

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: **N4106 Zemědělská specializace**

Studijní obor: **Pozemkové úpravy a převody nemovitostí**

Katedra: Katedra krajinného managementu

Vedoucí katedry: doc. Ing. Pavel Ondr, CSc.

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Řešení protipovodňové ochrany v zemědělsky
využívané krajině

Vedoucí diplomové práce: Ing. Jana Moravcová Ph.D.

Autor diplomové práce: Bc. Patrik Novotný

České Budějovice, 2017

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Patrik NOVOTNÝ**
Osobní číslo: **Z15338**
Studijní program: **N4106 Zemědělská specializace**
Studijní obor: **Pozemkové úpravy a převody nemovitostí**
Název tématu: **Řešení protipovodňové ochrany v zemědělsky využívané krajině**
Zadávající katedra: **Katedra krajinného managementu**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Teoretická část.

Základní pojmy spojené s problematikou povodní.

Definice povodně a jejích příčin.

Rozdělení povodní podle typů.

Možnosti protipovodňové ochrany v zemědělské a urbanizované krajině.

Možnosti řešení protipovodňové ochrany.

Preventivní ochrana proti povodním.

Typy ochranných protipovodňových opatření.

Praktická část.

Výběr lokality v zemědělské krajině ohrožené povodněmi.

Popis zvolené lokality.

Identifikace zdrojů povodňového rizika.

Zhodnocení dřívějších povodňových událostí ve zvolené lokalitě.

Analýza možností odstraňování škod po povodních ve zvolené lokalitě.

Návrh různých možností řešení protipovodňových opatření ve zvolené lokalitě.

Výběr nejvhodnější varianty protipovodňové ochrany a detailní popis této alternativy.

Popis technického řešení jednotlivých prvků protipovodňové ochrany.

Zhodnocení zvoleného řešení v dané lokalitě.

Možnosti financování realizace prvků protipovodňové ochrany.

Porovnání stavu před a po realizaci protipovodňové ochrany.

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah pracovní zprávy: **50 stran textu**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

- ALLAN, J. D., CASTILLO, M. M. 2007. Stream Ecology. Dordrecht: Springer. 436 s. ISBN 978-1-4020-5582-9. .
DAVIE, T. 2008. Fundamentals of hydrology. Oxon: Routledge. 200 s. ISBN 978-0415220286. .
DOLEŽAL, P., PAVLÍK, M., STRÍTECKÝ, L., DUMBROVSKÝ, M., MARTÉNEK, J. 2010. Metodický návod k provádění pozemkových úprav. Praha: Ministerstvo zemědělství - Ústřední pozemkový úřad. 173 s. .
VASILIEV, O. F., VAN GELDER, P. H. A. J. M., PLATE, E. J., BOLGOV, M. V. (Eds.). 2007. Extreme hydrological events: New concepts for security. Dordrecht: Springer. 500 s. ISBN 978-1-4020-5740-3. .
Časopisy Journal of Hydrology, Hydrological Processes, Water Research, Soil and Water Research, Vodní hospodářství .

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Jana MORAVCOVÁ, Ph.D.**
Katedra krajinného managementu

Datum zadání diplomové práce: **14. března 2016**

Termín odevzdání diplomové práce: **30. dubna 2017**

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Ruderská 1898, 370 01 České Budějovice



prof. Ing. Milošlav Šoch, CSc., dr. h. c.
děkan

L.S.



doc. Ing. Pavel Ondr, CSc.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 14. března 2016

Prohlášení:

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

Datum:

Podpis studenta:

Poděkování:

Chtěl bych touto cestou poděkovat Ing. Janě Moravcové, Ph.D. za odborné vedení této diplomové práce, cenné rady a pomoc při jejím zpracovávání.

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá problematikou spojenou s povodněmi a jednotlivými druhy protipovodňových opatření v zemědělsky využívané krajině. Teoretická část práce se věnuje obecnému popisu povodňové problematiky. Obsahuje základní pojmy související s povodněmi, zmiňuje příčiny a druhy povodní, a také faktory ovlivňující jejich průběh. Zahrnuje také možnosti prevence a řešení protipovodňové ochrany.

V praktické části je charakterizováno vybrané území s povodňovými riziky. Byla provedena analýza současného stavu, doplněna terénním výzkumem, a na základě zjištěných rizik byla zvolena vhodná protipovodňová opatření pro danou lokalitu.

Klíčová slova

Povodeň, protipovodňová opatření, polder, revitalizace, retence, akumulace, retenční nádrž

Abstract

The diploma thesis focuses on problematics connected to the flood and individual kinds of anti-flooding measures in agriculturally used landscape.

Theoretical part of the thesis is devoted to the general description of flood problematic. It contains basic terms connected with floods, mentions causes and flood categories, and also the factors that influence it's progress. Thesis includes precautions and solutions of the anti-flood protection.

In the practical part of the thesis is characterised chosen region with flood risk. Analysis of the present state includes field research. As a result of the discovered risks have been selected appropriate anti-flood measures for stated location.

Keywords

Flood, flood control, polder, revitalization, retention, accumulation, retention pond

Obsah

1. Úvod.....	9
2. Literární rešerše.....	11
2.1 Základní pojmy spojené s problematikou povodní	11
2.2 Definice povodně a mechanismy jejího vzniku	13
2.3 Rozdělení povodní podle typů.....	15
2.3.1 Rozdělení povodně podle příčiny vzniku.....	15
2.3.2 Povodeň přívalová.....	16
2.3.3 Rozdělení povodní podle příčiny	17
2.3.4 Povodeň maximální.....	17
2.3.5 Povodně podle místa působení.....	18
2.3.6 Typy povodní podle srážek	18
2.4 Faktory ovlivňující povodeň.....	18
2.4.1 Zachycování srážek vegetací.....	18
2.4.2 Vsak	19
2.4.3 Povrchový odtok	20
2.5 Vliv využívání území na povodeň.....	20
2.5.1 Zemědělská krajina	21
2.5.2 Nivy a vodní toky.....	23
2.6 Základní protipovodňová legislativa	23
2.7 Možnosti protipovodňové ochrany.....	24
2.7.1 Povodňové orgány.....	25
2.7.2 Stupně povodňové aktivity a povodňové orgány	26
2.8 Preventivní ochrana proti povodním	26
2.8.1 Přirozená retence.....	27
2.8.2 Technická opatření	27
2.8.3 Další preventivní opatření	28
2.9 Protipovodňová opatření	29
2.9.1 Opatření na zamezení vniknutí vody do území.....	29
2.9.2 Opatření na snížení maximální hladiny	30
2.9.3 Opatření na snížení maximálních průtoků	30

3.	Cíl práce	33
4.	Metodika	34
4.1	Materiál	34
4.2	Výběr lokality v zemědělské krajině ohrožené povodněmi	35
4.3	Průběh řešení ohroženého území ke stanovení vhodných protipodňových opatření.....	37
4.4	Popis dotčeného území	38
4.5	Vodní toky a plochy	39
4.6	Klimatologie	40
4.7	Geologie, geomorfologie	43
4.8	Půdní poměry	43
4.9	Přírozená vegetace v řešeném území.....	45
4.10	Územní systém ekologické stability	48
4.11	Doprava.....	48
5.	Výsledky a diskuse.....	50
5.1	Analýza možností ochrany před povodněmi	50
5.2	Limity využití území	50
5.3	Posouzení způsobů řešení protipovodňové ochrany.....	51
5.4	Návrh realizace výstavby poldru	54
5.5	Přípravné práce.....	58
5.6	Realizace stavby	58
5.7	Dokončovací práce a úpravy	61
5.8	Financování a rozpočet předpokládaných nákladů.....	62
6.	Závěr	64
7.	Literatura	66
8.	Seznam obrázků, tabulek, grafů a map	72
9.	Seznam použitých zkratk.....	73
10.	Seznam příloh.....	74

1. Úvod

Lidstvo od nepaměti svádí svůj nelehký boj s vodním živlem. Lidé se snaží ochránit nejen svůj majetek a úrodnou půdu, ale mnohdy i vlastní život. Na našem území se povodně vyskytovaly už od pradávna. Záznamy o nich jsou uvedeny již ve starých kronikách a letopisech. Lidé se stále snaží o porozumění těmto přírodním procesům a najít společnou cestu k harmonii s přírodou.

Ohrožení povodněmi je vždy závislé na určitých faktorech, zejména na geomorfologickém rázu krajiny a umístění osídlení. Člověk si vždy vybíral vhodnou lokalitu s ohledem na dostupnost vody pro své životní potřeby a zároveň jako strategickou ochranu před nepřáteli.

Bohužel ne vždy se podaří vybrat vhodné místo pro osídlení. Proto se člověk snaží ovlivňovat chování řeky v krajině. Jeho úspěch či neúspěch je závislý na vhodně zvolené metodě zásahu. Mnohé lidské činnosti negativně ovlivňují podmínky vzniku povodní. Snahy o narovnání toků, a tím odstranění přirozených záplavových oblastí řek, meandrů a podobné zásahy do krajiny, se ukázaly jako chybné.

Nesmíme pominout ani účelné plánování rozvoje sídel v blízkém kontaktu s řekou. S následným negativním vlivem je možné se setkat jak ve volné krajině, tak i v městské zástavbě. Na negativní průběh povodní má vliv i samotná urbanizace. Ať už se jedná o úzké ohrazování vodních toků nábřežními zdmi, či o zcela nevhodnou zástavbu v tradičních záplavových oblastech. Nepříznivý vliv může mít také špatně navržená a následně vybudovaná nízká mostní konstrukce. Z těchto důvodů se při územní studii musí dbát na vhodné umístění infrastruktury v ohrožených oblastech, zejména dopravní infrastruktury a sítí. Při velkém podílu zpevněných ploch dochází ke snižování schopnosti vsakování, tudíž k rychlému nárůstu objemu průtoku vody při povodních v krátkém čase. V porovnání s přírodními poměry, ve kterých se nenachází tak značné množství zpevněné plochy, se v urbanizovaném prostředí stává povodeň mnohem nebezpečnější.

Ke zhoršení průběhu povodní může napomáhat i špatná zemědělská praxe. Například nevhodný způsob pěstování plodin nebo nesprávná volba zemědělských plodin pro danou oblast, množství a způsob obdělávání půdy v záplavových

oblastech. Také přeměna trvalého travního porostu na ornou půdu má za následek vytváření velkých pozemků s odstraňováním remízků a mezí. To vše se negativně projevuje na průběhu vlastních povodní.

Kromě dopadů na samotnou populaci a věci s ní spojené, mají povodně vliv i na životní prostředí. A to především díky lidským aktivitám v záplavových oblastech. Během povodní může unikat ze zatopených průmyslových areálů do polí či zahrad množství škodlivých látek.

Pro Českou republiku představují povodně největší přímé nebezpečí ze všech přírodních katastrof. Dochází při nich nejen ke ztrátám na lidských životech a poškození zdraví, k výrazným materiálním škodám, negativním ekologickým dopadům, ale i k devastaci kulturního dědictví.

Nedávné velké povodně svým rozsahem škod na majetku i lidských životech vyprovokovaly společenskou diskuzi o možnostech prevence a zmírnění důsledků průchodu velké vody. Zvláště, když klimatologové očekávají v příštích desetiletích zvýšení frekvence i síly meteorologických událostí, v našich podmínkách zejména záplav. Události posledních let ukázaly, že současná protipovodňová opatření nejsou dostačující a u nevhodně zvolených metod je nutno přehodnotit jejich účinnost. Preventivně by bylo vhodné vytipovat, posoudit a vyhodnotit lokality, u kterých je potenciální riziko zvýšeného nebezpečí negativních následků z lokálních přívalových srážek a navrhnout opatření ke zmírnění následků přívalových povodní.

Cílem této diplomové práce je proto, s ohledem na tyto skutečnosti, zvolit potenciálně ohroženou oblast s významnými povodňovými riziky, provést analýzu zaměřenou na povodňové činitele a s tím související nebezpečí. Po určení zdrojů povodňového rizika navrhnout co nejvhodnější protipovodňová opatření v zemědělsky využívané krajině, a tím zabezpečit co nejefektivnější odstranění rizik nebo jejich značné omezení.

2. Literární řešerše

2.1 Základní pojmy spojené s problematikou povodní

Akumulační prostor (zásobní) je místo, v němž se hromadí požadovaná zásoba vody v období s vyššími průtoky, která se v dalším období postupně využívá.

Infiltrace (vsakování do půdního prostředí) je proces, při němž se dešťová voda vsakuje do půdy a vyplňuje její póry. Když je půda málo propustná, nemůže se voda dobře vsakovat a vzniká větší povrchový odtok. Podíl infiltrace udává množství vody, které se za určitou časovou jednotku může vsáknout do půdy.

Inundační území je území přilehlé k vodnímu toku (údolní niva), které je zaplavováno při průtocích přesahujících kapacitu koryta toku.

Klimatický region zahrnuje území s přibližně shodnými klimatickými podmínkami pro růst a vývoj zemědělských plodin. Uváděné klimatické regiony byly vyčleněny výhradně pro účely bonitace zemědělského půdního fondu.

Kulminační průtok je nejvyšší dosažený průtok v průběhu jednotlivých povodní.

Odtok je ta část srážek, která odečte z území sítí potoků a řek. Měří se jako množství vody za jednotku času a udává se v metrech krychlových za sekundu (m^3/s). Odtok se stanovuje nepřímou přes rychlost vody. Průměrná průtoková rychlost se násobí plochou průtokového profilu. Tato měření se provádějí ve větších časových odstupech při rozdílných stavech vody. Na jejich základě se sestavuje odtoková křivka. Ke každému naměřenému stavu vody může být přiřazen na základě této odtokové křivky příslušný odtok (SLAVÍKOVÁ, 2007).

Jako **povodeň** označujeme fázi hydrologického režimu vodního toku, který se projevuje přechodným zvýšením hladiny v toku vody nad úroveň přirozených břehů, způsobené náhlým zvýšením průtoky nebo průtočnosti koryta, které většinou působí značné hospodářské škody a ohrožuje životy lidí.

Povodňová vlna je celkový proces vzestupu a sestupu (poklesu) povodně. Stav vody se během povodně nepřetržitě zaznamenává, vzniká tak takzvaná linie průchodu povodně ve specifickém tvaru vlny.

Poldr (suchá nádrž) je vodní nádrž určená k ochraně před účinky povodní, ve které je celkový objem nádrže shodný se součtem ovladatelného

a neovladatelného ochranného prostoru. Může mít v poměru k celkovému objemu zanedbatelné stálé nadržení, které plní krajinytvornou či ekologickou funkci.

Povodí je území, ze kterého veškerý povrchový odtok odtéká sítí vodních toků a případně jezer do určitého místa vodního toku.

Povodňové plány jsou dokumenty, které obsahují způsob zajištění včasných a spolehlivých informací o vývoji povodně, možnosti ovlivnění odtokového režimu, organizaci a přípravu zabezpečovacích prací.

Protipovodňová ochrana je soubor opatření k předcházení a zamezení škod při povodních na životech a majetku občanů, společnosti a na životním prostředí prováděná především systematickou prevencí, zvyšováním retenční schopnosti povodí a ovlivňováním průběhu povodní.

Retenční (ochranný) prostor je vymezený ve vodních nádržích k retenci vody (zadržení odtoku vody), dělí se na ovladatelný a neovladatelný. Neovladatelný retenční prostor nádrže je prostor nad korunou pevného přelivu nebo nad horní hranou hradicí konstrukce přelivu.

Revitalizace je zpětné odstranění napřímení vodního toku nebo přeložení koryta řeky s cílem obnovit její přirozené průtočné poměry a podpořit vlastní vývoj vodního toku. Revitalizace v širším smyslu jsou takové zásahy, které posilují přírodní a krajinné hodnoty a současně příznivé vodohospodářské funkce vodního prostředí.

Stupeň povodňové aktivity (SPA) se používá k vyhodnocení míry povodňového nebezpečí vázané na směrodatné limity, jimž je úroveň vodních stavů nebo průtoků v hlásných profilech na vodních tocích, popřípadě na mezní nebo kritické hodnoty jiného jevu uvedené v příslušném povodňovém plánu. V současné době je určena číselně: 1.stupeň – stav bdělosti, 2.stupeň – stav pohotovosti, 3.stupeň – stav ohrožení (ŘÍHA, 2010).

Údolní niva je část údolí, která je pravidelně zaplavována, ovlivňována a formována povodněmi.

Vodní tok je vodní útvar, pro který je charakteristický stálý nebo dočasný pohyb vody v korytě ve směru celkového sklonu a který je napájen z vlastního povodí nebo z jiného útvaru.

Záplavové území je administrativně určené území, které může být při výskytu přirozené povodně zaplaveno vodou (NOVÁK, 2011).

2.2 Definice povodně a mechanismy jejího vzniku

“Povodeň ve vztahu ke vzniku povodňových škod je definována jako přechodné výrazné zvýšení hladiny ve vodních tocích nebo jiných povrchových vodách, při kterém již voda zaplavuje území mimo koryto vodního toku a může způsobit škody” (ŘÍHA, 2010, s. 16).

Zákon o vodách termín povodeň vymezuje jako "přechodné výrazné zvýšení hladiny vodních toků nebo jiných povrchových vod, při kterém voda již zaplavuje území mimo koryto vodního toku a může způsobit škody. Povodní je i stav, kdy voda může způsobit škody tím, že z určitého území nemůže dočasně přirozeným způsobem odtékat nebo její odtok je nedostatečný. Povodeň může být způsobena přírodními jevy, (přirozená povodeň), nebo jinými vlivy, zejména poruchou vodního díla, která může vést až k jeho havárii (protržení) nebo nouzovým řešením krizové situace na vodním díle (zvláštní povodeň)" (ZÁKON č. 254/2001 Sb., §64).

Povodně jsou převážně přírodní katastrofy, k nimž dochází vlivem nahodilých změn meteorologických situací. Základními příčinami přirozených povodní jsou náhlé nebo intenzivní dešťové srážky, případně dlouhotrvající dešťové srážky, dále tání sněhu nebo ledu, souběh dešťových nebo sněhových srážek s táním, také náhlé nahromadění ledů, dřeva a podobného materiálu v korytě, kde tvoří překážku odtoku. Srážky charakterizují čtyři faktory: množství, trvání intenzita a vydatnost (DUMBROVSKÝ, 1958).

Průběh povodně se nevyvíjí stejně ve všech částech povodí. Různá intenzita deště a nerovnoměrné srážkové úhrny, rozdíly v průběhu odtoků, velikost retenčních prostorů, průtočné kapacity částí koryt vodních toků a průběh povodňových vln průběh různou měrou ovlivňují. Záleží také na zabezpečení navrhovaných průtoků a povodňové ochrany (SLAVÍK, NERUDA, 2007).

Veškerá voda, která protéká vodními koryty je srážkového původu. Velikost a kvantita srážek určuje množství vody, se kterým se později bude muset krajina vyrovnat. Důležitý je též stupeň nasycenosti povodí z dlouhotrvajících srážek. Každá krajina má svoji kapacitu, kterou je schopna vodu do určité míry zachytit. Část srážek krajina zadrží v rostlinném krytu, další část se vsákne do půdy a zbytek odtéká. Velký podíl na snížení retenční schopnosti půdy má nevhodná skladba lesních porostů, úbytek zatravněných ploch, promrznutí půdy v zimním období, nízká propustnost a drsnost zpevněných ploch, nevhodná volba plodin, nedostatečná

protierozní ochrana. O průběhu a intenzitě vsakování rozhoduje zrnitost, struktura, propustnost a humóznost půdy. Lehčí a strukturní půdy mají větší infiltrační schopnost než půdy nestrukturní a utužené (TLAPÁK, ŠÁLEK, LEGÁT, 1992).

Voda, která volně odteče, pak následně zvyšuje kapacitu vody v korytě a následně může docházet ke zmiňované povodni. Problémem může být nedostatečný profil otvorů mostků a propustků, jejich nevhodný tvar, nedostatečná ochrana před zanášením a malé množství inundačních mostů. Potíže způsobí i nedostatky ve směrovém vedení toků, nevhodný průtočný profil. Negativní vliv má také charakter, množství a špatné zajištění odplavitelných materiálů a výrobků v zaplavovaném území. Často dochází ke kombinaci více vlivů (TUREČEK, 2002).

