



MINISTERSTVO
PRO MÍSTNÍ
ROZVOJ ČR

Ministerstvo pro místní rozvoj ČR
Odbor regionální politiky

MMR-002/2015

T A
Č R

Program **Beta**

Prevence a zmírňování následků přívalových povodní ve vztahu k působnosti obcí

Certifikovaná metodika výsledků výzkumu, vývoje a inovací



Výzkumný ústav meliorací
a ochrany půdy, v.v.i.



květen 2015

Autoři:

RNDr. Pavel Novák, Ph.D. ¹ (novak.pavel@vumop.cz)

Ing. Martin Tomek ² (tomek@vrv.cz)

Ing. Tomáš Hejduk ¹

Ing. Klára Dušková ²

Ing. Jan Cihlář ²

Ing. Jana Maxová ¹

Podíl autorů na řešení: Novák a Tomek po 30%, ostatní autoři po 10%.

¹ Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy Praha, v.v.i., Žabovřeská 250, 156 27 Praha 5, www.vumop.cz

² Vodohospodářský rozvoj a výstavba a.s., Nábřeží 4, 150 56 Praha 5, www.vrv.cz

Recenzovali:

Ing. Martin Pavel – Sweco Hydroprojekt a.s. - ústředí Praha, zástupce ředitele divize Hydrotechniky, ekologie a odpadového hospodářství, Tábořská 31, 140 16 Praha 4

Ing. Josef Reidinger - Ministerstvo životního prostředí, Odbor ochrany vod, Vršovická 1442/65, 100 00 Praha 10

Poděkování:

Metodika vznikla za finanční podpory Technologické agentury ČR, programu BETA, jako plánovaný výstup projektu č. TB010MMR027 „Prevence a zmírňování následků živelních a jiných pohrom ve vztahu k působnosti obcí“.

Metodiku schválilo pro využití v praxi Ministerstvo pro místní rozvoj ČR – odbor regionální politiky, osvědčením č. 002/2015 ze dne 11.6.2015.

V roce 2015 v nákladu 60 ks vydal VÚMOP, v.v.i.

Tisk: Powerprint, s.r.o., Brandejsovo nám. 1219/1, 165 00 Praha 6

Vydání: první, 2015

ISBN 978-80-8736-44-3

Obsah

A	Úvod	4
B	Vlastní popis metodiky	5
B.1	Vymezení přispívajících ploch a výpočet parametrů	7
B.2	Finální výběr kritických bodů	9
B.3	Přiřazení identifikátoru	9
B.4	Kategorie přispívajících ploch	10
B.5	Terénní šetření	11
B.6	Posouzení míry zranitelnosti území pod kritickým bodem (MZÚ)	11
B.7	Vyhodnocení rizikovosti lokality	14
B.8	Katalogové listy kritických bodů	15
B.9	Simulační modely	16
C	Katalog opatření – návrhy opatření pro prevenci před přívalovými povodněmi.....	25
C.1	Preventivní opatření – PO	26
C.2	Revize a náprava stávajícího stavu opatření – RN.....	30
C.3	Přírodě blízká a technická protipovodňová opatření – PBPO	30
C.4	Protierozní opatření - PEO.....	34
C.5	Ostatní opatření - OO.....	39
C.6	Opatření zajišťující zpětnou vazbu – ZV	40
C.7	Zadávaní navržených opatření do simulačních modelů	40
D	Závěr	43
E	Seznamy.....	44
F	Popis uplatnění certifikované metodiky	46
G	Přehled použité literatury.....	46
H	Seznam aktivit, které předcházely metodice	46
I	Dedikace.....	46
J	Prohlášení předkladatele metodiky	47
K	Přílohy	47

A Úvod

Metodika vznikla za finanční podpory Technologické agentury ČR, programu BETA, jako plánovaný výstup projektu č. TB010MMR027 „Prevence a zmírňování následků živelních a jiných pohrom ve vztahu k působnosti obcí“.

Povodně z přívalových srážek (přívalové povodně) jsou způsobeny krátkodobými intenzivními srážkami, které zasáhnou poměrně malé území. Tyto povodně proto představují sice lokální ohrožení, které ale může mít pro zasaženou lokalitu katastrofální důsledky. Většinou jde o místní události zejména ve sklonitých územích na malých vodních tocích, ale i mimo trvalou říční síť.

Jedním z hlavních problémů přívalových povodní je jejich předpověď, která je prakticky nemožná. Přívalové srážky zpravidla zasahují relativně malé území a nejsou ve většině případů včas zaznamenány sítí srážkoměrných stanic ČHMÚ. Výstražné informace vydávané ČHMÚ je tedy možné vztáhnout s menší přesností pouze k podstatně větším územím, nikoliv však k takto malým lokalitám, které jsou díky konfiguraci terénu a dalším okolnostem potenciálně ohroženy přívalovou povodní.

Cíl metodiky

Cílem zpracované metodiky je návrh postupu jak vytipovat, posoudit a vyhodnotit lokality, u kterých je potenciální riziko zvýšeného nebezpečí negativních následků z lokálních přívalových srážek, ale také převést tyto poznatky do praxe a navrhnout vhodná opatření k eliminaci následků přívalových povodní. Škody způsobené přívalovými povodněmi mohou být zmírněny pomocí komplexního systému povodňových opatření.

Povodňová opatření je možné rozdělit na:

- přípravná opatření,
- opatření za povodně,
- opatření po povodni.

Právě přípravná opatření, opatření za povodně a povodňové prohlídky by měly být vstupem pro komplexní řešení dané problematiky. Není možné odděleně navrhovat pouze technická, agrotechnická, přírodě blízká a jiná opatření aniž by se současně kladl důraz na stávající situaci nejen v povodí, ale i v organizaci povodňové služby.

B Vlastní popis metodiky

Metodika navrhuje postup upřesnění stávajících kritických bodů (dále jen „KB“) za využití přesnějších vstupních dat (např. morfologie terénu z Digitálního modelu reliéfu 4. (5.) generace, využití území z databáze LPIS) a v rozdělení kritických bodů do kategorií dle míry nebezpečí vzniku přívalové povodně. Tato analýza bude doplněna terénním průzkumem, při kterém bude posouzena zranitelnost území pod kritickým bodem a následně bude vyhodnocena celková rizikovost lokality (kombinace rizika kritického bodu a zranitelnosti území pod ním).

Dále metodika navrhuje postup při tvorbě hydrologického a hydraulického simulačního modelu přes posouzení ohrožení řešené lokality až po návrh opatření pro eliminaci následků přívalových povodní.

Vymezení základních pojmů

Dráhy soustředěného odtoku (DSO): představují místa, kde v důsledku konfigurace terénu dochází k přirozené koncentraci plošného povrchového odtoku, vytváření výrazných odtokových drah a k možnosti vzniku rýhové eroze.

Kritický bod (KB): určen jako průsečík linie dráhy soustředěného odtoku s velikostí přispívající plochy $\geq 0,3 \text{ km}^2$ a hranice zastavěného území obce (intravilánu), který byl analýzou vyhodnocen jako kritický (bylo u něj identifikováno zvýšené nebezpečí povodní z přívalových srážek).

Nebezpečí: charakterizuje „hrozbu“ povodně z přívalové srážky a určuje potenciál ohrožení obce ze srážek, které spadnou na přispívající plochu příslušného kritického bodu.

Přispívající plocha: povodí, jehož uzávěrový (koncový) profil je tvořen příslušným kritickým bodem. V praxi to znamená, že povrchový odtok ze srážky dopadající na území přispívající plochy, doteče do profilu kritického bodu (a pokračuje dále do intravilánu obce).

Přívalová srážka: srážka velké intenzity a v našich oblastech krátkého trvání a malého plošného rozsahu. Způsobuje prudké rozvodnění malých toků a značné zatížení kanalizačních sítí.

Rizikovost: kombinace nebezpečí vzniklého na území přispívající plochy a zranitelnosti území pod kritickým bodem.

Údolnice: čára spojující geodeticky nejnižší místa příčného řezu údolím.

Zranitelnost: náchylnost území pod kritickým bodem ke vzniku škod v důsledku malé odolnosti vůči přívalové povodni.

Metodický postup zpracování

Vlastní metodický postup je popsán detailně v následujících kapitolách, které jsou rozděleny do čtyř ucelených metodických kroků:

- hodnocení přispívajících ploch včetně identifikace kritických bodů,
- simulační modely,
- posouzení ohrožení řešené lokality,
- návrh opatření dle katalogu opatření.

Hodnocení přispívajících ploch včetně identifikace kritických bodů

GIS analýza je prováděna v souladu s metodickým návodem, v softwaru ArcGIS (ESRI) s nadstavbou ArcHydro. Velikost buňky rastru je vzhledem k podrobnosti použitého digitálního modelu reliéfu stanovena na 5 x 5 metrů.

Vstupní data

Data, která je nutná shromáždit pro celé řešené území:

- digitální model reliéfu 4. generace (lze získat u ČÚZK - <http://geoportal.cuzk.cz/>),
- databáze DIBAVOD (Digitální Báze Vodohospodářských Dat) – mapová vrstva vodních toků, (jemné členění) - <http://www.dibavod.cz/>
- mapová vrstva hranice zastavěného území obcí (např. z územně analytických podkladů obcí),
- ortofotomapa,
- databáze LPIS – půdní bloky,
- vrstva CORINE Land Cover 2006,
- vrstva CNII (lze získat u ČHMÚ - <http://www.chmi.cz/>),
- vrstva hodnot úhrnu jednodenních srážek s dobou opakování 100 let (lze získat u ČHMÚ <http://www.chmi.cz/>).

Úprava digitálního modelu reliéfu (DMR)

Digitální model reliéfu je třeba „hydrologicky upravit“, pomocí nástrojů ArcHydro. Prvním je zahloubení toků funkcí Terrain Preprocessing – DEM Manipulation – DEM Reconditioning. Jako referenční vrstva se použije vrstva z databáze DIBAVOD – vodní toky (jemné členění). Následně se provede vyplnění prohlubní pomocí funkce Terrain Preprocessing – DEM Manipulation – Fill Sinks.

Identifikace kritických bodů (KB)

Prvním krokem je vygenerování drah soustředěného odtoku v údolnicích (Obr. 1). Údolnice je čára spojující geodeticky nejnížší místa příčného řezu údolím. Pokud v místě existuje vodní tok, odpovídá vygenerované údolnice trase vodního toku. Jestliže v místě trvalý vodní tok neexistuje, představuje údolnice dráhu, ve které se v případě povrchového odtoku vody během srážky bude tato voda soustřeďovat.

Dráhy odtoku se vygenerují pomocí nástrojů ArcHydro, konkrétně Flow Direction, Flow Accumulation a Stream Definition.



Obr. 1: Vygenerované dráhy soustředěného odtoku (modře)

První identifikaci kritických bodů je možno provést na základě analýzy průsečíků vygenerovaných drah odtoku a hranice zastavěného území obcí (Obr. 2).

Identifikované kritické body se porovnají s kritickými body vymezenými v rámci celorepublikového vyhodnocení. Pokud některé z původních kritických bodů leží mimo hranici zastavěného území, provede se porovnání s ortofotomapou. Pokud je na ortofotomapě patrná hranice zástavby a je v tomto místě vygenerována dráha odtoku, je kritický bod identifikován i v tomto místě (Obr. 3). Pokud je hranice zastavěného území určena pouze z ortofotomapy, je tato informace uvedena v „Poznámce“ v katalogovém listu (viz kapitola B.8).



Obr. 2: Identifikace kritických bodů (žlutě) na průsečíku dráhy odtoku (modře) a hranice zastavěného území obce (růžově)



Obr. 3: Hranice zastavěného území určená z ortofotomapy

B.1 Vymezení přispívajících ploch a výpočet parametrů

Pro všechny tyto body jsou následně vygenerovány příslušné sběrné plochy (ArcHydro Tools Watershed Processing – Batch Subwatershed Delineation). Pokud na jedné dráze odtoku leží pod sebou dva a více kritických bodů, jejich přispívající plochy se překrývají. Toto je nutno zkontrolovat a manuálně opravit (ArcHydro automaticky vygeneruje pouze mezipovodí mezi dvěma kritickými body).

Pro vygenerované přispívající plochy jsou vypočteny parametry vstupující do analýzy konečného vyhodnocení, kterými jsou:

- **Velikost přispívající plochy** – výpočet plochy pomocí nástrojů GIS.
- **Průměrný sklon přispívající plochy** – převod digitálního modelu reliéfu 4. generace na rastr sklonu a následný výpočet průměrného sklonu nástroji GIS (Spatial Analyst – Zonal – Zonal Statistics as Table).
- **Podíl plochy orné půdy** – data o orné půdě zahrnutá ve vrstvě LPIS, doplněná o data z CORINE Land Cover 2006 v lokalitách nezahrnutých do LPIS. Z vrstvy půdních bloků LPIS jsou zahrnuty pouze půdní bloky s kódem kultury 2 (orná půda). Z vrstvy CORINE Land Cover 2006 jsou zahrnuty pouze polygony zařazené do třídy 2.1.1. (nezavlažovaná orná půda) nebo 2.2.1. (vinice).
- **Průměrná hodnota CNII** – výpočet z rastru hodnot CNII pomocí nástrojů GIS. Hodnoty CN reprezentují vlastnosti území a využívají se pro výpočet charakteristik povrchového odtoku způsobeného přívalovou srážkou. Vlastnosti území zahrnují půdní poměry (hydrologické vlastnosti půd podle rozdělení do skupin A, B, C, D dle rychlosti infiltrace) a krajinný pokryv. Čím vyšší je hodnota CN, tím větší objem povrchového odtoku na daném území během srážky vzniká. Vysoké hodnoty CN mají zpravidla zastavěná území s velkým podílem nepropustných ploch.
- **Průměrná hodnota úhrnu jednodenních srážek s dobou opakování 100 let** – výpočet z rastru hodnot úhrnu pomocí nástrojů GIS

Na základě těchto parametrů je vypočtena bezrozměrná veličina F (ukazatel kritických podmínek vzniku negativních projevů povodní z přívalových srážek). Vyšší hodnota tohoto ukazatele F označuje vyšší potenciál nebezpečí vzniku přívalové povodně, to znamená větší ohrožení pro ohroženou obec.

Vzorec pro výpočet ukazatele F:

$$F = P_{p,r} \cdot H_{m,r} \cdot (a_1 \cdot I_p + a_2 \cdot ORP + a_3 \cdot CNII),$$

kde:

F	ukazatel kritických podmínek [-],
a	vektor vah [1,48876; 3,09204; 0,467171],
$P_{p,r}$	relativní hodnota velikosti přispívající plochy (vzhledem k max. 10 km ²) [-],
I_p	hodnota průměrného sklonu přispívající plochy [%],
ORP	podíl plochy orné půdy [%],
CNII	hodnoty CNII pro území ČR,
$H_{m,r}$	relativní hodnota úhrnu jednodenních srážek s dobou opakování 100 let pro území ČR (vzhledem k max. 285,7 mm) [-].

