

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Katedra krajinného managementu

Studijní program: B4106 Zemědělská specializace

Studijní obor: Pozemkové úpravy a převody nemovitostí

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

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Řešení protipovodňové ochrany v urbanizované krajině

Autor bakalářské práce:

David Neubauer

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Jana Moravcová Ph.D.

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
Fakulta zemědělská
Akademický rok: 2013/2014

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

Jméno a příjmení: **David NEUBAUER**
Osobní číslo: **Z12825**
Studijní program: **B4106 Zemědělská specializace**
Studijní obor: **Pozemkové úpravy a převody nemovitostí**
Název tématu: **Řešení protipovodňové ochrany v urbanizované krajině**
Zadávací katedra: **Katedra krajinného managementu**

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

Zpracování literární rešerše vztahující se k tématu bakalářské práce.
Výběr vhodného území v urbanizované krajině.
Průzkum zvolené lokality s důrazem na možné povodňové riziko.
Analýza a popis zdrojů povodňového rizika ve zvolené lokalitě.
Analýza možností odstraňování možných 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.

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah pracovní zprávy: **30 stran textu**
Forma zpracování bakalářské 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 bakalářské práce: **Ing. Jana MORAVCOVÁ, Ph.D.**
Katedra krajinného managementu

Datum zadání bakalářské práce: **7. března 2014**
Termín odevzdání bakalářské práce: **15. dubna 2015**



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

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Studentská 13
370 05 Česká Budějovice

L.S.



doc. Ing. Pavel Ondr, CSc.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 7. března 2014

Prohlášení:

Prohlašuji, že svojí bakalářskou práci Řešení protipovodňové ochrany v urbanizované krajině jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění, souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě (v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou JU) elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích, duben 2015

.....

Poděkování:

Tímto bych rád poděkoval Ing. Janě Moravcové, Ph.D. za odborné vedení, rady a pomoc při zpracování této bakalářské práce.

Dále bych chtěl poděkovat pracovníkům firmy Zvánovec a.s. za poskytnutí užitečných materiálů a rad. V neposlední řadě děkuji také své rodině a blízkým za podporu v mém studiu.

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá problematikou spojenou s povodněmi a jednotlivými druhy ochranných opatření. Tyto opatření by měly přispívat k snižování škod způsobených velkou vodou a chránit lidi na jejich zdraví a životě. Práce obsahuje teoretickou a praktickou část. V teoretické části nalezne pojmy spojené s povodněmi a protipovodňovými opatřeními, kde jsou jednotlivě popsány. Praktická část obsahuje jedno vybrané území, jeho podrobnou charakteristiku. Seznam literatury, ze které bylo čerpáno je uveden v závěrečné práci. Součástí práce je i fotodokumentace vybraného povodí a mapové výstupy pro lepší představu o zvoleném místě.

Klíčová slova

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

Abstract

This thesis deals with the problems associated with floods and various kinds of protective measures. These measures should help to reduce the damage caused by floods and protect people on their health and lives. The work includes theoretical and practical part. The reader will find the theoretical concepts associated with floods and flood control measures, which are described individually. The practical part contains one selected area which is characterized in detail. The list of references from which it was drawn is given in the final part of work. The work also includes photographs of the selected river basins and map outputs for a better idea of the selected location.

Keywords

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

Obsah

1. Úvod.....	8
2. Literární přehled	9
2.1 Základní pojmy spojené s problematikou povodní	9
2.2 Definice povodně a její příčiny	11
2.3 Opatření ke zvýšení retence a akumulace	16
2.3.1 Přírozená retence.....	17
2.3.2 Technická protipovodňová ochrana.....	22
2.4 Protipovodňová ochrana v urbanizované krajině	23
2.4.1 Ochranné nádrže s vodním obsahem	23
2.4.2 Ochranné nádrže suché	25
2.4.3 Revitalizace vodních toků.....	27
2.4.3 Mobilní protipovodňové bariéry	31
3. Cíl práce.....	33
4. Metodika	33
4.1 Materiál	33
4.2 Metodika.....	33
5. Výsledky a diskuze	35
5.1 Popis zvolené lokality	35
5.1.1 Vodní zdroje	39
5.1.2 Možné zdroje povodňového rizika	39
5.2 Dobečovský potok	40
5.2.1 Základní údaje.....	40
5.2.2 Návrh protipovodňových opatření	40
5.2.3 Realizace protipovodňového opatření	42
6. Závěr	44
7. Seznam příloh	46
8. Seznam obrázků.....	49

1. Úvod

Povodeň nebo také potopa či záplava je přirozený jev vyskytující se v přírodě, kde nezpůsobuje žádné rozsáhlé škody, spíše je tomu naopak. V některých zemích jsou povodně nezbytnou součástí jejich zemědělství. V současné době je pojem povodeň, čím dál více aktuální, což především souvisí s nárůstem lidské populace. S tím přichází rozvoj urbanizované krajiny, kde právě povodně jsou symbolem živelné pohromy, které způsobují rozsáhlé škody na zdraví, životech lidí a v neposlední řadě na majetku. Potřeby lidí se stále stupňují a to vede k rozvoji intravilánů a dalších zásahů do přirozeného prostředí a tím vším narůstá riziko povodní. Kde původně docházelo k vyběžení a rozlivu řeky v některých přídech dnes stojí domy.

Člověk neustále mění krajinu k obrazu svému, a proto jsou účinky povodní stále více negativní. Rozšíření zemědělské půdy bylo často vykoupené ztrátou lesů, které měly, mají schopnost zadržování vody v krajině. Dalším cílem bylo co nejrychleji dostat přivalovou vodu pryč narovnáváním a regulací přirozených koryt toků, což jak se ukázalo, nebylo vhodným řešením. Z tohoto důvodu lidem nezbyde nic jiného než se pokusit o znovuoobnovení původní krajiny a soustředit na protipovodňová opatření, která zmírní škody nebo jim zcela předejdou.

Z hlediska vodohospodářského i zemědělského efektu mají významná retenční a akumulační, biologická, organizační a technická opatření v krajině zabezpečit pokud možno optimální využití vodních zdrojů v oblasti a ochranu proti přivalové vodě. Představují rozsáhlý komplex, jehož účinnost závisí na technicky správném návrhu jednotlivých prvků s ohledem na účel a prostředí, v němž se zásah uskutečňuje.

2. Literární přehled

2.1 Základní pojmy spojené s problematikou povodní

Přívalová (blesková) povodeň - bývá způsobená krátkodobými srážkami o vysoké intenzitě na relativně malém území. Představují lokální ohrožení, jehož výskyt je možný na různých místech státu. Nejvíce působí v menších vodních tocích, které se rozlijí a napáchají katastrofální škody. Tyto stavy je velice těžko předpovědět a proto je velice nebezpečná (SLAVÍK, NERUDA, 2007).

Ekosystém - ucelená část přírody v přímém vztahu se všemi živými složkami.

Retence - schopnost krátkodobého zadržování vody.

Akumulace - schopnost hromadění, shromažďování vody.

Aktivní zóna - část plochy přilehlá nebo blízká vodnímu toku, vymezená v zastavěném území nebo určeném k zástavbě. V průběhu povodní odvádí velkou část celkového průtoku a tím způsobuje ohrožení na životu a rozsáhlé škody na majetku (NOVÁK st., NOVÁK ml., 2011).

Ledová povodeň - vyskytuje se v období chladného počasí, kdy teploty klesají pod bod mrazu a při následném tání ledů.

Inundační území - část území podél vodního toku, které je periodicky zaplavováno.

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

Povodňové orgány - zákonem definované orgány pro kontrolu, řízení a organizaci opatření před povodněmi. Jsou rozděleny do dvou skupin, první jsou určené pro období mimo povodeň a druhé pro dobu povodně. Orgány působící v době povodňového klidu jsou, Ministerstvo životního prostředí, krajské úřady, obecní úřady s rozšířenou působností a orgány obcí. V průběhu povodňového rizika rozhodují jiné státní složky, ústřední povodňová komise, povodňová komise krajů, obcí s rozšířenou působností a obcí.

Stupeň povodňové aktivity (SPA) - používá se k vyhodnocení z hlediska míry ohrožení na životech a majetku nadcházející nebo probíhající povodně. V současné době je určena číselně. 1. stupeň – stav bdělosti 2. stupeň – stav pohotovosti a 3. stupeň – stav ohrožení.

Urbanizované území - kontinuální nebo přerušované zastavěné území, kategorizované jako „uměle vytvořené plochy“

Transpirace - výdej vody povrchem rostlin.

Evapotranspirace - celkový výpar skládající se s evaporace a transpirace

Povodí - ohraničená oblast, z hlediska hydrologické bilance, ze které odtéká voda do řek nebo jezer, moří a oceánů. Všechna povodí konkrétního moře a oceánu jsou nazývány úmořím. Hranice mezi povodími jsou rozvodí. Povodí je základním prvkem pro vyhodnocování toků látek v krajině. Každé povodí má svou hydrologickou bilanci (NĚMEC, 1965).

Hydrologická bilance povodí - vychází z veškerých zdrojů a ztrát vody v určitém povodí. Zdrojem jsou nejčastěji srážky a mezi ztráty patří evaporace, transpirace, celkový odtok.

Vodní tok - tvoří kostru krajinného ekosystému, patří k hlavním krajinnotvorným prvkům a stabilizaci krajiny. Povrchové vody tekoucí v korytě, trvale nebo převažující část roku, odtékající z povodí. Může být přirozený nebo umělý. Je ohraničen korytem, jehož součástí je dno a břeh. Typologicky rozdělen podle velikosti na bystřinu, potok, říčku, řeku, veletok (ADAMEC a KOL., 2012).

Revitalizace - snaha o obnovení původních ekosystémů a krajinných prvků s ohledem na ekologickou, ekonomickou a estetickou bilanci.

Vodočet (vodoměrná stanice) - místo pro měření výšky hladiny vody v korytě toku. Mezi jednoduché vodočty patří měřící lať u břehu, rozdělena na centimetrové dílky, ze kterých lze odečíst výška vodní hladiny. U této metody musí být prováděn zápis ručně. Plovákový limnigraf umožňuje monitorování hladiny toku automaticky pomocí plovákových těles, které přenáší záznam na diagram. Dalším měřícím zařízením může být tlakový vodočet, který měří u dna vodního toku, kde kontinuálně zaznamenává změny tlaku. V současné době jsou informace měření převáděny na digitální, což umožňuje okamžitý transfer dat příslušnému orgánu zodpovídající za dané území a tím urychlení reakce na případnou povodňovou aktivitu. (NOVÁK st., NOVÁK ml., 2011).

Záplavové území - určená oblast vodoprávními orgány, která může být v případě povodní zasažena, tedy zaplavena vodou.

Rozvodnice - pomyslná čára v mapě, která vytváří hranice povodí. Rozlišují se na orografické a hydrologické. Orografické určují hranice sousedících povodí u povrchových vod. Hydrologické vytyčují taktéž hranice povodí, ale u podzemních vod.

Odtok - objem vody, která odeče za určitý čas z povodí. Je tvořen několika složkami, které dohromady vytváří celkový odtok. Udává se v jednotkách metr krychlový za sekundu ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$). Vypočítá se z průměrné rychlosti průtoku a plochou průtokového profilu (JUST a KOL., 2005).

2.2 Definice povodně a její příčiny

Voda je nejrozšířenější látkou na našem světě, zabírá více než $\frac{3}{4}$ povrchu Země. Jedná se o základní složku životního prostředí, bez které by nemohl existovat život na planetě (TLAPÁK, ŠÁLEK, LEGÁT, 1992). S vodou je nezbytné hospodařit, jako s nejcennější surovinou a je třeba zajistit její dostatečné množství a jakost (VOTRUBA, BROŽA, 1966). Vyskytuje se ve třech skupenstvích, v kapalném, tuhém a smíšeném. Necelá 3% připadají na sladkou vodu, kde největší množství je obsaženo v ledovcích. Zbýlých 97% nalezneme ve světových oceánech a mořích kde se vyskytuje ve slané podobě. Nezbytnou podmínkou pro život je oběh vody v přírodě (TLAPÁK, ŠÁLEK, LEGÁT, 1992). Důležitými faktory jsou sluneční záření, zemská gravitace, tepelná a geochemická zemská energie. Oběh vody dělíme na velký a malý. Z hlediska vodohospodářského je významnějším malý oběh vody, jelikož je podrobnější a zabývá se menšími celky (SLAVÍK, NERUDA, 2007).

Nejdůležitější složkou oběhu vody je výpar, který vzniká působením tepla. Přibližné množství výparu činí $518\,600 \text{ km}^3$ a přechází do stavu vodní páry v ovzduší. Kondenzací vznikají srážky, jako jsou déšť, rosa, kroupy, sníh atd. a následně spadnou zpět na zemský povrch o objemu $411\,600 \text{ km}^3$. Část srážek se vypaří, další odeče po povrchu v bystřinách, potocích, řekách zpět do moří a zbytek se vsákne do půdy (TLAPÁK, ŠÁLEK, LEGÁT, 1992). K výparu dochází přímo z hladiny či ledu a sněhu, půdy a rostlin. V současné době výraz evapotranspirace

zahrnuje odpařování vody z půdy a rostlinného pokryvu. Proč tyto dvě skupiny spadají pod jedno označení, je z důvodu jejich úzké spojitosti. Všechny tyto složky výparu jsou nutné k životu na Zemi (NĚMEC, 1965).

Povrchová voda je přirozeně se vyskytující na zemském povrchu, což platí i v případě kdy protéká přechodně zakrytými úseky, přirozenými dutinami pod povrchem nebo v nadzemním vedení. Rozděluje se na tekoucí a stojatou. Tekoucí nebo také lotická, je veškerá voda vyskytující se v tocích od bystřin až po velké řeky a spadají do této kategorie i člověkem uměle vytvořená vodní díla umožňující průtok vody. Pro pohyb využívá vliv vlastní tíhy a soustřeďuje se do nejnižších míst území. Na území ČR jsou rozhodující částí vodních zdrojů. Stojatá v odborném termínu lentická voda označuje veškeré moře, oceány, jezera a močály. Dalšími útvary jsou rybníky a nádrže, které vznikly umělým zahrazením vodních toků nebo jejich přívodem (ADAMEC a KOL., 2012).