Nemůže-li voda dočasně přirozeným způsobem odtékat nebo je odtok vody nedostatečný, případně dojde k náhlému odtoku vody z nádrží či k dočasnému zmenšení průtočnosti koryta, pak dochází k výraznému zvýšení hladiny vody v toku a k zaplavení území v okolí toků (údolní nivy). Rozlivy nejsou vždy škodlivé. Na území bez staveb, v území lužních lesů, nivních luk a méně úrodné půdy mohou záplavy zadržet část vody ze záplavové vlny a zmírnit tak škody v dolních tocích. Snižují také náklady na zřízení technických opatření (SLAVÍK, NERUDA, 2007).

Parametry a důsledky povodně jsou tedy závislé na velikosti srážek, na vlastnostech povodí (jeho retenční schopnosti) a na kapacitě koryta (jeho schopnost provést průtok bez vybřežení či poškození). Dokonce i důsledky poměrně velké srážky mohou dobré vodozadržné schopnosti krajiny zmírnit, takže způsobí minimální škody. Odtokové poměry jsou ovlivněny porostem, půdou a terénem. Příkladně hustý vzrostlý les v členitém terénu má vysokou retenční schopnost, narozdíl od asfaltového či jiného nepropustného krytu (SLAVÍKOVÁ a kol., 2007).

Velkým přínosem je též zdržení povodňového průtoku v krajině, které způsobí snížení kulminace povodňové vlny. Velmi významné z hlediska množství zadržené vody jsou přirozené rozlivy v nivách potoků a řek. Udržování říčních niv, koryt vodních toků, navyšování kapacity řek i obnova záplavových oblastí napomáhá zvyšování retenční schopnosti povodí (GROSSMANN a kol., 2010). Když využití přirozených opatření nestačí nebo nemohou být s ohledem na oblast využita, přistupuje se k technickým opatřením (SLAVÍK, NERUDA, 2007).

Pro hodnocení proběhlé povodně však nebývá rozhodující výška nebo prudkost povodňové vlny, ale jí způsobené škody (SIMON, SUCHARDA, 2004).

2.3 Rozdělení povodní podle typů

V různých částech povodí dochází k odlišným projevům povodňové aktivity, což je způsobeno různými srážkovými úhrny, intenzitou srážek, plochou a členitostí terénu povodí, množstvím a velikostí rozlivných prostorů, průtočností jednotlivých úseků vodních koryt a zástavbou (JUST a kol., 2005).

2.3.1 Rozdělení povodně podle příčiny vzniku

Podle sezónního výskytu a příčin dělíme povodně:

- letní povodeň způsobená následkem přivalových nebo regionálních dešťů
- zimní a jarní následkem tání sněhové pokrývky nebo vytváření a pohybu ledové masy v toku (SLAVÍK, NERUDA, 2007).

Povodeň letní je způsobena sérií krátkých přivalových dešťů nebo déletrvajícimi regionálními srážkami ve vegetačním období (květen - říjen) o velké intenzitě s vysokými úhrny, projevující se výraznými důsledky na středních a větších vodních tocích. Příjem značně převyšuje odtok, což je způsobeno velkým množstvím spadlé vody na povrch v krátkém intervalu, a tudíž nedochází k postupnému vsakování do půdy nebo dlouhodobému výskytu srážek, půda je přesycená vodou, není nadále schopna vodu vsakovat a zadržovat (NOVÁK, 2011). Běžně se na našem území vyskytují srážky 440 - 1300 mm ročně, denní průměrný úhrn tak činí 1.2 až 3,6 mm. Při nadměrném srážkovém úhrnu však dochází ke vzniku povodňových situací. Povodně většinou vznikají až při opakované srážce nebo po dlouhodobé srážce s velkou intenzitou, kdy je retenční schopnost krajiny již oslabena předchozí vlnou. Musíme proto počítat i s předchozími srážkami (SIMON, SUCHARDA, 2004).

Obvyklé letní povodně lze rozdělit na bleskové a regionální. Prudké povodně, které vznikají krátkou, intenzivní srážkou na malé ploše, jež nepostihují větší území. Na bystřinných tocích tak vznikají krátké, ale velmi prudké přivalové vlny. Pro větší povodí nemají prudké srážky větší význam, protože se omezují na prostorově poměrně malou část krajiny. Zato frontální, dlouhotrvající deště se střední intenzitou jsou nebezpečné, pokud zasahují velké území, velkou část povodí (JUST a kol., 2005).

Povodeň zimní a jarní je způsobena rychlým táním sněhové pokrývky, často v kombinaci s dešťovými srážkami. S ohledem na místo působení máme povodně lokální (místní) a plošně rozsáhlé (TLAPÁK, ŠÁLEK, LEGÁT, 1992). Dále vznikají vytvářením a pohybem ledové masy v toku. Tyto povodně zasahují nejčastěji podhorské vodní toky, a při rozsáhlejší oteplení, při souvislejší sněhové pokrývce území v kombinaci s dešti, zasahují i velké nížinné vodní toky.

Povodeň způsobená ledovými jevy je způsobena na vodních tocích v zimním období uvolněním ledových ker, jejich nápěchy nebo zácpami, které mohou vzniknout na vodních tocích všech kategorií. Intenzitu povodně určují kombinace místních podmínek v korytech vodních toků a výskytu příčinných meteorologických jevů, například dlouhá mrazová období střídaná teplotními inverzemi nebo prudkým oteplením, které provází nárazové zvýšení průtoků a uvolnění vodních ker. Vyskytují se v úsecích toku náchylných ke vzniku nápěchů ledové kaše, které vznikají hlavně v místech, kde náhle klesá rychlost vodního proudu (konec vzduť jezů a nádrží), nebo vznikají ledové zácpy z plovoucích ker, které se zachycují a kupí hlavně v profilech mostů. Obvykle bývá ve spojení se vzestupem průtoků za jarní povodně a tak dochází ke kombinaci obou typů povodní. V poslední době je však zima často přerušována obdobími dočasného tání, při němž dochází k odlednění koryt toků, takže chod ledu nemívá takové důsledky (NOVÁK, 2011).

2.3.2 Povodeň přívalová

Povodeň přívalová je způsobena krátkodobými srážkami (v rádech hodin) s vysokou intenzitou na omezeném území a představující lokální ohrožení, jehož výskyt je možný na řadě míst území státu s možnými katastrofálními důsledky na menších vodních tocích odvoňujících zejména sklonitá území (NOVÁK, TOMEK, 2015).

Silně ničivými účinky se projevují zvláště v horských oblastech, kde se vlivem velkého spádu zvyšuje rychlost odtékající vody, která nabývá velké kinetické energie a projevuje se silnou erozní činností.

Horší projevy přívalových povodní se také objevují v zastavěných územích, kde jsou místní vodoteče často nevhodně upraveny či dokonce zatrubněny. Vtoky do těchto úseků se rychle ucpou nesenými splaveninami a voda, která nemůže odtékat přirozenou cestou, zaplavuje a poškozuje okolní zástavbu, ničí infrastrukturu

a způsobuje vedle značných materiálních škod i ztráty na lidských životech. Nepříznivě se rovněž projevuje rozšiřování nepropustných ploch v intravilánu (zástavba, související komunikace, obslužné plochy), jejichž budování není většinou doprovázeno vytvořením náhradních retenčních objemů..

Nebezpečí přívalových povodní spočívá zejména v jejich rychlém nástupu, což ztěžuje přesnější předpovědi těchto událostí (SIMON, SUCHARDA, 2004).

2.3.3 Rozdělení povodní podle příčiny

Povodně rozlišujeme podle příčiny jejich vzniku na povodně přirozené a zvláštní. Přirozená povodeň je způsobena přírodními vlivy, zejména dešťovými srážkami nebo táním sněhu. Může také nastat při ucpání koryta toku nebo průtočného profilu mostů například ledem, sesuvem půdy nebo splávním (keře, stromy, trosky budov).

Povodeň zvláštní je označována povodňová vlna, způsobená nebo ovlivněná lidskou činností, umělými vlivy, tedy situacemi, které mohou nastat při stavbě, provozu nebo porušení vodních děl. Nejčastěji malých vodních nádrží a rybníků, které vedou až k protržení hráze a vzniku tzv. průlomové vlny. Mohou být způsobeny poruchou při výstavbě nebo provozu vodních děl (JUST a kol., 2005). Jedná se o neúmyslné chyby způsobené lidskou činností, například selhání technologie, únava materiálu. Zvláštní povodeň může nastat také při úmyslném náhlém zvýšení odtoku v důsledku potřeby nouzového řešení kritické situace na vodním díle. Takové situace nastávají většinou v průběhu přirozené povodně na vodním toku, za normální situace pouze ojediněle (NOVÁK, 2011).

2.3.4 Povodeň maximální

Povodeň pravděpodobně maximální je povodeň vyvolaná extrémními odtokovými poměry v povodí, určená maximálním průtokem nebo objemem na základě reálné superpozice příčinných jevů (Říha,2010). Nejvíce se vyskytuje na podhorských tocích a dále v nížinných úsecích velkých toků. Extrémní mohutnosti se vyznačují v případech, kdy před povodní sníh leží i v nižších polohách (NOVÁK, 2011).

N-letá povodeň (např. 100 letá) je taková povodeň, jejíž kulminační průtok je v dlouhodobém průměru dosažen nebo překročen jednou krát za N let (100let). Jde o pravděpodobnostní statistickou charakteristiku, a tudíž neplatí, že v případě výskytu 100 leté povodně se další povodeň této velikosti či vyšší vyskytne až za 100 let. Výpočet vychází z dlouhodobých řad měření a obsahuje pravděpodobnost opakování (ČHMÚ).

2.3.5 Povodně podle místa působení

S ohledem na místo působení rozlišujeme povodně lokální (místní) a plošně rozsáhlé (TLAPÁK, ŠÁLEK, LEGÁT, 1992). Rozsah povodní nejčastěji ovlivňuje velikost plochy povodí, které bylo zasaženo. Na relativně malém území může dojít k situaci, že se malý potok změni v nebezpečnou bystřinu, ale stejný úhrn srážek na rozsáhlém území není téměř znatelný (JUST a kol., 2005).

2.3.6 Typy povodní podle srážek

V podmínkách střední Evropy vznikají nejčastěji dva typy povodní. Na malých povodích vznikají povodně z krátkodobých dešťů s relativně krátkou dobou trvání, ale velkou intenzitou deště na malé ploše zasaženého území. Bývají nazývány bleskovými povodněmi ("flash floods"). Plošně nejrozsáhlejší povodně jsou regionální a jsou vyvolány několikadenními dešti s menší intenzitou dešťových srážek a s velkou zasaženou plochou (ČAMROVÁ, JÍLKOVÁ, 2006).

2.4 Faktory ovlivňující povodeň

Velikost a dopad povodně závisí na řadě faktorů, které na sebe vzájemně navazují a spolupůsobí. Intenzita a délka srážek, retenční kapacita půdy, množství a složení vegetace, krajinné prvky a další. Příčinou nejhorších škod je nepříznivá kombinace těchto činitelů.

2.4.1 Zachycování srážek vegetací

Ta část srážek, která byla zachycena na povrchu vegetace, se nadále neúčastní odtoku, protože je později odpařena zpět do atmosféry. Jejich množství

závisí na typu vegetačního krytu, na velikosti plochy smáčeného povrchu rostlin. Kapacitu intercepce ovlivňuje druhová skladba biotopu, podnebí, roční období, druh srážek a další meteorologické faktory (SIMON, SUCHARDA, 2004). Dále na členitosti půdního povrchu, typu vegetačního krytu a místní klimatické podmínky. Tyto faktory určují množství srážek dopadajících na půdní povrch. Srážková voda se v důsledku výskytu vegetačního krytu rozděluje na část, která:

- zůstává na vegetaci a vypaří se během srážkové události nebo po jejím skončení (intercepce);
- steče po stoncích, větvích či kmenech rostlin na zemský povrch (stok po kmeni);
- po kontaktu s vegetací, anebo bez kontaktu propadne na zemský povrch (podkorunová srážka) (<http://www.civilengineeringjournal.cz>).

2.4.2 Vsak

Při dopadu vody na půdní povrch, dochází buď k vsáknutí této vody, a nebo k odtoku. Voda vsáknutá do půdy je dočasně vyloučena z odtoku, takže jen malá část vody zasáhne do povodňové vlny. Pro samotný vsak jsou důležité dva faktory. Jedním je intenzita (rychlost) vsaku, u níž mohou nastat dva případy:

Je-li rychlost vsaku větší než intenzita srážky nebo je stejná, veškerá voda se vsakuje, a tudíž nadále nezasahuje do povrchového odtoku.

Je-li však rychlost vsaku menší než intenzita srážky, vsak není dostačující a voda se dává do pohybu po povrchu svahu dolů.

Druhý faktor se označuje jako retenční kapacita půdy. Pokud je kapacita půdy zaplněna, nedochází k dalšímu vsakování. To má za následek, že veškerá voda povrchově odtéká (SIMON, SUCHARDA, 2004).

Rychlost vsaku výrazně ovlivňují vlastnosti půdy nebo se na vsaku přímo podílejí.

Nadložní humus spolu s vegetačním krytem potlačují sílu dopadávajících dešťových kapek, zabraňují rozrušení půdní struktury a tvorbě povrchové krusty s malou propustností. Když dojde k odstranění vrstvy nadložního humusu, propustnost pro vodu se výrazně zhorší.

Dalším faktorem napomáhajícím průniku vody do hlouběji položených vrstev jsou póry a chodby různého původu. Voda také proniká podél živých kořenů a chodbami po odumřelých kořenech. Půdní fauna provzdušňuje půdu, a tím vytváří

retenční prostor a voda je odváděna do hlubších vrstev. Tato schopnost závisí na velikosti kořenového systému a na hloubce prokořenění (SIMON, SUCHARDA, 2004).

2.4.3 Povrchový odtok

Povrchový odtok tvoří voda, která se nezachytila ve vegetačním krytu ani se nevsákla do půdy. Po vyplnění všech terénních nerovností se tato volná voda dává do pohybu po svahu dolů (SOUKUP, HRÁDEK, 1999). Zpočátku stéká po celém svahu stejnoměrně, pohyb je to poměrně pomalý a nazývá se nesoustředěný odtok. Rychlost odtoku je ovlivněna drsností povrchu, intenzitou deště a podélným sklonem. Řádově se jedná o pohyb v metrech za minutu. Naopak soustředěný odtok umožňuje však při stečení vody do oblasti s lepšími půdními a vegetačními podmínkami. V terénních sníženinách orientovaných směrem po svahu dochází k akumulaci vody a k jejímu společnému odtoku (SIMON, SUCHARDA, 2004).

Tempo přechodu z nesoustředěného v soustředěný odtok je vždy závislý na půdním povrchu a krytu. Rýhy vytvořené při obhospodařování pozemků (orba po spádnici, pojezd mechanizace, odvodňovací příkopy) přispívají k zrychlenému vzniku tohoto jevu. Rychlost je ovlivněna i sklonem toku a drsností povrchu. Při soustředěném odtoku je následný však povrchové vody do půdy minimální.

Soustředěný odtok má velkou vymílací a unášecí schopnost, dochází k erozi koryta i okolního půdního krytu, která má špatný vliv na poškozování pozemků a okolních objektů. Unášecí schopnost přesouvá plaveniny a splaveniny do vodních toků, kde mohou způsobit komplikace a výrazné škody (SIMON, SUCHARDA, 2004).

2.5 Vliv využívání území na povodeň

Krajina je složena z různých biotopů vytvářejících svými vlastnostmi různé podmínky pro odtok vody. Je to dáno jednak jejich přírodním charakterem (sklon terénu, vlastnosti půdy atd.), a také antropickým ovlivněním, protože lidská činnost většinou přispívá ke snížení retence. Travní porosty vykazují lepší vsakovací schopnosti než orná půda, obvykle však horší než lesní porost (SIMON, SUCHARDA, 2004).

Kultury vyskytující se v krajině ovlivňují odtokové poměry, tlumí účinky vodní eroze. Vegetace vodu nejen zadržuje a pomáhá jejímu odpařování, ale rovněž napomáhá jejímu vsakování do půdy. Lesy jsou schopny zachytit až 5 mm srážek a louky až 2 mm. U půdy závisí na obsahu humusu, druhu půdy a jejím zhutnění. Odtok také závisí na sklonu terénu, důležité jsou i prohlubně a strouhy vyskytující se v terénu (SLAVÍKOVÁ, 2007).

2.5.1 Zemědělská krajina

Výměra zemědělské půdy v České republice současně činí 4,2 mil. ha. Největší část představuje orná půda s plochou 3 mil. ha (71 %), na které jsou v rámci osevních postupů střídány jednotlivé plodiny podle pěstitelských oblastí a vlastního zaměření (<http://eagri.cz>).

Zemědělské pozemky jsou tam, kde půda dosahuje větších hloubek, tím mají předpoklady k relativně velké retenční schopnosti. Nicméně vlivy spjaté s hospodářskou činností snižují retenční schopnost půdy.

Ze zemědělských ploch jsou větší měrou ohrožena pole a nezpevněné zemní cesty. V důsledku nedostatečného vegetačního krytu nedochází k tlumení nárazu dešťových kapek. To má za následek rozpad drobtovité struktury půdy, zanášení pórů a tvorbu nepropustné vrstvy. Při vodních srážkách lze pozorovat, že horní vrstva je obvykle rozbahněná, a tím ztrácí požadovanou drsnost a nastává povrchový odtok, který je rychlejší než v případě povrchu krytého vrstvou humusu s vegetačním krytem (SIMON, SUCHARDA, 2004).

Na rozdíl od zemědělské půdy mají trvalé travní porosty výrazně lepší vlastnosti. Souvislý travní porost tlumí kinetickou energii dešťových kapek. Následně je povrch porostem zdrsňován a dochází k zpomalení odtoku a zvýšení vsaku. Za pomoci hustého kořenového systému dochází k omezení nebo eliminování povrchové eroze (SOUKUP, 2008).

Trvalé travní porosty jsou v první řadě využívány jako pastvina nebo slouží jako louka. Záleží na typu travního porostu. To, jakým způsobem je pozemek využíván, má vliv na jeho hydrologické vlastnosti. Používáním mechanizace se vytváří utužená málo propustná vrstva, která snižuje vsak. Při absenci stromů nedochází k odvedení vody do hlubších vrstev podél jejich kořenů. Na frekventovanějších úsecích pastvin dochází zvířaty k likvidaci souvislého porostu

až na holou půdu, a to zejména okusem a sešlapáním. Příznivě působí travní porosty vybudováním vsakovacích pásů jako přirozených filtrů splavenin kolem vodních toků (SIMON, SUCHARDA, 2004).

Lesy

V minulosti byla většina rozlohy České republiky tvořena lesy vytvářející přirozený půdní kryt. To dnes již neplatí, ale i přes ústup lesů patří Česká republika k zemím s vysokou lesnatostí. Lesní pozemky pokrývají v současné době 33,9 % z celkového území státu. Rozloha lesů na našem území sice převyšuje evropský průměr, ale i tak je retenční schopnost krajiny oslabena oproti přirozenému stavu (<http://eagri.cz>).

Retenční schopnost lesa závisí na geomorfologii terénu, druhové skladbě porostu, způsobu hospodaření a hlavně na vlastnostech půdy geologického podloží. Zmiňované faktory spolu bezprostředně souvisí a vzájemně se ovlivňují. Voda v lese je zadržena působením účinku intercepce dřevinného a bylinného patra, nadložního humusu a vsaku do půdy. Hlubokokořenicí dřeviny (buk) mají výrazně lepší vliv na vsak do půdy a odtokové podmínky během povodňových stavů. Pro retenci je také důležitá kvalita kořenového systému a jeho vliv na pórovitost půdy (SIMON, SUCHARDA, 2004). Odčerpávací schopnost lesa se ve srovnání s přízemní vegetací projevuje výrazně na hlubších půdách s větším prostorem pro kořenové systémy dřevin. Les na půdách náchylných k zamokření udržuje volnou vodní kapacitu v hlubších vrstvách, tím přispívá k retenci a retardaci odtoku srážkových vod (KANTOR, 2003).