Kromě parametrů potřebných pro konečné vyhodnocení jsou vypočteny ještě doplňkové parametry, sloužící pouze jako rozšiřující informace. Těmito parametry jsou podíl plochy lesního porostu v přispívající ploše a údaj, zda se kritický bod nachází v korytě stávajícího vodního toku, nebo na údolnici bez stálého vodního toku.

B.2 Finální výběr kritických bodů

Finální výběr KB spočívá v identifikaci problematických lokalit na základě kritérií dle metodického návodu. Analýza je prováděna pomocí kombinovaného kritéria. Tím jsou vybrány KB, jejichž přispívající plochy splňují kritéria uvedená v Tab. 1 nebo v Tab. 2.

Tab. 1: Kritéria K1 - K4

ID kritéria	popis kritéria	mezí hodnoty
K1	velikost přispívající plochy	0,3 – 10,0 km ²
K2	průměrný sklon přispívající plochy	≥ 3,5 %
K3	podíl plochy orné půdy v povodí	≥ 40 %
K4	ukazatel kritických podmínek F	≥ 1,85

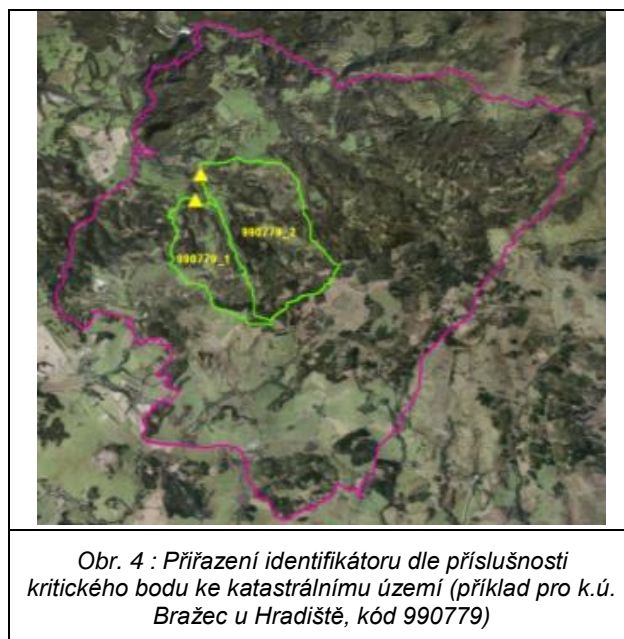
Tab. 2: Kritéria K1A a K2A

ID kritéria	popis kritéria	mezí hodnoty
K1A	velikost přispívající plochy	1 – 10,0 km ²
K2A	průměrný sklon přispívající plochy	≥ 5 %

Všechny KB, jejichž příslušné přispívající plochy splňují podmínky kombinovaného kritéria (K1-K4 nebo K1A-K2A), jsou zařazeny do výsledné množiny. Ostatní KB nejsou dále řešeny.

B.3 Přiřazení identifikátoru

Kritické body a přispívající plochy, které jsou zařazeny do výsledné množiny, jsou označeny identifikátorem (ID). ID je ve tvaru např. „990779_1“, kde prvních 6 číslic (990779) vyjadřuje kód ohroženého katastrálního území, ve kterém se nachází příslušný kritický bod a číslice za lomítkem (1) pořadí (Obr. 4). Pokud se tedy v jednom katastrálním území nachází více kritických bodů, mohou jejich ID vypadat např. 990779_1, 990779_2, 990779_3.



B.4 Kategorie přispívajících ploch

Kritické body a přispívající plochy jsou dále rozděleny do kategorií podle dvou hledisek. Prvním hlediskem je nebezpečnost plochy (velikost hrozby povodně z přívalové srážky). Nebezpečnost plochy závisí na ukazateli kritických podmínek F. Plochy jsou rozděleny podle příslušné hodnoty F do kategorií A, B a C (Tab. 3).

Tab. 3: Kategorie ploch dle nebezpečnosti

kategorie nebezpečí	popis kategorie	hodnota ukazatele F
A	vysoké nebezpečí	> 20
B	střední nebezpečí	7 - 20
C	nízké nebezpečí	< 7

Dalším hlediskem je typ plochy, určený dle vztahu této nově provedené analýzy a původního celorepublikového vyhodnocení (Tab. 4).

Prvním typem jsou plochy „Původní“, které byly identifikovány při celorepublikovém vyhodnocení a touto novou analýzou jsou potvrzeny. U těchto ploch tedy došlo k verifikaci parametrů a je možné porovnat původní a nové hodnoty.

Druhým typem jsou plochy „Nové“, které byly identifikovány na základě GIS analýzy nebo terénního šetření, ale nebyly identifikovány v rámci celorepublikového vyhodnocení. Tyto plochy mohly vzniknout např. díky přesnějším vstupním datům nebo praktickým zkušenostem zástupců obcí s konkrétními lokalitami. Protože nebyly zahrnuty do celorepublikového vyhodnocení, jsou pro ně k dispozici pouze nově vypočtené hodnoty parametrů.

Třetím typem jsou plochy „Vyřazené“, které byly identifikovány při celorepublikovém vyhodnocení, ale z určitého důvodu byly v rámci této analýzy vyřazeny. K vyřazení mohlo dojít zejména na základě přepočtu dle přesnějších vstupních dat nebo po provedení terénního šetření.

Důvody pro vyřazení mohou být například tyto:

- dle GIS analýzy je plocha větší než 10 km²,
- v místě se nenachází hranice zastavěného území,
- v místě nebyla vygenerována údolnice,
- plocha byla rozdělena na několik menších přispívajících ploch, které byly řešeny samostatně,
- kritický bod se nachází těsně pod profilem hráze vodní nádrže, která zajistí transformaci přívalové povodně.

Tab. 4: Kategorie ploch dle typu

kategorie dle typu	popis kategorie	plocha identifikována v rámci celorepublikového vyhodnocení	plocha identifikována v rámci této analýzy
P	Původní plocha	ano	ano
NG	Nově identifikovaná plocha na základě GIS analýzy	ne	ano
NT	Nově identifikovaná plocha na základě terénního šetření	ne	ano
V	Vyřazená plocha	ano/ne	ne

B.5 Terénní šetření

Terénní šetření probíhá ve třech etapách:

- Podrobný průzkum umístění kritického bodu, posouzení umístění bodu, případně posun bodu. Může dojít k posunutí kritického bodu výše nebo níže po dráze odtoku, aby jeho lokalizace přesně odpovídala hranici zastavěného území. Při realizaci tohoto posunu musí být provedeno přezkoumání přispívající plochy a přepočtu jejích parametrů. V případě přesunu kritického bodu do jiného katastrálního území dojde i ke změně ID.
- Podrobný průzkum zastavěného území pod kritickým bodem a vyhodnocení zranitelnosti území – ohodnocení území z hlediska 5 kritérií (viz níže).
- Rámcový průzkum přispívající plochy dle možností přístupu na pozemky, dokumentace přispívající plochy a základních faktorů ovlivňujících vznik přívalové povodně.

V rámci terénního šetření je pořizována fotodokumentace a je sepsán záznam, shrnující hlavní poznatky, případně zkušenosti a postřehy zástupce obce.*

B.6 Posouzení míry zranitelnosti území pod kritickým bodem (MZÚ)

Během terénního šetření probíhá posouzení MZÚ, které je vyjádřeno číselným údajem (rozsah hodnot 1 - 3) určující náchylnost území pod kritickým bodem ke vzniku škod při přívalové povodni. Čím je vyšší hodnota MZÚ, tím více je území náchylné ke vzniku škod. Na základě hodnoty MZÚ jsou následně přispívající plochy rozděleny do kategorií zranitelnosti. Řešený úsek pro vyhodnocení MZÚ je určen odborným odhadem jako úsek, ve kterém má přívalová povodeň významný vliv na přilehlé zastavěné území. V případě, že v obci dochází k soutoku s jiným vodním tokem, je řešený úsek definován územím mezi kritickým bodem a soutokem. Přilehlým územím se rozumí bezprostřední okolí toku, to znamená zástavba přímo na březích tohoto toku.

Vzhledem k tomu, že není znám přesný rozliv vody při povodni, není možné zranitelnost území určit přesně. Toto vyhodnocení zranitelnosti je proto odborným odhadem a slouží pouze jako orientační pro relativní porovnání jednotlivých lokalit mezi sebou. Pro přesnější určení je třeba zpracovat detailní hydrologický a hydraulický model a určit rozlivy pro povodně s různou periodicitou opakování, rychlosti proudění a hloubku vody (viz kapitola B.9).

MZÚ je určena dle pěti kritérií s různými vahami. Největší důraz (největší váha) je kladen na zástavbu pod kritickým bodem. Jako nejdůležitější kritérium je stanoven typ zástavby. Typ zástavby určuje, zda je jedná o zástavbu, u které by v případě přívalové povodně vznikly velké škody, případně by mohlo dojít i ke ztrátám na životech (zástavba obytná, zdravotnická zařízení, školy...), ohrožení životního prostředí únikem nebezpečných látek (průmyslová zástavby) nebo poškození historických hodnot (historické památky), nebo zda se jedná o typ zástavby, kde by tak závažné škody nevznikly (např. zemědělské plochy, garáže). Kromě typu zástavby je vysoká váha přiřazena také hustotě zástavby. Naopak nejnižší váha je přiřazena kritériu, které hodnotí existenci odplavitelného materiálu. Množství odplavitelného materiálu se může v čase měnit a nelze jednoznačně určit, který materiál bude při povodni odplaven a který nikoliv. Proto je tomuto kritériu pro jeho obtížnou identifikaci přiřazena nejnižší váha. Kritéria popisující místa omezující odtokové poměry a morfologii terénu jsou ohodnoceny středními vahami. Místa omezující odtokové poměry jsou ohodnocena větší vahou než morfologie terénu vzhledem k tomu, že při povodni mohou výrazně zvýšit rozliv vody mimo koryto toku, zvláště pokud dojde k jejich zanesení. Hodnoty vah všech kritérií se pohybují v rozmezí 0,8 - 1,2.

* U kritických bodů zařazených do kategorie „vyřazené“ není terénní průzkum prováděn. Pokud je řešeným územím rozsáhlá oblast a je identifikováno velké množství kritických bodů (více než 500, např. je řešen celý kraj), může být terénní šetření provedeno pouze u kritických bodů kategorie nebezpečí A a B. U bodů kategorie C pak bude provedeno pouze v případech participace zástupců samosprávy na šetření v dané ploše.

Kritérium 1 (K1) - Místa omezující odtokové poměry

Váha (V1): 1,0

Místa omezujícími odtokové poměry na tocích jsou veškeré příčné stavby, tj. přemostění, lávky, jezy, nelegálně dodané příčné překážky apod. V těchto místech může při zvýšených průtocích docházet k zadržování splaví, anebo tam, kde parametry koryta nedokážou provést zvýšené průtoky. V důsledku čehož dochází k rozlivu a proudění mimo koryto.

míra zranitelnosti území	popis	hodnota kritéria
Významná	v řešeném úseku se nachází jedno nebo více míst významně omezující odtokové poměry	3
Střední	v řešeném úseku se nachází jedno nebo více míst, která mohou mít na odtokové poměry vliv, toto omezení ale není významné	2
Nízká	v řešeném úseku se nenachází žádné místo významně omezující odtokové poměry	1

Kritérium 2 (K2) - Existence odplavitelného materiálu v potenciálním rozlivu a přispívající ploše

Váha (V2): 0,8

míra zranitelnosti území	popis	hodnota kritéria
Významná	v řešeném úseku se nachází velké množství odplavitelného materiálu	3
Střední	v řešeném úseku se nachází určité množství odplavitelného materiálu, který ale pravděpodobně nebude mít významný vliv na odtokové poměry	2
Nízká	v řešeném úseku se nenachází žádný nebo jen velmi malé množství odplavitelného materiálu	1

Kritérium 3 (K3) - Identifikace typu převažující zástavby

Váha (V3): 1,2

Zatřídění bylo provedeno dle číselníku používaného povodňového informačního systému (POVIS, <http://www.povis.cz/html/>) pro položku „Účel budov“. Celková hodnota kritéria je určena jako vážený průměr podílů zastavěné plochy. Příklad výpočtu: Obytná zástavba 50%, Komunikace 10%, Zahrady 25%, Garáže 15%; $K3 = (50 \cdot 3 + 10 \cdot 3 + 25 \cdot 2 + 15 \cdot 1) / 100 = 2,45$.

míra zranitelnosti území	typ zástavby	podíl zastavěné plochy [%]	hodnota kritéria
Významná	Obytné		3
	Průmysl		
	Zdravotnické zařízení		
	Služby		
	Veřejná správa		
	Školy, školky		
	Historická památka		
	Infrastruktura		
	Komunikace		
Střední	Rekreační		2
	Sportovní		
	Zahrady		
Nízká	Zemědělství		1
	Garáže		
Celkem		Suma – kontrola (100%)	Vážený průměr

Kritérium 4 (K4) - Hustota zástavby (počet ohrožených budov)

Váha (V4): 1,1

míra zranitelnosti území	popis	hodnota kritéria
Významná	v řešeném úseku je velká hustota zástavby (více než 70 % přilehlého území je zastavěno)	3
Střední	v řešeném úseku je střední hustota zástavby (více než 30 % přilehlého území je zastavěno)	2
Nízká	v řešeném úseku je nízká hustota zástavby (méně než 30 % přilehlého území je zastavěno)	1



Obr. 5: Příklad vysoké (vlevo) a nízké (vpravo) hustoty zástavby

Kritérium 5 (K5) - Morfologie terénu)

Váha (V5): 0,9

míra zranitelnosti území	popis	hodnota kritéria
Významná	morfologie terénu v řešeném úseku pravděpodobně způsobí vysoké rychlosti proudící vody a koncentraci proudu, tím pádem velkou hloubku proudící vody – např. úzká hluboká údolí se zástavbou přímo na březích toku	3
Střední	morfologie terénu v řešeném úseku pravděpodobně způsobí středně velké rychlosti proudící vody a určitou koncentraci proudu	2
Nízká	morfologie terénu v řešeném úseku pravděpodobně způsobí velký rozliv vody, takže proudící voda se bude vyznačovat malými rychlostmi i hloubkami – např. plochá území s velmi malým spádem	1

Výsledné vyhodnocení MZÚ je provedeno dle vztahu:

$$MZÚ = (K1 \cdot V1 + K2 \cdot V2 + K3 \cdot V3 + K4 \cdot V4 + K5 \cdot V5) / 5$$

Pro kritické body je poté určena kategorie zranitelnosti území (Tab. 5).

Tab. 5 Limitní hodnoty pro určení kategorie zranitelnosti

míra zranitelnosti území	název kategorie	popis
> 2,3	A	vysoká zranitelnost
1,5 - 2,3	B	střední zranitelnost
< 1,5	C	nízká zranitelnost

B.7 Vyhodnocení rizikovosti lokality

Rizikovost lokality je určena jako kombinace nebezpečnosti přispívající plochy a zranitelnosti území pod kritickým bodem. Čím vyšší je nebezpečnost a zranitelnost, tím vyšší je celkové riziko pro lokalitu. Kategorie rizikovosti jsou popsány v Tab. 6.