Atmosférická voda je veškerá voda obsažená ve vzduchu v jakékoliv podobě skupenství. Nejspodnější vrstvou atmosféry je troposféra, v níž je voda atmosféry akumulována. V této vrstvě dochází k vzniku meteorologických jevů a tím i velkému, malému hydrologickému cyklu (HUBAČÍKOVÁ, OPPELTOVÁ, 2008). Je-li vzduch dostatečně teplý a vlhký začne stoupat vzhůru, kde postupně dochází k ochlazení. V průběhu tohoto jevu začne docházet k srážení vodních par, z nichž se utvářejí mraky. Menší kapičky na sebe navazují a tím zvětšují svůj objem, ve chvíli když už jsou příliš velké a těžké začnou padat na zemský povrch (SLAVÍKOVÁ a KOL., 2007). Vše je ovlivněno slunečním zářením, zemským povrchem, prouděním vzduchu a jeho teplotou. To vše vede k meteorologickým procesům (SLAVÍK, NERUDA, 2007).

Srážky, vznikají kondenzací vodních par a jsou v horizontální a vertikální podobě. Horizontální vznikají blízko nebo přímo na povrchu. Srážky charakterizují čtyři faktory, množství, trvání, intenzita a vydatnost (DUMBROVSKÝ, 1958). V kapalném skupenství se jedná o mlhu či rosu, v tuhém stavu jinozatka nebo námraza. Objem těchto srážek je malý, ale velice významný v suchých oblastech. Mezi vertikální srážky patří déšť, který je složkou kapalného skupenství nebo sníh, kroupy, zmrzlý déšť již spadající do tuhého skupenství. Nejvíce vydatnou srážkou je déšť, který se rozlišuje původem a délkou trvání (ADAMEC a KOL., 2012).

Intenzita je charakterizována jako množství srážek spadlých za určitý čas nejčastěji vyjádřeno $\text{mm}\cdot\text{min}^{-1}$. Je velice proměnlivá, na počátku malá a postupně narůstá až do maxima a poté začne opět klesat. S dobou trvání intenzita klesá. Vydatnost je vyjádřena v $\text{l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{ha}^{-1}$ (JUST a KOL., 2005). Dlouhodobé vertikální kapalně srážky vyskytující se na rozsáhlém území o malé vydatnosti se nazývají krajinné neboli regionální. Přívalové na rozdíl od krajinných jsou krátkodobé na relativně malém území, ovšem velice vydatné (ADAMEC a KOL., 2012).

Na území České republiky jsou srážky nejvydatnější v období května až srpna. V průběhu roku jsou velice proměnlivé a bez proudění mořského vzduchu by u nás přišlo jen velice mála (JUST a KOL., 2005). Abychom, mohli měřit množství srážek a jejich intenzitu, musíme určit plochu povodí a je vhodné mít v dané lokalitě síť meteorologických stanic, které monitorují jejich vývoj. Nejčastěji se srážky rozlišují podle jejich intenzity. Pro příklad slabý déšť odpovídá intenzitě od 1mm do 2,5mm za hodinu na m^2 naproti tomu přívalový déšť začíná kolem 23mm až do 54mm za hodinu (SLAVÍK, NERUDA, 2007). Určit přesně kde a v jakém množství bude pršet je neobtížnější úkol meteorologických služeb. Monitorováním, studiem a hodnocením se zabývá na našem území Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ) v Praze (ADAMEC a KOL., 2012). Poskytuje informační službu pro obyvatelstvo a je řízení ministerstvem životního prostředí ČR. Ministerstvo životního prostředí je ústředním vodoprávním subjektem v oblasti protipovodňové ochrany (SLAVÍK, NERUDA, 2007).

Povodně, spadají do skupiny extrémních hydrologických stavů v povodí. Jedná se o nepříznivé meteorologické podmínky výrazně odlišné od dlouhodobého klimatického normálu. Podle znění zákona o vodách č.254/2001 Sb. ve znění zákona č.20/2004 Sb, je definována povodeň jako „přechodné výrazné zvýšení hladiny vodních toků nebo jiných povrchových vod při, kterém voda zaplavuje území mimo koryto vodního toku a tím může působit škody. Jedná se i o situaci kdy voda působí škody na území, kde nedochází k dostatečnému odtoku a zůstává oblast zatopená. Dále, pak může dojít k zaplavení při soustředěném odtoku vod“ (SLAVÍK, NERUDA, 2007). Většinou tyto situace nastávají v období přebytku či nedostatku srážek, výskytu dlouhodobých teplot pod bodem mrazu nebo vysokých teplot až tropických. Všechny tyto faktory značně ovlivňují plochu povodí a samotný tok (JUST a KOL., 2005). V současné době dochází ke změnám klimatu, a tudíž lze

předpokládat vyšší četnost těchto jevů. Za výrazným zvýšením hladiny nejčastěji bývá extrémní průtok vody nebo led, který ucpe koryto. Ledová povodeň probíhá odlišně od průtokové (SLAVÍKOVÁ a KOL., 2007) Ledové povodně vznikají ucpáním koryta toku za různých okolností, nejčastěji však v období mrazů při vzniku ledové kaše anebo, v době oblevy kdy, nastává nárůst odtoku vody a hromadění seker ledu v korytě (JUST a KOL., 2005).

V České republice se vyskytuje letní, zimní a jarní povodně. Letní povodeň je způsobena sérií krátkých přívalových nebo regionálních dešťů, kdy 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. Zimní a jarní povodeň vzniká táním sněhové pokrývky nebo vytvářením a pohybem ledové masy v toku. S ohledem na místo působení máme povodně lokální (místní) a plošně rozsáhlé (TLAPÁK, ŠÁLEK, LEGÁT, 1992).

Povodeň jako taková je důsledkem aktivní hydrologické bilance a je trvalou součástí hydrologického oběhu v krajině. Výskyt povodní je nepravidelný a z ekologického pohledu, jedná se o přírodní procesy s dlouhodobým hlediskem. Díky tomu je současný pohled na protipovodňovou ochranu jiný než tomu bývalo v historii. Pokud mají být opatření potlačující škody způsobené přívalovou vodou co nejvíce účinné, je třeba jejich koordinaci využít v celém povodí. K tomuto postupu je nutné vyhodnocování povodňových rizik. Ty spočívají v jejich předběžném vyhodnocení, určení oblastí s vysokým rizikem vzniku povodní, dále mapováním povodňového nebezpečí a rizika. Finální položkou jsou plány pro zvládnutí povodní. (NOVÁK st., NOVÁK ml., 2011). Na území České republiky jsou nejčastější průtokové povodně. Ty se rozdělují na srážko-odtokové a na zvláštní či umělé. Umělé jsou způsobovány poruchou při výstavbě nebo provozu vodních děl (JUST a KOL., 2005). V zásadě se jedná o chyby způsobené lidskou činností silně ovlivňující průběh povodní. Nejčastěji bývá neúmyslné, například selhání technologie, únava materiálu a podobně. Výskyt těchto povodní bývá často spjat s přirozenými povodněmi v dané lokalitě, které způsobují škody na zemních hrázích, malých nádrží a rybníků. Nadměrné množství vody se začne soustředit na větších nádrží, které nejsou na takové množství vody dimenzovány a tím nejčastěji dochází k rozsáhlým škodám (ADAMEC a KOL., 2012)

Podle studií bylo zjištěno, že přívalová voda nezpůsobuje v přírodě škody, to až na území využívaném lidmi. Na našem území jsou nejčastější příčinou nadměrného vzniku vody srážky a tání sněhu. V důsledku těchto příčin nastává situace, kdy ztrátové, tedy odtokové složky jsou nižší než příjmové. Projevy těchto extrémních podmínek způsobují materiálové škody a ztráty na životech lidem již hodně dlouho a se zvyšující se populací se tyto újmy násobí. V průběhu lidské činnosti dochází k nárůstu zranitelnosti životního prostředí lidské populace (SLAVÍK, NERUDA, 2007).

V různých částech povodí dochází, k odlišným projevům povodňové aktivity což je způsobené různými srážkovými úhrny, intenzitou srážek, plochou a členitostí terénu povodí, množstvím a velikostí rozlivných prostorů, průtočnosti jednotlivých úseků vodních koryt a zástavbou (JUST a KOL., 2005). Rozmanitost porostu a půd stejně tak i členění terénu velice ovlivňuje průběh přívalových srážek. Kultury vyskytující se v krajině mají různou schopnost ovlivnit odtokové poměry. Srážky dopadající na listy stromů nebo jehličí výrazně tlumí účinky vodní eroze. Louky jsou schopny zachytit až 2mm srážek v lesích až 5mm. Veškerá tato nastřádaná voda se postupně odpařuje. Vegetace nejen vodu zadržuje, ale také napomáhá vsakování do půd. Půdy infiltrují vodu v závislosti na jejich vlastnostech, např. obsah humusu, druh půdy nebo míra zhutnění. Neméně důležitou složkou jsou prohlubně a strouhy vyskytující se v terénu, nebo zda je rovinný či sklonitý. Voda se zde zadržuje nebo zpomaluje čímž, je omezeno vlévání do koryt toků (SLAVÍKOVÁ a KOL., 2007)

S ohledem na tyto faktory rozdělujeme povodně průtokové na bleskové a regionální. Příčinou vzniku bleskových povodní jsou nadměrné srážky, tzv. přívalové deště. Z názvu je patrné, že se jedná o náhlé, těžko předvídatelné srážky vyznačující se prudkým vzestupem průtoku, vysokou kulminací a nakonec rychlým poklesem vody v korytech toků. Nejčastěji nepřesahují dobu trvání více jak několik hodin (JUST a KOL., 2005). Tento druh povodní způsobuje nejrozsáhlejší škody a ztráty na životech, jelikož je velmi obtížné určit jejich místo působení s dostatečným předstihem pro evakuaci a protipovodňová opatření. Výskyt bývá často v městských zástavbách z důvodu snížení vsakovací schopnosti půd na rozsáhlých zpevněných plochách a dalším médiem jsou kanalizační sítě s poddimenzovaným průtokem (SLAVÍKOVÁ a KOL., 2007). Regionální povodně jsou způsobovány vydatnými dlouhotrvajícími srážkami, tzv. regionálními nebo táním sněhové pokrývky s deštěm.

Pro ně charakteristické je dlouhodobé trvání s velkým objemem povodňové vlny. Nejčastěji působí na střední až velká povodí (JUST a KOL., 2005).

Rozlivné plochy mohou být často velice užitečné, jelikož mohou zadržet část povodňové vlny a snížit rychlost toku vody ovšem nejedná-li se o zastavěnou oblast. Ideální jsou louky, lesy a méně úrodné půdy kde dojde mírným nebo žádným škodám (SOUKUP, 2006). Rozsah povodní nejčastěji ovlivňuje velikost plochy povodí, které bylo zasaženo. Na relativně malém území může dojít k situaci, kdy malý horský potok se změni v bystřinu, ovšem stejný úhrn srážek na rozsáhlém území nemusí být téměř znatelný. Příčiny vzniku závisejí na sezónním období (JUST a KOL., 2005).

Ideálním způsobem snížení škod způsobených povodní je umožnit rozliv do krajiny kde dochází k přirozené retenci (SLAVÍK, NERUDA, 2007). Odtokové poměry jsou ovlivňovány porostem, půdou a terénem. Všechny tyto faktory ovlivňují průběh povodní. Například hustý vzrostlý les v členitém terénu má vysokou retenční schopnost na rozdíl od asfaltového nebo jiného nepropustného krytu, který je přesným opakem (SLAVÍKOVÁ a KOL., 2007). Udržováním říčních niv, koryt toků a zvyšování retenční schopnosti půd v ploše povodí. Obnova záplavových oblastí a navyšování kapacity řek (GROSSMANN a KOL., 2010). To vše spadá do skupiny přirozených opatření. V případě kdy tyto opatření již nestačí nebo nemohou být s ohledem na oblast využity, lze přistoupit k technickým opatřením s ohledem na ekonomický přínos dané lokality. Přívalová vlna působí veliké škody a je třeba mít opatření, která je sníží, ale je taktéž zajistit i rychlý odvod vody ze zatopené krajiny, zpět do koryta toku (SLAVÍK, NERUDA, 2007).

2.3 Opatření ke zvýšení retence a akumulace

Podmínky pro vodohospodářskou činnost jsou na našem území velice obtížné. V této kapitole se pojednává o skupině tří opatření, která jsou nezbytná pro vodohospodářskou činnost. Prvním jsou biologické postupy, jež vycházejí z přirozeného rázu krajiny. Další jsou technická opatření, mezi něž řadíme veškeré antropogenní stavby v oblasti hospodaření s vodou. Posledním typem jsou opatření organizační nebo agrotechnická, která vycházejí ze zemědělské činnosti.

2.3.1 Přírozená retence

V procesu odtoku je nezbytné se zaměřit na konfiguraci terénu v povodí, polohou, délkou, tvarem a sklonem svahů. Všechny tyto složky ovlivňují velikost a rychlost povrchového odtoku a tím i akumulaci a retenci vody. O průběhu a intenzitě vsakování rozhodují poměry v půdě např. zrnitost, struktura, propustnost a humóznost. Půdy lehčí a strukturní mají větší infiltrační schopnost než půdy nestrukturní a utužené. Při přívalových deštích vzniká půdní eroze, která negativně ovlivňuje odtok povrchové vody (TLAPÁK, ŠÁLEK, LEGÁT, 1992).

Retence vody v povodí znamená její dočasné zadržování, které ovlivňuje velikosti jednotlivých složek hydrologické bilance a nepřímo se projevuje zvyšováním trvalých zásob vody. Mezi hlavní mechanismy patří horizontální srážky, intercepce vertikálních srážek, dočasná povrchová retence (rozliv), zpomalení povrchového odtoku a snížení jeho objemu.

Trvalé zásoby vody se vyskytují jako podzemní voda, voda ve vegetačním pokryvu a kořenové zóně vegetace, v nádržích a jezerech, v hydrografické síti (v korytech toků a kanálů) a ve formě sněhové pokrývky a ledovců. Aktuální obsah vody během sezóny kolísá, avšak z dlouhodobého hlediska je nepostradatelnou složkou celkových zásob (SOUKUP, 2006). Celková retence povodí je rozdělena do dvou hlavních položek, které jsou dále rozepsány podle (DUMBROVSKÝ, 2010).