Dobře založený les může pohltit velké množství srážkové vody (5-6mm za minutu). Také zadržuje sněhové srážky, které rovnoměrně rozprostírá po půdě a při tání ihned pohlcuje. Povrchové odtoky po silných deštích i sněhovém tání jsou proto v zalesněném povodí poměrně malé, několikanásobně nižší proti nezalesněnému povodí. Příznivé účinky lesa se však naplno projeví jen tehdy, je-li les správně založen a vyvinut v hustý stromový zákryt s bujným podrostem (JŮVA, 1957).

2.5.2 Nivy a vodní toky

Niva je plochá část údolí, která bývá při povodni zaplavována. Mohou to být lesy, louky i orná půda. Jarní povodňové rozlivy bývají přirozené, nivy mají mimořádnou retenční kapacitu. Voda je zde pozdržena po dobu několika dní až týdnů. Rozlivy nezpůsobují žádné škody, protože se v zátopové oblasti nenacházejí nevhodné stavby ani orná půda. Přičemž podržení či zachycení vody zde zásadně ovlivňuje výšku povodňové vlny. Dále zabraňuje přemístování půdy, písku a kamení, podemílání břehů a hloubení nových koryt vodních toků.

Regulací a kanalizací řek ztratila naprostá většina řek svou schopnost přirozených rozlivů a přesunutím problémů dolů po toku je povodeň výrazně zesílena. Opatření uplatněná v nivě patří mezi nejlevnější a nejúčinnější, často dosahují nebo i přesahují účinky mohutných vodohospodářských staveb (SIMON, SUCHARDA, 2004).

2.6 Základní protipovodňová legislativa

V České republice můžeme legislativní a institucionální zabezpečení rozdělit do tří oblastí: krizové řízení, ochrana proti povodním v době před a po vyhlášení krizových stavů a územní plánování v tzv. záplavových oblastech.

Oblast krizového řízení je upravena právními normami:

Zákon č. 240/2000 Sb., o krizovém řízení (dále jen krizový zákon),

Zákon č. 239/2000 Sb., o integrovaném záchranném systému,

Zákon č. 241/2000 Sb., o hospodářských opatření pro krizové stavy.

Obecná ochrana před povodněmi:

Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách (dále jen zákon o vodách) komplexně upravuje oblast vodního hospodářství včetně ochrany před povodněmi v období před vyhlášením krizového stavu a po jeho zrušení.

Územní plánování:

Zákon č. 50/1976 Sb., o územním plánování a stavebním úřadu (Stavební zákon),

Vyhláška Ministerstva pro místní rozvoj č. 135/2001 Sb., o územně plánovacích podkladech a územně plánovací dokumentaci.

Proces územního plánování a činnost stavebních úřadů při povolování staveb ovlivňuje oblast povodňové problematiky především prostřednictvím regulace rozvoje v záplavových územích.

Strategie ochrany před povodněmi je dokument, který na základě znalostí průběhů povodní a stávajících technických, organizačních a legislativních opatření formuluje návrhy a směry dalších možností k omezení jak rozsahu povodní, tak snížení jejich ničivých následků.

Povodňový plán České republiky je základním dokumentem pro ústřední řízení povodňové ochrany v České republice. Obsahuje podrobné rozdělení úkolů a činností při provádění opatření k ochraně před povodněmi na úrovni ústředních orgánů státní správy a organizací s celorepublikovou nebo významnou regionální působností. Důležitou částí plánu je organizace a struktura řízení povodňové ochrany (TNV 75 2931).

2.7 Možnosti protipovodňové ochrany

Povodním jako takovým nelze zabránit, lze pouze vyloučit nebo omezit jejich důsledky vhodnými opatřeními. Preferována jsou opatření preventivního charakteru, do kterých patří jednak v rámci zvyšování retenční schopnosti povodí, výstavba nádrží a poldrů s retenčním (ochranným) prostorem a pozemkových úprav, dále úpravy vodních toků a také přípravná opatření a opatření při nebezpečí povodně.

Absolutní ochrana před povodněmi není možná. Vždy existuje riziko výskytu větší povodně, než je předpokládaná povodeň, také riziko poruchy či havárie některých prvků ochranných protipovodňových systémů nebo riziko výskytu jevů, které mohou jejich funkčnost omezit (JURÁŇ, MATĚJKA, 2010).

Protipovodňová opatření jsou jak přípravná a preventivní opatření, tak i opatření prováděná při nebezpečí povodně a po povodni. Opatření na ochranu před povodněmi vymezují programy opatření, které vycházejí z plánů hlavních povodí ČR, plánů oblastí povodí a jednotlivých obcí.

Povodňový plán musí mít zpracována každá obec, kde hrozí riziko povodně. Jejich důležitost se však podceňuje. Plány by neměly obsahovat pouze formální část, charakteristiku území, kontakty, ale měly by se dále vyvíjet na základě nových zjištění v terénu, zpracování nových studií, změn odtokových poměrů, po vybudování nových objektů na vodních tocích a po povodni. Měly by definovat ohrožené objekty, ohrožující objekty i místa omezující odtok (JÍLKOVÁ, ČAMROVÁ, 2004).

Preventivní a přípravná opatření jsou prováděná mimo povodeň. Jsou to: stanovení záplavových území, vymezení směrodatných limitů stupňů povodňové aktivity, povodňové plány, povodňové prohlídky, příprava předpovědní a hlásné povodňové služby, organizační a technická příprava, vytváření hmotných povodňových rezerv, vyklízení záplavových území, příprava účastníků povodňové ochrany, činnost předpovědní povodňové služby, činnost hlásné povodňové služby, varování při nebezpečí povodně, zřízení a činnost hlídkové služby, evidenční a dokumentační práce.

Operativní opatření se provádějí v době povodní. Bývá to manipulace na vodohospodářských objektech a soustavách, řízené ovlivňování odtokových poměrů, zabezpečovací a záchranné práce, náhradní doprava, zásobování, zabezpečení náhradních funkcí a služeb v území zasaženém povodní.

Součástí povodňových opatření jsou dokumentační práce a evidence. Opatření po povodni zahrnují obnovení narušených funkcí v zasaženém území, zjišťování a oceňování povodňových škod, vyhodnocení povodňové situace a příčin negativně ovlivňujících průběh povodně, zhodnocení účinnosti přijatých opatření a návrhy na úpravu povodňových opatření (NOVÁK, 2011).

2.7.1 Povodňové orgány

Ochrana před povodněmi je řízena povodňovými orgány. Mimo období povodně jsou to orgány obcí, obecní úřady s rozšířenou působností, krajské úřady, Ministerstvo životního prostředí, Ministerstvo vnitra (zabezpečení přípravy záchranných prací).

Po dobu povodně jsou povodňovými orgány povodňové komise obcí a v Praze městských částí, obcí s rozšířenou působností a v Praze městských částí stanovené Statusem hlavního města Prahy, povodňové komise ucelených povodí, Ústřední povodňová komise.

Ostatními účastníky ochrany před povodněmi jsou správci povodí, správci vodních toků, vlastníci vodních děl, vlastníci pozemků a staveb v záplavovém území nebo zhoršujících průběh povodně (ZÁKON č. 254/2001 Sb.).

2.7.2 Stupně povodňové aktivity a povodňové orgány

Rozsah opatření při řízení ochrany před povodněmi se vyjadřuje třemi stupni povodňové aktivity. Každý stupeň označuje míru povodňového nebezpečí podle ukazatelů (stavy toků a jejich průtok na příslušném hlásném profilu, mezní či kritické hodnoty jiného jevu) a v závislosti na ní se pro jednotlivé stupně specifikuje rozsah prováděných opatření.

První stupeň (stav bdělosti) se nevyhlašuje, nastává při nebezpečí povodně a zaniká, když pominou příčiny takového nebezpečí. Vyžaduje věnovat zvýšenou pozornost vodnímu toku nebo jinému zdroji povodňového nebezpečí, zahajuje činnost hlásná a hlídková služba. Na vodních dílech nastává tento stav při dosažení mezních hodnot sledovaných jevů a skutečností z hlediska bezpečnosti díla nebo při zjištění mimořádných okolností, které by mohly vést ke vzniku zvláštní povodně (SLAVÍKOVÁ, 2007).

Vlastní povodeň ve smyslu zákona nastává až při vyhlášení druhého nebo třetího stupně povodňové aktivity (příslušným povodňovým orgánem) a trvá do jejich odvolání.

Druhý stupeň (stav pohotovosti) se vyhlašuje v případě, že nebezpečí přirozené povodně přerůstá v povodeň. Vyhlašuje se i při překročení mezních hodnot sledovaných jevů a skutečností na vodním díle z hlediska jeho bezpečnosti. Aktivizují se povodňové orgány a další účastníci ochrany před povodněmi, uvádějí se do pohotovosti prostředky na zabezpečovací práce a provádějí se opatření ke zmírnění průběhu povodně podle povodňového plánu.

Třetí stupeň (stav ohrožení) se vyhlašuje při nebezpečí vzniku škod většího rozsahu, ohrožení životů a majetku v záplavovém území. Dále se vyhlašuje také při dosažení kritických hodnot sledovaných jevů a skutečností na vodním díle. Provádějí se zabezpečovací a podle potřeby i záchranné práce nebo evakuace (SLAVÍKOVÁ, 2007).

2.8 Preventivní ochrana proti povodním

Často se vedou diskuse, zda je lepší řešit protipovodňovou ochranu zvyšováním retenční schopnosti půdy nebo technickými opatřeními. Zkušenosti ukazují, že nejlépe je to kombinací obou typů, případně ještě doplněné o další dílčí opatření podle znalosti charakteristiky daného území a všech vazeb.

Zatímco v případě technického opatření jsou dominantní institucí správci vodních toků, v případě přírodě blízkých opatření je naprosto nezbytná jejich spolupráce s představiteli obcí (ČAMROVÁ, JÍLKOVÁ, 2006).

2.8.1 Přírozená retence

V člověkem nepozměněné krajině se voda z řek po silných a vytrvalých deštích vylije do říčních niv. Půda, nerovnosti terénu a vegetace vodu zadržují. Regulací řek a využíváním říčních údolí se řeky nemají kam vylít a voda se rychle odvádí dál po toku, kde způsobuje větší škody. Je třeba revitalizovat především drobné toky a obnovit krajinné prvky (lužní lesy, mokřady).

Zvýšení retenční schopnosti krajiny je tedy preventivní protipovodňové opatření. Docílíme toho: optimální skladbou lesů, zamezením holosečí, uměrnováním zemědělské činnosti, komplexními pozemkovými úpravami, rozšiřováním travnatých porostů, zachováním přírodní linie toků, omezením zpevňování ploch, regulací zemědělské činnosti v záplavovém území. Přírodě blízká protipovodňová opatření zajišťují zvýšení protipovodňové ochrany obce a zároveň přispívají k dosažení dobrého stavu vod (SLAVÍKOVÁ, 2007).

2.8.2 Technická opatření

Za preventivní protipovodňová opatření lze také považovat základní technická opatření: vodohospodářská opatření, budování protierozních vsakovacích a nárazových nádrží, údržba odvodnění, vhodné trasování liniových staveb, zajištění a regulace odtoku z krajiny, správné dimenzování mostů a propustků, čištění koryt toků, údržba břehových porostů, minimalizace odplavitelných materiálů a výrobků v záplavovém území, výstavba a obnova vodních nádrží, výstavba a údržba poldrů, regulace a stabilizace toků v zastavěných územích. Technická opatření jsou zaměřena především na snížení škod při průchodu velkých vod (záchytné nádrže, systém ochranných hrází, poldry), nikdy však neposkytnou absolutní ochranu ohroženého majetku.

Technická opatření představují další zásahy do vodních toků nebo do jejich bezprostředního okolí za účelem usměrňování odtoku, zkapacitnění a vyčištění koryta apod. Zásahy do vodních toků provádějí zpravidla správci vodních toků,

avšak v řadě případů nevyhovujícího stavu přejímá iniciativu obec (ČAMROVÁ, JÍLKOVÁ, 2006).

2.8.3 Další preventivní opatření

Přes posílení přirozené retence i možnosti technické ochrany stále zůstává určité riziko, které lze snížit dalšími preventivními opatřeními.

Netradiční způsoby řešení protipovodňové ochrany jsou drobnější nenáročná opatření: změna hospodaření, a tím zvětšení vodní kapacity půd, úprava inundací kolem toků vytvářením soustavy plochých zdrží, regulační a retardační drenáž na zemědělských půdách, využívání závlahových zdrží na lučních pozemcích, akumulární závlahové vodojemy v rámci závlahové soustavy, zvětšování ochranného prostoru nádrží, ochranné nádrže s vymezeným zálohovým prostorem, využití ochranného prostoru pro rostliny a vodní živočichy, infiltrační příkopy a průlehy na dešťovou vodu, dešťové nádrže, revitalizace přírodních a řízený provoz umělých mokřadů, revitalizace melioračních kanálů, výstavba tůní. Netradiční způsoby ochrany přispívají ke snížení povrchového odtoku a vhodným způsobem doplňují stávající způsoby ochrany (ŠÁLEK, 2003).

Revitalizační opatření se mohou v souvislosti s ochranou před povodněmi uplatňovat trojím způsobem. Ochranné účinky se projevují tak, že zpomalují postup povodňových vln koryty, podporují tlumivé rozlivy povodní v nivách, zadržují části povodňových průtoků v hloubených nebo hrázovaných objektech částečně přírodního charakteru nebo koryty přírodě blízkého charakteru odvádějí povodňové průtoky mimo ohrožené oblasti. Druhou skupinu představují opatření, která pouze změkčují a zpřirodňují nezbytné technické protipovodňové úpravy a objekty (například kapacitní koryta v intravilánech). Třetí skupinu tvoří kompenzační revitalizační opatření. Vznikají jako náhrada za újmy na přírodním prostředí nebo na prostorech přirozených rozlivů, ke kterým dochází při budování nezbytných technických protipovodňových opatření (JUST, 2005).

2.9 Protipovodňová opatření

Veškerá opatření, jejichž cílem je odvrátit nebo zmenšit škody způsobené případnou povodní, lze zahrnout mezi protipovodňová. Mohou to být opatření na vodních tocích a v jejich okolí, ale také na objektech v zaplavovaném území.

Opatření v krajině se dají rozdělit: na opatření na zamezení vniknutí vody do území, na snížení maximální hladiny a na snížení maximálních průtoků.

2.9.1 Opatření na zamezení vniknutí vody do území

Sypané hráze

Sypané hráze jsou tělesa nasypaná z méně propustných zemin. Nejčastěji se používají na nezastavěném území v dostatečné ploše. U sypaných hrází je třeba počítat s jejich pravidelnou a trvalou údržbou, zejména s udržováním trvalých travních porostů.

Betonové zídky

Betonové zídky z železobetonu musí být kromě nadzemní konstrukce založeny tak, aby odolaly hydrostatickému tlaku. Někdy slouží jako pevná část pro osazení mobilním hrazením. Zídky se používají nejčastěji v zastavěném území, protože v krajině není vhodné postavit betonovou zeď jako trvalou bariéru a také je to prvek pohledově nepřipustný (<http://www.hzscr.cz>).

Mobilní hrazení

Mobilní hrazení může být bez spodní stavby: pytle plněné pískem, gumové vaky plněné vodou, plastové kontejnery plněné pískem nebo vodou, vodotěsné folie. Mobilní hrazení se spodní stavbou trvale ukotvenou v podloží mohou být kovové, laminátové, vysouvající se hydrostatické, vodotěsná folie s plovákem. Systém je navržen tak, aby usměrňoval tok vody a odklonil přívalovou vlnu (<https://www.povodnovyportal.cz>). Výhodou mobilního hrazení je, že mimo povodeň nezasahují do území, nevýhodou pak nutnost rychlé instalace před blížící se povodní. Lze jej uplatnit tam, kde prognóza povodňové situace díky časovému předstihu varování umožňuje včasnou instalaci stěny. Je nutné zajistit dostupnost kompletního systému mobilních prvků a zkušený stavební tým pro zajištění výstavby v potřebném čase (ČAMROVÁ, JÍLKOVÁ, 2006).

2.9.2 Opatření na snížení maximální hladiny

Tato opatření mají za cíl snížit hladinu vody při průtoku povodňové vody a omezit škodlivé účinky a rozsah zatopeného území.

Prohrábky

Prohrábky a zkapacitnění koryt je většinou prohloubení koryt a odtěžení nánosů, vytvoření nového koryta vodního toku.

Odstranění zúžených míst

Odstranění úzkých míst na toku a objektů na toku se týká nejčastěji malokapacitních mostů, lávek, pevných jezů, nevhodně situovaných hrází a budov nevhodně umístěných v inundacích. Stávající objekty je třeba odstranit, případně vybudovat nové s vyhovujícími parametry.

Obtokové kanály

Obtokové kanály jsou umělá koryta sloužící k odvedení části povodňových průtoků mimo původní koryto, aby v původním korytě nebyla překročena hladina (DHI, Závěrečná zpráva).

2.9.3 Opatření na snížení maximálních průtoků

Vodní nádrž

Vodní nádrž je prostor vytvořený hrází, prázdný prostor se za povodně naplní a po opadnutí povodně se voda opět vypustí. Podle typu hráze rozlišujeme rybníky, ostatní malé vodní nádrže a přehradní nádrže (DHI, Závěrečná zpráva).

Odvodní kanály

Převodění části průtoku mimo povodí lze pomocí kanálu, kterým je část extrémních průtoků odvedena do povodí toku sousedního. Při vhodných terénních podmínkách lze využít koryto jako obchvat chráněné lokality. K překonání terénních překážek se může v určitém úseku odlehčovacího kanálu uplatnit převod vody tunelem (potrubím) (ČAMROVÁ, JÍLKOVÁ, 2006).

Poldr

Poldr je původně nížinná plocha chráněná hrázemi před zaplavením, jaký můžeme vidět v Německu, Nizozemí, ale i na Dunaji. Povodňový poldr je ale speciální typ retenční nádrže, která bývá v období mimo povodňový stav vyprázdněna (někdy se však určitá úroveň objemu ponechává) a plní se cíleně při povodni, kdy zachycuje maximální průtoky. Od okolí jsou zaplavované plochy odděleny hrázemi, aby nedošlo k zaplavení dalších oblastí (STMUGV, 2003). Dle způsobu a doby zatopení oblasti poldry dělíme na suché a polosuché, průtočné a postranní (HOLÝ a kol., 1984). V plochých územích mohou funkci poldrů plnit i části inundačního území, které jsou ohrázovány. Poldry narozdíl od nádrží nevyžadují trvalý zábor celého území. Typické pro poldry je nižší akumulací schopnost, ale vyšší retenční objem (SOUKUP, 2006). Zátopovou plochu tvoří prvky, kterým nevadí krátkodobé zatopení a snášejí vlhkost (TLAPÁK, ŠÁLEK, LEGÁT, 1992).

Dříve se u nás stavěly častěji suché poldry, které nemají stálé nadržení vody a celý objem je určen pro zachycování povodňové vody. Nyní sílí obavy o bezpečnost dlouhodobě proschlých hrází, případně narušenými živočichy. Dnes tedy získávají podporu spíše polosuché poldry s trvalým nadržением vody. Doporučují se nižší poldry s hrází do 5 m s přírodě blízkým tvarováním zátopových ploch (JUST, 2010).

Každé opatření má jiný rozsah využití, jiné provozní náklady, investiční náročnost. Volba vhodného protipovodňového opatření je komplikovaná a vyžaduje komplexní odborné řešení. Závisí na požadovaném efektu na prevenci povodní, na místních podmínkách v řešené lokalitě, finančních a majetkoprávních (pozemkových) možnostech.

Pro celkové posouzení území je třeba se soustředit na zjištění základních charakteristik území: klimatické poměry, geomorfologie a relief území, geologické poměry, hydrologické poměry, ekologická stabilita území, entropická činnost v území (PODHRÁZSKÁ a kol., 2009).