Pokud u kritických bodů v kategorii nebezpečí C nebyl prováděn terénní průzkum a tudíž nebyla vyhodnocována zranitelnost území pod kritickým bodem, není v těchto lokalitách rizikovost určena (stejně jako v případě vyřazených bodů).

Nejvyšší riziko hrozí v lokalitách kategorie AA, kde je jak vysoké nebezpečí vzniku přívalové povodně v přispívající ploše, tak je vysoká zranitelnost území pod kritickým bodem. Tyto lokality představují absolutní prioritu pro řešení problematiky přívalových povodní a mělo by zde být co nejrychleji přistoupeno k návrhu opatření. Do kategorie středně rizikových kritických bodů jsou zařazeny body AB, BA a BB. Prioritně v rámci této kategorie by ale měly být řešeny body AB a BA, kde je riziko větší než u bodů v kategorii BB. Také body zařazené do kategorie střední rizikovosti by měly být v blízkém časovém období řešeny, hrozba přívalové povodně je zde vzhledem k ostatním obcím vysoká. Jako málo rizikové lokality jsou vymezeny ty lokality, ve kterých je malé nebezpečí vzniku povodně na přispívající ploše nebo nízká zranitelnost území pod kritickým bodem.

Nicméně nelze podcenit riziko v žádné z těchto lokalit. Rozdělení kritických bodů do kategorií rizikovosti představuje pouze návrh chronologického postupu pro řešení problematiky v rámci celého řešeného území, kdy by se mělo postupovat od nejrizikovějších lokalit po lokality méně rizikové. Je ale nutné si uvědomit, že i v lokalitách, které byly vyhodnoceny jako málo rizikové, hrozí zvýšené riziko vzniku přívalové povodně (na rozdíl od lokalit, ve kterých nebyly žádné kritické body identifikovány). Všechny obce, ve kterých byly identifikovány kritické body (bez ohledu na zařazení do jednotlivých kategorií), by tedy měly zvažovat návrh alespoň základních protipovodňových opatření.

Tab. 6: Kategorie rizikovosti

kategorie nebezpečí	kategorie zranitelnosti	výsledná kategorie rizikovosti	popis kategorie rizikovosti
A	A	AA	Lokalita je z hlediska přívalových povodní VYSOCE riziková.
A	B	AB	Lokalita je z hlediska přívalových povodní STŘEDNĚ riziková. Prioritně by měly být řešeny plochy v kategoriích AB a BA.
B	A	BA	
B	B	BB	
A	C	AC	Lokalita je z hlediska přívalových povodní MÁLO riziková.
B	C	BC	
C	A	CA	
C	B	CB	
C	C	CC	





B.8 Katalogové listy kritických bodů

Pro každý kritický bod je zpracován katalogový list, který shrnuje všechny informace týkající se daného bodu a přispívající plochy. Katalogové listy jsou barevně rozlišeny podle zařazení do kategorie rizikovosti a zvlášť jsou odlišeny body vyřazené (Obr. 6).

Údaje obsažené v katalogovém listu:

- ID kritického bodu,
- umístění kritického bodu (ohrožené katastrální území, obec, ORP),
- souřadnice kritického bodu (GPS a S-JTSK),
- zařazení do kategorií (nebezpečí, typ, zranitelnost, rizikovost),
- vypočtené hodnoty kritérií – velikost přispívající plochy, její průměrný sklon, podíl orné půdy a ukazatel kritických podmínek F. U kritických bodů, které byly vymezeny i při celorepublikovém vyhodnocení (kategorie dle typu „původní“), jsou uvedeny i původní hodnoty (kromě ukazatele F, který nebyl zveřejněn),
- přehledná mapa přispívající plochy s vyznačením kritického bodu, který označuje místo vstupu vody při povodni do zastavěného území obce,
- původní ID kritického bodu (pokud byl identifikován i při celorepublikovém vymezení),
- podíl plochy lesního porostu,
- umístění kritického bodu (na údolnici nebo ve vodním toku),
- poznámka (zde je např. uvedeno, že hranice zastavěného území byla určena z ortofotomapy),
- dotčená katastrální území (která zasahují na území přispívající plochy),
- popis vyhodnocení zranitelnosti území pod kritickým bodem (hodnoty jednotlivých kritérií K1-K5),
- záznam z terénního šetření, datum, jméno zástupce obce, který se šetření zúčastnil,
- návrh systému řešení – předběžný návrh vhodných typů opatření,
- fotodokumentace,
- katalogové listy pro vyřazené kritické body navíc obsahují důvod vyřazení.

Katalogové listy slouží jako přehledné zobrazení informací a vypočtených parametrů pro jednotlivé kritické body a přispívající plochy. Jsou určeny zejména pro samosprávu obcí jako jeden z hlavních výstupů projektu a mohou být dále využity jako podklad pro návrh opatření.

vysoce rizikové	středně rizikové	málo rizikové	vyřazené
			
Obr. 6: Barevné rozlišení katalogových listů			

Popis k obr.6: lokality vysoce rizikové - červeně, lokality středně rizikové – žlutě, lokality málo rizikové – zeleně, vyřazené kritické body (kategorie dle typu V) - modře

Příklad grafického návrhu katalogového listu je uveden v **Příloze 1**.

B.9 Simulační modely

Pro určení skutečné míry ohrožení obce, dimenzování konkrétních opatření a posouzení jejich účinnosti je nutné zpracovat hydrologický simulační model pro území přispívající plochy a hydraulický simulační model pro území pod kritickým bodem (území ohrožené obce). Doporučeným softwarem pro zpracování hydrologického modelu je HEC-HMS a HEC-RAS pro zpracování hydraulického modelu (viz níže).

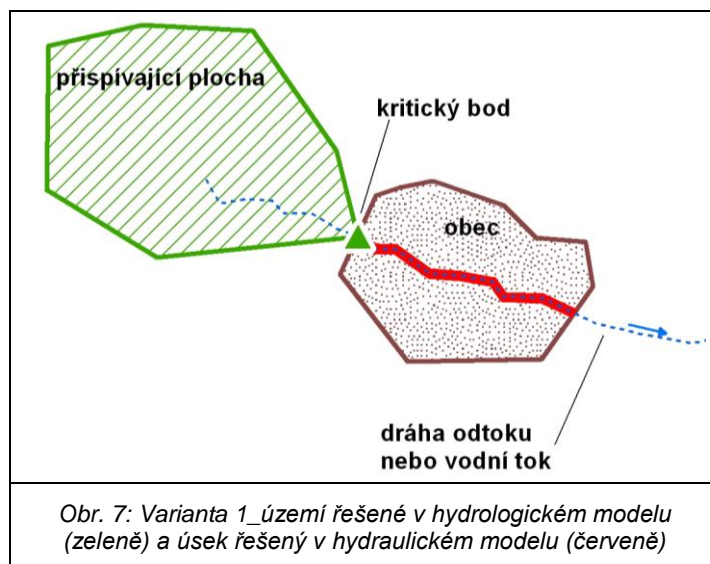
Hydrologickým modelem je na základě návrhové srážky vypočten průtok v profilu kritického bodu. Tato hodnota průtoku je následně použita v hydraulickém modelu jako průtok návrhový. Pro komplexní zmapování situace je třeba zpracovat několik scénářů návrhových srážek, respektive průtoků.

Rozsah modelů

Rozsah řešeného území v hydrologickém a hydraulickém modelu závisí na situaci v lokalitě. Rozlišujeme 5 variant situací:

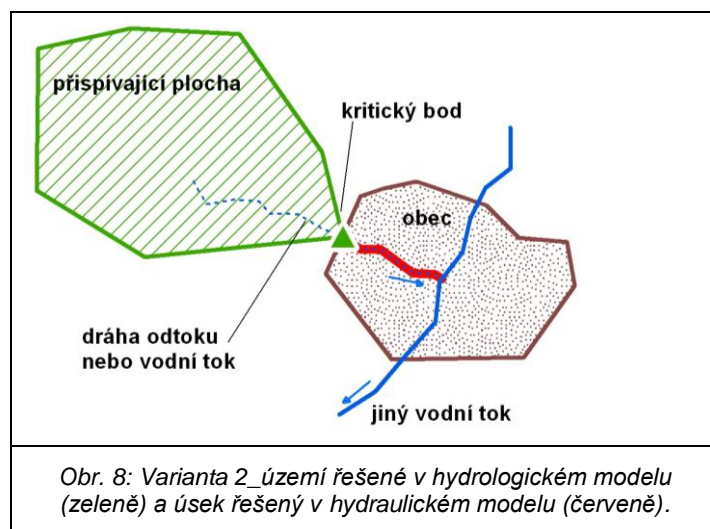
Varianta 1: Jeden kritický bod, v obci nedochází k soutoku s jiným vodním tokem

V obci je identifikován pouze jeden kritický bod, který se nachází na dráze soustředěného odtoku bez trvalého vodního toku nebo na vodním toku. V obci nedochází k soutoku s jiným vodním tokem. V tomto případě je hydrologickým modelem řešeno území přispívající plochy, hydraulickým modelem dráha soustředěného odtoku nebo vodní tok v obci od kritického bodu po hranici zastavěného území. Pokud se jedná o obec podélného tvaru s velkou délkou (např. obce v dlouhých údolích o délce několika km), lze území řešené v hydraulickém modelu zmenšit odborným odhadem nebo na základě zkušeností zástupce obce je určena hranice dopadu přívalových povodní.



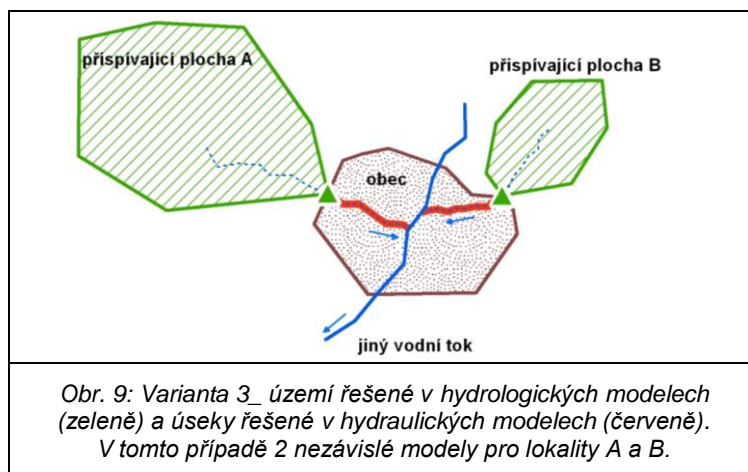
Varianta 2: Jeden kritický bod, v obci dochází k soutoku s jiným vodním tokem

V obci je identifikován pouze jeden kritický bod, který se nachází na dráze soustředěného odtoku bez trvalého vodního toku nebo na vodním toku. V obci dochází k soutoku s jiným vodním tokem. V tomto případě je hydrologickým modelem řešeno území přispívající plochy, hydraulickým modelem dráha soustředěného odtoku nebo vodní tok v obci od kritického bodu po soutok s vodním tokem. Vodním tokem je myšlen tok zařazen do databáze DIBAVOD - vodní toky jemné členění.



Varianta 3: Více kritických bodů, v obci dochází k soutoku s jiným vodním tokem

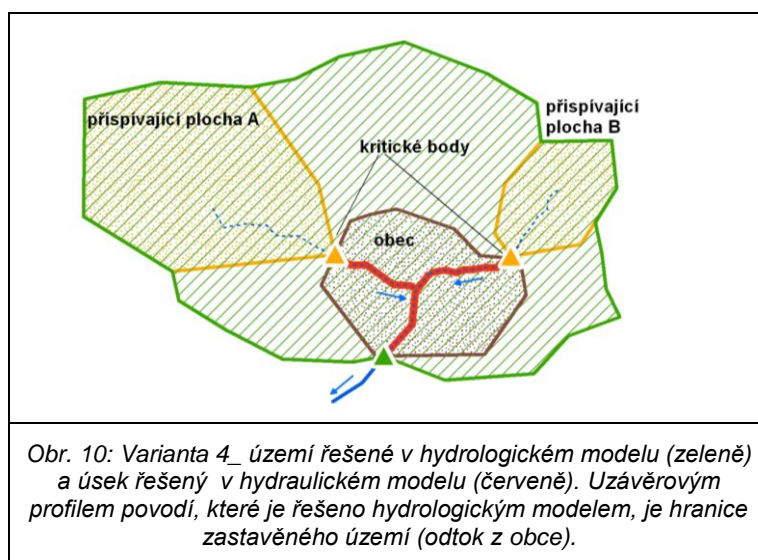
V obci je identifikováno více kritických bodů, které se nacházejí na dráze soustředěného odtoku bez trvalého vodního toku nebo na vodním toku. V obci dochází k soutoku s jiným vodním tokem. V tomto případě jsou několika nezávislými hydrologickými modely řešena území přispívajících ploch, a několika nezávislými hydraulickými modely dráhy soustředěného odtoku nebo vodní toky v obci od kritických bodů po soutoky s vodním tokem.



Varianta 4: Více kritických bodů, v obci nedochází k soutoku s jiným vodním tokem

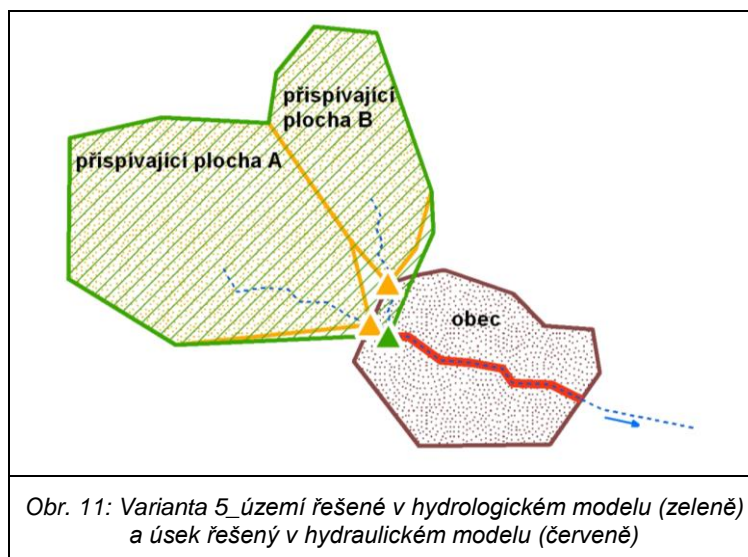
V relativně malé obci je identifikováno více kritických bodů, které se nacházejí na dráze soustředěného odtoku bez trvalého vodního toku nebo na vodním toku. V obci nedochází k soutoku s jiným vodním tokem. V tomto případě je situace v obci řešena komplexně, je vytvořen jeden hydrologický model pro takové povodí, které má uzavěrový profil na hranici zastavěného území obce (v místě odtoku vody z obce). Tento hydrologický model zahrnuje všechny přispívající plochy i mezipovodí mezi těmito plochami. Hydraulický model je vytvořen pro celé území obce (od jednoho z kritických bodů do místa odtoku vody z obce), do tohoto modelu jsou jako přítoky zadány odtoky ze všech přispívajících ploch i z mezipovodí. Doba trvání zadané návrhové srážky (1 nebo 2 hodiny) závisí na celkové velikosti povodí.