1. Dynamická retence

1.1. Povrchová retence

1.2. Hypodermická retence

2. Statická retence

2.1. Retence v aeračním pásmu půdy

2.2. Podzemní retence

2.3. Územní výpar

K utlumení nepříznivých dopadů extrémních hydrologických jevů, jako jsou povodně nebo sucha, přispívá zvyšování retenční schopnosti krajiny. Důsledkem jsou její hodnotnější biologické a rekreační vlastnosti a zajištění lepší jakosti vody (SOUKUP, 2006). Schopnost retence vody je ovlivněna druhem, plochou pozemků, geomorfologické poměry podloží, tvar povodí, vlhkost půdy, vodohospodářská opatření a meliorační úpravy (DUMBROVSKÝ, 2010). Nežádoucím vedlejším účinkem nepřiměřeného zvyšování trvalých zásob vody je snižující se schopnost

dočasné retence krajiny. Proto je nutné nalezení optimálního poměru mezi funkcí zásobní a retenční (SOUKUP, 2006). Další nepříznivé dopady na vodní režim krajiny má neuvážené odvodnění ploch-meliorace, což má za následek úbytek nejmělkých spodních vod, zrychlení mineralizace, ztráty humusu a živin z půdy, intenzivní vyplachování chemických látek (z hnojiv a pesticidů) apod. (JUST a KOL. 2005). Průsakový režim podloží je ovlivněn geologickou stavbou podloží, hydrologický režim území, konstrukční řešení nádrží, vodní útvary, antropogenní činnost a riziko vzniku erozí. V místech širších údolních niv při povrchu území se často vyskytují jemnozrné, málo propustné naplaveniny, které způsobují tzv. stropní izolátor což ztěžuje vsak vody do půdy (ŘÍHA, 2010). Bylo prokázáno, že je třeba využívat přirozených retenčních prostorů, jako jsou údolní nivy, lužní místa a další, která mají vysokou účinnost při náhlých přívalových vodách jako doplňující opatření. Vede to k zlepšování ekosystému a tím k zlepšení akumulční schopnosti krajiny. Tyto prostory jsou méně nákladné než výstavba umělých nádrží. Dodávají oblasti přirozený ráz krajiny (GROSSMANN a KOL., 2010). Údolní nivy se v současné době začali uplatňovat v ochraně proti povodňovým vodám. V minulosti byla snaha o koncentraci povodňových průtoků, ukázalo se, že to příliš nenapomáhá, ale naopak. Při nadměrném množství srážek dochází v prostorech niv k rozlivu do větších ploch, kde nedochází k příliš velkým škodám. Tento systém je podobný postranním poldrům. Uplatnění však nastává je-li velikost zaplavovaného území dostatečná. Obvykle je snaha provádět co nejmenší zásahy do zdejšího ekosystému. Před vytvořením takovéto pásma, je nutno zhodnotit, zda by to nemělo nedozírné následky na zdejší kulturu. V okolí těchto prostorů nesmí být žádné skládky ani jiné činnosti, které by způsobily ohrožení jakosti vody. Pozitivem je zpomalování přívalových vod, akumulace vody, zásobení podpovrchových vod bez přílišného zásahu do krajiny. Nevýhodou je znemožnění využívání půdy pro zemědělskou činnost.

Travní zasakovací pásy slouží v krajině jako ochrana proti erozím, snižování rychlosti povrchového odtoku a zlepšují vsakování a retenci vody. Jsou navrhovány tak aby byly ve směru souběžně s vrstevnicemi nebo malém odklonu. Šíře pásů se určuje podle sklonitosti terénu a technice, která se zde bude využívat. Délka je omezena pouze velikostí a tvarem pozemku. Umisťují se ve směru svahu kvůli erozi. Doba, za kterou pásy jsou schopné dostatečně plnit svoji funkci je v rozmezí 6 až 10 let. Svoje uplatnění najdou i podél vodních toků kde redukují množství sedimentů a

živin při transportu povrchovým odtokem. Často bývají travní pásy doplněny keřovou nebo stromovou vegetací. Zlepšují estetický dojem a zároveň tvoří spojovací prvky a biokoridory. Druhy keřů a dřevin by měly vycházet z okolního ekosystému. U obou variant je nutná každoroční údržba (SOUKUP a KOL. 2008).

Opatřením zpomalující plošný povrchový odtok jsou stavěny za účelem vsakování vody do půd. Do této kategorie spadají terasy, protierozní meze, záchytné příkopy a průlehy. Tyto opatření jsou stavěna v místech nulového nebo minimálního podélného sklonu terénu. Terasy slouží pro snížení sklonu pozemků což má za následek zpomalení povrchových plošných odtoků. Délky bývají od 80 až 450 metrů dlouhé a 2 až 6 metrů vysoké avšak jsou limitovány přístupností. Podle těchto kritérií dělíme terasy na úzké a široké (TLAPÁK, ŠÁLEK, LEGÁT, 1992) .

Příkopy zachycují plošný povrchový odtok a jsou rozděleny na záchytné, sběrné a svodné. Velikou výhodou je možnost navržení v minimálních sklonech. U svažitéjších oblastí se navrhuje v mírném sklonu s vloženými stupni a prahy z důvodu zmírnění kinetické energie vody. Mohou plnit funkci retenční či závlahovou podle účelu a situaci ovšem musí být zachována odvodňovací funkce. Aby bylo možné provádět takovéto úpravy jsou nezbytnou součástí hradítka, která slouží k ovládní odtoku dle současné situace. Odtok je napojený na síť přiváděcích a zavlažovacích příkopů. (SOKOUP a KOL., 2008) Nezbytná je údržba při zanesení naplaveninami, jelikož v tu chvíli ztrácejí svojí schopnost ochrany. Příkopy se umísťují v ostrých úhlech a to šikmo ke směru vrstevnic (TLAPÁK, ŠÁLEK, LEGÁT, 1992).

Průlehy slouží k přerušení povrchového odtoku na pozemcích jeho a zadržení. Obvykle se voda odvádí pomocí drenáží. Dělené jsou na záchytné, sběrné a svodné. Mezi sběrné patří průlehy bezodtokové, které musejí mít dobře propustnou půdu a vytvořený podzemní drenážní systém. Při přeplnění dochází k přelití vody přes hrany průlehu. Sekundárním řešením je zajištěný odtok do odvodné sítě pomocí mírného sklonu. V období bohatém na srážky je nutné soustavně kontrolovat a při poškození opravit. (SOUKUP a KOL., 2008). Jsou navrhovány v podélném sklonu do 3%. Sklon svahů může být 10 až 20%, minimální hloubka je kolem 1 m a délka téměř 600 m. Pomocí osetí plodinami se mohou zpevnit.

Zemědělská opatření v povodí mají funkci zpomalování povrchového odtoku, zvýšení jímavé schopnosti půdy. Snižují riziko půdní eroze a zároveň poslouží k údržbě půdní úrodnosti (TLAPÁK, ŠÁLEK, LEGÁT, 1992). V této skupině opatření se kombinují organizační a agrotechnickovegetační metody, které se zabývají polohovým rozmístěním kultur, protierozními osevními postupy, pásovým pěstováním plodin, vsakovacími pásmy, zatravněním a zalesněním. Jejich pomocí lze vyřešit problémy s erozí plošnou a rýhovou, jenž zapříčiňují ztrátu půdy, transport sedimentů a chemických látek. Plošná eroze vzniká na celé oblasti pozemku, kdy dochází k odnosu menších půdních částic, organických a chemických látek. Půdy jsou hrubozrnné a ztrácejí svou úrodnost. Při rýhové erozi dochází k soustředění povrchového odtoku do jednotlivých rýh, které se postupně zvětšují a spojují. Poškození je veliké a uvedené do původního stavu náročné (SOUKUP a KOL., 2008).

Polohové umístění kultur ovlivňuje vznik a velikost povrchového odtoku. Jednotlivé kultury se navrhuje podle svažitosti, sklonu a erozní ohroženosti dané oblasti. Nejstrmější svahy se zatravnějí a při menším sklonu se volí kultura, která by zajistila dostatečnou ochranu. Nazýváme to pásovým střídáním plodin. Příkladem je střídání okopanin a píce nebo okopanin a ozimých obilovin. Velikost pásů je mezi 20 až 40 m kdy platí úměra, při svažitéjší ploše, užší pásy. Jednotlivé pozemky by měly zachovat střídání plodiny s malým a vyšším ochranným účinkem. Při sklonu nad 2° se praktikuje vrstevnicová orba a vrstevnicový způsob obdělávání pozemků. Vrstevnicová orba má za úkol chránit půdu před deflací a v brázdách se zadržuje voda a následně dochází k vsakování do půdy. V místech vyššího sklonu se využívá hluboká brázda k zachycení povrchové vody (TLAPÁK, ŠÁLEK, LEGÁT, 1992).

Protierozní osevné postupy jsou využívány pro ochranu zájmového území. Polohové umístění kultur ovlivňuje vznik a velikost povrchového odtoku. Jednotlivé kultury se navrhuje podle svažitosti, sklonu a erozní ohroženosti dané oblasti. Nejstrmější svahy se zatravnějí a při menším sklonu se volí kultura, která by zajistila dostatečnou ochranu. Nazýváme to pásovým střídáním plodin. Příkladem je střídání okopanin a píce nebo okopanin a ozimých obilovin. Velikost pásů je mezi 20 až 40 m kdy platí úměra, při svažitéjším pozemku, užší pásy. Jednotlivé pozemky by měly zachovat střídání plodiny s malým a vyšším ochranným účinkem (SOUKUP a KOL.,

2008). Jednotlivé pásy jsou omezeny svou kritickou délkou, kterou nesmějí překročit. Při sklonu nad 2° se praktikuje vrstevnicová orba a vrstevnicový způsob obdělávání pozemků. Vrstevnicová orba má za úkol chránit půdu před deflací (odnos půdy větrem) a v brázdách se zadržuje voda a následně dochází k vsakování do půdy. V místech vyššího sklonu se využívá hluboká brázda k zachycení povrchové vody (TLAPÁK, ŠÁLEK, LEGÁT, 1992).

Nemají však jen funkci zpomalování odtoku, ale také fungují jako čistírný vod. Všechny travní rostliny filtrují usazeniny sedimentů, převážně živiny z povrchového odtoku. Zachycují větší částice sedimentů písků a bahna zatímco jílovité částice pouze částečně. Účinnost pásů je ovlivněna množstvím sedimentů, průtokem, hustotou a velikostí (WORTMANN a KOL., 2012).

Na povrchový odtok má veliký vliv vegetační pokryv z hlediska objemu přímého odtoku, akumulaci v půdním profilu a povrchových mikrodepresích. Rozhodující je stav povrchu, stádium vegetace a pokravná vrstva, jenž má veliký podíl na intenzitě vzniku erozních, transportních a akumulačních procesů. Ovlivňuje kvalitu vody, biotop toku a jeho okolí. Složení a poměry půd jsou rozhodující pro infiltraci a akumulaci vody (DUMBROVSKÝ, 2010).

V oblastech orné půdy, vinic, sadů a chmelnic jsou kritéria pro změnu kultur dle sklonitosti pozemků do 10° tedy 17-22% na ploše do 20% výměry pozemku. U míst trvale zatravněných se zemědělským využitím bývá sklon do 17° neboli 37%. Trvale zatravněné území bez zemědělského využití mají sklon do 25° což je 55%. Jako doplněk kultur se používá ochranné zatravnění v místech, kde dochází k vyššímu množství povrchového odtoku. Čím větší je plocha pozemku na svahu tím je větší pravděpodobnost vzniku půdní eroze a následné zatopení zájmových oblastí. Mezi plodiny tvořící půdní kryt s vysokou schopností snížení eroze půdy spadají jetelotravní porosty a jeteloviny. Méně účinné jsou ozimé a jarní obilniny, len, hrách okopaniny a kukuřice (TLAPÁK, ŠÁLEK, LEGÁT, 1992).

2.3.2 Technická protipovodňová ochrana

Technická opatření označující se také revitalizační se využívají, není-li možné použít organizační nebo agrotechnická opatření. V širším smyslu se jedná o zásahy, které napomáhají k udržování přírodních a krajinných hodnot, spolu s vodohospodářskou funkcí vodního prostředí. Instalují se při ochraně pozemků, kdy dochází k vyrovnávání příčných nerovností terénu a snížení sklonitosti svažitéch pozemků. Zahrnují zemní úpravy a hydrografické prvky. Zemními úpravami se rozumí terénní urovnávky, protierozní meze a terasování. Mezi hydrografické prvky patří protierozní příkopy a průlehy, jenž, mají funkci záchytnou, sběrnou a svodnou (SOUKUP, 2006). Požadavky současné společnosti se více a více zvyšují a tím i nároky na vodohospodářskou činnost. To vše sebou přináší nároky, které již nepokryje přirozený vodní režim krajiny (JUST a KOL. 2005). K akumulaci, retenci a infiltraci vodního odtoku a k zachycování splavenin slouží ochranné nádrže. Většina z nich je rozdělena do čtyř částí. Prvním je prostor stálého zadržení, druhým je akumulační prostor, další následuje ochranná retenční část a nakonec místo nad čarou bezpečnostního přelivu (neovladatelné). Všechny tyto prostory jsou transformovatelné dle potřeby (NĚMEC, 1965). Jejich ochranný prostor způsobuje transformaci povodně, respektive povodňové vlny. Díky tomu, jsou následné hospodářské škody menší (VOTRUBA, BROŽA, 1966). Zajišťují lepší odvod povrchových vod a chrání intravilán obcí a komunikace před škodami způsobenými unášenou zeminou a povrchovým odtokem (SOUKUP, 2006). Veškerá tyto opatření vyžadují schválení o zahájení pozemkových úprava, které jsou nejčastěji zařazeny do zvláštních důvodů zahájení. Do této skupiny spadají převážně protipovodňová a protierozní opatření (DOLEŽAL a KOL. 2012). Je-li v oblasti dostatek přirozených ploch niv, stačí pouze odstranit nebo upravit bránící prvky pomocí vhodné údržby, tak aby nadměrné množství materiálu jako jsou trávy, slámy a snadno odplavitelné dříví nebránilo funkci propustků, bezpečnostních přelivů atd. (JUST a KOL. 2005).

2.4 Protipovodňová ochrana v urbanizované krajině

2.4.1 Ochranné nádrže s vodním obsahem

Hospodařením s vodou v nádržích na území České republiky je obor s velmi dlouhou tradicí. V historii činil nedostatek vody nebo naopak přebytek při povodních velké potíže. Člověk si postupně začal vytvářet stále účinnější prostředky pro hospodaření. Mezi nejúčinnější patří vodní nádrže (VOTRUBA, BROŽA, 1966). Ochranné vodní nádrže jsou jedním z hlavních vodohospodářských opatření sloužící k prevenci před škodami způsobenými velkou vodou. Umožňují komplexní využití povrchových vod od akumulace, až po jejich vypouštění v suchých obdobích což napomáhá k zachování průtokového minima v tocích a napomáhá zdejšímu ekosystému (PLECHÁČ, 1999). Velká část vodních nádrží se vyznačuje víceúčelovým využitím, mají významnou roli v řízení průtoku a využívání vody. Vyznačují se omezeným prostorem vytvořeným přehradou, záhrazovou částí území nebo se využívají přírodně utvořené prohlubně, kde zadržují a akumulují vodu v době nadbytku pro období nedostatku (TLAPÁK, ŠÁLEK, LEGÁT, 1992). Retenční funkci může částečně převzít akumulací prostor nádrže, který je před vyšším stavem vody vyprázdněn (HOLÝ a KOL., 1984). Kromě zmírnění účinků povodňové vlny a zachycení splavenin je dalším úkolem zadržení srážkové vody, která může být používána pro hospodářské účely, včetně zásobení spodních vod. Neméně důležitými účely jsou využití vodní energie, rekreační účely, chov ryb a zlepšení jakosti vody (PLECHÁČ, 1999). Údolní nádrže mají rozhodující úlohu v retenci vody.