Povodňové riziko je vyjádřeno nejčastěji kombinací pravděpodobnosti výskytu nežádoucího hydrologického jevu a očekávaných povodňových škod. Pro výběr oblastí s významným povodňovým rizikem sleduje počet obyvatel

pravděpodobně dotčených povodňovým nebezpečím a hodnota majetku a infrastruktury v záplavových územích (BAKOŠ, SOUKOPOVÁ, 2014).

Rizikovost lokality je určena kombinací nebezpečnosti přispívající plochy a zranitelnosti území. Čím vyšší je nebezpečnost a zranitelnost, tím vyšší je celkové riziko pro danou lokalitu. Nelze však podceňovat riziko u žádné z lokalit, protože i u vyhodnocených jako málo rizikových může stále hrozit riziko přívalových povodní (NOVÁK, 2015).

Prvním krokem k řešení protipovodňových opatření je rozhodnutí o tom, jaké území má být chráněno. Jelikož se hydrologické a hydraulické jevy odehrávají v povodí vodních toků, bylo by ideální řešit ochranu v uceleném povodí. Vždy však musíme hledat takové řešení, které nezmění nepříznivě podmínky pro ostatní subjekty v povodí řešeného toku.

3. Cíl práce

Cílem této diplomové práce je vybrat potenciálně ohroženou oblast v zemědělsky využívané krajině s významnými povodňovými riziky. Provést analýzu zaměřenou na povodňové činitele i hrozící nebezpečí a následně navrhnout co nejvhodnější protipovodňová opatření pro efektivní omezení povodňových škod.

4. Metodika

4.1 Materiál

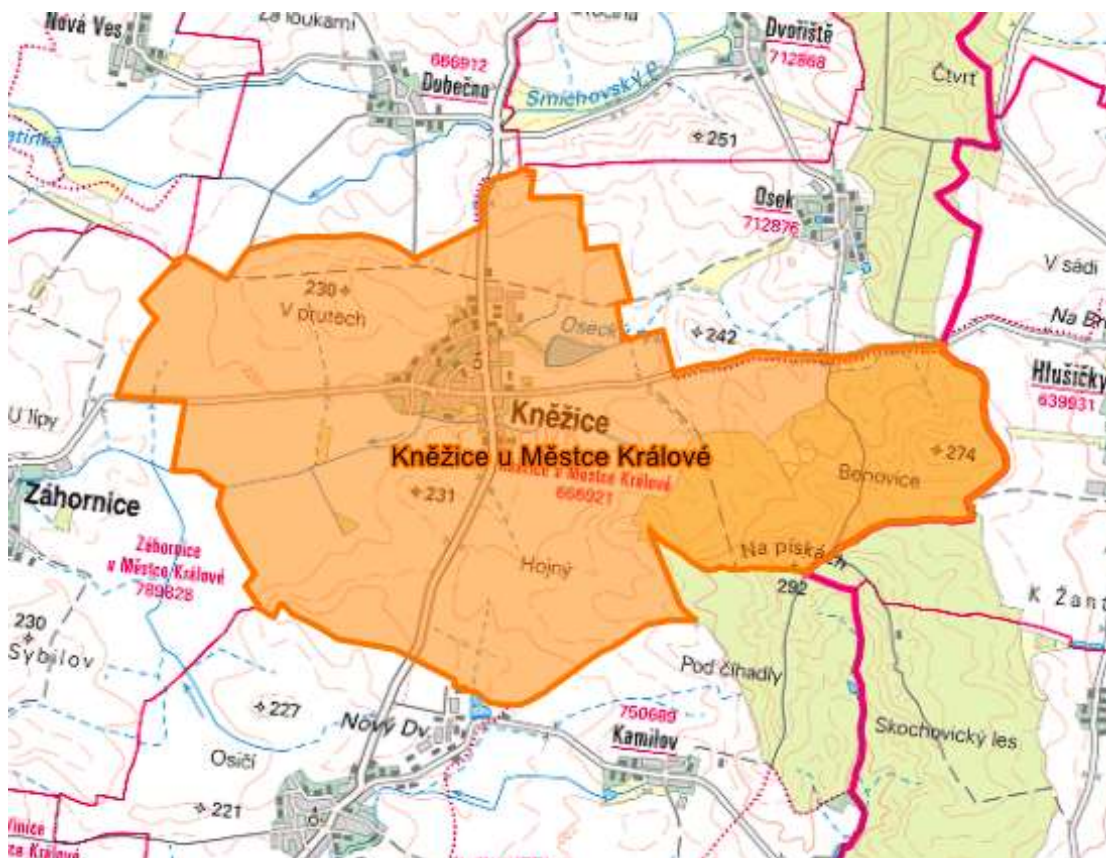
Vybrané území, potenciálně ohrožené povodněmi, se nachází v blízkosti obce Kněžice ve Středočeském kraji, v okrese Nymburk. Nachází se v katastrálním území Kněžice u Městce Králové - 666921. Katastrální území sousedí s KÚ Dubečno - 666912, Dvořiště 712868, Osek - 712876, Hlušičky - 639931, Skochovice - 748331, Kamilov - 750689, Sloveč- 750697, Záhornice u Městce Králové - 789828 a Malá Strana u Chotěšic - 653080. Rovněž je součástí území ORP Poděbrady. Kněžice jsou složené z dalších dvou částí, konkrétně se jedná o Dubečno a Osek. Obce se nachází ve vzdálenosti do 3 km, a to severně a severovýchodně od vesnice Kněžice. Nejbližší město je 6 km vzdálený Městec Králové.

Obrázek č. 1: Poloha obce Kněžice



zdroj: <http://www.mapaceskerepubliky.cz/>

Obrázek č. 2: Katastrální území obce Kněžice



zdroj: <http://regiony.kurzy.cz/>

4.2 Výběr lokality v zemědělské krajině ohrožené povodněmi

Na základě teoretických poznatků o příčinách a faktorech ovlivňujících vznik povodní v zemědělsky využívané krajině byla vybrána potenciálně ohrožená lokalita. Území se nachází ve Středočeském kraji v povodí Labe v katastrálním území obce Kněžice, kde se jako nejvíce rizikový pro vznik povodně jeví Beňovický potok. Při výběru byl kladen důraz na aktuálnost, potřebnost a proveditelnost řešení v daném území. Dalšími z kritérií byla možnost absolvování terénního průzkumu s pořízením fotodokumentace a dostupnost území.

V červnu 2013 překvapila občany Kněžic povodeň. Jednalo se o nepříliš významnou záležitost, která postihla pouze okrajovou část obce. V místní kronice však bylo již dříve popsáno několik povodní, které naštěstí neměly tak značné dopady. Projevovalo se to převážně rozlivy vody do blízkého okolí toku a podmáčenými místy uvnitř intravilánu.

Obrázek č. 3: Zátopa v intravilánu obce Kněžice



Zdroj: starosta obce Kněžice

Z takovýchto případů je nutno si brát ponaučení do budoucna. S postupem času začínají být pro místní obyvatele obce povodně aktuálním tématem. Pokud se neuchytí potřebná opatření, může se příště povodeň opakovat i ve větším měřítku.

Obrázek č. 4: Protipovodňové hráze



Zdroj: starosta obce Kněžice

4.3 Průběh řešení ohroženého území ke stanovení vhodných protipodňových opatření

V průběhu roku 2016 byly shromažďovány údaje a potřebné informace o dotčeném území od pracovníků Povodí Labe, Krajského pozemkového úřadu Nymburk a od starosty obce Kněžice. Čerpáno bylo i z dostupných internetových zdrojů (např. Eagri, MŽP) a z internetových databází (např. ČÚZK). K bližšímu poznání místní situace byly využity i znalosti místních poměrů a zkušenosti pamětníků z občanů obce.

Na základě získaných podkladů byly zahájeny práce na vlastním návrhu vhodného protipodňového opatření v povodí Beňovického potoka. Za pomoci počítačového softwaru ArcGis, AutoCad byly započaty práce s tvorbou podkladových map zvolené lokality a tabulek. Mezi podkladové mapy bylo zahrnuto zpracování rozvodnice, landuse, SES atd. Pomocí počítačově vytvořených podkladových map a tabulek byly získány potřebné informace o povodí (rozloha, stabilita území, zastoupení jednotlivých kultur apod.). Následně byla za pomoci Atlasu podnebí ČR pro území vytvořena základní charakteristika přírodních podmínek.

Terénní činnost byla zahájena v říjnu 2016, kdy proběhlo místní šetření. Průzkum byl veden od nulového říčního kilometru, tedy od ústí toku, až k pramenu

toku. Při průzkumu byla pořizována fotodokumentace a poznámky o stavu koryta a o technické infrastruktuře v okolí. Průzkum byl zaměřen zejména na zmapování a zdokumentování půdních poměrů a vegetace v okolí Beňovického potoka, okolního rostlinstva, u přítoku a v přilehlém lese, protože má podstatný vliv na vodní režim krajiny. Pořízená fotodokumentace je též součástí diplomové práce.

Od ledna do března 2017 byl proveden opakovaný průzkum vybrané lokality s ohledem na rizikové faktory. Záměrem bylo zjistit rozdílnost stavu v území po zimních měsících, zmapování změn stavu půdy a vegetace, průtočnost koryta potoka. Bylo zaznamenáno zvýšení hladiny vodního toku v souvislosti s táním sněhu a zvýšené zamokření půd. Zjištění byla zohledněna při volbě a vypracování návrhu opatření.

Vypracovaný návrh protipovodňového opatření byl konzultován se starostou obce, zda je realizovatelný z hlediska technických i finančních možností obce. Jako nejvhodnější protipovodňové opatření byl zvolen poldr, který by mohl být financován z části z dotačních programů a části z prostředků obce Kněžice.

Na závěr byl vytvořen mapový výstup, kde bylo označeno realizované protipovodňového opatření v krajině. Následně byl vytvořen reálný časový harmonogram přípravy a vlastní realizace stavby se stanovením cenových nákladů.

4.4 Popis dotčeného území

Obec Kněžice je obklopená krajinou, která je z větší části využita pro zemědělské účely. Lesní plochy jsou zastoupeny z menší části a tvoří ucelený celek - Skochovický les. Lesy jsou převážně listnatého původu, doplněny o jehličnaté, nejčastější je zastoupení dubu a smrku. V této zemědělsky využívané krajině je minimální zastoupení rozptýlené zeleně, která tvoří jen nesouvislé aleje stromů podél silnic a doprovodné porosty podél toků a remízky. V obci Kněžice jsou plochy zeleně soustředěny u kostela a fary, dále podél vodních toků a ploch. Na okraji obce se vyskytují plochy zahrad a vyhrazené zeleně, které tvoří významnou roli při přechodu mezi urbanizovaným územím a volnou krajinou. Plánuje se doplnění zeleně na veřejných prostranstvích a plochu veřejné zeleně na jižním okraji zastavěného území, která by měla navazovat na zeleň krajinnou,

zastoupenou jak stabilizovanými, tak i navrhovanými přírodními plochami prvků ÚSES.

Mezi výrobní aktivity patří z drtivé většiny zemědělská výroba zaměřená na živočišnou a rostlinnou výrobu. V obci sídlí zemědělský areál Mezihájí Kněžice, který se nachází na severovýchodním okraji. Na zemědělský areál navazuje bioplynová stanice s kotelnou, kde se spaluje biologický odpad. Zde vyrobené teplo slouží pro vytápění všech objektů v obci.

Severní a východní okraj obce Kněžice není určen k zástavbě k bydlení z důvodu zemědělské výroby na severním okraji a technickým limitům na východní straně zastavěného území a vodním plochám. Podél severní, severozápadní a jižní hranice zastavěného území obce povede nová obslužná komunikace, která vymezuje úzký pás ploch po obvodu zastavěného území, které nejsou vhodné pro zemědělské užívání, a proto jsou určeny pro bytovou zástavbu rodinnými domy. Plochy navazují na bytovou zástavbu a nejsou zde negativní vlivy ze zemědělské výroby či provozu biostanice.

Celé správní území je územím s archeologickými nálezy s prokázaným výskytem archeologického dědictví. V obci Kněžice se nachází kostel sv. Petra a Pavla, v přilehlém Dubečnu zase venkovská historická usedlost a prvky původní architektury.

Do řešeného území zasahuje evropsky významná lokalita Žlunice - Skochovice (kód lokality: CZ0210175) s celkovou rozlohou 1093,75 ha, překrývající se s přírodní památkou Žlunické polesí. Předmětem ochrany jsou eurosibiřské stepní doubravy, dubohabřiny asociace Galio-Carpinetum a staré acidofilní doubravy s dubem letním na písčitých pláních. Jiná chráněná území, památné stromy ani významné krajinné prvky evidované dle zákona č. 114/92 Sb., o ochraně přírody a krajiny, se v území nenacházejí.

4.5 Vodní toky a plochy

Zájmové území se nachází v základním povodí Mrliny (1-04-05). Území je odvodňováno Smíchovským potokem a jeho levostranným přítokem Záhornickým potokem. Tyto potoky vytvářejí mělká údolí s odvodňovacími kanály. V území

je několik malých vodních nádrží akumulčního charakteru, nejvýznamnější je Osecký rybník a rybník Pod Farou.

Smíchovský potok

Vodní tok je veden v korytě přirozeném nebo upraveném. Upravené koryto má bohatý břehový porost. Na potoce se nachází dvě menší průtočné nádrže.

Záhornický potok

Jeho vodní tok je veden jak v upraveném, tak i v přirozeném korytě. Břehový porost je během roku pravidelně odstraňován za účelem údržby koryta. Potok prochází celým zájmovým územím, tedy od západu k východu. Jeho prameniště se nachází u Oseckého lesa. Část koryta bývá po většinu roku bez vody, vody bývá až v místech odklonu od silnice.

Beňovický potok

Beňovický potok ID10178327 s hydrologickým pořadím 1-04-05-0470-0-00 je součástí povodí Labe. Správcem toku je Povodí Labe, státní podnik. Jedná se o vodní tok pozorovaný a řešený z hlediska protipovodňového. Je složen z přirozeného i upraveného koryta. Vodní tok je veden v trubním kanálu a v upraveném korytě bez výrazných břehových porostů, které jsou odstraňovány za účelem údržby koryta.

Řešené území můžeme pro lepší orientaci a popis území rozdělit do dvou úseků. Úsek číslo 1 zahrnuje část Beňovického potoka v intravilánu obce. Úsek číslo 2 tvoří část toku v extravilánu na západ od obce.

4.6 Klimatologie

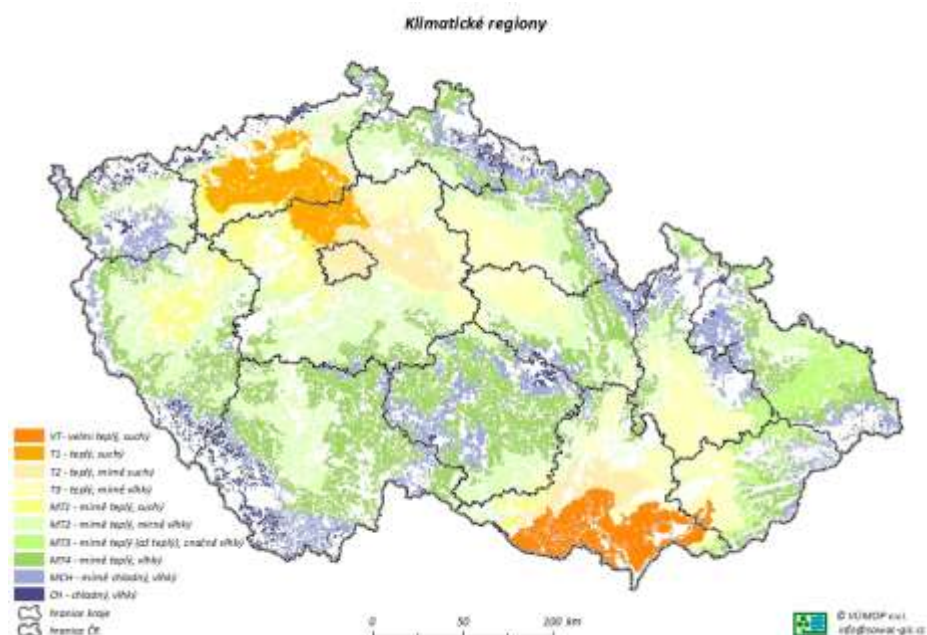
Klimatické charakteristiky:

počet letních dnů	50 - 60
počet dnů s prům. teplotou 10 C a více	160 - 170
počet mrazových dnů	100 - 110
počet ledových dnů	30 - 40
průměrná teplota v lednu	0 až -2
průměrná teplota v červenci	22 - 24

průměrný počet dnů se srážkami +1mm	90 - 100
srážkový úhrn za vegetační období	350 - 400
srážkový úhrn v zimním období	200 - 300
počet dnů se sněhovou pokrývkou	30- 40
počet dnů zamračených	120 - 140
počet dnů jasných	40-50

Lokalita náleží dle vyhlášky č. 327/1998 Sb. do klimatického regionu České republiky: T3

Obrázek č. 5: Klimatické regiony



Zdroj: <http://geoportal.vumop.cz/>

Ve vyhlášce č. 327/1998 Sb., kterou se stanoví charakteristika bonitovaných půdně ekologických jednotek a postup pro jejich vedení, aktualizovaná vyhláškou č. 546/2002 Sb., je daný region KR 3 veden pod znakem T3 (rozloha 600 tis.ha). Jedná se o teplý, mírně vlhký region (suma efektivních teplot nad 10°C: 2500 – 2800) , s průměrnou roční teplotou (7) 8 – 9°C, průměrným ročním úhrnem srážek 550 – 650 (700) mm, pravděpodobnost suchých vegetačních období 10 – 20% a váhovou jistotou 4 – 7 (Lipavský, Klír).

4.7 Geologie, geomorfologie

Dle zeměpisného lexikonu ČSR je řešené území začleněno následovně:

Provincie	Česká vysočina
Soustava	Česká tabule
Podsoustava	Středočeská tabule
Celek	Středolabská tabule
Podcelek	Mrlinská tabule
Okrsek	Rožďalská tabule
(Územní plán Kněžice)	

Vybrané území náleží do oblasti České tabule. Geologická skladba je tvořena horninami druhohorního stáří, složená slíny a opukami svrchního turonu. Překryvné kvartérní útvary jsou zastoupeny vápnitou šterkopískovou terasou a vápnitou nivní uloženinou v oblasti Kněžic a Dubečna. Matečný půdotvorný substrát v řešeném území je zastoupen slíny, ostatní geologické útvary mají podružný význam (<http://www.chrudimcity.cz>).

4.8 Půdní poměry

Půdy byly posouzeny podle kódu BPEJ což je účelové seskupení forem příbuzných ekologickými vlastnostmi, které jsou charakterizovány morfogenetickým půdním typem, subtypem, půdotvorným substrátem, zrnitostí a hloubkou půdního profilu. V řešené lokalitě se v návaznosti na geomorfologii vyskytují různé typy a druhy půd. Převážně se však zde nachází hluboké, těžké půdy písčitých a šterkových náplavců.

Hlavní půdní jednotky HPJ : 07

Smonice modální a smonice modální karbonátové, černozemě pelické a černozemě černické pelické, vždy na velmi těžkých substrátech, celoprofilově velmi těžké, bezskeletovité, často povrchově periodicky převlhčované.

Hlavní půdní jednotky HPJ : 20

Pelozemě modální, vyluhované a melanické, regozemě pelické, kambizemě pelické i pararendziny pelické, vždy na velmi těžkých substrátech, jílech, slínech, flyši, tercierních sedimentech a podobně, půdy s malou vodopropustností, převážně bez skeletu, ale i středně skeletovité, často i slabě oglejené.

Hlavní půdní jednotky HPJ: 60

Černice modální i černice modální karbonátové a černice arenické na nivních uloženinách, spraši i sprašových hlínách, středně těžké, bez skeletu, příznivé vláhové podmínky až mírně vlhčí.