Pokud se jedná o rozlehlou obec a kritické body jsou od sebe velmi vzdálené, je možné vytvořit individuální hydrologické a hydraulické modely pro jednotlivé kritické body. Hydraulické modely jsou pak vytvořeny v úseku mezi kritickým bodem a hranicí dopadu přívalových povodní (viz varianta 1).



Varianta 5: Kritické body v bezprostřední blízkosti

Pokud se kritické body nacházejí v bezprostřední blízkosti a k soutoku obou drah odtoku dochází poblíž hranice zastavěného území, je možné při stavbě hydrologického modelu tyto plochy „sloučit“ a řešit je v rámci jednoho modelu. Hydrologický model je pak řešen jako ve variantě 1 nebo 2 (pro úsek mezi soutokem drah odtoku a hranicí zastavěného území nebo k soutoku s jiným tokem).



Hydrologický simulační model

Zpracování hydrologického modelu je doporučeno pomocí srážko-odtokového modelu HEC-HMS. Slouží k simulaci srážko-odtokových procesů (Hydrologic Modeling System-HMS). Program je poskytnut ke stažení na adrese:

<http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-hms/downloads.aspx>

Srážko-odtokový model popisuje řešené území pomocí schematizace v podobě jeho rozdělení na dílčí povodí a určení jejich parametrů. Vstupní data a schematizaci modelu je možné připravit a následně exportovat z programu ArcGIS, pomocí nástroje HEC-geoHMS, který je ke stažení na adrese:

<http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-geohms/downloads.aspx>

Návrhová srážka

Při návrhu protipovodňových opatření proti klasickým říčním povodním je základním parametrem návrhový průtok, na který jsou tato opatření dimenzována. V případě obcí je většinou zvolena ochrana na úrovni průtoku Q_{20} („dvacetiletá voda“), u větších měst Q_{100} („stoletá voda“). Tato data jsou k dispozici za uhradu pro zvolený profil vodního toku u Českého hydrometeorologického ústavu (<http://www.chmi.cz/>).

U přívalových povodní je ale situace jiná. V tomto případě je hlavním faktorem návrhová srážka, nikoliv průtok. Hyetogram návrhové srážky je jedním ze základních vstupů do modelu. Hyetogram je vytvořen na základě studie „Intensita krátkodobých dešťů v povodí Labe, Odry a Moravy“ (Josef Trupl, Výzkumný ústav vodohospodářský, 1958). Pro vytvoření hyetogramu je třeba vybrat stanici, která se nachází nejbližší k řešené přispívající ploše. V případě, že přispívající plocha je přibližně stejně vzdálená od několika stanic, je vhodné data z těchto stanic zprůměrovat. Pro přispívající plochy o velikosti menší než 5 km² se navrhuje srážka o délce trvání 1 hodina, pro plochy větší než 5 km² se navrhuje srážka o délce trvání 2 hodiny. Kromě délky trvání je také třeba stanovit dobu opakování (n-letost). Navrhuje se zpracovat 4 srážkové scénáře – srážky s dobou opakování 5, 10, 20 a 100 let. Zástupci obcí budou pravděpodobně uvažovat o realizaci opatření dimenzovaných na srážky s dobou opakování 5, 10 nebo 20 let, srážka s dobou opakování 100 let je zvolena jako extrémní scénář pro posouzení výjimečné situace. V případě, že zadavatel studie požaduje návrh opatření na jinou n-letost srážky (např. doba opakování 50 let), je možné n-letost srážkových scénářů upravit. Nicméně délka trvání srážky (1 nebo 2 hodiny, podle velikosti přispívající plochy) by měla být zachována, protože tento údaj odpovídá nebezpečným přívalovým srážkám.

Postup při sestavení hyetogramů (příklad pro srážku s dobou opakování 10 let):

1. Výběr příslušné ombrografické stanice

V tomto příkladu byla zvolena stanice č. 1 – Špindlerův Mlýn (viz Obr. 12). Periodicita n je vypočtena jako $1/\text{počet let}$, takže srážka s dobou opakování 10 let odpovídá periodicitě $1/10 = 0,1$. Odečtení hodnot intenzity pro 60 a 120 min. V tomto příkladu:

60 min. 88,3 l/s*ha
120 min. 51,6 l/s*ha

1. ŠPINDLERŮV MLÝN							
dobu trvání deště v min.	intenzita deště v l/s. Ha při periodicitě N.						
	5	2	1	0,5	0,2	0,1	0,05
5	120	180	233	290	373	437	503
10	81,7	123	162	200	260	307	353
15	64,3	94,5	126	156	201	237	273
20	53,3	78,3	103	129	167	196	227
30	41	58,3	76,7	96,1	126	148	171
40	32,5	47,5	62,5	78,3	102	120	138
60	24,1	34,7	45,8	57,5	75,1	88,3	102
90	17,6	25,4	33,3	41,9	55	64,9	74,6
120	14	20	26,5	33,5	43,7	51,6	59,5

Obr. 12: Intenzita deště pro stanici Špindlerův mlýn (Výzkumný ústav vodohospodářský, 1958)

2. Převod jednotek

Převod jednotek intenzity v l/s*ha na srážkový úhrn v mm se provádí vynásobením koeficientem 0,36. V tomto příkladu:

60 min. 88,3 l/s*ha * 0,36 = 31,788 mm

120 min. 51,6 l/s*ha * 0,36 = 37,152 mm

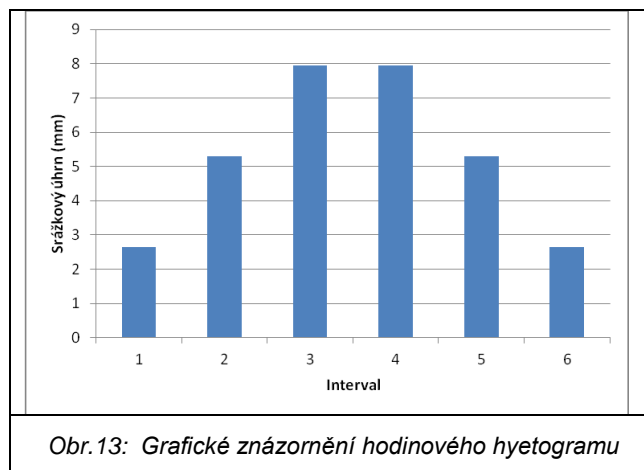
3. Vytvoření hyetogramu pro srážku s délkou trvání 1 hodina

Hyetogram se vytváří s intervalem 10 min, to znamená 6 intervalů v rámci hodinové srážky. Vypočtený celkový srážkový úhrn v mm je pro přehlednost označen jako „SU1“. Výpočet srážkových úhrnů v jednotlivých intervalech je uveden v Tab. 7 a graficky znázorněn na Obr.13.

SU1 = **31,788 mm**

Tab. 7: Výpočet hodnot hyetogramu pro srážku s délkou trvání 1 hodina

číslo intervalu	čas (min)	výpočet	srážkový úhrn v intervalu (mm)
1	10	SU1 / 12	2,649
2	20	SU1 / 6	5,298
3	30	SU1 / 4	7,947
4	40	SU1 / 4	7,947
5	50	SU1 / 6	5,298
6	60	SU1 / 12	2,649
celkem mm (kontrola)			31,788



Obr. 13: Grafické znázornění hodinového hyetogramu

4. Vytvoření hyetogramu pro srážku s délkou trvání 2 hodiny

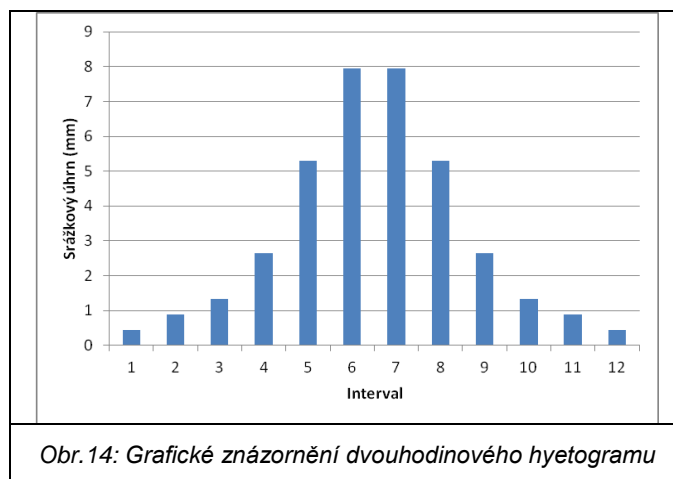
Hyetogram se vytváří také s intervalem 10 minut, to znamená 12 intervalů v rámci dvouhodinové srážky. Vypočtený celkový srážkový úhrn v mm je pro přehlednost označen jako „SU2“. Pro vytvoření dvouhodinového hyetogramu je využit již vytvořený hodinový hyetogram (označeno žlutě). Výpočet srážkových úhrnů v jednotlivých intervalech je uveden v Tab. 8 a graficky znázorněn na Obr.14.

SU2 = **37,152 mm**

Tab. 8: Výpočet hodnot hyetogramu pro srážku s délkou trvání 2 hodiny.

číslo intervalu	čas (min)	výpočet	srážkový úhrn v intervalu (mm)
1	10	$(SU2 - SU1) / 12$	0,447
2	20	$(SU2 - SU1) / 6$	0,894
3	30	$(SU2 - SU1) / 4$	1,341
4	40	$SU1 / 12$	2,649
5	50	$SU1 / 6$	5,298
6	60	$SU1 / 4$	7,947
7	70	$SU1 / 4$	7,947
8	80	$SU1 / 6$	5,298
9	90	$SU1 / 12$	2,649
10	100	$(SU2 - SU1) / 4$	1,341
11	110	$(SU2 - SU1) / 6$	0,894
12	120	$(SU2 - SU1) / 12$	0,447
celkem mm (kontrola)			37,152

Popis k Tab. 8: Žlutě jsou označeny hodnoty shodné s hyetogramem pro srážku s délkou trvání 1 hodina.



Obr. 14: Grafické znázornění dvouhodinového hyetogramu

Extrapolace pro srážku s dobou opakování 100 let

Truplovy tabulky obsahují data o srážkách s minimální periodicitou 0,05 (srážka s dobou opakování 20 let). Pro stoletou srážku (padesátiletou) je tedy nutné provést extrapolaci. Extrapolace se provádí na základě rovnice trendu řady hodnot intenzit deště s periodicitou 0,5 - 0,05 (Tab. 9). Intenzita srážky (l/s*ha) je nejprve převedena na srážkový úhrn (mm) a periodicity n je převedena na pravděpodobnost opakování za N roků. Dalším krokem je vytvoření spojnicového grafu závislosti srážkového úhrnu (osa y) na pravděpodobnosti opakování (osa x – v logaritmickém měřítku), viz Obr. 15. Program MS Excel nabízí možnost přidat spojnici trendu a zobrazit rovnici regrese. Pomocí rovnice lze následně dopočítat hodnotu srážkového úhrnu s pravděpodobností opakování 100 let.

Rovnice regrese v tomto příkladu:

$$y = 7,6382 \cdot \ln(x) + 11,73$$

Dopočet srážkového úhrnu:

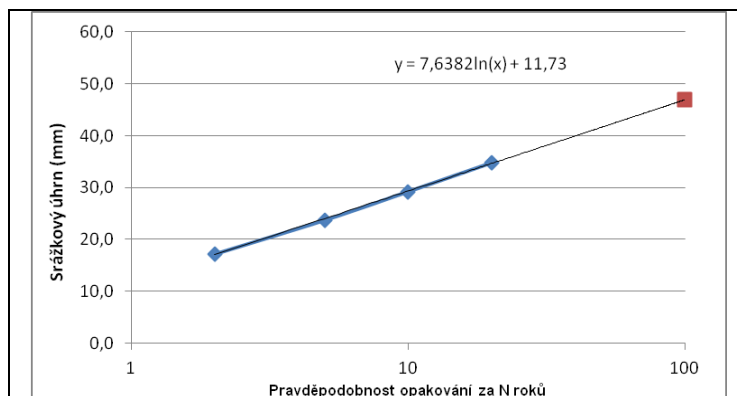
$$y = 7,6382 \cdot \ln(100) + 11,73 = 46,9 \text{ mm}$$

Tab. 9 : Data z Truplových tabulek, příklad pro stanici č. 1 - Špindlerův Mlýn

doba trvání deště v min	intenzita deště v l/s*ha při periodicitě n			
	0,5	0,2	0,1	0,05
60	57,5	75,1	88,3	102

Tab. 9: Převod jednotek a extrapolace

doba trvání deště v min.	maximální hodinový úhrn srážek s pravděpodobností opakování za N roků (mm)				
	2	5	10	20	100
60	20,7	27,0	31,8	36,7	46,9



Obr. 15: Graf závislosti srážkového úhrnu na pravděpodobnosti opakování

Podklady pro zpracování hydrologického modelu

CN křivky

Pro stanovení propustnosti povodí je vodné použít metodu CN křivek. Teoretické rozmezí hodnot CN je od jedné do sta. Hodnota 1 charakterizuje zcela propustné, hodnota 100 zcela nepropustné podloží, v reálu se vyskytují hodnoty od přibližně 30 (velké ztráty vody na povodí) až do 100 (beze ztrát). Rast hodnot CN je možné objednat u ČHMÚ.

Půdy podle svých hydrologických vlastností rozdělujeme do 4 skupin: A, B, C, D na základě minimální rychlosti infiltrace vody do půdy bez pokryvu po dlouhodobém sycení. Infiltrační schopností půd rozumíme schopnost povrchu půdy pohlcovat vodu. Obecně lze říci, že pro maximální retenční účinek půd má být infiltrační schopnost půdy středně velká až vysoká (aby se minimalizoval povrchový odtok vody a vodní eroze). Extrémně vysoká infiltrační schopnost je spjatá s promyvným vodním režimem, kdy hrozí rychlé vyplavování živin a polutantů do podloží a do podzemních vod.

Tab. 10: Hydrologické skupiny půd

skupina	popis
A	Půdy s vysokou rychlostí infiltrace ($> 0,20$ mm/min.) i při úplném nasycení, zahrnující převážně hluboké, dobře až nadměrně odvodněné písky a štěrky.
B	Půdy se střední rychlostí infiltrace ($0,10 - 0,20$ mm/min.) i při úplném nasycení, zahrnující převážně půdy středně hluboké až hluboké, středně až dobře odvodněné, hlinitopísčité až jílovitohlinité.
C	Půdy s nízkou rychlostí infiltrace ($0,05 - 0,10$ mm/min.) i při úplném nasycení, zahrnující převážně půdy s málo propustnou vrstvou v půdním profilu a půdy jílovitohlinité až jílovité.
D	Půdy s velmi nízkou rychlostí infiltrace ($< 0,05$ mm/min.) i při úplném nasycení, zahrnující převážně jíly s vysokou bobtnavostí, půdy s trvale vysokou hladinou podzemní vody, půdy s vrstvou jílu na povrchu nebo těsně pod ním a mělké půdy nad téměř nepropustným podložím.