Oproti tomu hlavním posláním malých vodních nádrží je akumulace vody (POKORNÝ, 2006). Většinou mají v povodí funkci ochrany vodních zdrojů, intravilánů a významných objektů (SOUKUP, 2006). Akumulaci a vyrovnání odtoku v zastavěných částech obcí zabezpečují návesní rybníky, okrasné nádrže, krátkodobou retenci vody pak hospodářské nádrže a koupaliště. V extravilánu mají akumulací a infiltrační efekt nádrže dešťové a inundační území v nížinných polohách (POKORNÝ, 2006). Jsou to velmi účinná, ale značně nákladná opatření, jež mají za úkol regulaci odtoku vody, zachycují transportované zeminy, odbourávají části živin rozpuštěných ve vodě. Tuto skupinu tvoří právě vodní nádrže, suché a polosuché retenční nádrže (tzv. poldry) (SOUKUP, 2006). Dále jsou to nádrže -

závlahové, vodárenské, průmyslové, kompenzační, zálohové, protipožární, vyrovnávací nádrže a další (TLAPÁK, ŠÁLEK, LEGÁT, 1992).

Ochranné retenční nádrže jsou dalšími nádržemi, jejichž výstavba je za účelem zachycování nadměrných srážek, transformují povodňové vlny a tím chrání území proti škodám způsobeným během záplav. V této skupině nalezneme – suché ochranné nádrže neboli poldry, vsakovací nádrže, sedimentační, záchytné nebo ochranné případně protipožární nádrže (PLECHÁČ, 1999).

Vsakovací protierozní nádrže slouží k převedení povrchového odtoku v infiltraci do půdy a zachycují splaveniny. Jsou navrhovány s propustným dnem což má za příčinu zvyšování podzemní vody. Povrch nádrží bývá nejčastěji zatravněný a dno tvoří lehčí propustné půdy. Hloubka nebývá více jak 0,5m

Malé nádrže vodní a rybníky jsou charakterizované jako automaticky se vyprazdňující retenční nádrže s neovladatelným retenčním prostorem. ČSN 75 2410 je norma udávající návrh pro nové a obnovu existujících nádrží. Objem bývá po hladinu ovladatelného prostoru kolem 2 mil. m³ s největší hloubkou 9 m (TLAPÁK, ŠÁLEK, LEGÁT, 1992). Rybníky a malé vodní nádrže jsou ve své podstatě totožné s rozdílem, za jakým účelem byly vybudovány. Zda pro chov ryb nebo pro akumulaci vody pro zemědělské a rekreační potřeby nebo jiné. Slovo rybník se začalo používat pro malé vodní nádrže, aby se rozlišilo, k čemu daná nádrž primárně slouží a využívat by se mělo jen v případě kdy je na prvním místě chov ryb. Zvyšují převážně pasivní zásobu vody v krajině. Obecně při vyrovnávání odtoku nemají příliš velký význam, avšak mohou posloužit jako doplňující opatření pro velké nádrže (PLECHÁČ, 1999).

Nejdůležitější z hlediska přírodovědeckého je litorální pásmo. Jedná se o mělkovodní prostor nádrží v blízkosti břehů s hloubkou kolem 0,6 m (JUST a KOL. 2009). Mají také významnou roli pro čištění kontaminované vody. Dochází k usazování sedimentů a tím k pročišťování vody. Znečištění vzniká při nadměrném výskytu srážek nebo zemědělskou činností. Při bouřkách a silných průtržích dochází k zadržování spadlých srážek a tím snižují riziko způsobených škod. Obvykle nedochází k příliš velkým škodám při zaplavení. Tyto nádrže mají schopnost retence povodňového průtoku s ohledem na velikost retenčního prostoru. Nevýhodou je

nákladná údržba, která zahrnuje odstranění usazených sedimentů. Všechny tyto nádrže jsou opatřeny hrázemi jež jsou nezbytné pro funkci. V této oblasti dochází neustále k vymýšlení nových metod jak snížit náklady na provoz, ale zároveň zvýšit jejich účinnost. Tento druh vodního opatření je možné budovat v různých částích krajiny, aniž by došlo k narušení zdejšího ekosystému (FIENER a KOL., 2005).

Jejich umístění se odvíjí od ekologické hodnoty zdejší krajiny tzn. v oblasti mokřadů nebo v přirozeném toku se nebude budovat, jelikož má menší ekologický význam. Tvar nádrže by měl co nejvíce vyhovovat přirozenému rázu krajiny. Příležitostně se vyskytují malá ostrůvky v retenčních prostorech. Nezbytnou součástí nádrží je jejich údržba např. odstranění sedimentů a zeminy z retenčního prostoru. Základním požadavkem je aby údržba nezasáhla a příliš neovlivnila litorální pásmo z ekologických důvodů (JUST a KOL. 2009).

2.4.2 Ochranné nádrže suché

Poldrem neboli suchou nádrží se označuje oblast charakteristická schopností zadržet přívalové srážky a ochránit tak níže ležící plochy. Typické pro poldry je nižší akumulační schopnost, ale vyšší objem retenční (SOUKUP, 2006). Z hlediska způsobu a doby zatopení oblasti je dělíme na suché a polosuché, průtočné a postranní. Území vybírána pro výstavbu poldrů jsou zpravidla při tocích v bývalém inundačním pásmu. Do těchto míst je možno napouštět vodu při vyšších průtocích (HOLÝ a KOL., 1984). Zátopovou plochu tvoří prvky, které snášejí dobře zatopení a vlhkost. Nejčastěji jsou to louky nebo prostory s dřevinami, kterým nevadí krátkodobé zatopení (TLAPÁK, ŠÁLEK, LEGÁT, 1992). Z tohoto důvodu může být poldr brán jako ekologicky zlepšující přírodní prvek v zemědělské oblasti (POKORNÝ, 2006).

Za normálního množství vody v tocích nebo při určité hladině stanovené pro retenci fungují polosuché nádrže pro průtok. Nastane-li nárůst průtoku přesahující kapacitu spodní výpustě, dojde k plnění retenčního prostoru. Voda postupně odtéká spodní výpustí a po naplnění nádrže začne fungovat bezpečnostní přeliv. Po opadnutí přívalových vod dochází k přímému vyprazdňování, vsaku a výparu retenčních prostorů. Spodní výpusť by měla být přizpůsobena migraci ryb oběma směry. Suché

poldry jsou určeny pro zachycení povodňové vody a nemají za úkol stálé zadržení vody. V současnosti jsou považovány za bezpečnostní riziko z důvodu poškození prosycháním a působením hlodavců. Komplikace nastanou ve chvíli, kdy musí nádrž odolat náhlým přívalům vody. U nádrží se suchou hrází dochází k poškozování hlodavci a jinými živočichy nebo vznikají vysušené pukliny. Důsledkem je zhroucení hráze po zasažení náhlého přívalu vody (SOUKUP, 2006).

Důležité prvky pro návrh suché nádrže jsou bezpečnost díla, účinnost z pohledu ochrany, vliv na životní prostředí, ekonomiku, kulturní hodnotu a náklady na výstavbu. Vše podmíněno geomorfologickou stavbou území kvůli vytvořené akumulacího prostoru nádrže. V blízkosti nesmí být žádné stavby pro bydlení, výrobní provozy nebo skládky, které by mohli ohrozit jakost vody (SOUKUP a KOL., 2008). Podle studií by neměli poldry představovat základní formu pro tlumení rozlivů a zadržování velkých vod. Ve větší míře by se měl uplatňovat volný rozliv v nivách, které je netřeba příliš upravovat. Je-li v oblasti dostatek přirozených ploch niv, stačí pouze odstranit nebo upravit bránící prvky (HOLÝ a KOL., 1984).

Postranní poldr je konstruován jako ohrázený prostor v nivě, kterým neprotéká tok, a voda se do nádrže přelije ve chvíli, kdy hladina dosáhne určité výše (JUST a KOL., 2005). Pro tento druh poldru lze využít i šterkoviště, která jsou patřičně umístěná v okolí toku a mají vysoký retenční objem. Výhodou těchto nádrží je schopnost plnění se již od úrovně hladiny podzemní vody a nikterak od výšky terénu jako je to běžné u normálních poldrů (HOLÝ a KOL., 1984). Měly by zajišťovat uzavřenou retenci, což by měla být jejich přednost před volnou retencí v nivách. Největší uplatnění by nastalo během povodňové aktivity a to tím, že by zachytil část objemu vody při kulminaci povodně. Použití tohoto opatření komplikují jisté okolnosti např. konstrukční a projekční řešení, relativně vysoké pořizovací náklady a při zaplnění představuje nevyužitelný prostor (JUST a KOL., 2005). Z bezpečnostního hydrotechnického hlediska jsou trvale provlhčené poldry lepší ve srovnání se suchými, jelikož jsou vybaveny výpustí s regulovatelným odtokem, bezpečnostním přelivem a ostatním zařízením pro chov a ochranu živočichů. Navíc trvalým zatopením plní estetický význam v krajině a utváří podporu mokřadů a tůní. V současné době se prosazují návrhy pro budování polosuchých neboli mokřých nádrží z důvodu stálého zadržení menšího množství vody (POKORNÝ, 2006).

2.4.3 Revitalizace vodních toků

Z historie víme, že byla snaha o narovnání koryt toků z důvodů zemědělské činnosti a odvádět vody z krajiny co nejrychleji. Tradiční technické úpravy koryt vodních toků průběh povodní zrychlují a soustřeďují. Docházelo k navyšování kapacity koryt na dvouletou až pětiletou vodu. Došlo k odstranění přirozeného dna tedy kameniva a zeminy, štěrků. Cílem bylo i zvýšení podélného sklonu a podobnost podélného profilu. Velice významným je tvar koryta, zejména v síti drobných a menších toků v zastavěném území, kde snadno dochází k vylití (JUST a KOL., 2005). Zahloubení bývá v zastavěném intravilánu nejčastějším řešením, jelikož často není dostatek prostoru. Při soustředěném odtoku dochází spíše k prohlubování než k změlčování. Dalším prvkem musí být technická opevnění (NOVÁK st., NOVÁK ml., 2011). Nová koryta byla vyztužována těžkým opevněním pro eliminaci eroze a přetváření toku. Ovšem odolnost těchto opatření je podmíněná a to použitým materiálem a strukturou (SOUKUP a KOL., 2008). Například při využívání tvárníc mohlo dojít k poškození jedné z nich a tím následně k oslabení a narušení celistvosti (NOVÁK st., NOVÁK ml., 2011). Účelem bylo snížení rozlivu v údolních nivách. Následky však byly negativní, např. zrychlení průtoku a tím vyšší nároky na stabilitu koryta, snížení zásob podzemních vod, pudní smyv, omezení migrace živočichů, snížení samočisticí funkce, estetický dojem a další. Obecně přispívali hydrologické technické úpravy k ekologické degradaci povrchů území. Hodnotné louky, mokřady a břehové háje byly nahrazovány zemědělskými kulturami, docházelo k rozsáhlému odvodňování niv, přestože hospodářsky příliš prospěšné nebyly (SOUKUP a KOL., 2008).

Cílem revitalizací je přesný opak, snaha udržet schopnost krajiny zadržovat vodu přirozenou cestou. Zlepšení ekologické funkce vodních toků Obnova přirozené členitosti vodního toku má důležité zastoupení v ochranné funkci, ale zejména přispívá k zlepšování biodiverzity území (NOVÁK st., NOVÁK ml., 2011). Základní úlohou, je navrácení k přírodnímu rázu krajiny a vytváření koryt, o malé průtočné kapacitě, kde dochází často k rozlivům do nivních prostranství V rámci urbanizované krajiny, jsou tyto opatření složitá pro realizaci, přesto lze upustit částečně od napřimených hladkých koryt o hlubokém průtočném profilu a nahradit je přírodě bližšími prvky v programu revitalizací (KRÁLOVÁ, 2001). V úsecích, kde

by mohlo dojít k vylití vody z koryta a tím ohrožovat zástavbu musí mít prioritu technická ochrana. Přesto vše, je v některých případech možné spojit jednotlivé prvky opatření a zajistit jak ochranu tak částečně přírodě blízkou členitost (NOVÁK st., NOVÁK ml., 2011).

Revitalizace jsou přínosná zejména v oblastech, předcházejících chráněným územím, nejčastěji zastavěnému intravilánu obce, před povodněmi. Jako takové by neměli být dále ovlivňovány nepříznivými účinky a rušivými vlivy (JUST a KOL., 2005). Jedním z rušivých elementů je neúměrně špatná kvalita vody. Nepříznivá kvalita vody způsobí, že nedochází k vzniku hodnotných biotopů a společenstev na vodním toku a jeho okolí i v případě dokončené revitalizace, jež vytvořila potřebné podmínky (KIEDRZYŃSKA, KIEDRZYŃSKI, ZALEWSKI, 2014). Proto je nutné soustředění na zdroje znečištění a špatnou funkci přirozených čistíren vody. Na tuto problematiku v podstatě navazuje nadměrný přísun erodovaných částí materiálů z povodí. Dochází k zanášení štěrkových koryt jílnatými půdami a dalšími sedimenty a to zapříčiní zanášení koryt toku (JUST a KOL., 2005). Štěrka má samočistící schopnost vod, ovšem v našich podmínkách často dochází ke kontaminaci štěrku nánosy jemných zemin. Z těchto důvodů je třeba zvážit revitalizační postupy a nápravná opatření (SLAVÍK, NERUDA, 2007).