Hlavní půdní jednotky HPJ : 61

Černice pelické i černice pelické karbonátové na nivních uloženinách, sprašových hlínách, spraších, jílech i slínech, těžké i velmi těžké, bez skeletu, sklon k převlhčení (<http://eagri.cz>).

V území se vyskytují půdy, které se dají rozdělit do tříd ochrany zemědělských půd. Do I. třídy patří nejkvalitnější půdy, jedná se o BPEJ 3.60.00. V II. třídě můžeme objevit BPEJ 3.61.00, dále se v území nachází BPEJ 3.07.00, 3.07.10, 3.20.11 a 3.20.01. Uvedené BPEJ patří do III. a IV. třídy ochrany. Zbytek území tvoří převážně půdy začleněné v V. třídě ochrany.

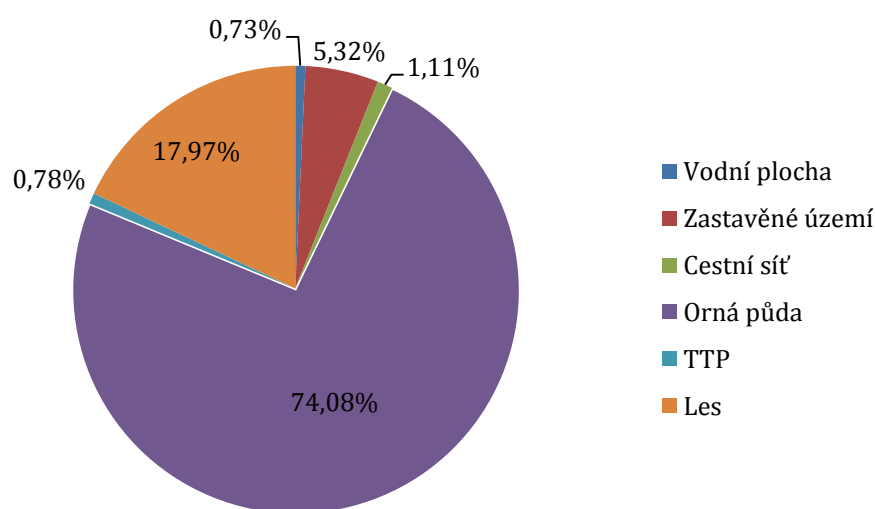
Půdy v I. a II. třídě jsou ve vybrané lokalitě plošně nejvíce zastoupené. Z tohoto důvodu můžeme konstatovat, že se jedná o krajinu zemědělskou. Produkční schopnost půd je vysoká.

4.9 Přirozená vegetace v řešeném území

Pro většinu řešeného území platí typ přirozené vegetace podle geobotanické mapy C.

Dubohabrové a dubolipové háje, místy s jedlemi, se vyskytují v nížinách a pahorkatinách na vlhkých až slabě zamokřených půdách v oblastech do nadmořské výšky 500 m.

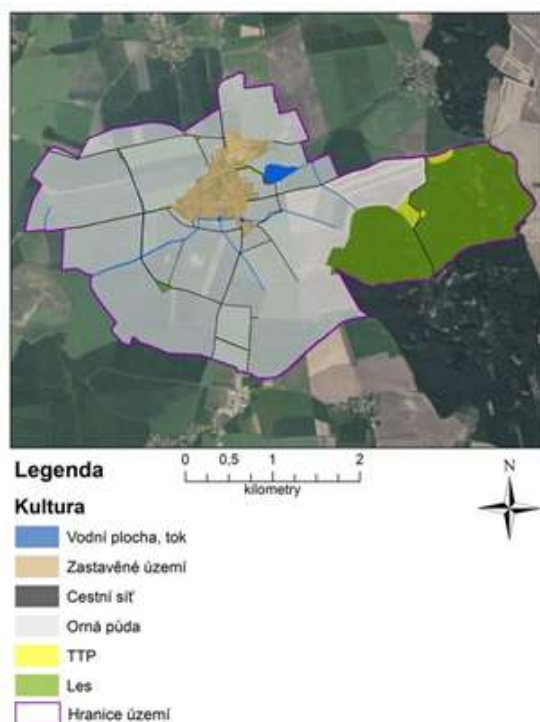
Graf č. 1: Využití území



Zdroj: vlastní

Podle mapy potenciální přirozené vegetace (geoportal.gov.cz) patří zájmové území zejména do biotopu střemchové jaseniny (*Pruno – Fraxinetum*), které představují typ vegetace mezi tvrdými luhy a potočními olšinami. Dominantní je zde olše lepkavá nebo jasan ztepilý, uplatňuje se i dub letní. V keřovém patře lze najít brsleny či bez černý. Z části patří i do biotopu Černýšová dubohabřina (*Melampyro nemorosi – Carpinetum*). Jsou to stinné dubohabřiny s dominantním habrem obecným, dubem zimním a s častou příměsí lípy srdčité, dubu letního, jasanu, třešně ptačí, ve vyšších nebo inverzních polohách se objevuje buk a jedle. V keřovém patře svída krvavá, zimolez pýřitý, líska obecná.

Mapa č. 1: Využití krajiny



Zdroj: vlastní

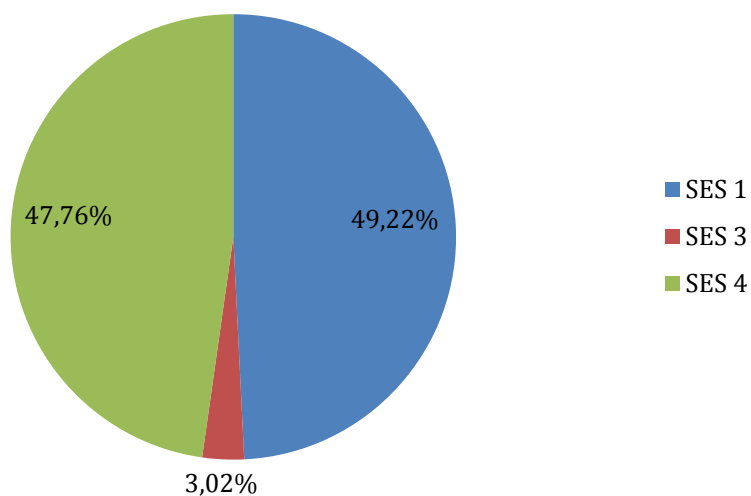
Vegetace se vyskytuje jen spíše, převážně v bezlesé zemědělské krajině. Zeleň se nachází v místech historických cest, které nebyly udržovány a zarostly náletem. Další liniová zeleň je podél stávajících cest ve formě doprovodné zeleně. Důležité jsou zejména porosty podél vodních toků.

Tabulka č. 1: Ekologická stabilita území

Kultura	Celková rozloha (m ²)	SES	Vypočítané hodnoty SES	Výsledná hodnota SES (zaokrouhlena)
Vodní plocha	85336	3	256008	1,51
Zastavěné území	622470	0	0	
Cestní síť	129454	0	0	
Orná půda	8665120	1	8665120	
TTP	91759	3	275277	
Les	2102155	4	8408620	
Celkem	11696294	Celkem	17605025	

Zdroj: vlastní

Graf č. 2: Stupeň ekologické stability



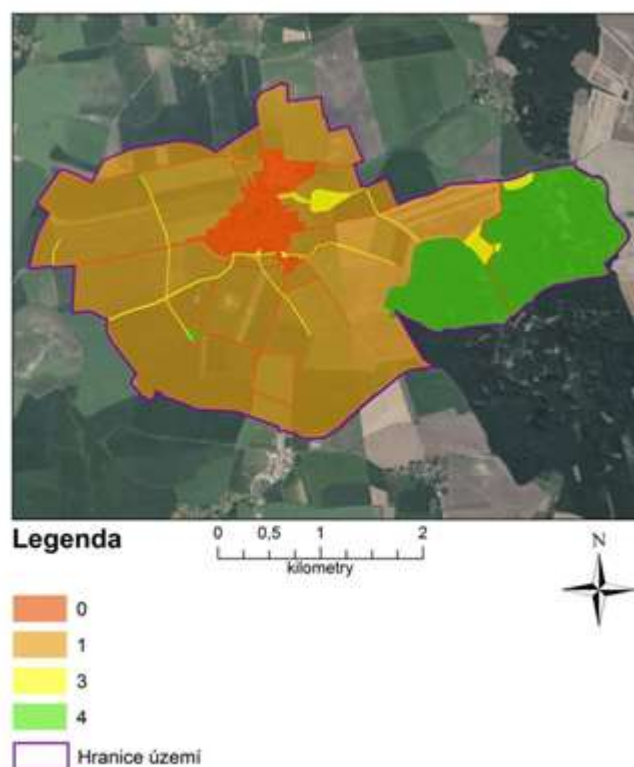
Zdroj: vlastní

Celkový stupeň ekologické stability se vypočte jako vážený průměr uvedených ploch jednotlivých složek.

$$SES = \frac{\sum SES * F}{\sum F} = \frac{17605025}{11696294}$$

Jedná se o krajinu s obrovským převahem orné půdy a celkové číslo stupně ekologické stability je 1,51.

Mapa č. 2: Stupeň ekologické stability



Zdroj: vlastní

4.10 Územní systém ekologické stability

Návrh územního systému ekologické stability byl na zvoleném území zpracován jako součást většího územního celku. Navržená biocentra a biokoridory mají lokální charakter. Jejich charakteristiky je dostupná v generelu ÚSES.

Z hlediska ochrany nerostných surovin v řešeném území nejsou evidovány žádné plochy pro dobývání ložisek nerostů, chráněná ložisková území či sesuvná území.

4.11 Doprava

V řešeném území je zastoupena jak doprava silniční, tak i cyklistická a pěší. Územím prochází dvě významné komunikace a to z jihu na sever silnice II. třídy s označením 328. Jedna silnice propojuje město Kolín s Jičínem. Zmiňovaná silnice je pátevní komunikací řešeného území. Je dvoupruhová s živičným povrchem, který je v dobrém stavu. Velký význam má i silnice III. třídy s označením 32419. Silnice

propojuje obec Dymokury, prochází skrz obec Kněžice až k městu Nový Bydžov. Je dvoupruhová a povrch živičný, který je v dobrém stavu. Na silnice jsou napojeny místní komunikace, které zajišťují přístup k okolním pozemkům a zástavbě.

Mimo obec existují zpevněné cesty pro pěší a cyklisty sloužící k zajištění přístupu do okolní krajiny. V rámci pozemkových úprav byly navrženy nové cesty.

Hromadná doprava osob je zajišťována v řešeném území autobusovými linkami.

5. Výsledky a diskuse

5.1 Analýza možností ochrany před povodněmi

V řešeném území není stanoveno záplavové území. Při přívalových srážkách však v povodí Beňovického potoka dochází k častému zaplavování části zastavěného území Kněžic, a to v místě vtoku Beňovického potoka do intravilánu obce a u soutoku Záhornického a Beňovického potoka. V daném území zatím nebyla budována žádná protipovodňová ochrana, ale v intravilánu obce jsou malé vodní nádrže, z nichž dvě částečně zadržují menší objem vody z Beňovického potoka. Vzhledem k jejich stáří a jejich technickému stavu, těmto nádržím může hrozit protržení vlivem přeplnění při větších srážkách. Jejich protržením pak může způsobit zatopení okolí i zastavěného území, tak ještě zhoršit následky velké vody, ještě posílit nebezpečí a povodňové škody. Z těchto důvodů je lokalita riziková a je třeba hledat řešení, které by omezilo negativní následky záplav a minimalizovalo případné povodňové škody na horním toku Beňovického potoka. Tato opatření by měla směřovat k zadržení srážkové vody v území a zpomalení případné povodňové vlny.

5.2 Limity využití území

V řešeném území existují limity využití území, které bylo při návrhu protipovodňového opatření nutno respektovat. Jedná se zejména o ochranná pásma dopravních tras pro silnice II. a III. třídy, telekomunikačních vedení, vrchních vedení atd. Mezi limity omezující návrh protipovodňového opatření je dodržení ekologické stability, závlahy a brát v úvahu, že se jedná o území s archeologickými nálezy.

V důsledku působení vodní erozní činnosti dochází k nežádoucímu snižování přirozené produkční schopnosti půdy. Tyto změny mění fyzikální, chemické a biologické vlastnosti půd. Řešené území se rozkládá na hlubokých půdách na morfologicky méně členitém terénu s mírnými táhlými svahy s údolnicemi, do kterých se zvolna nálevkovitě soustřeďuje voda z přilehlých svahů. Nedochozí zde k zásadním projevům vodní eroze a současný stav je uspokojivý z hlediska ochrany ZPF.

V řešené lokalitě byla na základě zkušenosti místních pamětníků a pracovníků Zemědělské vodohospodářské správy vymezena kritická lokalita ohrožená přívalovými dešti v povodí Beňovického potoka.

Obrázek č. 6: Povrchový odtok



Zdroj: vlastní

Povodí Beňovického potoka se nachází v zemědělsky svažitém území. Při náhlých přívalových srážkách dochází k povrchovému odtoku vody. Následně povrchová voda stéká do údolnice. Část vody je zachycena v nedostačujících nádržích intravilánu, které zde slouží jako částečné retenční nádrže. Z tohoto vyplývají další rizika. U nádrží by mohlo dojít vzhledem ke stáří k protržení, a tím ke ztrátě jejich ochranné funkce, což by mohlo způsobit velké škody.

Při přívalových srážkách dochází k tomu, že silniční propustek nedokáže pojmout všechnu vodu a přelévá se přes korunu silnice II. třídy s označením 328. Další kritická lokalita je při soutoku Beňovického a Záhornického potoka. Voda se vylévá z koryta potoka a zaplavuje část přilehlého intravilánu. Je potřeba snížit průtok Beňovického potoka, a toho můžeme dosáhnout vybudováním poldru v horní části Beňovického potoka. Takto vzniklý retenční prostor s přirozenou topografickou hranicí zároveň doplní kostru ÚSES o trvale udržovanou vodní s přilehlým litorálním pásmem a o trvalý travní porost retenčního prostoru.

5.3 Posouzení způsobů řešení protipovodňové ochrany

Účinnost ochrany neurbanizovaných ploch a pozemků v extravilánech prvky protipovodňové ochrany ovlivňující průchod povodňové vlny se liší v závislosti

na účelu vodohospodářského díla, velikosti retenčních nádrží apod. a na velikosti zvažované povodně. Při výběru návrhu konkrétních opatření je potřebné zvážit výhody či nevýhody jednotlivých prvků pro danou lokalitu při zvážení povodňových rizik.

V námi řešené lokalitě nejsou vhodná žádná opatření k urychlení povrchového odtoku nebo jeho zvýšení, což by zhoršilo situaci v intravilánu obce a na dalším toku. Jako vhodnější se jeví opatření k podržení vody a zlepšení jejího vsaku.

Čištění koryta současného koryta Beňovického potoka s odstraňováním břehové vegetace se ukazuje jako nedostatečné, byť je to opatření přírodě blízké. Prohrádky a zkapacitnění koryt jsou dočasná a dle našeho názoru kapacitně nedostatečná řešení. Postupně dochází k zanášení koryt, a pokud nedochází k jeho pravidelnému čištění, snižuje se jeho kapacita. Také by se odstranila drsnost dna. Toto řešení by bylo vhodnější v intravilánu obce než v extravilánu obce, protože odvádí rychleji vodu, místo aby došlo k jejímu zadržení.

Vytvoření dostatečných ploch pro řízené rozlivy by bylo prostorově náročné. Také by došlo k zabránění kvalitní zemědělské půdy, a tím k omezení zemědělské činnosti. Zalesnění a zatravnění okolní krajiny by sice velmi zvýšilo retenční schopnost, ale opět by došlo ke zmenšení plochy v současné době obdělávané zemědělské půdy s dobrou bonitou a problematický by byl odkup půdy od majitelů okolních pozemků.

Obtokové nebo průtokové kanály pro svedení přebytečné vody do vedlejšího toku neřeší situaci, protože všechny tři potoky by zaplavily stejné území. Problém by se pouze přesunul, ale nesnížily by se povodňové škody. Obtížné by bylo také jednání s vlastníky dotčených pozemků.

Betonové zídky se používají nejčastěji v zastavěném území, protože v krajině není vhodné postavit betonovou zeď jako trvalou bariéru, z estetického hlediska se do volné krajiny nehodí.

Použití mobilního hrazení sice esteticky nezasahuje do krajiny, ale nevýhodou je, že vyžaduje dostatečný předstih varování před blížící se povodní, aby se stihla včasná instalace. Hodí se spíše v zástavbě, když se blíží povodňová vlna.

Odstranění úzkých míst na toku a objektů na toku se týká také spíše intravilánu obce, kdy po odstranění kapacitně nedostatečného objektu dojde k vybudování nového s vyhovujícími parametry. Je to finančně náročné a v daném případě neefektivní řešení.

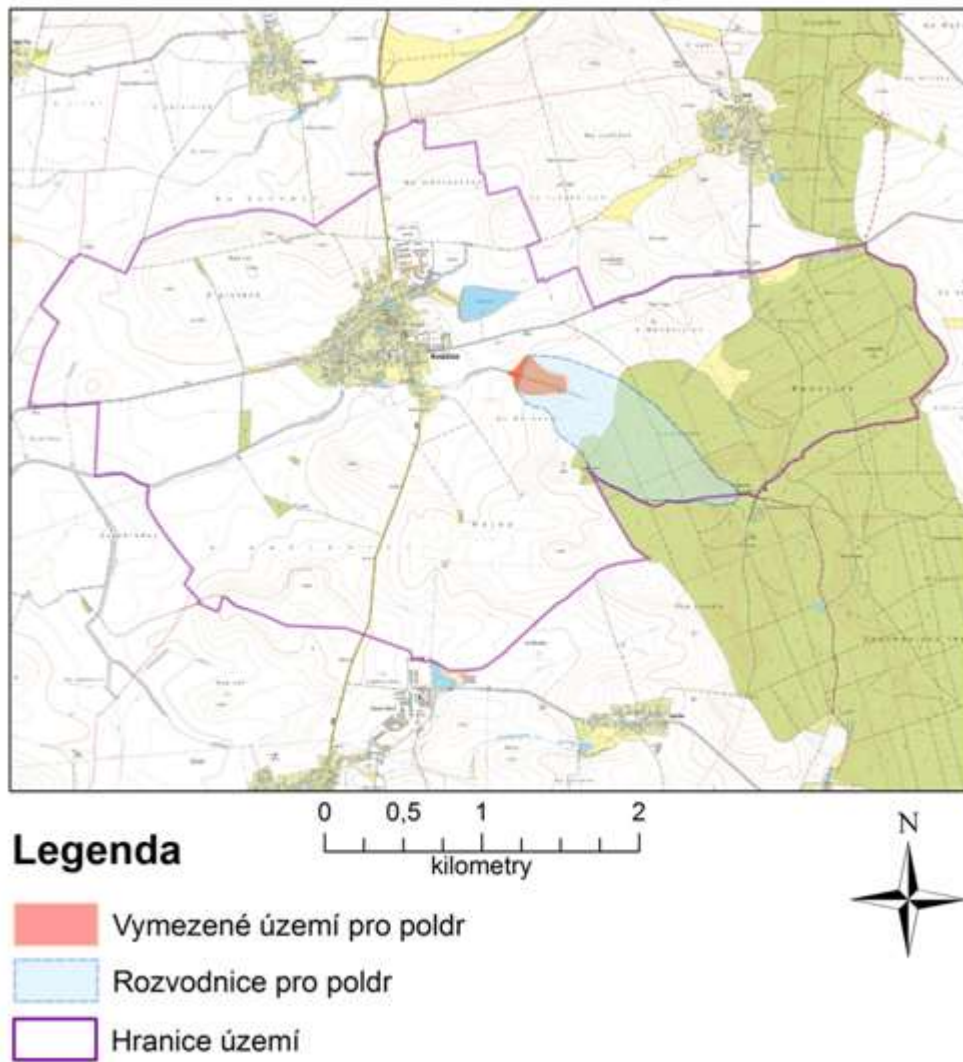
Současné malé dosluhující nádrže jsou staré a kapacitně nedostačné. Zvětšení vodních nádrží by bylo finančně náročnější a došlo by k trvalému zabírání další plochy v zastavěném území.