Hydraulický simulační model

Pro výpočet průběhu hladin a následné vyhodnocení rozlivů a vynesení záplavových čar je doporučeno použít jednorozměrný matematický hydrodynamický model HEC-RAS, který umožňuje počítat ustálené a neustálené nerovnoměrné proudění v otevřených korytech. Metodika zpracování využívá moderní softwarové aplikace, které umožňují kvalitní, přehledné a srozumitelné zpracování řešené problematiky. HEC-RAS je matematický program vyvinutý americkým hydrologickým centrem (Hydrologic Engineering Center-HEC). Slouží k jednorozměrnému matematickému modelování říčních systémů (River Analysis Systém-RAS). Software je volně použitelný, pro podrobnější informace jsou licenční ustanovení dostupná na adrese: <http://www.hec.usace.army.mil/>.

Předpoklady výpočtu:

- nerovnoměrný ustálený anebo nerovnoměrný neustálený průtok vody v řece,
- pozvolné proudění, nedochází k náhlým změnám v příčném průřezu (náhlá změna průřezu pouze v objektech typu jezy, mostky nebo propustky),
- sklon řeky je menší než $i = 0,1$,
- jednorozměrné proudění, proud vody má směr vždy kolmý na zadaný příčný profil.

Základní rovnice pro výpočet nerovnoměrného neustáleného proudění jsou rovnice kontinuity a rovnice pohybová. Program je ke stažení na adrese:

<http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/downloads.aspx>

Pro popis řešeného území je možné využít nástroje ArcGIS - 3D Analyst s nástavbou umožňující sestavení digitálního modelu terénu a Spatial Analyst umožňující prezentaci výsledků. Dále je možné

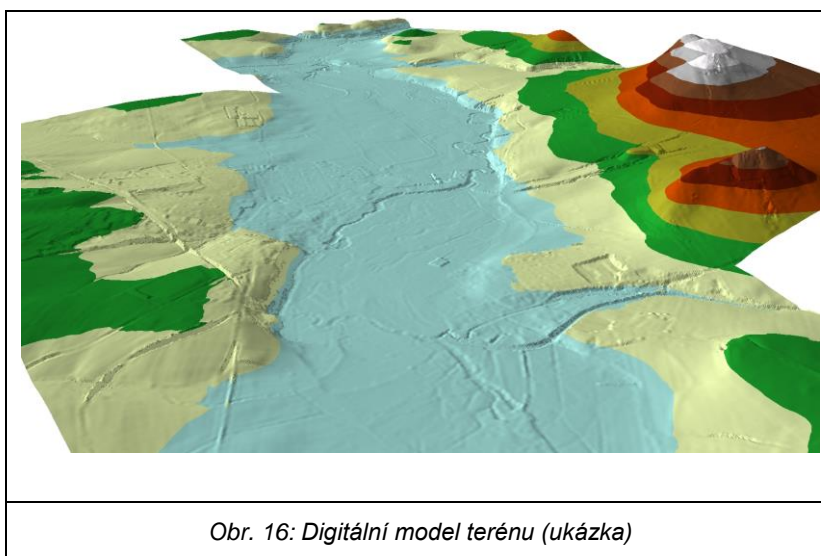
využít aplikace pro ArcGIS - HEC-GeoHMS a HEC-GeoRas, které slouží pro sestavení kostry matematického modelu a výpočetního schématu nad digitálním modelem terénu a následnou vizualizaci výsledků z hydraulického modelu. Program HEC-GeoRas je ke stažení na adrese: <http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-georas/downloads.aspx>

Podklady pro zpracování hydraulického modelu

Seznam podkladů

Pro účely výpočtu průběhu hladin by měly být zajištěny následující podklady:

- DMR 4G, DMR 5G*,
- geodetické zaměření*,
- průtoky na základě výstupů ze srážkoodtokového modelu,
- terénní průzkum.



Hodnoty okrajových podmínek

Horní okrajové podmínky tvoří průtoky na základě výstupů ze srážkoodtokového modelu. Dolní okrajové podmínky pro jednotlivé průtokové scénáře by měly být zadány sklonem hladin (Normal Depth S) o hodnotě 0,005.

Drsnosti hlavního koryta a inundačního území

Drsnostní charakteristiky použité ve výpočetním modelu jsou zadány pomocí Manningova drsnostního součinitele. Hydraulické drsnosti jsou zadávány v jednotlivých příčných řezech a to v odlišných hodnotách jak pro jednotlivé části inundací, tak i pro jednotlivé části koryta, na základě již výše uvedeného terénního šetření včetně fotodokumentace. Vliv vegetace je do výpočtů zahrnut vždy v nejméně příznivé situaci, to znamená ve vegetačním období.

Tab. 11: Drsnosti hlavního koryta a inundačního území

charakter území	Manningův drsnostní součinitel n
koryto řeky	0,035 – 0,050
louky, pole	0,08
zalesněné území	0,10-0,12
zastavěné území	0,10-0,20

*Digitální model terénu - základními podklady pro sestavení digitálního modelu terénu je geodetické zaměření koryta a DMR 4G (nebo 5G). Podrobné zaměření by mělo být provedeno v korytě a jeho okolí – inundaci.

Posouzení ohrožení řešené lokality

Pomocí hydraulického modelu je simulován průchod přívalové povodně obcí pro různé srážkové scénáře. Na základě těchto simulací je posouzeno, zda dochází k vyběžení vody z koryta toku a k ohrožení zástavby. Pokud k vyběžení dochází, jsou určeny rozlivy v zastavěném území a jsou identifikovány ohrožené objekty. Je posouzeno, zda je obec ohrožená, a pokud ano, je stanovena míra požadované ochrany (např. ochrana na srážku s dobou opakování 20 let) a je přistoupeno k návrhu opatření (viz kapitola C). Pokud je vyhodnoceno, že obec ohrožená není, měl by být zvážen alespoň návrh protierozních opatření (viz kapitola C.4), která mají kromě protipovodňové funkce také vliv na ochranu zemědělské půdy, zejména její svrchní úrodné vrstvy.

Schéma rozhodovacího procesu je uvedeno v **Příloze 2**.

C Katalog opatření – návrhy opatření pro prevenci před přívalovými povodněmi

Cílem této kapitoly je obecně popsat všechna dostupná opatření, která je možná při řešení problematiky přívalových povodní uplatnit. Ke každé lokalitě je třeba přistupovat individuálně, vyhodnotit stávající situaci a vybrat takovou sadu opatření, která nejlépe zajistí požadovanou úroveň ochrany. Návrh opatření je vždy komplexní činností, vycházející z podrobné analýzy území jak v rámci přispívající plochy, tak ohroženého území pod kritickým bodem. Cílem je identifikovat takovou množinu opatření, která zajistí efektivní protipovodňovou ochranu ohroženého území při současné realizovatelnosti těchto opatření jak z hlediska finančního, tak majetkoprávního (dotčené pozemky). V kapitolách níže jsou popsána možná opatření, která jsou při řešení této problematiky využitelná. Která z těchto opatření budou navržena pro konkrétní řešenou lokalitu, záleží zejména na typu území, požadavcích na protipovodňovou ochranu, finančních možnostech a vlastnictví pozemků.

Pokud je pomocí simulačních modelů lokalita vyhodnocena jako ohrožená, mělo by se přistoupit k návrhu opatření. Základním podkladem pro návrh je zvolení míry požadované ochrany, tzn. výběr srážkového scénáře (např. ochrana na srážku s dobou opakování 20 let). Od tohoto scénáře se odvíjí návrhový průtok v obci a dimenze jednotlivých opatření.

Opatření byla rozdělena do šesti skupin a označena příslušnými identifikátory (viz Tab. 12), podrobněji jsou popsána v následujících kapitolách. Hlavní myšlenkou je nejprve realizovat preventivní opatření, jako je např. zpracování nebo úprava povodňových a územních plánů nebo zavedení předpovědní a hlášené povodňové služby a povodňových prohlídek (etapa návrhu 1). Tato opatření nejsou příliš nákladná a nevyžadují žádné nebo vyžadují jen minimální zásahy do území. Jsou to opatření, která sice sama o sobě nezajistí snížení kulminačního průtoku při povodni, ale výrazně zlepšují připravenost povodňových orgánů obce a jejich obyvatel a omezí negativní následky povodní.

Dalším krokem je návrh náročnějších opatření. Při návrhu opatření by se vždy mělo postupovat od jednodušších opatření k opatřením složitějším. V etapě návrhu 2 by tedy měla být navrhována opatření k nápravě stávajícího stavu (např. zvýšení kapacity propustků) a opatření protierozní, která kromě snižování kulminačního průtoku při povodni také snižují odnos úrodné vrstvy půdy ze zemědělských pozemků. V etapě návrhu 3 je možno přistoupit k návrhu přírodně blízkých, technických a ostatních opatření. Etapa návrhu 4 je realizována tehdy, pokud je obec zasažena přívalovou povodní. Průchod povodně by měl být zdokumentován, měla by být posouzena účinnost opatření a případně navržena jejich úprava, nebo mohou být navržena další opatření.

Limitujícím faktorem je vždy účinnost opatření, která je většinou u jednodušších opatření nízká. Například změna hospodaření na pozemcích snižuje při extrémních přívalových srážkách kulminační průtok pouze přibližně o 5 - 10 %. Nicméně tato opatření kromě snížení průtoku také eliminují transport půdních částic do toků, a zamezují tak zanášení koryt a odnosu ornice z pozemků.

Detailně je postup při návrhu opatření znázorněn ve schématu v Příloze 2.

Tab. 12: Rozdělení opatření do skupin a přiřazení identifikátoru

název skupiny opatření	zkratka	jednotlivá opatření	
		ID	název opatření
Preventivní opatření	PO	PO1	Vymezení záplavových území
		PO2	Opatření v územních plánech
		PO3	Tvorba povodňových plánů
		PO4	Zajištění aktuálních informací (předpovědní a hlásná povodňová služba)
		PO5	Povodňové prohlídky
Revize a náprava stávajícího stavu	RN	RN1	Opatření ke zvýšení průtočné kapacity vodních toků
		RN2	Opatření v zahrádkářských koloniích
		RN3	Opatření na zatrubněných vodních tocích
		RN4	Řešení míst omezujících odtokové poměry
Přírodě blízká a technická protipovodňová opatření	PBPO	PBPO1	Revitalizace v extravilánu
		PBPO2	Revitalizace v intravilánu
		PBPO3	Suchá retenční nádrž - poldr
		PBPO4	Revitalizace a navazující technická opatření
Protierozní opatření	PEO	PEO1	Protierozní osevní postupy
		PEO2	Pásové střídání plodin
		PEO3	Změny velikosti a tvarů pozemků
		PEO4	Bezorebné obdělávání pozemků
		PEO5	Vrstevnicové obdělávání pozemků
		PEO6	Využívání ochranných plodin a mulčování
		PEO7	Protierozní průlehy
		PEO8	Protierozní meze
		PEO9	Protierozní hrázky
		PEO10	Stabilizace drah soustředěného povrchového odtoku
Ostatní opatření	OO	OO1	Opatření na lesních porostech
		OO2	Opatření na vodních nádržích
		OO3	Pojištění
Opatření zajišťující zpětnou vazbu	ZV	ZV1	Evidenční a dokumentační práce po povodni

C.1 Preventivní opatření – PO

Alespoň základní preventivní opatření by měla být realizována i v případě, že nejsou simulační modely zpracovány (např. z finančních nebo časových důvodů) a není tím pádem prokázáno ohrožení obce. Základními opatřeními jsou myšlena opatření zajišťující „preventivní opatrnost“, která lze realizovat s minimálními náklady. Jedná se např. o informování obyvatel o možném riziku, stanovení evakuačního místa, omezení výstavby v okolí kritického bodu atd.

PO1 – Vymezení záplavových území

V záplavových územích je nutné dodržovat omezení v aktivní zóně a nedovolit umístění staveb, jejichž výstavba je v této zóně zakázána. V územích rozlivu stoleté vody je nutné požadovat odborné posouzení z hlediska vlivu nově navrhovaných staveb na odtokové poměry a nezhoršovat je v neprospěch stávající zástavby.

U stávajících staveb je nutné mít tyto ohrožené objekty a nemovitosti uvedeny v povodňovém plánu se základními údaji o vlastníkovi nemovitosti a kontakt na osobu v případě vyrozumění o povodňovém nebezpečí. Nezbytně důležité je provádět v tomto území pravidelné povodňové prohlídky, které závčas odhalí činnosti zhoršující odtokové poměry nebo ukládání odplavitelného materiálu.

PO2 – Opatření v územních plánech

Vzhledem k tomu, že územní plány jsou závazným dokumentem pro rozvoj území, mohou mnohdy významně pozitivně nebo naopak negativně ovlivnit odtokové poměry v území. Výsledky analýzy kritických bodů by měly být územně analytickým podkladem již v době pořízení územních plánů nebo naopak možným regulativem u již schválených územních plánů. Proto, aby se docílilo závaznosti výsledků analýzy ve vztahu k územně plánovacím dokumentacím, je zapotřebí tyto výsledky začlenit do zásad územního rozvoje. Poté jsou povinny úřady územního plánování tento dokument respektovat a územní plány musí být s tímto dokumentem v souladu.

Obce se schváleným územním plánem:

Existují dvě možnosti, jak by bylo možné tuto skutečnost zapracovat do stávajících územních plánů. Jednou z možností je v rámci aktualizace územního plánu tento regulativ pro vymezenou plochu definovat a pak omezit nebo zakázat občanskou a bytovou výstavbu.

Druhou možností je přímo v blízkosti předpokládaného kritického bodu, na rozhraní zastavěného území vyčlenit plochu, která rozvoj území v tomto místě neumožní. V případě předkládaných změn územního plánu vyžadovat, aby plochy v blízkosti tohoto místa byly nejprve posouzeny z hlediska možného ovlivnění odtokových poměrů a možných účinku odtoků z přívalových srážek a teprve potom změnu projednat a schválit.

V případě budování infrastruktury, která je vedena v podzemí není nutné vyžadovat jakákoliv omezení. U nadzemní infrastruktury je nutné individuálně posoudit, jaký vliv by tato stavba měla na případný povrchový odtok. V případě negativního vlivu tuto změnu územního plánu neschválit.

Obce bez schváleného územního plánu:

U obcí, kde není schválený územní plán, mohou nastat dva případy. Obec již připravuje nebo má záměr nechat zpracovat územní plán. V tomto případě se zjištěná omezení zapracují již v době pořízení územního plánu jako limity území do územně plánovací dokumentace.

Pokud obec neplánuje zpracování územního plánu, měl by úřad územního plánování nebo příslušný obecní stavební úřad využít výsledky analýzy jako územně analytický podklad. Při poskytování územně plánovací informace by byl žadatel o případném omezení informován v podmínkách využití území. Obec může také nechat zpracovat územní studii, která však musí být vložena do evidence územně plánovacích podkladů, aby byla zajištěna její vymahatelnost. Toto je však přechodové období. Obce dle stavebního zákona jsou povinny nejpozději do konce roku 2015 územně plánovací dokumentaci pořídit.