V případě kdy by převažovali negativa nad pozitivy, by došlo k prozatímnímu odložení revitalizace jako takové. Hodnocení stavu jednotlivých homogenních úseků vodního toku vychází ze systému základních kritérií. Pojednává o odchýlení určitého úseku toku od přírodního stavu. Je založen na počtu bodů, které jsou určovány pro jednotlivé úseky a následně sčítány, čím vyšších hodnot dosáhne tím je více vzdálený přírodnímu stavu a je třeba provést více zlepšujících opatření. Například se zde hodnotí vedení trasy koryta, tvar příčného průřezu korytem, povrch dna a břehů, kapacita koryta, využitelnost niv pro rozliv, migrační překážky, doprovodné porosty, ekologický stav ploch niv, šíře meandračního pásu, zahloubení koryta a jsou hodnocena body 0, 1 nebo 2 kde 0 je žádné nebo nepatrné odchýlení a 2 je významné až úplné odchýlení od přirozeného stavu. Nelze ovšem z tohoto systému vycházet a postupovat přesně podle zjištěných hodnot, lze ho pouze brát jako jednu z okolností při rozhodování.

Z výše zmíněných důvodů je potřeba obnovení původních toků aby se obnovila přirozená krajinnotvorná, hygienická a estetická činnost. Vytvářejí se tzv. meandry, které zpomalují povrchový odtok a tím se obnovují podmínky pro faunu, floru a přirozený hydrologický režim toku. Při zamokření nebo mírném zaplavení, dochází k rychlému vzniku mokřadních přírodních společenství. Mokřadní společenstva jsou velice dynamická a to napomáhá k ekologické rehabilitaci dříve poškozených půd (JUST a KOL., 2005). Podél koryt snáze vyrůstá vegetace, která je nápomocná při zpevňování břehů, podporuje zlepšení jakosti vody, zvyšuje členitost toku a rozliv do oblasti niv což má příznivý dopad na retenci vody a zlepšuje estetický dojem (KRÁLOVÁ, 2001).

Aby vše mohlo lépe prosperovat, je třeba vzít v úvahu i omočení břehu. To má veliký vliv na utváření biodiverzity samotného toku. V určitých částech toku může, být koryto pokryto kamenivem což zapříčiní osídlení společenstvy vodních organismů a umožní odlišný vývoj ekosystému, různé houby, bakterie, prvoci, řasy, sinice a další. To vše vede k zlepšení samočisticí schopnosti. Ta je závislá především na intenzitě a době znečištěné vody v kontaktu s biologicky aktivním povrchem koryta. Jedná se o přirozené odstraňování organického a minerálního znečištění vody (SOUKUP a KOL., 2008). Míra zvýšení omočení břehu lze navýšit např. odstraněním betonových prefabrikátů a jejich nahrazením kamenivem. Kameny utvářejí nepravidelné a členité dno a to umožňuje zpomalení odtoku, zachycování nečistot a vytváří prostředí vhodné pro vznik života. Zdrsněním koryta, zvlněním a zmírněním podélného sklonu dojde k zpomalení a změny času průběhu vody určitým úsekem (JUST a KOL., 2005). Čím pomaleji voda protéká, tím snáze dochází k infiltraci živin do půd a hlavně čištění vody. Obnovuje členitost podélného profilu, zvyšuje aktuální zásobu vody v korytě a podporuje infiltraci vod do podzemní vrstvy, obnovuje migrační prostupnost pro živočichy a v posledním také vzhled. To vše vede ke zlepšení ekologického a estetického stavu povodí (KRÁLOVÁ, 2001).

Na zvýšení zásoby vody v korytě v dřívějších technických úpravách nebylo příliš brána zřetel. Koryta bývala spíše plochá a výrazně zahloubená a v takovém korytě je výrazně méně vody než v přirozeném. To je především způsobováno rychlým odtokem, což neumožňovalo infiltraci vod do okolí. Vyšší množství vody, napomáhá k rozvoji rostlin a živočichů. Zdrsnění koryta a jeho změlčení napomáhá

ke zpomalování průtoku korytem, což vede k snížení kinetické síly vody a tím k menším škodám (NOVÁK st., NOVÁK ml., 2011). V období přívalové vody, může rychlost proudění vody dosahovat až 3 m.s^{-1} , což je rychlost, při které hrubé dno s kamenným základem, kořeny a travními porosty je schopno vydržet a zpomaluje proud, navíc se v přírodních tocích často vyskytují tůňe o různých hloubkách a velikostech objemu. Mají přímý vliv na délku průběhu vody. Ovšem, v kapacitně upraveném korytě za stejných podmínek dochází až k dvojnásobné rychlosti proudu vody, která má veliký ničivý potenciál a je schopna způsobit destrukci dlažbám a tvárnici v korytě. Existují opatření, která jsou schopna tyto rychlosti a síly snést, ale jsou velice nákladné ekonomicky i prostorově, nemluvě o krajinnotvorném prvku. Například to může být silné opevňování souvislými kamennými záhozy, jež má některé prvky umožňující vzniku břehových úkrytů apod. (JUST a KOL., 2005).

Zásobení koryta vodou má i přímý vliv na zvětšení zásob vod v nivách. Z minulosti můžeme nacházet lokality, kde docházelo k odvodňování nivních území za účelem hospodaření. Tím docházelo k vysušování nivních oblastí a tím k zániku mokřadních biotopů (NOVÁK st., NOVÁK ml., 2011). Podzemní voda nacházející se v nivách je nezbytnou součástí zásob vody v krajině. Je důležité, aby dno toku nebylo příliš hluboko, čímž by nedocházelo k odvodňování nivních půd tím, že jejich svrchní úroveň je výše než koryto což způsobuje ztráty mělkých podzemních vod niv. (HUBAČÍKOVÁ, OPPELTOVÁ, 2008). V současné době dochází v Evropské unii k ustupování od orby nivních půd právě z důvodu protipovodňové ochrany (JUST a KOL., 2005). Rozlivem povodňové vody dochází ke zpomalení proudění a tím se snižují následné škody způsobené povodněmi. Zpomalení je způsobeno malokapacitním, členitým, přírodním korytem, kdy proud je nucen procházet přes široké a mělké nivní profily s velkou drsností povrchu. V tomto případě, může nastat situace, kdy voda vystoupá výše než při použití technických opatření, ovšem nejedná-li se o intravilán obce, dojde pouze k malým nebo žádným škodám (KRÁLOVÁ, 2001).

Stabilita koryta je dalším nezbytným prvkem. Přirozené toky mají stabilitu většinou v pořádku. Postupem času jí získávaly působením přívalových vod, které upravily koryto tak, že má ideální tvar a na povrchu se vyskytují kameny o takové

velikosti, že jsou schopny odolávat rychlostem proudící vody při zvýšeném průtoku. U uměle vytvořených toků je tomu jinak, sklonitost a drsnost povrchu koryta. Vykopané koryto nemá kamenný pokryv a je tedy nutné provést opevnění volené na základě průtočné kapacity (NOVÁK st., NOVÁK ml., 2011).

Revitalizace vodních toků jsou soustředěny nejen na protipovodňovou ochranu, ekologickou atd., ale i na estetičnost. Vzhled koryta na funkčnosti příliš nepřidá ovšem pro oko pozorovatele rozhodně ano. Příkladem, odvodňovací kanál obrostlý kopřivami a jiným plevellem rozhodně nevzbuzuje příliš vášní vzhled. To vše ubírá na kráse přírody, a tím člověk ztrácí o krajinu jako takovou zájem. Pravdou ovšem je, že nemůžeme všude vídat meandrující toky s peřejemi. V přírodě to také tak není, například na ploché louce bude jen mělká bahnitá rýha, která v létě ani nebudu vidět, přesto je velice důležitá pro tvorbu krajiny jako takové. (JUST a KOL., 2005).

Obnova krajiny by měla vycházet ze svého okolí. Finální vzhled se dotváří s přibývajícím časem. Revitalizační práce jsou často pouze „polotovarem“, který utváří přirozené procesy (NOVÁK st., NOVÁK ml., 2011).

2.4.3 Mobilní protipovodňové bariéry

Tento typ opatření spadá do preventivních technických opatření. Využívají se v situacích, kdy hrozí povodňové riziko. Jejich užitím je možné efektivně předejít nebo výrazně omezit negativní dopad povodní. Využívá se především v intravilánech obcí, kde chrání obydlí. Systém je navržen tak, aby usměrňoval tok vody a odklonil přívalovou vlnu (<https://www.povodnovyportal.cz/protipovodnove-hrazeni>).

Výhodou těchto opatření je jejich mobilita. Mezi mobilní protipovodňové systémy spadají i hrazení plněná vodou nebo inertním materiálem, gabionové systémy, paletové bariéry (HEGAR, BRETTSCHEIDER, 2007). Při povodňové aktivitě čas hraje velice důležitou roli. Z toho vyplývá nevýhoda těchto opatření, pokud nejsou v čas realizována, tedy ještě před úderem povodňové vlny, jejich ochranný účinek postrádá. Ovšem jsou-li nainstalované v čas plní svou úlohu ochrany. Jedním z významných kladů je jejich využití v místech, kde to technicky, ekonomicky nebo esteticky není přípustné pro trvalá opatření. Dalším je v období povodňového klidu, kdy se bariéry odstraní a díky tomu nadále neovlivňují

urbanizovanou lokalitu. Plusem je, že nevyžadují žádný základ, což snižuje náklady a je možné je libovolně uložit dle potřeby s ohledem na typ mobilních opatření (http://www.vodavkrajine.cz/files/Zvyseni_protipovodnove_ochrany_PBP_laicka).

Jedním z těchto opatření je pytlování. Tento typ je nejdostupnějším a nejrozšířenějším systémem mobilní protipovodňové ochrany. Pytle jsou většinou textilní (juta) nebo z hustého tkaného umělého vlákna. Hmotnost pytlů se pohybuje v rozmezí 30 – 50 kg podle zvoleného typu pytle. Běžně jsou malé o rozměrech 50cm šířky na 60cm délky a větší 70cm na 90cm. Velikosti se mohou lišit. Plnivem je sypký materiál, nejčastěji písky nebo zeminy blízko dané lokality. Musí se koordinovat oblast těžby plnicího materiálu, doprava a veškeré potřebné prostředky pro naplnění. Pytle se plní přibližně na polovinu svého objemu, aby se mohli přizpůsobit povrchu a umožnili vrstvení pytlů do výšky (HEGAR, BRETTSCHEIDER, 2007)

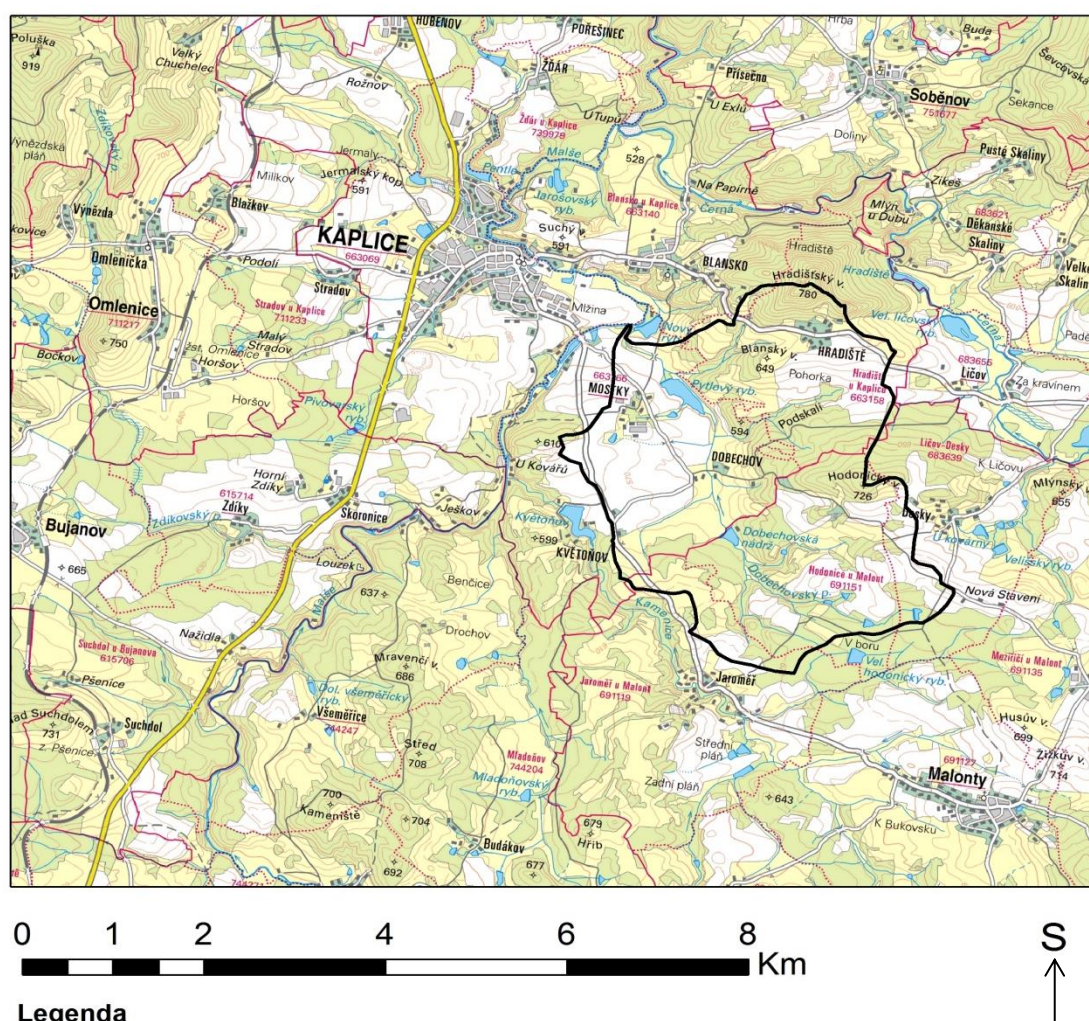
3. Cíl práce

Cílem této práce je výběr území, jeho analýza a popis lokality zaměřený na možné povodňové riziko. Průzkum se soustředí na zdroje povodňového rizika a možnosti jejich odstranění nebo alespoň zmírnění. Dalším krokem bude návrh protipovodňových opatření a výběr nejvhodnějšího pro danou lokalitu.

4. Metodika

4.1 Materiál

Zvolená lokalita se vyskytuje v Jihočeském kraji a v okrese Český Krumlov. Spadá do povodí Horní Vltavy. Nachází se jihovýchodně od města Kaplice. Ve vybraném povodí nalezneme obce Dobečov, Mostky a Hradiště. Rozkládá se v nadmořské výšce 550 - 780 m.n.m.



Mapa č. 1 – Lokalizace povodí Dobečovského potoku.

