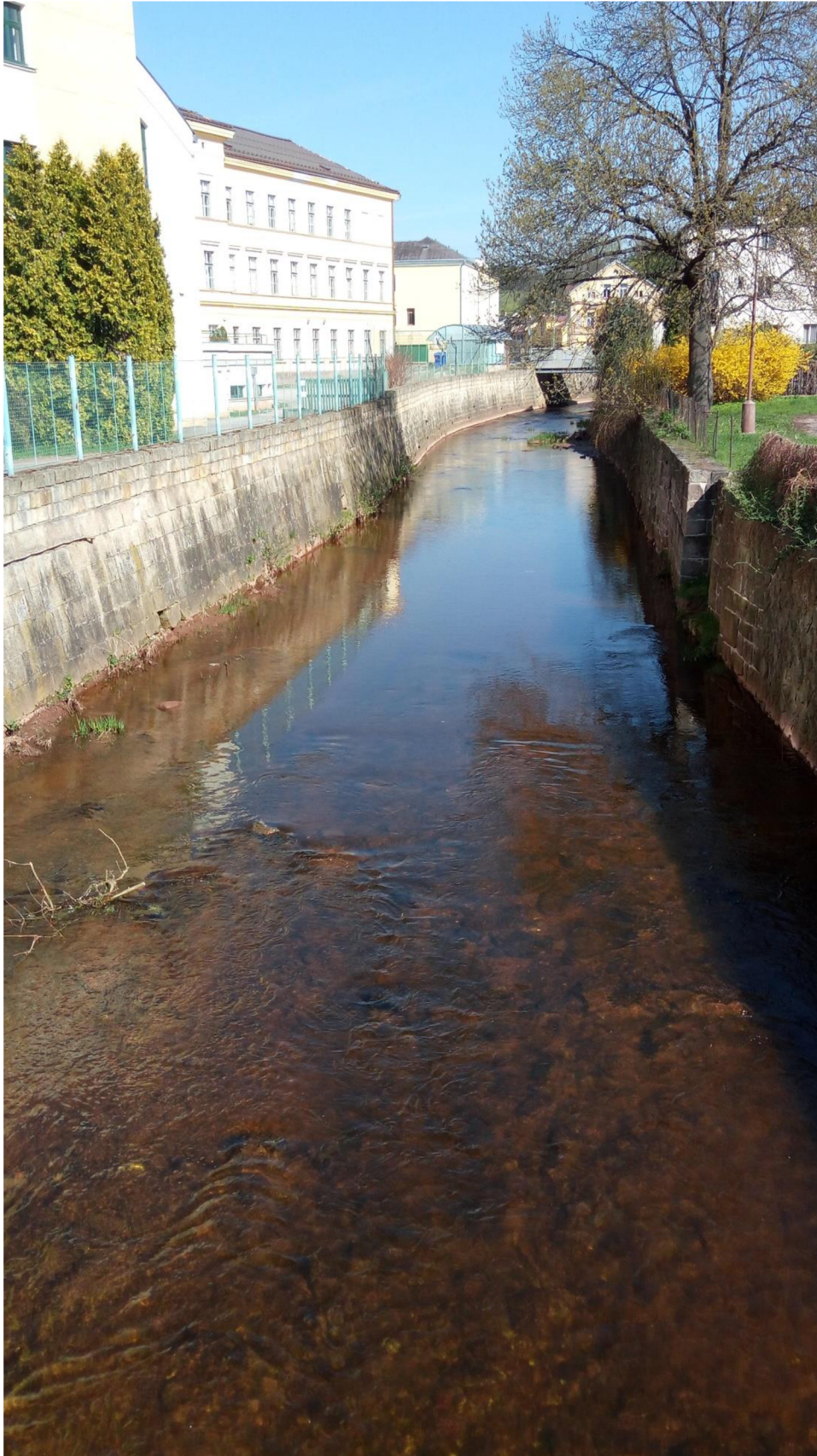
12. Obrázkové přílohy



Obrázek č. 8 stavidlový uzávěr na Říče Čistá v Hostinném, duben 2018. Autor: vlastní.



Obrázek č. 9 železniční propustek v Hostinném, duben 2018. Autor: vlastní



Obrázek č.10 Opravené nábřežní zdi v Hostinném, duben 2018. Autor: vlastní



Obrázek č. 11 Právě probíhající úpravy na průjezdových věžích, duben 2018. Autor: vlastní.



Obrázek č. 12 Nově zrekonstruovaná pravá výpust na vodním díle Les Království, duben 2018. Autor: vlastní.



Obrázek č. 13 Zrekonstruované nábřežní zdi v Trutnově, duben 2018. Autor: vlastní.



Obrázek č.14 Zrekonstruované nábřežní zdi v Trutnově, duben 2018. Autor: vlastní.



Obrázek č. 15 Právě probíhající osazování hrubých česlí na vodním díle Labská, duben 2018. Autor: vlastní.



Obrázek č. 16 Korunový přeliv na vodním díle Labská, duben 2018. Autor: vlastní.



Obrázek č. 17 Základ pro hrubé česle bezpečnostního přelivu na vodním díle Labská, duben 2018. Autor: vlastní.



Obrázek č. 18 Levobřežní zeď v obci Rudník, duben 2018. Autor: vlastní.



Obrázek č. 19 Pravobřežní zeď v Rudníku, duben 2018. Autor: vlastní.