PO3 – Tvorba povodňových plánů

Povodňový plán (PP) musí mít zpracována každá obec, kde hrozí riziko povodně. Bohužel se jejich důležitost velmi podceňuje a to i v oblastech, které byly povodněmi zasaženy. Mnohé povodňové komise argumentují, že podstatné pro jejich rozhodování je jejich znalost území a kontakty. Povodňové plány by neměly obsahovat pouze formální část, charakteristiku území, kontakty atd. PP by se měly dále vyvíjet na základě nových zjištění v terénu, po povodni, zpracovaných studií, změn odtokových poměrů např. novou výstavbou nebo vybudováním nových objektů na vodních tocích. Jedním z důležitých podkladů je tato analýza, zabývající se potenciálním rizikem zvýšeného nebezpečí negativních následků z lokálních přívalových srážek.

Protože tvorba povodňových plánů je klíčovým opatřením při řešení problematiky přívalových povodní, byla sepsána doporučení pro věcnou i organizační část:

Doporučení pro tvorbu povodňového plánu - věcná část

Kromě základních údajů o povodňovém plánu, jeho souladu s povodňovým plánem vyššího správního celku, charakteristice území a povodí, druhu a rozsahu ohrožení povodní, stanovených záplavových územích, hlásných profilech „A“ a „B“ a dalších nezbytných údajích, je nutné mít v povodňovém plánu velice dobře podchyceny objekty povodňového plánu. V případě nebezpečí povodně z přívalových srážek se jedná zejména o ohrožené objekty, ohrožující objekty, místa omezující odtokové poměry, lokální výstražné systémy, hlásné profily kategorie „C“.

Ohrožené objekty

Na základě rozsahu rozlivu identifikovat objekty, které jsou přívalovou povodní ohroženy. Seznam těchto ohrožených objektů uvést do povodňového plánu včetně dalších podrobnějších údajů jako např. údaje o vlastníkovi nemovitosti, počet osob bydlících v nemovitosti a telefon na kontaktní osobu. V povodňovém plánu by měly být uvedeny i objekty určeny k podnikání, kde by mělo být uvedeno o jaký druh podnikání či výrobu se jedná.

Ohrožující objekty

Ohrožující objekty jsou zejména objekty se sklady chemických látek, pohonných hmot nebo provozy nakládající s nebezpečnými látkami. Pokud by se tyto objekty nacházely v území ohroženém přívalovou povodní, je zapotřebí mít podrobné informace o výrobě a skladování. Tyto údaje by měly mít součástí povodňového plánu. V případě, že se jedná o neveřejné údaje, pak by k nim měli mít přístup pouze někteří členové povodňové komise.

Místa omezující odtokové poměry

Kombinace nebezpečného odtoku z přívalových srážek do míst, která jsou kapacitně poddimenzována, je pro povodňový orgán tím nejproblematictější bodem pro jejich rozhodování. Proto je velmi důležité zmapovat nejen v ohroženém území (v obci), ale i v přispívající ploše tato místa omezující odtokové poměry a uvést je se základními technickými daty v povodňovém plánu.

Lokální výstražné systémy (LVS)

Pokud jsou v ohrožených lokalitách vybudovány LVS, je možné je využít pro předpověď hrozícího nebezpečí přívalové povodně. Nicméně je třeba brát v úvahu, že doba mezi příčinnou srážkou a přívalovou povodní bývá velice krátká (v řádech desítek minut) a proto není možné počítat s velkou časovou rezervou (např. pro instalaci mobilního hrazení). LVS proto mohou být využity např. pro varování a evakuaci pokud hrozí přímé ohrožení zdraví obyvatel.

Pomocné hlásné profily kategorie „C“

Ve věcné části povodňového plánu by měly být uvedeny veškeré údaje o hlásných profilech kategorie „C“, protože tyto údaje jsou pro rozhodování povodňové komise a řízení povodňové ochrany nezbytné. Ať už se jedná o měření vodního stavu hladinoměry nebo klasickou vodočetnou latí. Je to soubor dat pro vyhodnocení postupujícího nebezpečí.

Doporučení pro tvorbu povodňového plánu - organizační část

Tato část povodňového plánu by měla být zaměřena na organizační opatření.

Doporučená organizační opatření se týkají zejména opatření v době povodňového nebezpečí nebo za povodně. Jedná se o tyto organizační opatření:

Znalost území a povodňového plánu, pravidelná školení a nácvik PK

Pro operativní a odborné rozhodování členů povodňové komise (PK) je důležité získat místní znalost. V případě, že členové PK nemají dostatečnou znalost ohrožené lokality, bylo by vhodné se seznámit s ohroženou lokalitou, respektive se sběrným a zranitelným územím a povodňovým plánem.

Je nutné provádět nejen pravidelná školení PK, ale i nácvik činností při povodni. Při tomto nácviku je nutno simulovat povodňové nebezpečí a rozdělit jednotlivé úkoly mezi členy komise. Je žádoucí nacvičit systém vyrozumívání a nácvik zabezpečovacích prací.

Předpovědní povodňová služba

V případě přívalových srážek je sledování předpovědní povodňové služby základním pilířem pro další připravenost celého území. Tuto službu zabezpečuje Český hydrometeorologický ústav se správcem povodí. Zejména informace o srážkách je možné získávat na těchto webových stránkách <http://pocasi.chmi.cz> a <http://www.meteopress.cz/>.

PO4 – Zajištění aktuálních informací (předpovědní a hlásná povodňová služba)

Jednou ze základních podmínek zlepšení ochrany před povodněmi jsou včasné, kvalitní a aktuální informace. Tyto informace mají zásadní význam pro řízení ochrany před povodněmi a přispívají k podstatnému snížení povodňových škod. Předpovědní povodňovou službu zabezpečuje Český hydrometeorologický ústav ve spolupráci se správcem povodí. Hlavním účelem služby je informovat povodňové orgány a ostatní účastníky povodňové ochrany o nebezpečí vzniku povodně a o dalším nebezpečném vývoji. Zejména podávají informace o hydrometeorologických prvcích charakterizujících vznik a vývoj povodně jako jsou údaje o srážkách, vodních stavech a průtocích ve vybraných profilech. Hlásnou povodňovou službu organizují povodňové orgány obcí a povodňové orgány pro správní obvody obcí s rozšířenou působností. Podílejí se na ní i ostatní účastníci ochrany před povodněmi, zejména správci vodních toků a provozovatelé vodních děl. Hlásná povodňová služba zabezpečuje pravidelné informace povodňovým orgánům o vývoji povodňové situace v jednotlivých profilech vodních toků. Tyto informace jsou potom podkladem pro varování občanů a pro řízení opatření k ochraně před povodněmi. Systém hlásné služby je decentralizovaný, založený na aktivitách všech účastníků ochrany před povodněmi, přizpůsobený místním podmínkám a využívající všechny dostupné sdělovací, výstražné a vyrozumívací systémy.

Ze zkušeností z posledních povodňových událostí, způsobených přívalovými srážkami je zřejmé, že vedle opatření strukturálních je nezbytné aplikovat a vyvíjet také opatření nestrukturální, spočívající v budování výstražných lokálních a varovných systému a operativním řízení odtoku vody z povodí. Podstatou účinné protipovodňové ochrany je nejen prevence v povodí, ale při vlastním průběhu povodňových událostí i sled účinných zásahů v reálném čase, zejména operativní řízení povrchového odtoku z území např. přerušením odtokové dráhy vytvořením překážky nasypáním terénu nebo pytlování a naopak vytvořením odvodňovací rýhy a převedením do území, kde dojde k neškodnému rozlivu. Předpokladem je však mít dokonalé informace z povodí a čas pro účinný zásah. Významným zdrojem dat jsou právě lokální výstražné systémy.

PO5 - Povodňové prohlídky

Kapitolou, která je mnohdy velmi opomíjená, jsou povodňové prohlídky. Právě poznatky v terénu a prověřování zda na vodních tocích, vodních dílech a v záplavových územích, popřípadě na objektech nebo zařízeních ležících v těchto územích nejsou závady, které by mohly zvýšit nebezpečí povodně nebo její škodlivé následky. U obcí, u kterých bylo identifikováno zvýšené nebezpečí negativních následků z lokálních přívalových srážek, by bylo vhodné zaměřit tyto povodňové prohlídky na začínající erozní rýhy, systém obhospodařování pozemků, stav odvodňovacích systémů, vtokové objekty, propustky, nefunkční odvodňovací příkopy u polních cest a komunikací, stav dešťové kanalizace, stav oplocení pozemků ohrožených povodněmi, identifikace drah soustředěného odtoku, stav protierozních opatření atd.

Povodňové prohlídky organizují a provádějí povodňové orgány obcí s rozšířenou působností. O výsledku povodňové prohlídky musí být učiněn zápis do povodňové knihy. Zjištěné nedostatky musí být řešeny. Na základě těchto zjištění vyzve povodňový orgán vlastníky pozemků a staveb k odstranění tohoto závadného stavu.

Povodňové prohlídky se provádějí nejméně jedenkrát ročně, nejlépe před obdobím jarního tání. V povodňovém plánu musí být stanoveno, kdo bude za obec povodňové prohlídky provádět, rozsah prohlídek a rozsah spolupráce se správci toků.

C.2 Revize a náprava stávajícího stavu opatření – RN

RN1 – Opatření ke zvýšení průtočné kapacity vodních toků

Zejména u drobných vodních toků je nutné se zaměřit na průtočnou kapacitu vodních toků. Mnohdy jsou v intravilánech obcí koryta toků zarostlá výmladky a průtočný profil koryta toku není zachován. Na druhou stranu se na březích toků vyskytují přestálé pobřežní porosty, které při průchodu vyšších vodních stavů lehce podléhají vyvrácení a následnému pádu do toku a ucpání mostních profilů. Bylo by vhodné starý porost probrat a vysadit nové stabilnější dřeviny.

RN2 – Opatření v zahrádkářských koloniích

Zahrádkářské kolonie v blízkosti vodních toků, zejména v jejich nivách jsou dalším potenciálním rizikem pro zhoršení povodňové situace. Zejména se jedná o oplocení zasahující mnohdy až k hladině vodního toku, ukládání kompostů blízko břehové čáry a odkládání splavitelného materiálu - dřeva, zahradních pomůcek a případně chemikálií k ošetření plodin. V případech, kdy není stanoveno záplavové území, by bylo vhodné, aby obce či města vydali obecně závaznou vyhlášku o hospodaření v těchto koloniích v blízkosti vodních toků. U stanovených záplavových území může vodoprávní úřad stanovit opatření obecné povahy omezující podmínky.

RN3 – Opatření na zatrubněných vodních tocích

Dlouhodobým problémem se u vodních toků jeví jejich zatrubnění. Převážná část těchto zatrubnění byla budována v době, kdy nebyla stavebně povolena. Tato zařízení se budovala převážně bez projektové dokumentace, takže tato zařízení postrádají jakékoliv posouzení kapacity profilu.

RN4 – Řešení míst omezujících odtokové poměry

K omezení průtoku dochází zejména u mostních objektů, lávek a příčných překážek v profilu vodního toku (potrubí, zavěšená lana atd.). V tomto případě je nutno již v době návrhu mostních objektů důsledně vyžadovat vodoprávním úřadem návrh mostních objektů nejméně na Q_{100} . Samovolnému budování lávek přes vodní toky je nutné ze strany obce jednoznačně zamezit. Taktéž je nutno zabránit provádění trubních vedení napříč přes vodní tok nebo povolit pouze v případech, kdy jiné řešení není možné nebo při dodržení všech zásad pro křížení s vodním tokem. Právě zmenšování kapacity vodních toků má za následek vybřežení do okolní zástavby nebo ucpání profilu a následný rozliv do okolí. V případě přívalových srážek je povodňová událost velmi rychlá a tato místa jsou těmi kritickými místy, která mohou mít za následek nepředvídatelný rozliv mimo záplavové území.

C.3 Přírodě blízká a technická protipovodňová opatření – PBPO

Přírodě blízká protipovodňová opatření (PBPO) jsou opatření, která zajišťují zvýšení protipovodňové ochrany obce a zároveň přispívají k dosažení dobrého stavu vod. Návrh těchto opatření vychází z postupu Ministerstva životního prostředí, který byl zveřejněn ve Věstníku Ministerstva životního prostředí z listopadu 2008 („Metodika odboru ochrany vod, která stanovuje postup komplexního řešení protipovodňové a protierozní ochrany pomocí přírodě blízkých opatření“). Problematika byla podrobněji rozpracována a popsána v příručce „Zvýšení protipovodňové ochrany v povodí - přírodě blízká protipovodňová a protierozní opatření“ (Ministerstvo životního prostředí, 2010). Pro detailní návrhy lze také využít „Katalog opatření“, který vydalo Ministerstvo zemědělství v roce 2005. Dokumenty jsou ke stažení na webových stránkách <http://eagri.cz/public/web/mze/voda/planovani-v-oblasti-vod/plany-povodi-pro-1-obdobi/podpurne-dokumenty/katalog-opatreni.html>.

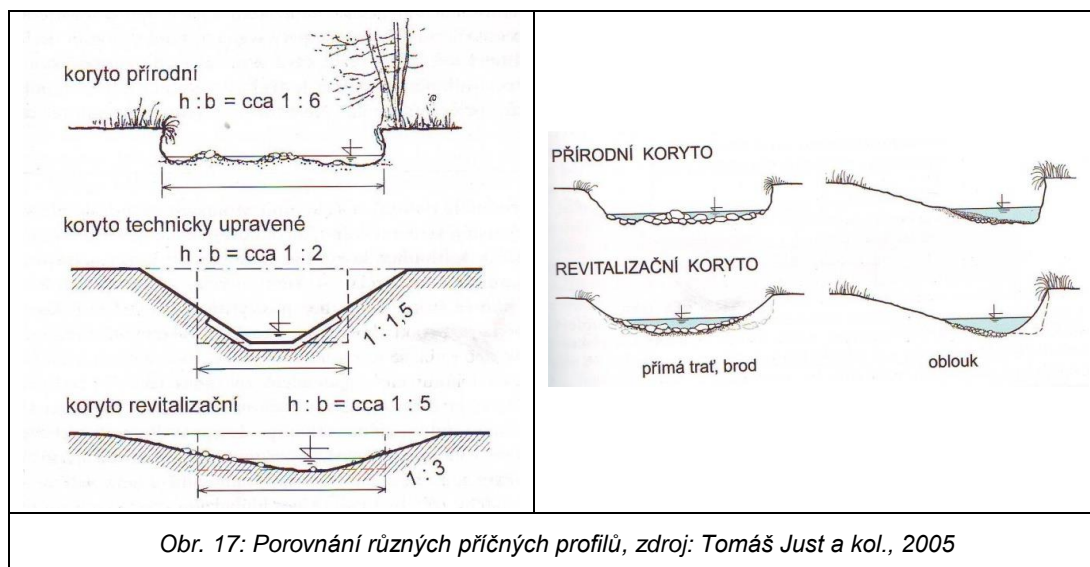
PBPO1 - Revitalizace v extravilánu

Opatření v nezastavěném území, formou snížení kapacity koryta revitalizací a zvýšením četnosti rozlivů do údolních niv. Tento typ opatření spočívá ideálně v navrácení toku do přirozeného stavu, to znamená provedení klasické revitalizace toku s rozvlněním trasy, vytvořením meandrů a snížením kapacity koryta. Tvary koryta i trasy vodního toku jsou ovlivněny především sklonitostními poměry, srážkoodtokovými poměry a typem hornin a půd.