4.2 Metodika

V první řadě jsem si zvolil povodí. Při výběru jsem zohlednil, zda je daná lokalita ohrožována povodní. Dalším kritériem byla jeho přístupnost a vzdálenost, abych mohl provést terénní průzkum. Veškeré potřebné podklady o umístění toku jsem získal prostřednictvím počítačového softwaru GIS. Skrze tento program jsem vytyčil povodí ve vybrané lokalitě. Abych toto mohl učinit, využil jsem podkladových map, které poskytuje Český úřad zeměměřičský a katastrální (ČÚZK). Využíval jsem prohlížečí služby WMS, které mi umožňovali přístup k potřebným mapám, např. ZABAGED, ZM-10, Ortofoto. Další částí práce bylo zpracování landuse, jinak také využití krajiny. Tímto jsem získal informace o povodí, rozlohu, zastoupení jednotlivých kultur, luk, lesů, městské zástavby, komunikace, vodní plochy atd. Poté jsem vypracoval stupeň ekologické stability, na jehož základě jsem určil stabilitu území.

Dalším krokem bylo určení charakteristiky přírodních podmínek. Pro získání potřebných informací jsem použil Atlas podnebí ČR. V atlase jsem vyčetl průměrné roční srážky a teploty a další hodnoty obsažené v kapitole, popis zvolené lokality. Celé povodí spadá pod Novohradské hory, z čehož vyplývá, že se jedná o chráněnou oblast přirozené akumulace vod. Vycházel jsem z map poskytující Hydroekologický informační systém (HEIS). Po sepsání výše uvedených informací jsem si vytiskl vygenerovanou mapu povodí prostřednictvím softwaru GIS a provedl průzkum v terénu.

Průzkum povodí jsem provedl na podzim roku 2014 a následně v březnu 2015. Soustředil jsem se na oblast od Dobečovské nádrže až po ústí potoku. Tuto oblast jsem zvolil s ohledem na možnost vzniku škod způsobených přívalovou vodou. Nad nádrží se potok nachází převážně v lese a nehrozí zde riziko škod. Zaměřil jsem se na koryto toku a jeho blízké okolí. Postupoval jsem směrem od nulového říčního kilometru, tedy od ústí toku až k Dobečovské nádrži. Při průzkumu jsem pořizoval fotodokumentaci, prováděl zápisky v jakém stavu je současné koryto toku a jaké bych navrhl revitalizační prvky.

Po dokončení rekognoskace toku jsem využil odborné literatury pro určení nejvhodnějších revitalizačních prvků s ohledem na výpisky. Inspiroval jsem se také historickými mapami z období konce 19. století a jinými projekty zaměřenými na

obnovu přirozeného rázu toku. Když jsem navrhl jednotlivé úpravy navštívil jsem firmu Zvánovec a.s. kde, jsem konzultoval jednotlivé úpravy. Informoval jsem se, kolik přibližně mohou stát tyto korekce krajiny a v jakém časovém rozmezí by se uskutečnili v praxi jednotlivé práce. Veškeré tyto data jsem uvedl do kapitoly realizace protipovodňových opatření. Na konec jsem vytvořil mapový výstup prostřednictvím GIS softwaru kde, jsem zakreslil, v jaké části se revitalizace bude realizovat.

5. Výsledky a diskuze

5.1 Popis zvolené lokality

Zvoleným povodím pro tento cíl práce je Dobečovský potok. Lokalita je velice svažité a hrozí zde riziko povodní. Tento potok ohrožuje obci Dobečov a město Kaplice. Kaplice není tímto tokem přímo ohrožována. Nebezpečí zde přichází od řeky Malše, do které se Dobečovský potok vlévá. Potok přivádí velké množství přívalové vody do řeky a tím napomáhá k zvyšování hladiny.

Lokalita kolem řeky Malše je často zatopená a to má především dopad na město Kaplice. Již z historie, po roce 1945 se zde začali budovat retenční nádrže s trvalým vodním obsahem. Pro příklad se jedná o Nový rybník nacházející se mezi obcemi Blansko a Mostky. Byly vybudovány za účelem snižování vlévání přívalové vody do řeky Malše. Při povodních v roce 2002 došlo k zasažení města Kaplice povodňovou vodou. Škody byly rozsáhlé. Částečně z důvodu, že došlo ke zpomalení odtoku Malše nadměrným vléváním přítoku Černá. Ta byla rozvodněna protřzenou Soběnovskou přehradou. Řeka Malše byla dále zásobována přítoky potoků v okolí, včetně Dobečovského.

Převážná část povodí je tvořená lesními kulturami a loukami. Orná půda má rozlohu větší než TTP, ovšem v současné době je většina ponechávána jako trvale travní porost. Většina luk slouží převážně pro sečení, případně pastvu. V tabulce (č. 1) lze vyčíst rozlohu jednotlivých kultur a hodnoty SES.

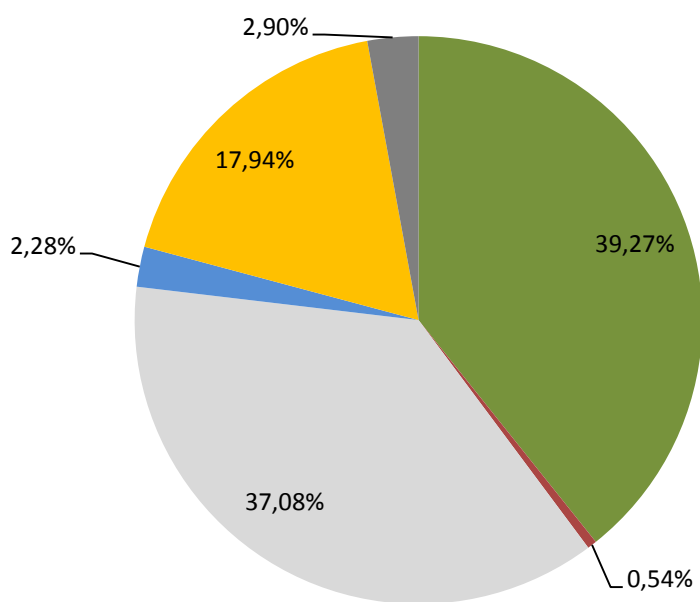
Z hodnoty SES 2,421 vyplývá, že krajina je poměrně stabilní. To způsobuje hlavně velké zastoupení lesů, které zaujímá podobnou rozlohu jako orná půda. Výstup vyhotoveného map lze nalézt v příloze obrázků, landuse pod číslem (Mapa č.1) a SES (Mapa č.2) Procentuálně je landuse a SES uveden v grafech.

Kultura	Rozloha celková m ²	SES	Rozloha celková m ²	Rozloha * SES	SES
Lesy	4 934 775	0	398 369	0	2,421
Komunikace	67 472	1	4 659 728	4 659 728	
Orné půdy	4 659 728	2	2 254 726	4 509 452	
Vodní plochy, toky	286 949	3	22 138	66 414	
TTP	2 254 726	4	4 967 913	19 871 652	
Zastavěné území	364 035	5	264 811	1 324 055	
Celkem	12 567 685	Celkem	12 567 685	30 431 301	

Tabulka č.1 – Rozloha kultur a SES zastoupených ve vybraném povodí

Landuse - zastoupení kultur

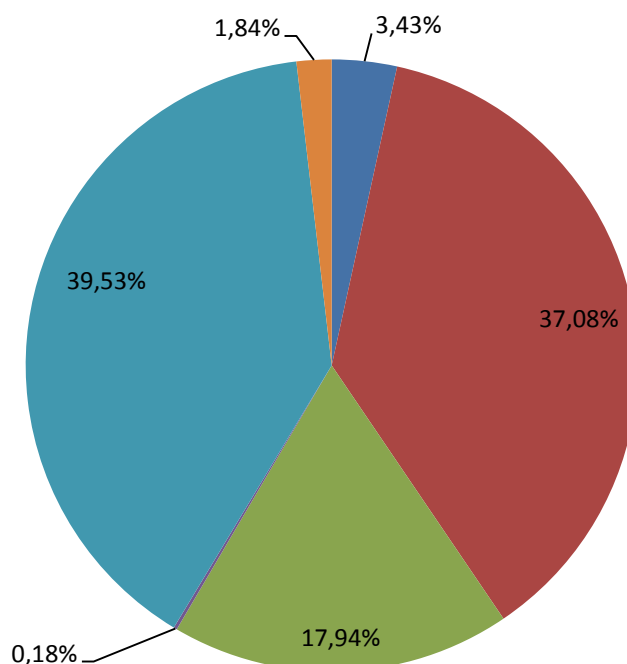
■ Lesy ■ Komunikace ■ Orné půdy ■ Vodní plochy, toky ■ TTP ■ Zastavěné území



Graf č. 1 – Landuse vybraného území

SES

■ SES 0 ■ SES 1 ■ SES 2 ■ SES 3 ■ SES 4 ■ SES 5



Graf č. 2 – Stupeň ekologické stability vybraného území

Z pohledu geomorfologického členění spadá povodí od Hercynského systému-pohoří, následně do České vysočiny rozdělnou na Šumavskou subprovincii-hornatinu. Nejvíce zastoupenými půdními typy jsou ve vybrané oblasti gleje, kambizemě a organozemě.

Oblast dle klimatického indexu je humidní a podle vláhového indexu mírně vlhká. Vegetační stupeň je bukový. Jedná se o Českokrumlovský bioregion. Výrobní oblast je bramborářská, jelikož reliéf terénu je velmi členitý a svažité (<http://geoportal.gov.cz>)

Část povodí zasahuje do přírodního parku v oblasti Hradištského vrchu. Průměrný roční úhrn srážek je ve vybraném povodí 600 – 700 mm. Ve vegetačním období, tedy od dubna do září je průměrný úhrn srážek 450 – 500 mm. Bouřkové dny v roce jsou dle atlasu podnebí ČR v rozmezí 24 – 27 dnů. Průměrná roční teplota se pohybuje kolem 7 – 8 °C a ve vegetačním období (duben-září) 12°C. Počet dnů kdy teplota klesne pod -0,1 °C je 130. V níže uvedených tabulkách jsou rozepsány jednotlivé měsíce s průměrným úhrnem srážek a teplot. Veškerá potřebná data jsem

získal prostřednictvím online prohlížeče mapy podnebí Česka
(<http://gislib.upol.cz/app/stepanova10/map.html>)

	Měsíc	Srážky (mm)
I.	Leden	20 - 30
II.	Únor	30 - 40
III.	Březen	40 - 50
IV.	Duben	40 - 50
V.	Květen	80 - 100
VI.	Červen	100 - 120
VII.	Červenec	80 - 100
VIII.	Srpen	80 - 100
IX.	Září	50 - 60
X.	Říjen	40 - 50
XI.	Listopad	40 - 50
XII.	Prosinec	30 - 40

Tabulka č. 2 – Průměrný úhrn srážek

	Měsíc	Teploty (°C)
I.	Leden	- 2°C
II.	Únor	- 2°C
III.	Březen	2°C
IV.	Duben	6°C
V.	Květen	10°C
VI.	Červen	13°C
VII.	Červenec	16°C
VIII.	Srpen	14°C
IX.	Září	12°C
X.	Říjen	8°C
XI.	Listopad	2°C
XII.	Prosinec	- 1°C

Tabulka č. 3 – Průměrné roční teplota

5.1.1 Vodní zdroje

Zájmová oblast se nalézá v chráněné oblasti přirozené akumulace vod (CHOPAV) Novohradské hory. V této chráněné lokalitě je omezený odběr vod, zákaz vypouštění nečištěných odpadních vod. Dalším zpřísněním je doprava s ropnými produkty a chemickými látkami a hospodaření s tuhým komunálním odpadem. V severovýchodní části povodí je část území součástí Hradištského vrchu. Zde se vyskytují zdroje vody pro lidskou potřebu a spadají do ochranného pásma III. stupně. Veškerá činnost v této lokalitě podléhá zásadám pro ochranu vodních zdrojů.

Ve zvoleném povodí se nevyskytují žádné významné vodní nádrže, pouze povrchové vody stojaté. Tomuto popisu odpovídají vodní nádrže a rybníky nacházející v povodí Dobečovského potoku, kterými jsou Pytlový rybník o rozloze 7,8 ha, Dobečovská nádrž 2,4 ha dále Malý Hodonický rybník s plochou 0,6 ha a posledním Květonovský rybník s výměrou 0,57 ha. S ohledem na poškození hrází, by měla probíhat pravidelné revize a údržba s ohledem na dlouhodobou funkci.

5.1.2 Možné zdroje povodňového rizika

Povodí se nachází ve svažitém území. Při náhlých přívalových srážkách dochází k povrchovému odtoku vody. Následně povrchová voda stéká do údolnice. Nejvíce vody přitéká z jihovýchodní části povodí, jelikož je zde území nejvíce svažité. Páteřní tok má mnoho ramen, ze kterých přitéká velké množství vody. Část vody je zachycena v rybnících kolem toku, které zde slouží jako retenční nádrže. Z tohoto vyplívají další rizika. Nachází se zde Dobečovská nádrž případně i ostatní nádrže, u kterých by mohlo dojít k protržení hráze. Pokud dojde k překročení maximálního objemu vodních nádrží, přestanou nadále zadržovat vodu a ztratí tím ochrannou funkci. V tomto případě by byla veškerá voda odváděna Dobečovským potokem. Při poškození Dobečovské hráze by došlo k zasažení obce Dobečov, která se vyskytuje na hlavním korytě toku směrem po proudu, 700 metrů od hráze nádrže.

5.2 Dobečovský potok

5.2.1 Základní údaje

Plocha povodí tvoří 12,7km² a délka toku je 6 km. V hydrologickém pořadí ČR spadá do povodí 4. řádu pod číslem 1-06-02-016. 1. řádu – řeky Labe, 2. řádu řeky Vltava, nakonec se vlévá se do povodí 3. řádu, do řeky Malše.

Koryto Dobečovského potoka bylo z části revitalizováno počátkem 90. let 20. století. Revitalizace spočívala v zachování původní trasy toku s vložením dřevěných a betonových prahů, tůní a přehrázek. V jedné z publikací byl tento typ revitalizace označen jako „zdobení“ odvodňovacích kanálů (JUST a KOL., 2005). Jednalo se o revitalizace tzv. 1. generace. Jsou to finančně nenáročné projekty a jejich cílem je snížení průtočné rychlosti a ukládání sedimentů. Avšak při zvýšeném průtoku nesplnili jejich účel. V místech kde, proběhla revitalizace, došlo k selhání ochranných funkcí. V současnosti se jeví tyto opatření jako nevhodná.