Průtočný poldr se jeví jako nejvhodnější a dostatečně kapacitně odpovídající řešení. Plní se pouze při povodni, kdy zachycuje maximální průtoky, během roku působí jako vhodný krajinný prvek. Má retenční, akumulární a protierozní účinek proti splavování zemědělské půdy i schopnost zpomalení průtoku zvýšeného objemu vody. Výhodou je, že poldry nevyžadují trvalý zábor celého území. Zátopovou plochu tvoří prvky, kterým nevadí krátkodobé zatopení a snášejí vlhkost, a také ho mohou využívat zvířata.

Poldr pouze částečně omezí hospodaření v plánovaném retenčním prostoru. Bude dimenzován na zadržení maximálního objemu přívalové srážky. Jedná se tedy o to, že předpokládaný objem povodně by se měl rovnat retenčnímu prostoru nádrže. V rámci protipovodňového opatření může být poldr doplněn o revitalizaci celého toku, a tím zlepšit plynulost průchodu povodně.

5.4 Návrh realizace výstavby poldru

Mapa č. 3: Návrh rozvodnice pro poldr



Zdroj: vlastní

Území pro poldr bylo navrženo na východní straně od obce Kněžice u Městce Králové. Vymezená rozvodnice poldru má protáhlý tvar. Do rozvodnice zasahuje orná půda a les.

Hodnoty hydrologických údajů dle ČSN 75 1400 na Beňovickém potoku u navrhovaného poldru:

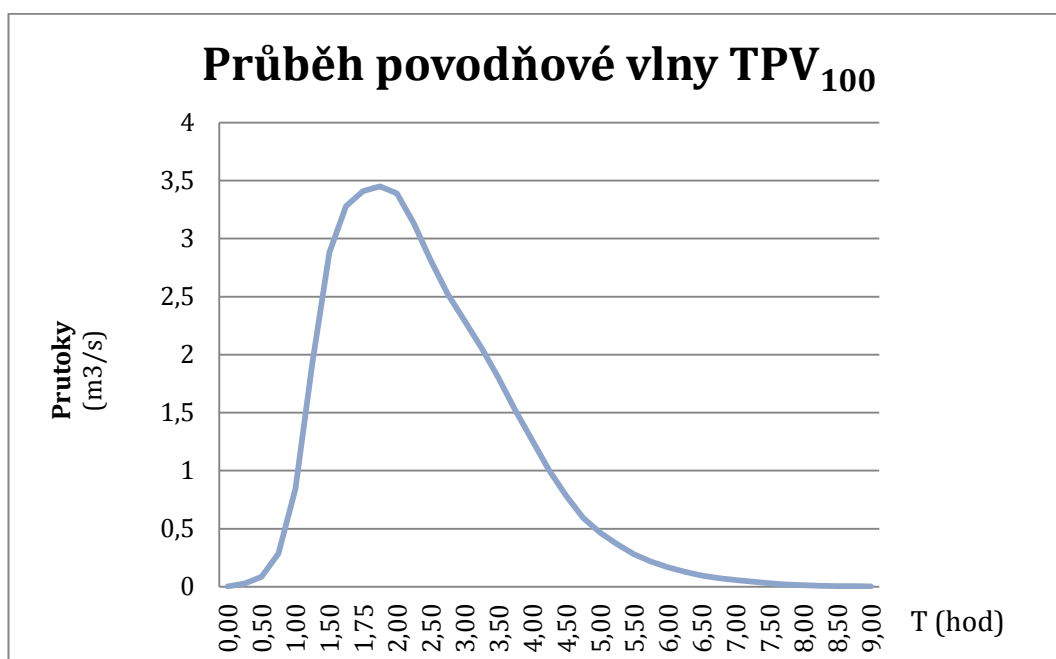
Tabulka č. 2: Hodnoty hydrologických údajů

Vodní tok		Beňovický potok												
Číslo hydrologického pořadí		1-04-05-0470-0-00												
Profil		Návrh poldru - přibližně 1,43 ř.km.												
Souřadnice v S-JTSK		x = - 674944 m y = - 10332006 m												
Plocha povodí pro poldr A_a		0,67 km ²												
Dlouhodobá průměrná roční výška srážek na povodí P_a		589 mm												
Dlouhodobý průměrný průtok Q_a		1,6 l.s ⁻¹												
M-denní průtok Q_{md}		m ³ .s ⁻¹												
30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	355	364	třída	
4,4	2,6	1,7	1,2	0,85	0,6	0,4	0,3	0,2	0,15	0,1	0	0	IV.	
Kulminační průtok Q_{100}		3,45 m ³ .s ⁻¹												
Objem návrhové vlny W_{TPV}		31200 m ³												
N-leté průtoky Q_N														
1	2	5	10	20	50	100	třída							
0,33	0,58	1,03	1,45	1,95	2,74	3,45	IV.							

Zdroj: ČHMÚ

Na základě zjištěných hydrologických údajů byla vytvořena křivka předpokládané povodňové vlny. Podle těchto předpokladů byla stanovena předpokládaná kapacita poldru.

Graf č. 3: Průběh předpokládané povodňové vlny



Zdroj: vlastní

Tabulka č. 3: Průběh teoretické povodňové vlny TPV₁₀₀

T	Q	T	Q	T	Q
Hod	m ³ ,s ⁻¹	hod	m ³ ,s ⁻¹	hod	m ³ ,s ⁻¹
0	0,002	2,75	2,52	6	0,167
0,25	0,026	3	2,29	6,25	0,130
0,5	0,085	3,25	2,06	6,5	0,097
0,75	0,286	3,5	1,80	6,75	0,075
1	0,845	3,75	1,52	7	0,057
1,25	1,93	4	1,26	7,25	0,043
1,5	2,88	4,25	1,00	7,5	0,031
1,65	3,28	4,5	0,782	7,75	0,018
1,75	3,41	4,75	0,593	8	0,012
1,85	3,45	5	0,466	8,25	0,007
2	3,39	5,25	0,366	8,5	0,006
2,25	3,13	5,5	0,281	8,75	0,004
2,5	2,81	5,75	0,216	9	0,002

Zdroj: ČHMÚ

Postup výstavby:

1. demolice, kácení, odstranění vegetace
2. sejmutí humózní vrstvy půdy
3. provádění výkopů pro stavbu zámku hráze a výpustného potrubí
4. stavba výpustného objektu s výpustným potrubím, výstavba čel z betonu a vývaru
5. navážení tělesa hráze
6. výstavba bezpečnostního přelivu
7. opevnění vodorysu
8. ohumusování a osetí, dokončovací práce

Výstavba poldru má eliminovat nebo zpomalit povodňové vlny na Beňovickém potoce. V současné době jsou pozemky určené ke stavbě vedeny v katastru nemovitostí jako ostatní plocha a vodní plocha, po dokončení prací nedojde ke změně využití území.

Tabulka č. 4: Seznam pozemků (podle KN) dotčených budoucí stavbou

Pozemek č.	Výměra plochy v m ²	Druh Pozemku	LV	Vlastník
1068	2560	vodní plocha	1086	Česká republika (Povodí Labe)
1069	56402	vodní plocha	1	Obec Kněžice
1074	2641	vodní plocha	1086	Česká republika (Povodí Labe)

Zdroj: vlastní

5.5 Přípravné práce

Před výstavbou poldru bude zapotřebí odstranit betonové žlabovky na dně koryta v délce přibližně 200 m a připravit vtokový objekt. Vzniklá suť bude odvezena za využití nákladní automobilové dopravy do 1,5 km vzdálené obce Kněžice. V obci se za finanční obnos nepotřebný materiál uskladí podle zákonných podmínek na skládku.

Další přípravnou prací před stavbou bude kácení a následné odstranění dřevin. Odstraňování bude probíhat v době vegetačního klidu. Jedná se o stromy a keře bránící stavbě, a to včetně pařezů. Kácení je navrženo jen v nezbytně nutné míře. Pokácená vegetace, (větve ze stromů, keře a jejich pařezy), budou využity a bezplatně odvezeny obcí za účelem seštěpkování. Vytěžená půda v rámci výstavby poldru bude uložena na mezideponii v rámci staveniště k jejímu zpětnému využití.

5.6 Realizace stavby

Výstavbu poldru lze zahájit až po obdržení stavebního povolení od příslušného stavebního úřadu. Před samotným započítím stavby bude nutno realizovat vytyčení všech inženýrských sítí. Stavební práce jsou navrženy vykonat v době nejsušší části roku. Předpokládaný počet pracovníků pro zmiňované demoliční a stavební práce byl odhadnut na čtyři. Na změnu a konečný počet pracovníků může mít vliv zpracovatelské firmy. Předpoklad výstavby je 3-5 měsíců.

Architektonické řešení stavby poldru

Kóta koruny hráze	229,00 m n.m.
Výška hráze	4,0 m
Délka koruny hráze	180,00 m
Šířka koruny hráze	3 m
Příčný sklon koruny hráze	3%

Fill Report

Generated: 2017
By user: Patrik
Drawing: C:\ŠKOLA\DIP NOVOVNY\Vrstevnice_DMRT\C:\ŠKOLA\DIP NOVOVNY\Vrstevnice_DMRT\voda-přídol9.dwg

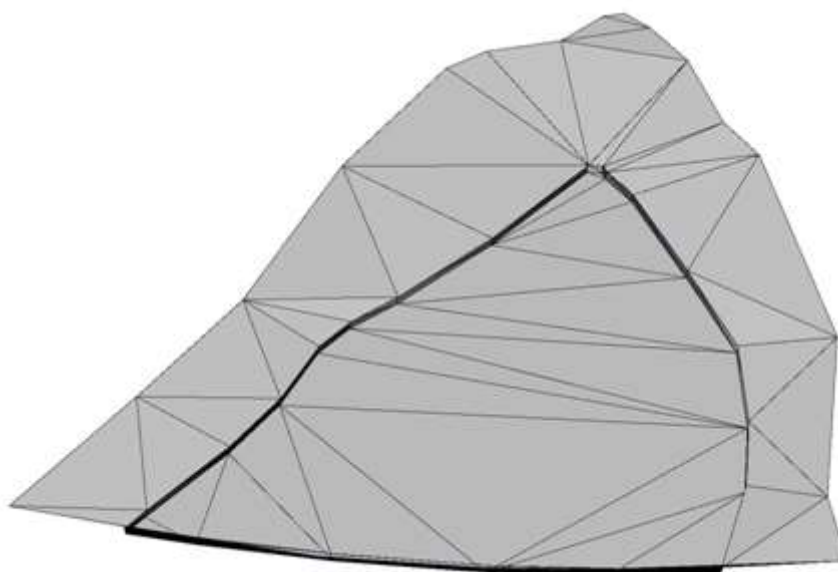
Akumulační výpočet							
Kota	Type	Cut Factor	Fill Factor	2d Area (m ²)	Fill (m ³)		
227.00	full	1.00	1.00	15 483.12	16 185.52		

Retenční výpočet							
Kota	Type	Cut Factor	Fill Factor	2d Area (m ²)	Fill (m ³)		
228.20	full	1.00	1.00	29 264.83	25 056.72		
229.00	full	1.00	1.00	45 310.87	52 867.98		

Zdroj: vlastní

Hráz a zátopa poldru se nacházejí v extravilánu obce a byla navržena tak, aby dobře zapadla do krajinného rázu. Z toho důvodu bude při výstavbě využito velké množství přírodních materiálů. Například z lomových kámenů bude vytvořeno opevnění. Betonové prvky budou využity v co nejmenší možné míře a budou pohledově upraveny. Jsou omezeny jen na vtokové, výtokové čelo poldru a výpustný objekt. Zde nebylo možné z důvodů statických vlastností najít jiné řešení. Hráz poldru je navrhována jako homogenní zemní, a to do výšky 4 m.

Obrázek č. 8: Model poldru



Zdroj: vlastní

Výstavba

Po zavezení a zhutnění těsnícího zámku se doporučuje provést výkop pro uložení výpustného potrubí. Pak se na dno výkopu, do levého kraje, uloží PVC potrubí DN 500 pro převádění vody. Případné průsaky se budou čerpat. Potrubí bude částečně zalito do betonu. Následně dojde k usazení ocelového potrubí D 813 mm. Do středu výpustného potrubí se připraví bednění pro protizámrzové žebro.

Po uplynutí technologické přestávky pro vytvrnutí betonu bude provedeno odbednění, běžný průtok převeden do nového potrubí a začne se zavážet a hutnit výkop pro výpustné potrubí. Následně se bude navážet vlastní těleso hráze. Dojde k odstranění potrubí na převádění vody PVC DN500.

Postupné navážení a hutnění musí být prováděno níže popsaným způsobem.

Zemina na homogenní hráz bude získána z nedalekých pozemků obce Kněžice. Za pomoci nákladní autodopravy bude dovážena staveniště.

Výška sypaných vrstev před zhutněním bude 20 cm. Váha válce pro zhutnění je doporučena na 15 - 20 tun. Počet zhutňovacích jízd je navrženo minimálně 9. Potřebný počet jízd je nutno určit zhutňovacím pokusem při dodržení optimální vlhkosti. Při zkouškách hutnění bude nutno prokázat, že u všech zkoumaných vzorků

soudržných zemin zhutněné zeminy bylo dosaženo 95% maximální objemové hmotnosti sušiny dle standardní Proctorovy zkoušky.

Při kontrole vlhkosti se nesmí při hutnění vlhkost lišit o více než -2% až +3% od optimální vlhkosti dle standardní Proctorovy zkoušky.

Sklon svahu návodního líce byl navržen 1 : 4,5, sklon svahu vzdušného líce bude 1 : 3,5 a šířka koruny hráze po ohumusování v tl. 0,4 m bude 3 m. Na začátku hráze se navrhuje umístit bezpečnostní přeliv. Délka přelivu bude 8,0 m, sklony svahů 1:3.

Vývar bude navazovat na výtokové čelo výpustného potrubí. Vývar bude dlouhý 5500 mm a hloubka dna vývaru 600 mm Opevnění dna a svahu vývaru je z lomového kamene. Lomový kámen bude proštěrkován menšími kameny. Stabilizační práh na konci vývaru bude z betonu. Tvar koryta na výtoku z vývaru bude plynule navázán na současné koryto. Patní drén bude vyústěn mezi opevnění z lomového kamene do svahu vývaru.

Pro manipulaci s hladinou trvalé zátopy se navrhuje umístit sdružený výpustný objekt v místě současného Beňovického potoka se zavázáním do návodního svahu poldru. Vtok do vtokového objektu bude opatřen dubovými dlužemi, uložených do profilu UPN 65. Dlužemi se bude moci regulovat výška normální hladiny na kótu 227,00 m n. m. Pro převedení povodňových vln slouží kašnový přeliv, který bude zakončen mříží přivařenou do ocelového rámu z profilů.

Vstup do sdruženého vtokového objektu bude opatřen těsným uzamykatelným poklopem. Pro sdružený výpustný objekt se otevře výkop 4 x 3 m. Následně se vybetonuje podkladní beton. Na takto připravený podklad se následně provede výstavba bednění. Do bednění se upevní kari síť a provede se betonáž na výšku 1,2 m. Následně se provede bednění na obvodovou a vnitřní zeď. Výška základu výpustného objektu tak bude činit 1,2 m. Celková výška se základem bude 3,25 m.

Na hrázi, výpustném objektu a betonovém žlabu bude umístěna sklolaminátová vodočetná lať (limnigrafická).

5.7 Dokončovací práce a úpravy

Po kompletní technické výstavbě bude poldr doplněn humusem a oset, aby mohl začít plnit své funkce. Proto v době výhodných vláhových podmínek bude

zapotřebí provést výsadbu a výsev doprovodné zeleně a travin na obnažených plochách. To vše musí být provedeno nejpozději do poloviny srpna.

Výsadbu sazenic dřevin je třeba provádět až po dobrém zapojení travního porostu (při optimálním vzrůstu travin již na podzim prvního roku). Předpoklad výsadeb je jaro následujícího roku po osetí celé plochy.

Před výsadbou zeleně bude posekán nově založený travní porost co nejnižší. Sazenice stromů se budou vysazovat po opadu asimilačních orgánů. Pro výsadbu je vhodné použít zapěstované sazenice navržených druhů s odběrem sazenic ze školek v blízkých lokalitách. Navrhuje se použít sadbu krytokořennou poloodrostky s rozpětím výšky nadzemní části 60 cm. Mohou být použity sazenice prostokořenné, které je ovšem nutné sázet za optimálních klimatických podmínek.

Plošná výsadba dřevin bude zajištěna oplocením. Oplocení je třeba ponechat na místě cca 7-10 let.. Okolo kůlů se z důvodů zamezení přístupu volně žijící zvěře připevní lesnické pletivo či omotá textilním mulčem a opatří nátěrem proti okusu.

5.8 Financování a rozpočet předpokládaných nákladů

Výstavba poldru, jako zvolená nejvhodnější protipovodňová ochrana v dané lokalitě, je řešení vyvážené z hlediska finanční náročnosti v poměru se zasaženým územím, počtem ohrožených obyvatel a předpokládanými povodňovými škodami. Poldr by mohl být financován z části z dotačních programů a z části z prostředků obce Kněžice.

Méně nákladná opatření (hloubení koryt, pobřežní vegetační pásy, údržba stávajících malých vodních nádrží) mají nižší účinnost, ale jsou vhodná na doplnění a zvýšení ochrany. Do budoucna byla doporučena celková revitalizace Beňovického potoka a jeho okolí, které by bylo komplexním řešením protipovodňové ochrany v daném území. Toto opatření je však v současné době nerealizovatelné, jeho cenová náročnost převyšuje finanční možnosti obce.

Tabulka č. 5: Předpokládané náklady na výstavbu

Náklady	Cena v Kč. bez DPH	Cena v Kč s DPH
Zemní práce	2 350 000	2843500
Konstrukce	2 150 000	2601500
Trubní vedení a montáž	700 000	847000
Přesun sutě	10 000	12100
Přesun hmot	850 000	1028500
Ostatní Práce (bourání, sadba vegetace atd.)	90 000	108900
Cena celkem	6 150 000	7441500

Zdroj: vlastní

6. Závěr

Povodně jsou nedílnou součástí přírody, problém však nastává, když se povodni ocitnou v cestě stavby a zásahy do krajiny realizované člověkem. Lidé přeměnou a využíváním krajiny narušili vodní režim a retenční schopnost krajiny, zároveň došlo k akumulaci veřejného i soukromého do bezprostřední blízkosti toků. To s sebou přináší zvýšená rizika. Proto je třeba hledat účinná řešení pro minimalizaci rizik, zmírnění škod a ohrožení lidských životů. Je tedy vhodné se zaměřit na hydrologické, přírodní, meteorologické a technické souvislosti povodní a protipovodňové ochrany na konkrétním území v součinnosti s územním a regionálním plánováním. Pokud mají být opatření omezující škody co nejvíce účinná, je třeba jejich koordinaci v celém povodí. Musíme vyhodnotit oblasti s vysokým rizikem vzniku povodní, zmapovat povodňová nebezpečí a rizik, následně vytvořit plány pro zvládnání povodně.

Abychom se dokázali efektivněji před povodněmi chránit, potřebujeme znát průběh a účinky povodní, na základě poznatků navrhnout opatření na zmenšení povodňových škod. Když vyhodnotíme danou lokalitu jako ohroženou, snažíme se navrhnout taková opatření, která zajistí efektivní protipovodňovou ochranu ohroženého území při současné realizovatelnosti z hlediska finančního a majetkoprávního. Využitelná řešení musí být navržena pro konkrétní lokalitu na základě znalosti typu území, znalosti místních podmínek.

Zde řešené území, které je potenciálně ohroženo povodněmi, se nachází ve Středočeském kraji, přesněji v katastrálním území obce Kněžice u Městce Králové. V historii již obec zasáhly menší povodně, které měly negativní dopad na majetek obyvatel, proto je třeba řešit vhodnou protipovodňovou ochranu.