Doporučené zásady pro návrh přírodě blízkého koryta toku (Vodohospodářské revitalizace, Tomáš Just a kol., 2005):

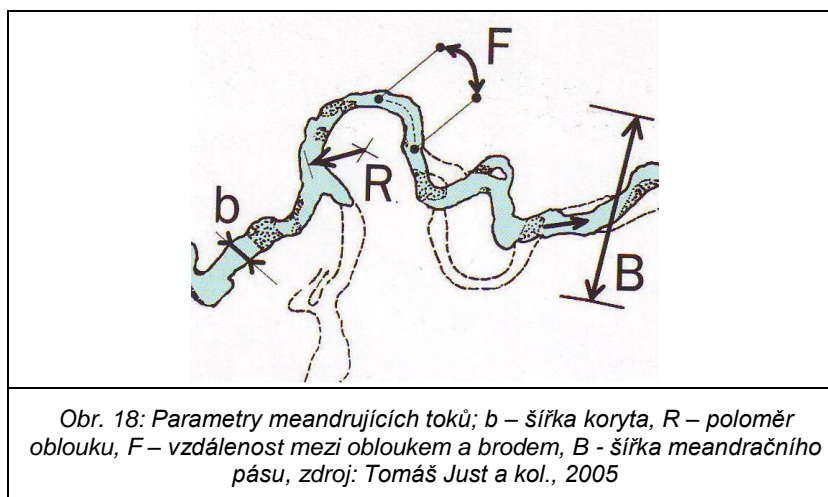
- Miskovitý tvar příčného profilu, široký a mělký, se sklonem svahů cca 1:3. V místech oblouků může být profil nesymetrický, svah u konkávního břehu je poté prudší než u konvexního břehu (viz Obr. 17). Nízká průtočná kapacita, návrh na průtok Q_{30d} až Q_1 , která podporuje rozlivy do nivy při vyšších vodních stavech.
- Větší poměr hloubky a šířky koryta – podle typu toku od 1:4 (malé potoky, stružky) až k 1:20 (velké řeky). Pro toky střední velikosti je ideální poměr 1:8 – 1:10.
- Absence těžkého nepoddajného opevnění, koryto je v případě nutnosti možné stabilizovat pouze pohozy z místního kamene.
- Trasa odpovídající geomorfologickému typu toku, nejednotný podélný sklon.
- Přítomnost tůní, větších balvanů v toku a příp. dalších rozčleňujících objektů podporující oživení toku popř. i samočistící schopnosti.

Níže jsou uvedeny vhodné příklady revitalizace vodních toků.



Pro meandrující typy koryt (viz Obr. 18) je dále vhodné řídit se při návrhu těmito parametry:

- Šířka meandračního pásu bývá 10 až 14 násobkem šířky koryta.
- Poloměr oblouků bývá 2 až 3 násobkem šířky koryta.
- Vzdálenost mezi obloukem a následujícím brodem bývá 5 až 7 násobkem šířky koryta.

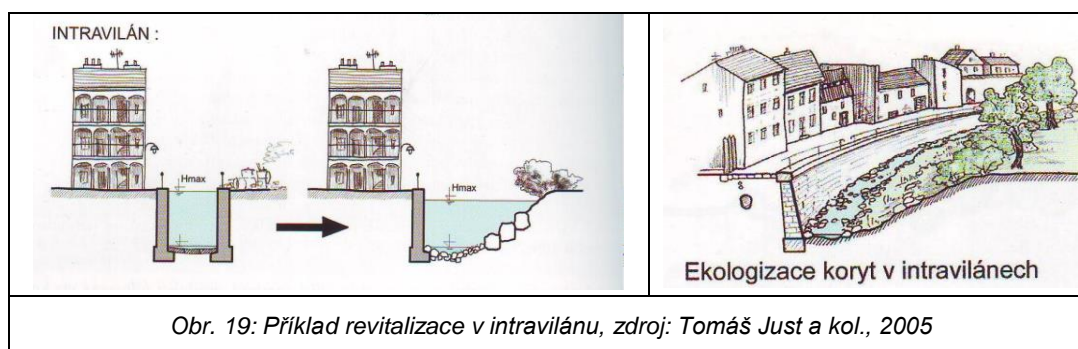


PBPO2 - Revitalizace v intravilánu

Liší se od PBPO1 v tom, že se jedná o úpravu toku v zastavěném území měst a obcí. V intravilánech není většinou možné umožnit rozlivy do údolní nivy, naopak je nutná důsledná ochrana objektů a stabilizace koryta. Přestože se v tomto případě nelze vyhnout technickým prvkům, je přesto možné zlepšit ekologický stav toku. Jedná se o návrhy složených profilů se stěhovavou kynetou, která odpovídá revitalizačnímu korytu. Složené profily by měly být dostatečně kapacitní, aby zajistily požadovanou protipovodňovou ochranu obce. Pro revitalizaci vodních toků v urbanizovaných územích je třeba, v závislosti na velikosti toku a místních podmínkách, hledat vždy individuální řešení.

Cílem revitalizace v intravilánu je zajištění kapacitního koryta s alespoň základní ekologickou hodnotou, takže řešení zahrnují jak opatření ke zlepšení protipovodňové ochrany, tak opatření ke zlepšení ekologické funkčnosti. Ke zlepšení protipovodňové ochrany slouží opatření jako rozšíření řečiště nebo jeho dna, snížení úrovně příbřežního území nebo zvýšení hrází. Opatření ke zlepšení ekologické funkčnosti spočívají ve vytvoření strukturní členitosti typické pro vodní tok (např. vkládáním kamenů nebo mrtvého dřeva do toků), přestavbě jezů na skluzy a dnové rampy (obnovení biologické migrační prostupnosti), uplatnění inženýrsko - biologických stavebních metod a založení odpovídajícího břehového porostu.

Revitalizované toky v zastavěných územích navíc slouží jako místa pro trávení volného času a rekreaci, především zlepšením přístupu k vodnímu toku. Předpokladem pro to je prostor (dosažitelnost ploch), čas (například pro rozvoj břehové vegetace) a odborná způsobilost pro plánování, realizaci a pozdější údržbu. Revitalizace vodních toků v urbanizovaných územích vyžaduje často víceleté plánování, mimo jiné aby se podařilo získat potřebné plochy. K tomuto plánování rovněž náleží návrhy přírodě blízkého odvodnění dopravních komunikací.

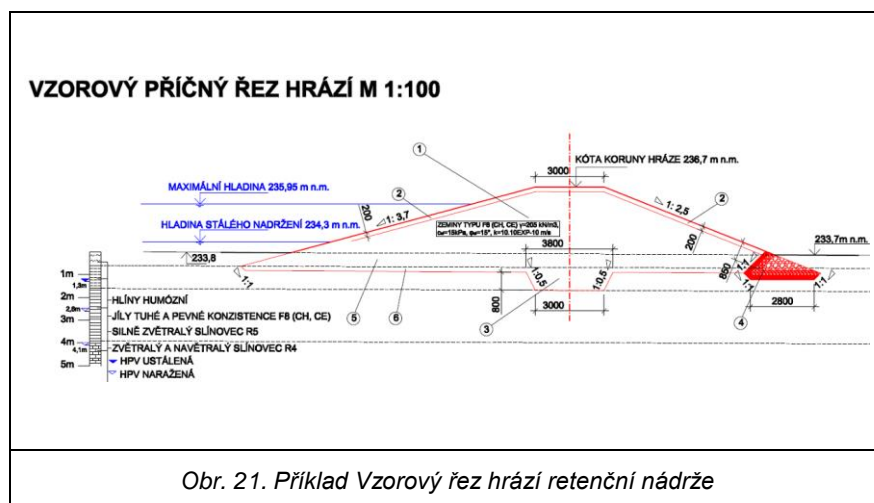




PBPO3 - Suchá retenční nádrž - poldr

Tato opatření mají z hlediska protipovodňové ochrany největší efekt. Nádrže ale nesmí obsahovat trvalou akumulaci a nesmí narušit krajinný ráz funkčními objekty hráze. Dále musí být zajištěna obousměrná migrační prostupnost toku. Ve zdržích těchto nádrží se navrhuje revitalizace toku a nivy (PBPO1).

Hráze suché (polosuché) nádrže se budují převážně jako zemní, sypané z místních dostupných materiálů, podle místních podmínek lze uvažovat i s jinými materiály. Při návrhu hráze je třeba brát v úvahu, že hráze budou zatápěny vodou náhle, většinou krátkodobě a s delšími prodlevami bez zatopení, takže se zřejmě nevytvoří stálý režim průsaku hrází. To může nepříznivě ovlivňovat jejich stabilitu při zatápění akumulačního prostoru nádrže. Tuto okolnost je třeba brát v úvahu i při návrhu opevnění návodního líce hrází a stanovování potřeb těsnění podloží. Součástí hrázového systému a funkčních objektů musí být i zařízení pro kontrolní měření TBD.



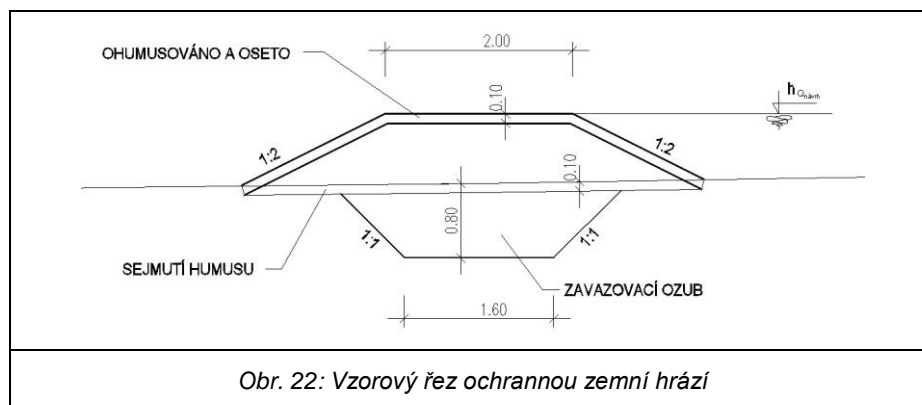
PBPO4 - Revitalizace a navazující technická opatření

Kombinované opatření vhodné pro zastavěná území, protože kombinuje opatření ryze přírodní (PBPO1) s navazujícími technickými opatřeními. Technickým opatřením se rozumí například ohrázování ohrožených objektů, rekonstrukce mostů nebo zkapacitnění propustků. Příkladem může být například obec, v níž se nachází dostatečně velká zatravněná plocha. Zde může dojít k rozvolnění toku a snížení kapacity koryta (PBPO1), ale musí být vyřešeno častější ohrožení přilehlých objektů povodní. Navrhuje se tedy jejich ohrázování.

Pro návrh zemní hráze je třeba vycházet z daných pravidel a místních podmínek. Zemní ochranné hráze, jako nejfrekventovanější typ ochranných pevných konstrukcí, zabezpečují neškodné odvádění velkých vod (do průtočného množství odpovídajícího návrhovému průtoku). Hráze jsou budovány převážně z místních materiálů. Výška hráze je stanovena hydraulickým výpočtem s patřičným

převýšením dle ČSN 752101. Nejmenší šířka hráze v koruně je 2,0 m (při výšce hráze do 2 m), u hrází vyšších než 2 m je minimální šířka koruny 3,0 m.

Ve stísněných podmínkách mohou plnit ochrannou protipovodňovou funkci zdi, v současné době nejčastěji železobetonové monolitické nebo prefabrikované. Tloušťka železobetonové zdi je dána statickým výpočtem, směrně 0,5 - 0,8 m (v závislosti na výšce), založení musí být provedeno na nezamrznu hloubku. Funkci ochranných hrází mohou za určitých podmínek plnit i násypová tělesa komunikací, pokud vyhovují příslušným normativním ustanovením.



Základním předpokladem pro nezhoršování povodňové situace mostní konstrukcí je dostatečná výška spodní hrany nosné konstrukce nad hladinou návrhové povodně a umístování mostních opěr mimo koryto vodního toku, včetně respektování specifik proudění povodňových průtoků. Ani normou stanovené minimální převýšení nemusí být z hlediska plavenin a ledochodů zcela vyhovující, každý případ by měl být posuzován individuálně za účasti správce toku a vodoprávního úřadu s ohledem na specifické podmínky v povodí a charakter mostní konstrukce.

K odstranění nevyhovujícího stavu je zpravidla nutná rekonstrukce mostního objektu buď zvýšením nivelety nebo volbou subtilnější nosné konstrukce, případně použitím horní nosné konstrukce nad mostovkou. Na tyto úpravy zpravidla musí navazovat úpravy souvisejících komunikací, takže celé opatření je značně nákladné a jako samostatné protipovodňové opatření málo reálné. Jeho realizace přichází v úvahu při rekonstrukci mostního objektu z důvodů končící životnosti nebo řešení zvýšeného dopravního zatížení.

K jistému zlepšení situace může ve vhodných podmínkách přispět zřízení inundačních otvorů nebo úprava nivelety navazující vozovky, umožňující její řízené přelévání. V takových případech je třeba pečlivě prověřit, zda takto usměrněná voda neohrozí dříve ochráněné lokality a zajistit, aby se po odeznění povodňové situace dostala neškodně zpět do recipientu.

C.4 Protierozní opatření - PEO

Největším problémem zemědělsky intenzivně obhospodařované půdy jsou velké půdní bloky orné půdy, na sklonitých svazích, které nemají vybudovaný žádný záchytný systém pro povrchový odtok. Při detailním návrhu opatření by mělo být postupováno dle metodiky „Ochrana zemědělské půdy před erozí“ (M. Janeček a kol., 2012).

Protierozní opatření se dělí na opatření:

- **Organizační** - nenákladná, upravující zejména organizaci a strukturu plodin. Spočívají zejména v aplikování protierozních osevních postupů, pásovém střídání plodin a ve změně velikosti a tvarů pozemků.
- **Agrotechnická a vegetační** - spočívají v používání protierozních agrotechnologií na orné půdě mezi které patří bezorebné obdělávání pozemků, vrstevnicové obdělávání pozemků, používání ochranných plodin a mulčování. Ve speciálních kulturách (sady, vinice a chmelnice apod.) je nutné aplikovat zatravnění meziřadí.
- **Biotechnická** - jsou nákladnější a vyžadují určité technické zásahy do pozemků. Je proto vhodné je provádět v rámci komplexních pozemkových úprav. Mezi biotechnická opatření patří vybudování protierozních průlehů, mezí, hrázek a stabilizace drah soustředěného povrchového odtoku pomocí zatravnění údolnic.

PEO1 - Protierozní osevní postupy

Navrhují se v případě silně svažitéch pozemků ve velmi sklonitém území, kde není možné provádět pracovní operace napříč svahu nebo v případech nepříznivého tvaru a přístupnosti pozemku. Je třeba zabezpečit rostlinný kryt po většinu roku a ochranu půdy i v zimním období. Taková erozní situace na pozemku vyžaduje především zásadní úpravu struktury pěstovaných plodin, tzn. vyloučit plodiny s nízkou protierozní účinností (např. kukuřice) a zvýšit zastoupení plodin s vysokým protierozním účinkem (obiloviny), případně aplikovat ochranné zatravnění nebo zalesnění.