V místech od Pytlového rybníku až k ústí nalezneme betonové panely v korytě jakožto technickou protipovodňovou ochranu, která je místně poničená. Tato část koryta nebyla tolik zasažena působením přívalové vody, ale došlo, k zvýšení rychlosti průtoku což zapříčinilo poškození míst, kde betonové monolity nebyly.

5.2.2 Návrh protipovodňových opatření

Protipovodňová opatření by se zde dali realizovat jak technická tak organizační. S ohledem na již provedené úpravy koryta potoku a možností rozliti přívalové vody, není nezbytně nutné v dané lokalitě realizovat protipovodňová opatření. Většina toku se nachází v oblasti, kde místa blízké korytu jsou zatravněné nebo zalesněné. Koryto potoku i po posledních povodních zůstalo téměř bez poškození a obce v blízkosti toku nebyly příliš zasažené. Přesto zde hrozí riziko spojené s nadměrným vléváním do řeky Malše. Ideálním řešením je provést revitalizační opatření.

Část toku směrem od Dobečovské nádrže byla zrenovována až do obce Dobečov pro snížení kulminačního průtoku. V tomto místě není třeba provádět žádná revitalizační opatření, po celé délce tohoto úseku je možné vyběžení, kde

nedojde k žádným materiálním škodám. Za obcí dojde k zúžení a koryto se mění zpět v přirozené až k Pytlovému rybníku (Foto č.8). Opět v celé této délce není zapotřebí provádět ochranné úpravy toku, jelikož protéká mezi loukami a rybník plní ochrannou funkci. Podél koryta toku nacházející se v blízkosti rybníku je velmi často zamokřená půda, což způsobuje přítok ze svažitého území, který vzniká při vydatných srážkách (Foto č. 7).

Od tohoto místa by podle mého názoru měla proběhnout revitalizace toku. Koryto je zde vytvořené z různých tvárnic a betonových desek. Podél rybníku je vytvořený ochranný val, hráz, která ohraničuje rybník (Foto č. 1). Dále je znečištěné po povodních, zanesené sedimentem a v určitých místech i poškozené. V místě přibližně 20 metrů od ústí do řeky je silně poškozeno koryto vlivem nadměrné průtokové rychlosti (Foto č.5;6). Od roku 2002, kdy došlo k vzniku těchto škod (Foto č. 5), se s každým následným kulminačním průtokem zvyšují.

Revitalizační úpravy by se realizovali na vodoteči ř.km 0,000 – 1,480 počínaje od ústí potoka až k Pytlovému rybníku (Mapa č. 3). Veškeré úpravy by měli zapadat do zdejšího rázu krajiny. Revitalizace by měla být soustředěná především na vyčištění koryta a jeho trasování. Na mapách z konce 19. století je vidět, že potok byl více meandrující, i přestože zde již vedle cesta (Foto č.9). Dalším stěžejním prvkem by bylo obnovení členitosti podélného profilu. Obnovit přirozenou stabilitu koryta. Použít kamenivo a štěrk pro zdrsnění koryta a zmírnění podélného sklonu. V průběhu let došlo k narovnání trasy toku. Ideální by byl návrat k historickému stavu.

Z mého pohledu je největším problémem, stabilizace břehů a příčný průřez koryta. Poslední technické zásahy zde byly cíleny na navýšení kapacity. Příčný profil je lichoběžníkový (Foto č.2).

Ve vybrané části toku, je možné vybřežení bez následných škod. Podél celého úseku se vyskytují solitérní stromy, travnaté a keřové porosty (Foto č.2;4). Nikde se zde nenachází zástavba ani jiný objekt, na kterém by mohli vzniknout zaplavením škody. Některé pozemky jsou v této části evidovány jako orná půda, ovšem v posledních letech zde nebyly pěstovány žádné zemědělské plodiny. Většina těchto pozemků je nechána ladem ani nedochází k sečení.

5.2.3 Realizace protipovodňového opatření

Po odstranění nežádoucí vegetace v jarních měsících a její likvidaci bude následovat demontáž panelového opevnění koryta a žlabovek v jeho dně. Vybourané konstrukce budou odvezeny a uloženy na skládku dle zákonných podmínek. Stávající kamenné záhozy budou vytěženy, uloženy na mezideponii v rámci staveniště ke zpětnému použití. Následnými zemními pracemi bude vytvořena nová trasa toku a vytvarován podélný profil i příčný profil koryta. Kamenné pohozy zajistí zpevnění dna a svahů. V exponovaných místech (vnější strana meandru) použijeme záhozy z lomového kamene. Jako rozčleňující prvek budou nepravidelně vloženy balvany. Dokončující práce spočívají ve výsadbě doprovodné zeleně a zatravnění dotčených ploch (podzim).

Harmonogram postupu prací bude zahájen s ohledem na nutnost dotčenou oblast zbavit náletových křovin a stromů zabraňujících realizaci revitalizace v únoru až březnu. Na takto připraveném území je možné provést odstranění stávajících konstrukcí v korytě. Na základě předpokladu úhrnu průměrných srážek v průběhu roku, respektive objemu průtoku v korytě, jsou příhodné měsíce duben až květen, v nichž by měly proběhnout zemní práce a opevnění včetně usazené velkých solitérních kamenů. Následná výsadba 25 kusů dřevin se odvíjí od fenologického kalendáře, a proto bude uskutečněna v období září až říjen. V rámci dokončujících prací proběhne osetí travním semenem na všech plochách zasažených stavbou. Propočet předpokládaných nákladů vyvolaných navrhovaným řešením revitalizace toku (Tabulka č. 4)

Popis	Měrná jednotka	Počet měrných jednotek	Jednotková cena	Cena celkem
Stromy do průměru kmene 30cm	Ks	15	180,00 Kč	2 700,00 Kč
Křoviny	m ²	100	55,00 Kč	5 500,00 Kč
Vybourání prefabrikovaných prvků včetně likvidace	m ³	232	2 250,00 Kč	521 100,00 Kč
Rozebrání stávajících kamenných záhozů	m ³	150	200,00 Kč	30 000,00 Kč
Vyčištění koryta od sedimentů	m ³	463	115,00 Kč	53 268,00 Kč
Rozproštění vytěžené zeminy (tl. 0,5m)	m ²	926	23,00 Kč	21 307,20 Kč
Zatavnění	m ²	2 470	10,00 Kč	24 704,00 Kč
Výkopy pro koryta vodotečí trasování (tvarování koryta)	m ³	300	100,00 Kč	30 000,00 Kč
Svahování v zářezích	m ²	1 544	42,00 Kč	64 848,00 Kč
Kamenné pohozy bez dodávky materiálu (z vytěženého)	m ³	150	380,00 Kč	57 000,00 Kč
Kamenné záhozy	m ³	113	1 320,00 Kč	148 500,00 Kč
Pohoz z menšího kamene	m ³	1 590	850,00 Kč	1 351 755,00 Kč
Balvanitý skluz	ks	10	3 500,00 Kč	35 000,00 Kč
Výsadba stromů výšky do 2m	ks	25	400,00 Kč	10 000,00 Kč
Cena celkem bez DPH				2 355 682,20 Kč
DPH 21%				494 693,26 Kč
Cena celkem včetně DPH			2 850 375,46 Kč	

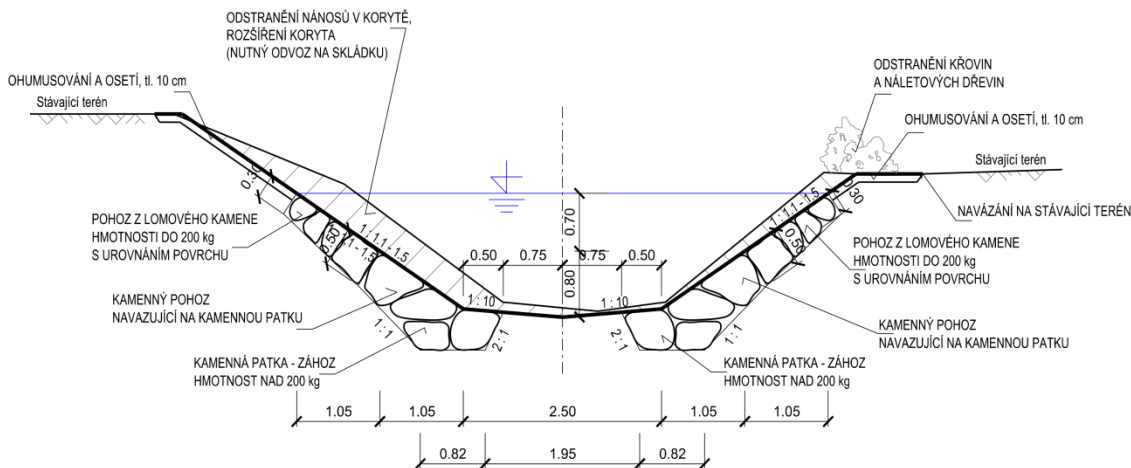
Tabulka č. 4 – Propočet nákladů revitalizace

VZOROVÝ PŘÍČNÝ ŘEZ KORYTA

M 1:50, KÓTOVÁNO V METRECH

VYSVĚTLIVKY K PŘÍČNÝM ŘEZŮM

DRUH PRÁCE	OZNAČENÍ	MÉR. JED.
VÝKOP V KORYTĚ (VE VODĚ)	VK	m ²
VÝKOP V KORYTĚ (NA SUCHU)	V	m ²
NÁSYP HUTNĚNÝ	N	m ²
SVAHOVÁNÍ ZÁŘEZU	SZ	m
SVAHOVÁNÍ NÁSPY	SN	m
ROVINA NÁSPY	RN	m
ZÁHOZOVÁ PATKA	ZK	m ²
KAMENNÝ POHOZ S UROVNĚNÍM POVRCHU	PK	m ²
HUMUSOVÁNÍ ROVINY	HR	m
HUMUSOVÁNÍ SVAHU	HS	m



Obrázek č. 1 – Návrh příčného řezu koryta, zdroj Zvánovec a.s.

6. Závěr

V našem současném průmyslově rozvinutém hospodářství roste spotřebou vody a tím také její význam pro společnost. Z toho vyplývá důležitost výše zmíněných opatření, která by měla zajistit dostatek kvalitní pitné i užitkové vody a zároveň chránit před škodami způsobenými velkou vodou. S ohledem na členitost a charakter krajiny je nezbytně nutné velmi zodpovědně volit jednotlivá navrhovaná opatření. V minulosti byla v našich zemích preferována zvláště některá opatření technického charakteru zabezpečující převážně ochrannou funkci. Tato jsou obvykle ekonomicky velmi nákladná a náročná na vlastní provádění díla i následnou údržbu a velkou měrou ovlivní přirozený ráz dotčené oblasti.

Trendem posledních let je návrat k přirozenému rázu krajiny. Dříve narovnávané vodní toky jsou dnes často revitalizovány, tzn. obnovu původních koryt opevněných kamennými záhozy, zpomalování toků příčnými dřevěnými či kamennými prahy a skluzy i následnou výsadbou vegetace. Při minulých povodních, které zasáhly mnohé lokality, se projeví stávající opatření jako nedostatečná nebo nevhodná, ochranné hráze nedokázaly zadržet přívalové vody, a proto jsou nyní navrhovány jiné způsoby např. řízený rozliv do míst, kde nedojde k velkým škodám. V současné době se mění pohled na ladem ležící pozemky, na kterých byly dříve prováděny meliorace za účelem snížení zamokření. Nový význam získávají jako mokřady s velkou biodiverzitou a značnou akumulací schopností. Také současná zemědělská činnost je více sledována odbornou veřejností a pod jejím tlakem nucena k častějšímu využívání organizačních opatření. Historie prokázala důmyslnost rybníčních soustav např. v jižních Čechách, kdy prokázaly svou velikou retenční a akumulací schopnost opakovaně při povodňových stavech. K dosažení uspokojivých výsledků je zapotřebí kombinace všech vhodných opatření. Tímto způsobem by v budoucnu měly být zlepšeny hydrologické podmínky v našich zemích.

Současný stav Dobečovského potoku není ideální a tudíž by bylo vhodné provést revitalizační úpravy, například výše uvedené. Od roku 2002 se ukázalo, že tento tok má značný vliv na zvýšení průtoku řeky Malše, která následně zasáhne město Kaplice a způsobí materiální škody. V povodí se nachází rybníky, které umožňují dočasnou akumulaci přívalové vody, ovšem jsou omezeny svou

objemovou kapacitou. To vše vede k tomu, aby se nad vybranou lokalitou zamyslelo a došlo zde k realizaci opatření, které zmírní dopad těchto výjimečných stavů.

V historii již zde proběhli jistá technická opatření, ale ty měly spíše negativní dopad. Napřímení koryta toku vedlo jen ke zvýšení průtoku v korytě, přestože voda odtéká z povodí rychleji, působí více škod, než kdyby zde zůstávala. V tomto povodí, v úseku, který byl technicky upraven, by mohlo docházet k vybřežení vody. Nevyskytuje se zde žádná zástavba ani zemědělsky obdělávané půdy, pouze křoviny a travnatý porost. To umožňuje využít revitalizačních úprav, které se soustředí na snížení průtoku a napomůžou k navrácení přirozeného stavu koryta. Veškeré výše zmíněné zásahy by měly přinést zvýšení retenční schopnosti, biologickou rozmanitost území a vytvořit významný krajinný prvek.

7. Seznam příloh

1. ADAMEC, V., DVORSKÝ, T., FOLWARCZNY, L., KROČOVÁ, Š., PAGÁČ, J., ŠINDLER, J., VÁCLAVÍK, V., ŽIDEK, D., Ochrana před povodněmi a ochrana obyvatelstva, 1st ed.; Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství: Ostrava, 2012. 131 s.
2. DUMBROVSKÝ, M. Příspěvek k řešení vodního hospodářství krajiny v pozemkových úpravách. 1st ed. Brno: Vutium, 2010. 44 s.
3. FIENER, P., AUERSWALD, K., WEIGAND, S. Managing erosion and water quality in agricultural watersheds by small detention ponds. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2005, Vyd. 110, 132–142.
4. 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.
5. HEGAR, J., BRETTSCHEIDER J. Ochrana obyvatelstva před povodněmi, stavby mobilních protipovodňových hrází, 1 st ed.; Ostrava, 2007. 78 s.
6. HOLÝ, M., DVOŘÁK, P., HÁLEK, V., ŠOLTÉS, J. Odvodňovací stavby. 1st ed. Bratislava: Nakladatelství technické literatury, 1984. 468 s.
7. HUBAČÍKOVÁ, V., OPPELTOVÁ, P., Úpravy vodních toků a ochrana vodních zdrojů, 1st ed.; Mendelova zemědělská a lesnická univerzita: Brno, 2008. 131 s.
8. JUST, T., MATOUŠEK, V., DUŠEK, M., FISCHER, D., KARLÍK, P. Vodohospodářské revitalizace a jejich uplatnění v ochraně před povodněmi. 3rd ed. Hořovicko: Státní zemědělské nakladatelství, 2005. 359 s.
9. JUST, T. Obnova rybníků : obnova malých vodních nádrží jako významných krajinných prvků. 1st ed. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, 2009. 28 s.
10. KIEDRZYŃSKA, E., KIEDRZYŃSKI, M., ZALEWSKI, M. Sustainable floodplain management for flood prevention and water quality improvement. *Natural Hazards* 2014, 76 (2), 955–977.
11. KRÁLOVÁ, H. Řeky pro život: revitalizace řek a péče o nivní biotopy, 1st ed.; ZO ČSOP Veronica: Brno, 2001. 439 s.
12. NĚMEC, J. Hydrologie. 1st ed. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1965. 378 s.