Území bylo posouzeno z hlediska geologických a pedologických podmínek, klimatu, geomorfologie, reliéfu a hydrologie. Na základě informací zjištěných z terénního průzkumu a shromážděných podkladů o lokalitě, došlo k vyhodnocení kritických míst ohroženými povodněmi a následně vybráno nejvhodnější protipovodňové opatření, které by omezilo následky velké vody a povodňové škody.

Po zvážení jednotlivých možností řešení protipovodňové ochrany bylo zjištěno, že největší význam z hlediska ochrany obce a přilehlých pozemků má výstavba poldru. Oproti dřívějšímu stavu v lokalitě ubude rozlivů do okolí toku a zároveň se odlehčí malým starším nádržím v intravilánu obce. Poldr zachytí, podrží

vodu a po opadnutí povodně ji bude pomalu upouštět. Tím dojde k oslabení povodňové vlny na nižším toku a sníží se tak povodňové následky. Svým provedením a umístěním se poldr stane také významným krajinným prvkem okolní přírody. Bude mít pozitivní vliv nejen na retenci vody v krajině, ale vytvoří i předpoklad pro růst a rozvoj flory a fauny. Výrazně přispěje ke zvýšení ekologické stability krajiny v této zemědělsky využívané lokalitě.

Byla doporučena ještě realizovat další opatření, postupně podle finančních možností obce či získání peněz z dotačních programů. Dalšího zadržení vody v krajině by mohlo být docíleno celkovou revitalizací zbylého vodního toku a vybudováním záchytného příkopu pro usměrnění odtoku povrchových vod do Beňovického potoka. Tím by došlo ke zvýšení celkové ekologické hodnoty toku. Dalším doporučeným krokem je výsadba doprovodné vegetace, především původních druhů stromů a keřů. Veškeré výše zmíněné zásahy by měly přinést zvýšení retenční schopnosti krajiny a zlepšení biologické rozmanitosti území.

7. Literatura

BAKOŠ, E., SOUKOPOVÁ, J. Protipovodňová ochrana 2013: sborník z konference. Protipovodňového vzdělávacího a výzkumného centra konané dne 4.11.2013 v hotelu Continental, Brno. Brno: Masarykova univerzita, 2014. 92 s. ISBN 978-80-210-6746-2.

ČAMROVÁ, L. *Ochrana před povodněmi v urbanizovaných územích*. Praha: IREAS, Institut pro strukturální politiku, 2007. 80 s. ISBN 978-80-86684-48-2.

ČAMROVÁ, L., JÍLKOVÁ, J. *Povodňové škody a nástroje k jejich snížení*. 1. vydání. Praha: Institut pro ekonomickou a ekologickou politiku při FNH VŠE, 2006. 420s. ISBN 80-86684-35-0.

ČAMROVÁ, L., JÍLKOVÁ J. a kol. *Povodňové škody a nástroje k jejich snížení*. Praha: Institut pro ekonomickou a ekologickou politiku (IEEP) Fakulty národohospodářské, Vysoká škola ekonomická v Praze, 2006. 418 s. ISBN 80-866-84-350.

DUMBROVSKÝ, M. Příspěvek k řešení vodního hospodářství krajiny v pozemkových úpravách. Brno: Vutium, 2005. 44 s. ISBN 9788021430822.

GROSSMANN, M., DE KOK, J. Large-scale assessment of flood risk and the effects of mitigation measures along the Elbe River. *Natural Hazards*, 2010, Vyd. 52, 143–166.

HOLÝ, M., DVOŘÁK, P., HÁLEK, V., ŠOLTÉS, J. *Odvodňovací stavby*. 1. vydání Bratislava: Nakladatelství technické literatury, 1984. 468 s. ISBN 80-03-00023-8.

JURÁŇ, M. MATĚJKA, J. *Mobilní protipovodňové systémy*. Praha: MV - generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2010. 151s. ISBN 978-80-86640-62-4.

JUST, T. a kol. *Obnova rybníků: obnova malých vodních nádrží jako významných krajinných prvků*. 1. vydání. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, 2009. 28 s. ISBN 978-80-87051-63-4.

JUST, T. *Přírodě blízké úpravy vodních toků v intravilánech a jejich význam v ochraně před povodněmi: revitalizace sídelního prostředí vodními prvky*. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, 2010. ISBN 978-80-87457-03-0.

JUST, T. *Vodohospodářské revitalizace a jejich uplatnění v ochraně před povodněmi*. Praha: Ekologické služby, 2005. 359 s. ISBN 80-239-6351-1.

JŮVA, K. *Odvodňování půdy*. Praha, Státní zemědělské nakladatelství, 1. vydání, 1957. 526 s.

KANTOR, P. *Lesy a povodně: souhrnná studie*. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2003. 48 s. ISBN 80-7212-255-x.

Katastrofální povodeň v České republice v srpnu 2002. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2005. 68 s. ISBN 80-7212-350-5.

KOZÁK, J. *Povodně v českých zemích*. Praha: Professional Publishing, 2007. 144 s. ISBN 978-80-86946-39-9.

LANGHAMMER, J, ed. *Povodně a změny v krajině*. Praha: Katedra fyzické geografie a geoekologie Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy v Praze, 2007. 396 s. ISBN 978-80-86561-86-8.

NOVÁK, L. *Protipovodňová opatření v České republice*. Praha: Český svaz vědeckotechnických společností, 2011. 64 s. ISBN 978-80-02-02353-1.

NOVÁK, P., TOMEK M. *Prevence a zmírňování následků přívalových povodní ve vztahu k působnosti obcí: certifikovaná metodika výsledků výzkumu, vývoje*

a inovací. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 2015. ISBN 978-80-87361-44-3.

Protipovodňová prevence a krajinné plánování: sborník z mezinárodní konference : 18. a 19. března 2003, Pardubice. rozš. vyd. Pardubice: Česká společnost krajinných inženýrů - ČSSI, 2003. 323 s. ISBN 80-903258-1-5.

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

SIMON, O., SUCHARDA, M. Vliv hospodaření v krajině na průběh a účinek povodní: přehled problémů a doporučená opatření. Brno: Hnutí Duha, 2004. 34 s. ISBN 80-86834-04-2.

SLAVÍK, L., NERUDA M. *Voda v krajině*. Ústí nad Labem: Univerzita J.E. Purkyně v Ústí nad Labem, Fakulta životního prostředí, 2007. 171 s. ISBN 978-80-7044-882-3.

SLAVÍKOVÁ, L., BENEŠ, R., BAREŠ, V., JÍLKOVÁ, J., STRÁNSKÝ, D., VALENTOVÁ, M. *Ochrana před povodněmi v urbanizovaných územích*, 1. vydání. IREAS, Institut pro strukturální politiku o. p. s.: Praha, 2007. 82 s. ISBN 978-80-86684-48-2.

SOUKUP, M. Biotechnická opatření v krajině pro zvýšení retence vody na odvodněných pozemcích v pramenných oblastech: metodika a katalog navrhovaných opatření. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 2008. 82 s. ISBN 978-80-904027-2-0.

SOUKUP, M. *Opatření v zemědělské krajině pro zlepšení vodních útvarů*. 1. vydání Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 2006. 108 s. ISBN 80-239-7643-5.

STMUGV. Bavorské státní ministerstvo pro životní prostředí, zdraví a ochranu spotřebitelů: Ochrana před povodněmi v Bavorsku - POLDRY. Mnichov, 2003. ISBN 80-903244-9-5.

ŠÁLEK, J. *Malé vodní nádrže v životním prostředí*. Ostrava: Vysoká škola báňská. Technická univerzita, 1996. Phare, 27. 141 s. ISBN 80-7078-370-2.

ŠÁLEK, J. *Vodní hospodářství krajiny*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 1997. 152 s. ISBN 80-214-0949-5.

TLAPÁK, V., Jan ŠÁLEK J., LEGÁT, V. *Voda v zemědělské krajině*. Praha: Zemědělské nakladatelství Brázda, 1992. 318 s. ISBN 80-209-0232-5.

TUREČEK, K. a kol. *Zákon o vodách (vodní zákon) č. 254/2001 Sb. s důvodovou zprávou a poznámkami*. Praha: IFEC, 2002. SONDY,s.r.o. 240 s. ISBN 80-902766-8-7.

Uplatnění rizikové analýzy v procesu výběru opatření k ochraně před povodněmi: *Závěrečná zpráva*. DHI Water a environment,NAZV, 2001.

VOJTĚCH, M. *Územní plán Kněžice*. Městský úřad Poděbrady, 2014. 65s.

Zákony

ZÁKON č. 238/2000 Sb., o Hasičském záchranném sboru České republiky a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů.

ZÁKON č. 239/2000 Sb., o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů.

ZÁKON č. 240/2000 Sb., o krizovém řízení a o změně některých zákonů (krizový zákon), ve znění pozdějších předpisů.

ZÁKON č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů.

Seznam elektronických zdrojů

Černý T., Dohnal, M. a Tesař T. *Stavební obzor 5–6*. Význam intercepce v hydrologickém cyklu povodí pramenných oblastí. [online], 2014 [cit. 2017-15-3]. Dostupné z: http://www.civilengineeringjournal.cz/archive/issues/2014/so_5-6/so_56_14_cerny.pdf

Atelier URBI, spol. s r.o. Územní plán. *blansko.cz*. [online], prosinec 2011 [cit. 2017-03-22]. Dostupné z: <https://www.blansko.cz/soubory/odbory/su/upd/blansko/texty/blansko-oduvodneni.pdf>

VOP Dolní Bousov, spol. s r. o. Mobilní protipovodňové hrazení. *Povodňový portál.cz*. [online] 12.3.2015 [cit. 2017-04-02] . Dostupné z: <https://www.povodnovyportal.cz/protipovodnove-hrazeni>

Voda v krajině. *Zvýšení protipovodňové ochrany*. [online], 2015 [cit. 2017-04-06]. Dostupné z: http://www.vodavkrajine.cz/files/Zvyseni_protipovodnove_ochrany_PBPPO_laika.pdf

Chrudim oficiální stránky města. *Územně plánovací dokumentace* [online]. 2011 [cit. 2017-04-06]. Dostupné z: <http://www.chrudim.eu/uzemne-planovaci-dokumentace/dolni-bezdekov.html>

Hasičský záchranný sbor. *Analýza hrozeb pro českou republiku* [online]. 2017 [cit. 2017-04-12]. Dostupné z: <https://www.google.com/url?q=http://www.hzscr.cz/soubor/analyza-hrozeb-zprava-pdf.aspx&sa=U&ved=0ahUKEwjhyYewvsbTAhUE1hoKHXiJBWoQFggEMAA&client=internal-uds-cse&usg=AFQjCNH8ISjo6MQtNry5WLt27vaNHcrJow>

8. Seznam obrázků, tabulek, grafů a map

Obrázek č. 1: Poloha obce Kněžice.....	34
Obrázek č. 2: Katastrální území obce Kněžice	35
Obrázek č. 3: Zátopa v intravilánu obce Kněžice	36
Obrázek č. 4: Protipovodňové hráze	36
Obrázek č. 5: Klimatické regiony	42
Obrázek č. 6: Povrchový odtok.....	51
Obrázek č. 7: Velikost poldru	59
Obrázek č. 8: Model poldru	60
Tabulka č. 1: Ekologická stabilita území	46
Tabulka č. 2: Hodnoty hydrologických údajů.....	55
Tabulka č. 3: Průběh teoretické povodňové vlny TPV_{100}	56
Tabulka č. 4: Seznam pozemků (podle KN) dotčených budoucí stavbou	57
Tabulka č. 5: Předpokládané náklady na výstavbu	63
Graf č. 1: Využití území.....	45
Graf č. 2: Stupeň ekologické stability	47
Graf č. 3: Průběh předpokládané povodňové vlny.....	56
Mapa č. 1: Využití krajiny	46
Mapa č. 2: Stupeň ekologické stability	48
Mapa č. 3: Návrh rozvodnice pro poldr	54

9. Seznam použitých zkratk

BPEJ	Bonitovaná půdně ekologická jednotka
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
ČR	Česká republika
ČSN	Česká státní norma
ČÚZK	Český úřad zeměměřický a katastrální
EVL	Evropsky významná lokalita
HPJ	Hlavní půdní jednotka
JTSK	Jednotná trigonometrická síť katastrální
KR	Klimatický region
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
SES	Stupeň ekologické stability
SPA	Stupeň povodňové aktivity
ÚSES	Územní systém ekologické stability
VKP	Významný krajinný prvek
ZPF	Zemědělský půdní fond

10. Seznam příloh

Příloha č. 1: Fotodokumentace.....	75
Příloha č. 2: Model poldru boční.....	81
Příloha č. 3: Konsumpční křivka výpusti DN 800 svolnou hladinou	82
Příloha č. 4: Konsumpční křivka základové výpusti DN 800 při tlakovém nátoku...	84
Příloha č. 5: Konsumpční křivka bezpečního přelivu	86
Příloha č. 6: Konsumpční křivka požeráku a přepadu do kašny	88
Příloha č. 7: Konsumpční křivka seškrcení DN 360	89
Příloha č. 8: Výpočet délky vývaru.....	90
Příloha č. 9: Podrobný výkres - půdorys poldru	91
Příloha č. 10: Výkres - příčné řezy poldru	91
Příloha č. 11: Výkres - podélný profil poldru	91

Fotodokumentace:

Foto č. 1: Přirozené koryto Beňovického potoku.....	75
Foto č. 2: Beňovický potok se zvýšenou hladinou vody.....	75
Foto č. 3: Vodní nádrž na Beňovickém potoku.....	76
Foto č. 4: Vodní nádrž na Beňovickém potoku se zvýšenou hladinou vody	76
Foto č. 5: Zátopa okraje obce Kněžice.....	77
Foto č. 6: Zatrubněná část toku	77
Foto č. 7: Zamokřená část území	78
Foto č. 8: Propůstek u silnice	78
Foto č. 9: Navržený úsek pro výstavbu poldru	79
Foto č. 10: Beňovický potok v extravilánu	79
Foto č. 11: Rozliv po povodni.....	80
Foto č. 12: Zamokření zemědělské půdy	80

Přílohy:

Příloha č. 1: Fotodokumentace

Foto č. 1: Přírozené koryto Beňovického potoku



Zdroj: vlastní

Foto č. 2: Beňovický potok se zvýšenou hladinou vody



Zdroj: starosta obce Kněžice

Foto č. 3: Vodní nádrž na Beňovickém potoce



Zdroj: vlastní

Foto č. 4: Vodní nádrž na Beňovickém potoce se zvýšenou hladinou vody



Zdroj: starosta obce Kněžice

Foto č. 5: Zátopa okraje obce Kněžice



Zdroj: starosta obce Kněžice

Foto č. 6: Zatrubněná část toku



Zdroj: vlastní

Foto č. 7: Zamokřená část území



Zdroj: vlastní

Foto č. 8: Propůstek u silnice



Zdroj: vlastní

Foto č. 9: Navržený úsek pro výstavbu poldru



Zdroj: vlastní

Foto č. 10: Beňovický potok v extravilánu



Zdroj: vlastní

Foto č. 11: Rozliv po povodni



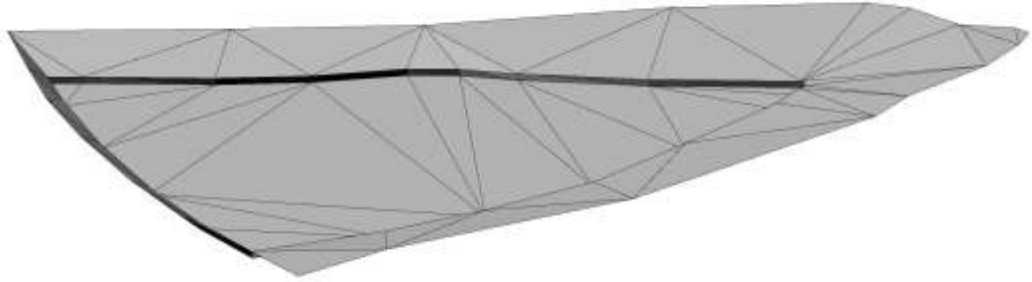
Zdroj: starosta obce Kněžice

Foto č. 12: Zamokření zemědělské půdy



Zdroj: starosta obce Kněžice

Příloha č. 2: Model poldru boční



Zdroj: vlastní

Příloha č. 3: Konsumpční křivka výpusti DN 800 zvolnou hladinou

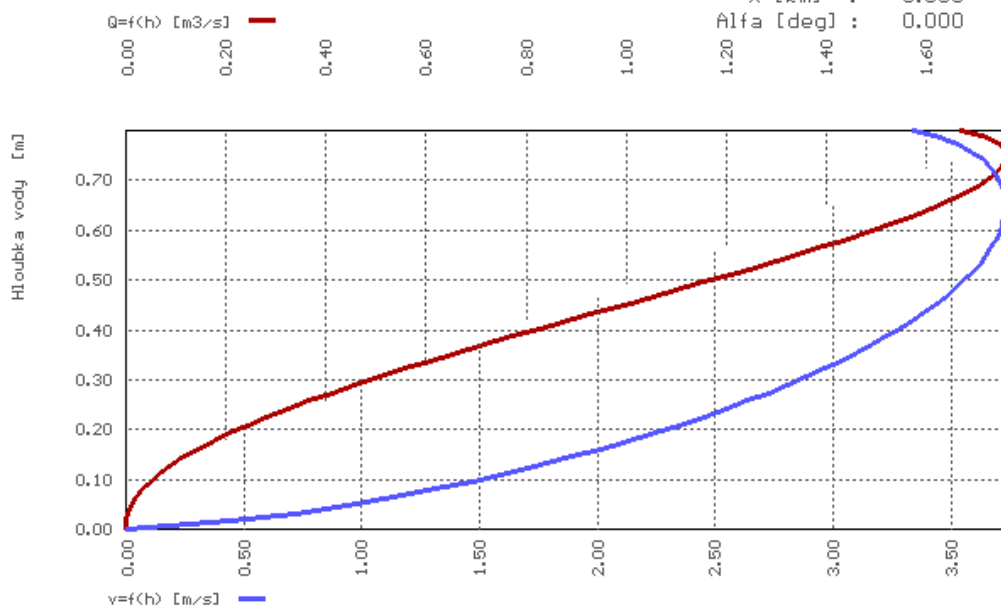
Profil : DN800

Sklon : 0.017800

Sourad. Y [km] : 0.000

X [km] : 0.000

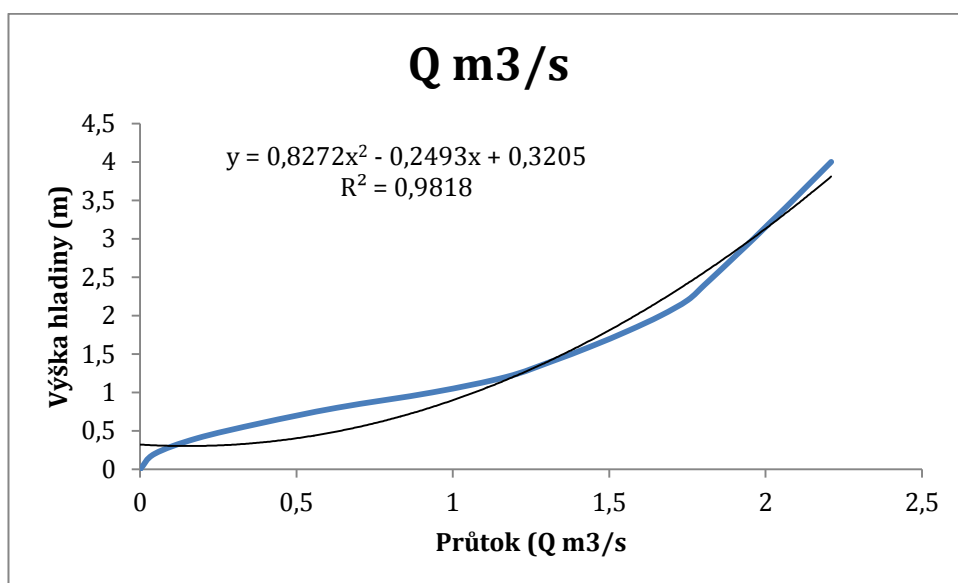
Alfa [deg] : 0.000



h [m]	[m n.m.]	Q [m3/s]	v [m/s]
0,000	225,000	0,000	0,000
0,025	225,025	0,003	0,597
0,050	225,050	0,012	0,960
0,075	225,075	0,029	1,255
0,100	225,100	0,054	1,503
0,125	225,125	0,085	1,730
0,150	225,150	0,124	1,931
0,175	225,175	0,170	2,120
0,200	225,200	0,223	2,288
0,225	225,225	0,281	2,449
0,250	225,250	0,345	2,595
0,275	225,275	0,415	2,731
0,300	225,300	0,489	2,858
0,325	225,325	0,566	2,974
0,350	225,350	0,648	3,083