13. NOVÁK, L. st., NOVÁK, L. ml. Protipovodňová opatření v České republice, 1st ed.; Český svaz vědeckotechnických společností: Praha, 2011. 64 s.
14. PLECHÁČ, V. Vodní hospodářství na území České republiky, jeho vývoj a možné perspektivy. 1st ed. Praha: EVAN, 1999. 248 s.
15. POKORNÝ, J. Vodní hospodářství: stavby v rybářství. 1st ed. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 2006. 318 s.
16. ŘÍHA, J., Ochranné hráze na vodních tocích. 1st ed. Praha: Grada, 2010. 223 s.
17. SLAVÍK, L., NERUDA, M. Voda v krajině, 1st ed.; Univerzita J.E. Purkyně, Fakulta životního prostředí: Ústí nad Labem, 2007. 176 s.
18. SLAVÍKOVÁ, L., BENEŠ, R., BAREŠ, V., JÍLKOVÁ, J., STRÁNSKÝ, D., VALENTOVÁ, M. Ochrana před povodněmi v urbanizovaných územích, 1st ed.; IREAS, Institut pro strukturální politiku o. p. s.: Praha, 2007. 82s.
19. SOUKUP, M. Opatření v zemědělské krajině pro zlepšení vodních útvarů. 1st ed. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 2006. 108 s.
20. SOUKUP, M., EICHLER, J., SKLENIČKA, P., KULHAVÝ, Z., VLČKOVÁ, M., PILNÁ, E. Biotechnická opatření v krajině pro zvýšení retence vody na odvodněných pozemcích v pramenných oblastech: Metodika a katalog navrhovaných opatření. 1.vyd. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy Praha, 2008, 81s.
21. TLAPÁK, V., ŠÁLEK, J., LEGÁT, V. Voda v zemědělské krajině. 1st ed. Praha: Ministerstvo životního prostředí ČR, 1992. 318 s.
22. VOTRUBA, L., BROŽA, V. Hospodaření s vodou v nádržích, 1st ed.; Státní nakladatelství technické literatury: Praha, 1966. 323 s.
23. WORTMANN, Ch. S., AL-WADAEY, A., FRANTI, T.G., SHAPIRO, Ch.A, EISENHAEUER, D.E. Effectiveness of Grass Filters in Reducing Phosphorus and Sediment Runoff. *Water, Air, & Soil Pollution*, 2012, Vyd. 223, 5865–5875.
24. Mobilní protipovodňové hrazení. Povodňový portál. <https://www.povodnovyportal.cz/protipovodnove-hrazeni> (vloženo 12. března, 2015).
25. ŠINDLAR, M., DUMBORVSKÝ, M. Přírodě blízká protipovodňová opatření – možnosti jejich financování a realizace. Voda v krajině. http://www.vodavkrajine.cz/files/Zvyseni_protipovodnove_ochrany_PBPPO_laicka.pdf (vloženo 9. března, 2015).

26. DOLEŽAL, P., PAVLÍK, M., STRÍTECKÝ, L., DUMBROVSKÝ, M., MARTÉNEK, J. Metodický návod k provádění pozemkových úprav, 2012. eAGRI. <http://eagri.cz/public/web/mze/venkov/uzemkovy-uprav/legislativa/metodicky-navod-k-provadeni-pozemkovych.html> (vloženo 12. března, 2015).

8. Seznam obrázků

Foto č. 1 – Dobečovský potok, u Pytlového rybníku, foto: David Neubauer	50
Foto č. 2 – Dobečovský potok, lichoběžníkový profil koryta, foto: David Neubauer ..	50
Foto č. 3– Dobečovský potok, okolí toku, foto: David Neubauer	51
Foto č. 4 – Dobečovský potok, foto: David Neubauer.....	51
Foto č. 5 – Dobečovský potok, poškozený úsek povodněmi, foto: David Neubauer ...	52
Foto č. 6 – Dobečovský potok, poškozený úsek povodněmi, foto: David Neubauer ...	52
Foto č. 7 – Dobečovský potok, zamokřená část, foto: David Neubauer.....	53
Foto č. 8 – Dobečovský potok, přirozené koryto, foto: David Neubauer	53
Foto č. 9 – Historická mapa 19. století, vybraná meandrující část Dobečovského potoka.....	54
Mapa č. 2 – Využití krajiny v povodí Dobečovského potoka.....	55
Mapa č. 3 – Stupeň ekologické stability v povodí Dobečovského potoka	56
Mapa č. 4 – Navržený úsek pro revitalizaci v povodí Dobečovského potoka	57



Foto č. 1 – Dobečovský potok, u Pytlového rybníku, foto: David Neubauer



Foto č. 2 – Dobečovský potok, lichoběžníkový profil koryta, foto: David Neubauer



Foto č. 3– Dobečovský potok, okolí toku, foto: David Neubauer



Foto č. 4 – Dobečovský potok, foto: David Neubauer



Foto č. 5 – Dobečovský potok, poškozený úsek povodněmi, foto: David Neubauer



Foto č. 6 – Dobečovský potok, poškozený úsek povodněmi, foto: David Neubauer



Foto č. 7 – Dobečovský potok, zamokřená část, foto: David Neubauer



Foto č. 8 – Dobečovský potok, přirozené koryto, foto: David Neubauer



Foto č. 9 – Historická mapa 19. století, vybraná meandrující část Dobečovského potoka, zdroj: http://archiv.cbvk.cz/historicke_mapy/data/MA_28_001.php

Landuse - Dobečovský potok



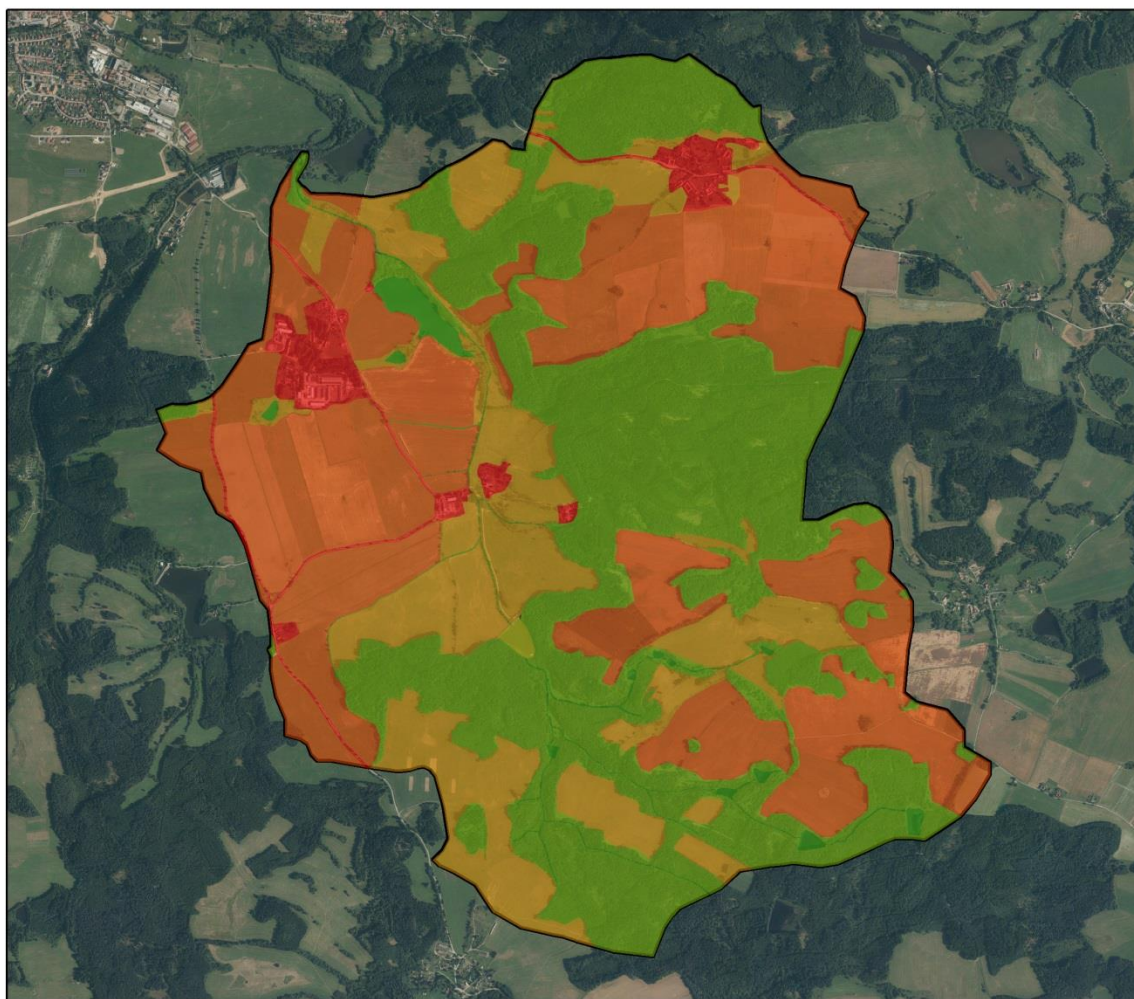
Legenda

-  Komunikace
-  Lesy
-  Louky a pastviny
-  Orné půdy
-  Zastavěné území
-  Vodní plochy
-  Obvod povodí










Mapa č. 2 – Využití krajiny v povodí Dobečovského potoka

SES - Dobečovský potok



0 0,5 1 2 3 4 Km

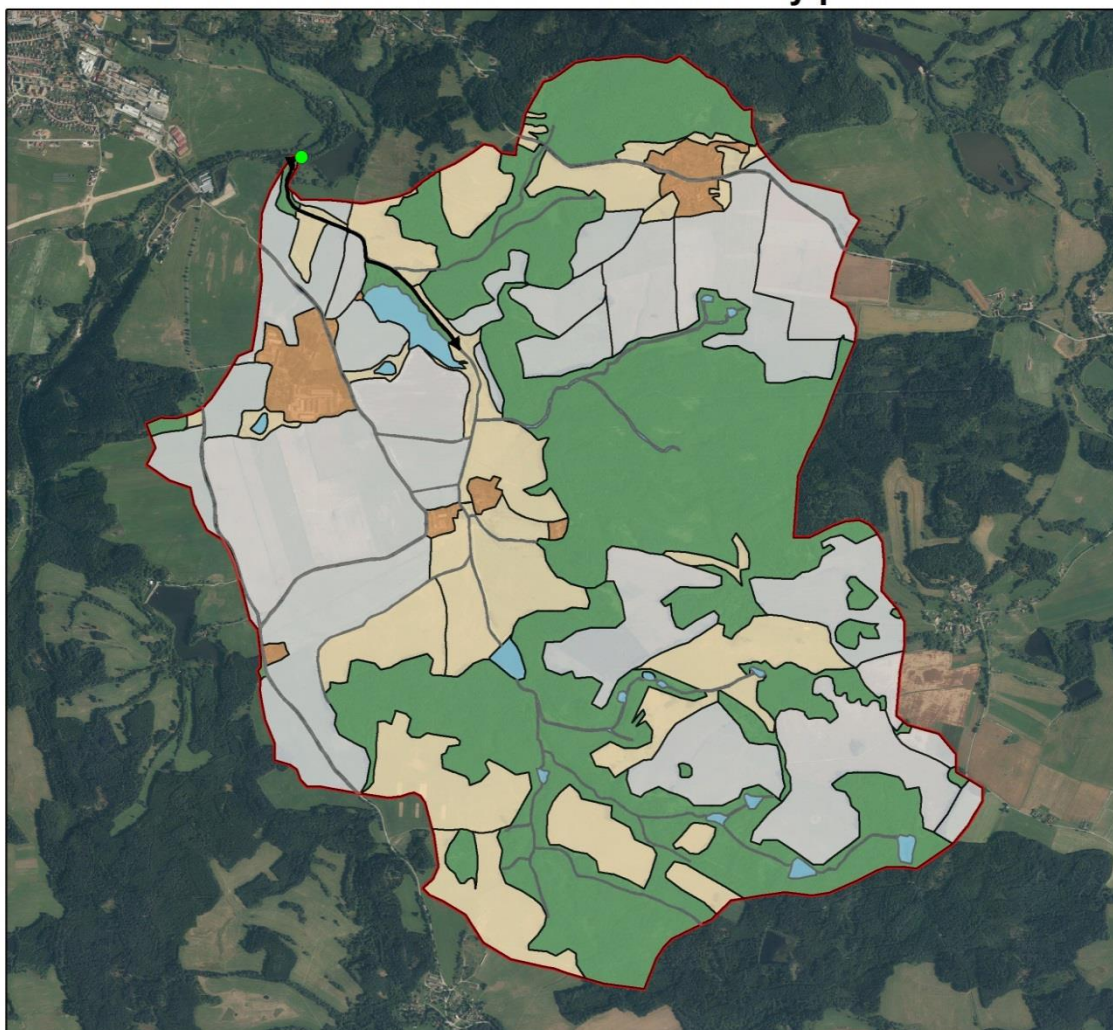
Legenda

-  0
-  1
-  2
-  3
-  4
-  5
-  Obvod povodí



Mapa č. 3 – Stupeň ekologické stability v povodí Dobečovského potoka

Návrh úseku revitalizace - Dobečovský potok



Legenda

- Uzávěr
- ↔ Úsek revitalizace
- ▭ Obvod povodí

Landuse

Kultura

- ▭ Komunikace 2. třídy
- ▭ Lesy
- ▭ TTP
- ▭ Omé půdy
- ▭ Zastavěné území
- ▭ Vodní plochy, toky



Mapa č. 4 – Navržený úsek pro revitalizaci v povodí Dobečovského potoka