0,375	225,375	0,732	3,182
0,400	225,400	0,818	3,274
0,425	225,425	0,906	3,357
0,450	225,450	0,994	3,432
0,475	225,475	1,083	3,499
0,500	225,500	1,170	3,558
0,525	225,525	1,256	3,609
0,550	225,550	1,339	3,652
0,575	225,575	1,419	3,685
0,600	225,600	1,494	3,712
0,625	225,625	1,562	3,725
0,650	225,650	1,625	3,732
0,675	225,675	1,677	3,724
0,700	225,700	1,720	3,706
0,725	225,725	1,748	3,668
0,750	225,750	1,760	3,613
0,775	225,775	1,746	3,525
0,800	225,800	1,667	3,335

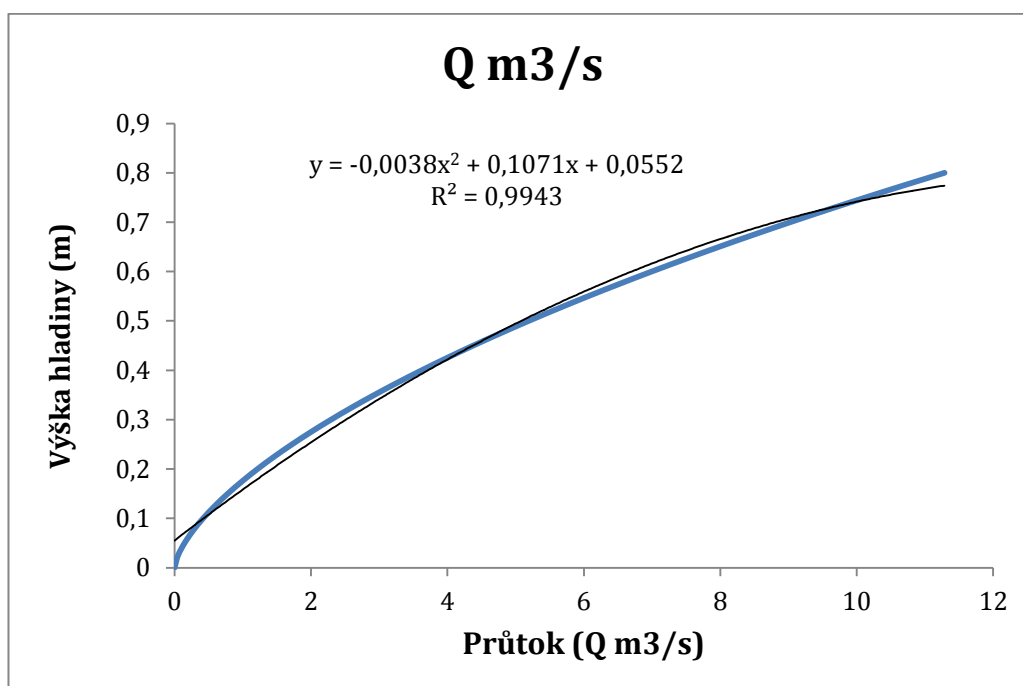
Příloha č. 4: Konsumpční křivka základové výpusti DN 800 při tlakovém nátoku



h[m]	h[mm]	Q[m ³ /s]	v0[m/s]	vv[m/s]	Sp[%]	hd[m]	hz[m]	ha[m]	Mi
0	225	0	0	0	0	0	0	-0,8	0,39
0,2	225,2	0,046	0	0,465	19,54	0,092	0,092	-0,708	0,42
0,4	225,4	0,18	0	0,715	50	0,179	0,179	-0,621	0,45
0,6	225,6	0,387	0	0,957	80,46	0,265	0,265	-0,535	0,47
0,8	225,8	0,63	0	1,253	100	0,344	0,344	-0,456	0,5
1	226	0,935	0	1,862	100	0,433	0,433	-0,367	0,6
1,2	226,2	1,17	0	2,329	100	0,5	0,5	-0,3	0,65
1,4	226,4	1,314	0	2,617	100	0,542	0,542	-0,258	0,65
1,6	226,6	1,443	0	2,874	100	0,583	0,583	-0,217	0,65
1,8	226,8	1,56	0	3,105	100	0,624	0,624	-0,176	0,65
2	227	1,665	0	3,314	100	0,669	0,669	-0,131	0,65
2,2	227,2	1,751	0	3,486	100	0,732	0,732	-0,068	0,65
2,4	227,4	1,805	0	3,594	100	0,842	0,842	0,042	0,65
2,6	227,6	1,858	0	3,699	100	0,949	0,949	0,149	0,65
2,8	227,8	1,91	0	3,803	100	1,055	1,055	0,255	0,65
3	228	1,962	0	3,905	100	1,16	1,16	0,36	0,65
3,2	228,2	2,012	0	4,007	100	1,263	1,263	0,463	0,65

3,4	228,4	2,063	0	4,107	100	1,366	1,366	0,566	0,65
3,6	228,6	2,112	0	4,205	100	1,467	1,467	0,667	0,65
3,8	228,8	2,161	0	4,303	100	1,566	1,566	0,766	0,65
4	229	2,21	0	4,4	100	1,665	1,665	0,865	0,65

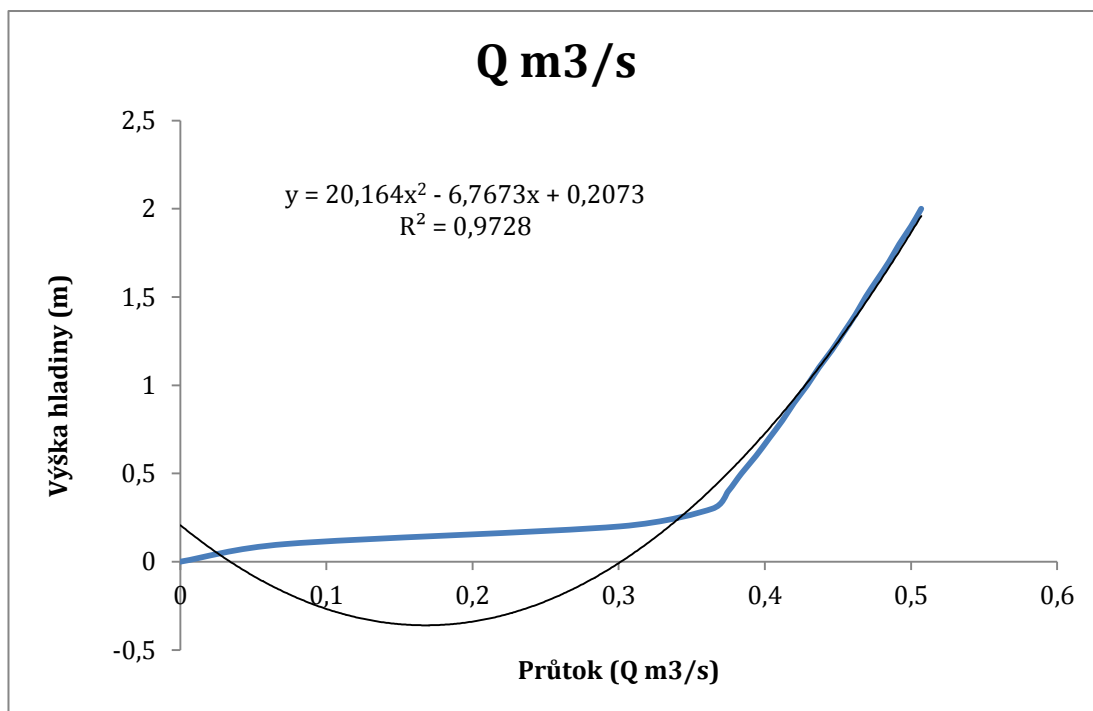
Příloha č. 5: Konsumpční křivka bezpečního přelivu



h[m]	h[mm]	Q[m ³ /s]	v0[m/s]	M	h1[m]	h2[m]	hd[m]	h2-hz	hz[m]
0	228,2	0	0	---	0	0	0	0	0
0,025	228,225	0,051	0	0,363	0,015	0,018	0,002	0,016	0,002
0,05	228,25	0,146	0	0,363	0,03	0,036	0,006	0,031	0,006
0,075	228,275	0,27	0	0,363	0,045	0,055	0,011	0,044	0,011
0,1	228,3	0,418	0	0,363	0,061	0,073	0,017	0,056	0,017
0,125	228,325	0,589	0	0,363	0,076	0,092	0,024	0,068	0,024
0,15	228,35	0,779	0	0,363	0,092	0,11	0,031	0,079	0,031
0,175	228,375	0,989	0	0,363	0,107	0,128	0,04	0,089	0,04
0,2	228,4	1,216	0	0,363	0,123	0,147	0,049	0,098	0,049
0,225	228,425	1,46	0	0,363	0,138	0,165	0,058	0,107	0,058
0,25	228,45	1,722	0	0,363	0,154	0,184	0,069	0,115	0,069
0,275	228,475	1,999	0	0,363	0,17	0,203	0,08	0,123	0,08
0,3	228,5	2,293	0	0,363	0,185	0,221	0,092	0,13	0,092
0,325	228,525	2,602	0	0,363	0,201	0,24	0,104	0,136	0,104

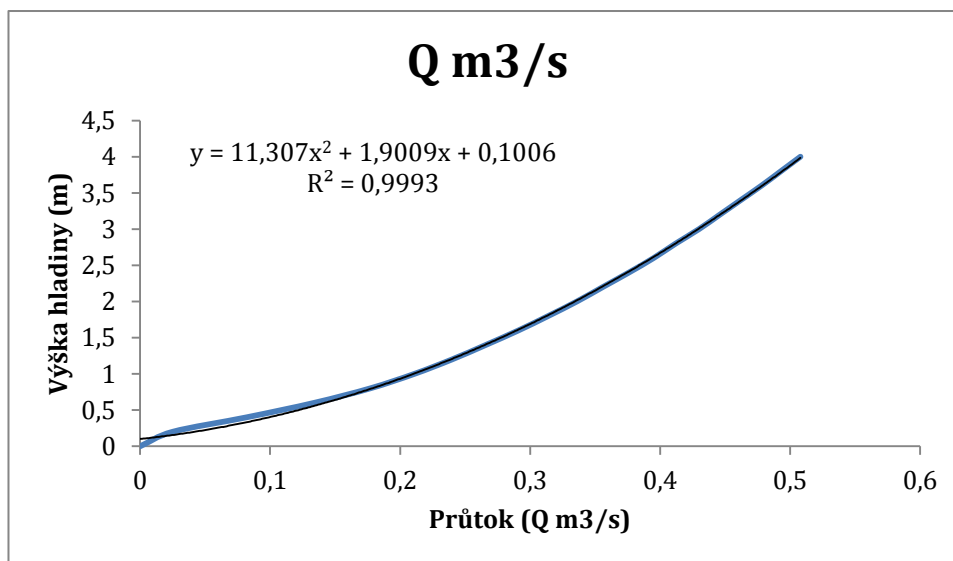
0,35	228,55	2,927	0	0,363	0,217	0,259	0,117	0,142	0,117
0,375	228,575	3,267	0	0,363	0,233	0,278	0,131	0,147	0,131
0,4	228,6	3,622	0	0,363	0,249	0,296	0,145	0,152	0,145
0,425	228,625	3,992	0	0,363	0,265	0,315	0,16	0,156	0,16
0,45	228,65	4,377	0	0,363	0,281	0,334	0,175	0,159	0,175
0,475	228,675	4,777	0	0,363	0,297	0,353	0,191	0,162	0,191
0,5	228,7	5,191	0	0,363	0,313	0,372	0,208	0,164	0,208
0,525	228,725	5,62	0	0,363	0,33	0,391	0,225	0,166	0,225
0,55	228,75	6,063	0	0,363	0,346	0,41	0,243	0,168	0,243
0,575	228,775	6,521	0	0,363	0,362	0,429	0,261	0,168	0,261
0,6	228,8	6,993	0	0,363	0,379	0,448	0,28	0,169	0,28
0,625	228,825	7,48	0	0,363	0,395	0,467	0,299	0,168	0,299
0,65	228,85	7,98	0	0,363	0,411	0,487	0,319	0,167	0,319
0,675	228,875	8,496	0	0,363	0,428	0,506	0,34	0,166	0,34
0,7	228,9	9,025	0	0,363	0,444	0,525	0,361	0,164	0,361
0,725	228,925	9,569	0	0,363	0,461	0,544	0,383	0,161	0,383
0,75	228,95	10,127	0	0,363	0,478	0,563	0,405	0,158	0,405
0,775	228,975	10,7	0	0,363	0,494	0,583	0,428	0,155	0,428
0,8	229	11,287	0	0,363	0,511	0,602	0,451	0,151	0,451

Příloha č. 6: Konsumpční křivka požeráku a přepadu do kašny



h[m]	h[mm]	Q[m ³ /s]	v0[m/s]	M	B0[m]	SigZ	hd[m]	h-hz[m]	hz[m]
0	227	0	0	0	0	1	0	2	-2
0,1	227,1	0,072	0	0,33	3,27	1	0,363	1,737	-1,637
0,2	227,2	0,301	0	0,33	3,22	1	1,681	0,519	-0,319
0,3	227,3	0,364	0	0,342	3,16	0,574	2,274	0,026	0,274
0,4	227,4	0,375	0	0,362	3,11	0,348	2,386	0,014	0,386
0,5	227,5	0,384	0	0,382	3,05	0,238	2,488	0,012	0,488
0,6	227,6	0,394	0	0,402	3	0,176	2,589	0,011	0,589
0,7	227,7	0,403	0	0,412	2,94	0,14	2,69	0,01	0,69
0,8	227,8	0,412	0	0,413	2,89	0,118	2,79	0,01	0,79
0,9	227,9	0,42	0	0,413	2,83	0,102	2,891	0,009	0,891
1	228	0,429	0	0,414	2,78	0,089	2,991	0,009	0,991
1,1	228,1	0,437	0	0,414	2,72	0,08	3,091	0,009	1,091
1,2	228,2	0,446	0	0,415	2,67	0,073	3,191	0,009	1,191
1,3	228,3	0,454	0	0,416	2,61	0,067	3,291	0,009	1,291
1,4	228,4	0,462	0	0,416	2,56	0,062	3,391	0,009	1,391
1,5	228,5	0,469	0	0,417	2,5	0,058	3,491	0,009	1,491
1,6	228,6	0,477	0	0,417	2,45	0,054	3,591	0,009	1,591
1,7	228,7	0,485	0	0,418	2,39	0,051	3,691	0,009	1,691
1,8	228,8	0,492	0	0,419	2,34	0,049	3,791	0,009	1,791
1,9	228,9	0,5	0	0,419	2,28	0,046	3,891	0,009	1,891
2	229	0,507	0	0,42	2,23	0,045	3,991	0,009	1,991

Příloha č. 7: Konsumční křivka seškrcení DN 360



h[m]	h[mm]	Q[m ³ /s]	v0[m/s]	vv[m/s]	Sp[%]	hd[m]	hz[m]	ha[m]	Mi
0	225	0	0	0	0	0	0	-0,36	0,39
0,2	225,2	0,025	0	0,431	57,06	0,139	0,139	-0,221	0,45
0,4	225,4	0,082	0	0,809	100	0,264	0,264	-0,096	0,51
0,6	225,6	0,134	0	1,318	100	0,341	0,341	-0,019	0,58
0,8	225,8	0,177	0	1,743	100	0,397	0,397	0,037	0,62
1	226	0,211	0	2,069	100	0,432	0,432	0,072	0,62
1,2	226,2	0,24	0	2,358	100	0,463	0,463	0,103	0,62
1,4	226,4	0,266	0	2,619	100	0,491	0,491	0,131	0,62
1,6	226,6	0,291	0	2,862	100	0,514	0,514	0,154	0,62
1,8	226,8	0,314	0	3,089	100	0,535	0,535	0,175	0,62
2	227	0,336	0	3,302	100	0,554	0,554	0,194	0,62
2,2	227,2	0,356	0	3,503	100	0,573	0,573	0,213	0,62
2,4	227,4	0,376	0	3,695	100	0,59	0,59	0,23	0,62
2,6	227,6	0,395	0	3,878	100	0,606	0,606	0,246	0,62
2,8	227,8	0,412	0	4,054	100	0,621	0,621	0,261	0,62
3	228	0,43	0	4,223	100	0,635	0,635	0,275	0,62
3,2	228,2	0,446	0	4,386	100	0,649	0,649	0,289	0,62
3,4	228,4	0,462	0	4,544	100	0,662	0,662	0,302	0,62
3,6	228,6	0,478	0	4,697	100	0,675	0,675	0,315	0,62
3,8	228,8	0,493	0	4,845	100	0,687	0,687	0,327	0,62
4	229	0,508	0	4,989	100	0,699	0,699	0,339	0,62

Příloha č. 8: Výpočet délky vývaru

tl.	průtok	rychlost přít.	energie	dolní hladina	hloubka výv.	dél. doskoku	délka vývaru celkem
h	Q	v	E ₀	Yd	d	Lp	L
m	m ³ s ⁻¹	ms ⁻¹	m	m	m	m	m
0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00
0,03	0,00	0,60	0,06	0,00	0,03	0,00	0,15
0,05	0,01	0,96	0,13	0,01	0,06	0,01	0,34
0,08	0,03	1,26	0,18	0,02	0,08	0,02	0,53
0,10	0,05	1,50	0,25	0,04	0,11	0,03	0,78
0,13	0,09	1,73	0,31	0,05	0,14	0,06	1,02
0,15	0,12	1,93	0,38	0,07	0,18	0,08	1,29
0,18	0,17	2,12	0,43	0,08	0,21	0,12	1,53
0,20	0,22	2,29	0,51	0,10	0,25	0,16	1,81
0,23	0,28	2,45	0,57	0,11	0,29	0,21	2,09
0,25	0,35	2,60	0,62	0,12	0,32	0,26	2,33
0,28	0,42	2,73	0,70	0,14	0,36	0,32	2,63
0,30	0,49	2,86	0,75	0,16	0,39	0,39	2,88
0,33	0,57	2,97	0,82	0,17	0,43	0,46	3,19
0,35	0,65	3,08	0,87	0,18	0,47	0,54	3,46
0,38	0,73	3,18	0,92	0,20	0,50	0,62	3,70
0,40	0,82	3,27	0,98	0,21	0,53	0,71	3,97
0,43	0,91	3,36	1,04	0,23	0,57	0,80	4,27
0,45	0,99	3,43	1,07	0,24	0,59	0,89	4,45
0,48	1,08	3,50	1,14	0,25	0,63	0,99	4,78
0,50	1,17	3,56	1,17	0,26	0,65	1,08	4,94

Vzhledem k výsledným hodnotám transformovaného průtoku bude třeba konstrukční vývar o rozměru min. 5,0 x 0,5 m. Pro návrh však byl zvolen raději rozměr 5,5 x 0,6m.

Příloha č. 9: Podrobný výkres - půdorys poldru

Pro velký formát vložen volně do diplomové práce pouze v tištěném podobě.

Příloha č. 10: Výkres - příčné řezy poldru

Pro velký formát vložen volně do diplomové práce pouze v tištěném podobě.

Příloha č. 11: Výkres - podélný profil poldru

Pro velký formát vložen volně do diplomové práce pouze v tištěném podobě.