Návrh vhodného umístění pěstovaných plodin podle sklonu pozemku (rozdělení vychází z Přílohy č. 3 vyhlášky Ministerstva zemědělství č. 327/1998 Sb., a kategorie I.-V. odpovídají sklonitostem s kódem 0 - 4):

- **Kategorie I** - plochy podél vodotečí jsou charakteristické velmi malým sklonem. Z hlediska možného vyběžení vody z toku je nutno tyto plochy využívat jako trvalé travní porosty.
- **Kategorie II.** - plochy s ornou půdou se sklonem do 3° lze soustředit plodiny chránící půdu nedostatečně - okopaniny, kukuřice, širokořádkové plodiny.
- **Kategorie III.** - plochy s ornou půdou se sklonem do 7°. Zde je možno plodiny odolné jako např. ozimé obiloviny pěstovat bez omezení. Plodiny náchylné erozi je možno pěstovat s použitím agrotechnických protierozních opatření (viz níže). Možno využít běžný osevní postup.
- **Kategorie IV.** - plochy s ornou půdou se sklonem do 12° je možno využívat jen se speciálním protierozním osevním postupem. Je zde nutno zvážit zornění lokality a možný převod pozemků na trvalé travní porosty.
- **Kategorie V.** - plochy bez orné půdy nad 17°, jen trvalé travní resp. lesní porosty.

PEO2 - Pásové střídání plodin

Sleduje snížení erozního účinku vložení různě širokých pásů s plodinami erozně méně ohroženými (travní porost, vojtěška, jetel, příp. obilovina) na pozemek s pěstovanou erozně ohroženou plodinou (např. kukuřice). Pásové střídání plodin pásovým pěstováním plodin se provádí ve formě vrstevnicových pásů, nebo pásů s mírným odklonem od vrstevnic (do max. odklonu 30° od vrstevnic). Mohou být stejně široké při shodném osevním postupu nebo lze navrhnout různě široké pásy plodin dobře chránících půdu před erozí.

Šířka pásů je závislá na sklonu a délce svahu, propustnosti půdy, její náchylnosti k erozi a na šířce záběru nářadí. Minimální šířka vsakovacího pásu je 30 m.



Obr. 23: Pásově střídání plodin, zdroj:
M. Janeček a kol., 2012

PEO3 - Změny velikosti a tvarů pozemků

Změny velikosti a tvarů pozemků je nejlepší realizovat v rámci komplexních pozemkových úprav (KPÚ). KPÚ jsou změny právního stavu pozemků, jimiž se ve veřejném zájmu prostorově a funkčně uspořádávají pozemky, scelují se nebo dělí a zabezpečuje se jimi přístupnost a využití pozemků a vyrovnání jejich hranic tak, aby se vytvořily podmínky pro racionální hospodaření vlastníků půdy. V těchto souvislostech se k nim uspořádávají vlastnická práva a s nimi související věcná břemena. Současně se jimi zajišťují podmínky pro zlepšení životního prostředí, ochranu a zúrodnění půdního fondu, vodní hospodářství a zvýšení ekologické stability krajiny. Výsledky pozemkových úprav slouží pro obnovu katastrálního operátu a jako závazný podklad pro územní plánování.

Zahájení KPÚ je možné iniciovat. Podnět k zahájení KPÚ mohou kromě vlastníků pozemků v dotčených katastrálních územích podat i jiné subjekty, například ty které připravují stavby ve veřejném zájmu (jako jsou dálnice, protipovodňová opatření a podobně). Mezi tyto subjekty spadají i obce. Na základě iniciativy právního subjektu, např. obce, lze ve veřejném zájmu vyhlásit i jednoduchou pozemkovou úpravu, která bezprostředně souvisí s řešeným územím. Toto zpracování je rychlejší a projektově jednodušší, přináší však menší možnost manipulovatelnosti při směnách pozemků. Komplexní pozemkové úpravy se provádí v rozsahu celého katastrálního území, zpracování návrhu KPÚ financuje pozemkový úřad.

Protože běžná doba trvání KPÚ je 2-3 roky, je vhodné návrh na zahájení KPÚ zaslat na Pozemkový úřad v dostatečném předstihu. Plán rozsahu zahajovaných KPÚ pro určitý rok se uzavírá do konce roku předchozího. KPÚ pak zadávají pozemkové úřady v bývalých okresech, pod které jednotlivá katastrální území spadají. Pozemkový úřad posuzuje podané požadavky na zahájení pozemkových úprav. K těmto požadavkům se vyjádří v písemném sdělení do 30 dnů. Shledá-li důvody, naléhavost a účelnost provedení pozemkových úprav za opodstatněné, zahájí řízení o pozemkových úpravách. Pozemkový úřad může v odůvodněných případech zahájit řízení i bez podaných požadavků. Pozemkový úřad zahájí řízení vždy, pokud se pro vysloví vlastníci pozemků nadpoloviční většiny výměry zemědělské půdy v dotčeném katastrálním území, (dle §6 odst. 3 zákona č. 139/2002 Sb., o pozemkových úpravách a pozemkových úřadech).

Kromě komplexních pozemkových úprav existují také jednoduché pozemkové úpravy. Jedná se ale o pozemkové úpravy, které mají jeden nebo jen několik cílů a neřeší širší územní vztahy a veřejné zájmy. Řeší například jen nedostatky v evidenci vlastnictví nebo řeší pouze blok pozemků v rámci katastrálního území. Jednoduchá pozemková úprava má umožnit efektivní hospodaření uživatelům do doby než se provede komplexní pozemková úprava.

Stav pozemkových úprav v jednotlivých katastrálních územích je možné zjistit na webových stránkách <http://eagri.cz/public/app/eagriapp/PU/Prehled/>.

PEO4 - Bezorebné obdělávání pozemků

Při bezorebném obdělávání pozemků se na pozemcích neprovádí prakticky žádná orba. Po sklizení plodiny je na pozemku ponecháno strniště, které díky kořenovému systému sklizených plodin a zakrytí povrchu půdy zvyšuje erozní odolnost pozemků. Následně je pomocí „bezorebního kombinátoru“ provedeno zasetí nové plodiny. Bezorebné kombinátory šetří počet pojezdů zemědělské techniky po poli, což vede ke snížení finančních nákladů (palivo, pracovní doba zaměstnanců, údržba několika různých strojů) a zamezení nežádoucího zhutňování půdy. Výhodami bezorebného obdělávání je snížení finančních nákladů farmáře a postupné zvyšování úrodnosti půdy (půda je výrazně méně zhutňována, takže dochází k obnovení přirozené struktury a dochází ke zlepšení podmínek pro půdní organismy).

PEO5 - Vrstevnicové obdělávání pozemků

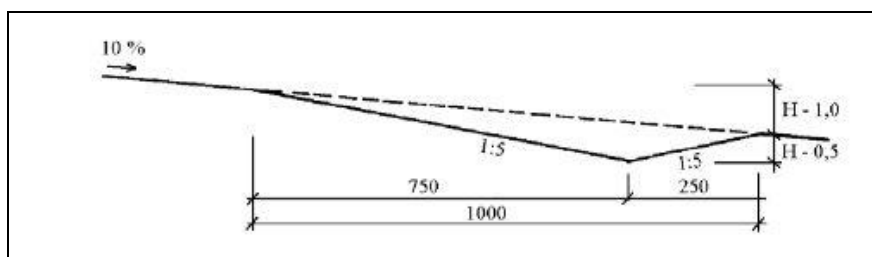
Vrstevnicové obdělávání pozemků spočívá v respektování morfologie terénu a obdělávání pozemků rovnoběžně s vrstevnicemi. Nejsou tak vytvářeny preferenční cesty pro povrchový odtok během srážky jako při obdělávání po spádnicí (kolno na vrstevnice) a je podpořena infiltrace vody.

PEO6 - Využívání ochranných plodin a mulčování

Využívání ochranných plodin a mulčování vede k zajištění ochrany povrchu půdy, a to i v mezidobí mezi sklizní jedné plodiny a zasetím jiné. Pokrytí povrchu půdy snižuje rychlost proudící vody, zvyšuje její infiltraci a zabraňuje odnosu půdních částic. Jako ochranné plodiny se používají rychle rostoucí rostliny, které jsou zároveň schopny vázat a ukládat dusík („zelené hnojení“). Mulčování spočívá ve využití rostlinných zbytků (např. slámy) k pokrytí povrchu půdy.

PEO7 - Protierozní průlehy

Protierozní průlehy jsou jedním z nejvhodnějších a nejdůležitějších opatření na orné půdě, zejména použité v kombinaci s agrotechnickými a organizačními opatřeními. Průleh je mělký, široký příkop s mírným sklonem svahů, založený s malým, příp. až nulovým podélným sklonem, kde se povrchově stékající voda zachycuje a vsakuje nebo je neškodně odváděna (viz Obr. 24, 25).



Obr. 24: Příčný profil průlehu (rozměry jsou pouze orientační).



Obr. 25: Příklad realizovaného průlehu

PEO8 - Protierozní meze

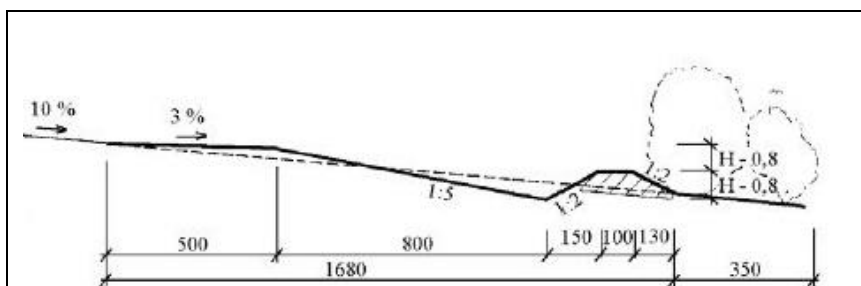
Protierozní meze mohou být navrhované s průlehy ve své spodní části (pak jsou trvalou překážkou soustředěného povrchového odtoku) nebo bez průlehy (v tomto případě přispívají k rozptýlení soustředěného povrchového odtoku). Doporučuje se, aby většina dosud stávajících mezí byla ponechána a vhodným způsobem doplněna nebo znovu vybudována tam, kde v důsledku zvětšování bloků orné půdy byly meze zrušeny. Protierozní mez se navrhuje dle sklonu svahu vysoká cca 1-1,5 m, ve sklonu 1 : 1,5. Mez je následně zatravněna a osázena keři.



Obr. 26: Příklad protierozní meze

PEO9 - Protierozní hrázky

Protierozní hrázky mají zachytnou, retenční (vsakovací) a odváděcí funkci. Navrhují se za účelem neškodného odvedení vody zejména při ochraně intravilánu či jiných chráněných území a staveb s cílem zamezit přítoku vnější vody na pozemek. Navrhují se zejména na pravidelných méně sklonitých svazích (do 10 %) s malou vertikální a horizontální členitostí. Musí být vždy napojeny na systém svodných prvků a hydrografickou síť v povodí. Navrhují se samostatně, případně v kombinaci s dalšími liniovými prvky technického charakteru (mělký průleh nebo příkop). Hrázkou se vytvoří retenční prostor pro zachycení a neškodné odvedení odtoku ze sběrného území (do 15 ha).



Obr. 27: Protierozní hrázka v kombinaci s průlehem (rozměry jsou pouze orientační).

PEO10 - Stabilizace drah soustředěného povrchového odtoku

Stabilizace drah soustředěného povrchového odtoku se provádí pomocí zatravnění údolnic (Obr. 28). Přírozené nebo upravené dráhy soustředěného povrchového odtoku jsou zpevněny vegetačním krytem, takže jsou schopny bezpečně bez projevů eroze odvést povrchový odtok, ke kterému dochází v důsledku morfologické rozmanitosti krajiny, zejména na příčně zvlněných pozemcích, v úžlabinách a údolnicích v době přivalových dešťů nebo jarního tání, kdy soustředěně po povrchu odtékající voda v těchto místech zpravidla způsobuje erozní rýhy. Zatravněná stabilizovaná dráha soustředěného povrchového odtoku je protierozní opatření, které potřebuje údržbu, aby zůstala zachována jeho schopnost bezpečně, bez erozních procesů, odvést povrchový odtok. Systém údržby spočívá zejména v pravidelném sečení minimálně dva až třikrát ročně, přihnojování porostu a bezprostředním odstraňování škod vzniklých při provádění agrotechnických operací, včetně možných oprav poškozeného odvodňovacího systému.



Obr. 28: Stabilizace drah soustředěného povrchového odtoku – zatravnění údolnic, zdroj: Janeček, M., a kol. (2012)

C.5 Ostatní opatření - OO

OO1 – Opatření na lesních porostech

V důsledku současného špatného hospodaření v lesích vznikají nepříznivé projevy povrchového odtoku i na lesních pozemcích. Důležitými limity hospodaření v lesích je dodržování minimálního podílu melioračních a zpevňujících dřevin při obnově porostu, nepřekročení povoleného rozsahu těžby dle schválených lesních hospodářských plánů.

Další velmi opomíjeným hlediskem je systém odvodňovacích příkopů a kanálů, kteří již naši předkové měli velmi důmyslně vymyšleny, udržovány a sledovány. S tímto systémem se na lesních pozemcích setkáváme velmi ojediněle. Pokud jsou tam nějaká starší odvodňovací zařízení, jsou buď poničena lesní technikou, nebo špatnou údržbou. Taktéž neodklizení dřevní hmoty zejména v blízkosti vodních toků může mít za následek jejich odnos níže po toku.

OO2 - Opatření na vodních nádržích

Vodní nádrže (rybníky) nacházející se v přispívající ploše kritického bodu by měly být prověřeny, zejména jejich manipulační řády, retenční kapacita a stav hráze a objektů.

Pokud nádrž nemá manipulační řád zpracován, může zástupce obce kontaktovat vodoprávní úřad, který zpracování manipulačního řádu uloží dle zákona (§ 59, odstavec 3 zákona 254/2001 Sb. „o vodách“: „Vodoprávní úřad může uložit vlastníkovvi vodního díla zpracovat a předložit mu ke schválení manipulační řád vodního díla; může též stanovit podmínky, za kterých rozhodnutí o schválení vydá, a lhůtu k předložení nebo k předloženému manipulačnímu řádu uložit provést doplnění nebo jiné úpravy. Dále může uložit provést změnu schváleného manipulačního řádu vodního

díla a jeho předložení ke schválení. Manipulační řád schvaluje vodoprávní úřad na časově omezenou dobu.“).

Pokud mají nádrže dostatečnou retenční kapacitu, je možné navrhnout úpravu manipulačních řádů tak, aby hladina nadržení při běžném provozu nedosahovala maximální úrovně. V případě povodně by tedy nádrž byla schopná určitý objem vody zachytit a fungovala by na podobném principu jako poldr. Bohužel u nádrží, u nichž není v povolení k nakládání s vodami určena protipovodňová funkce, je pouze na dohodě s jejich vlastníky, aby s tímto souhlasili, což může být problematické. V tomto případě je vhodné oslovit vodoprávní úřad a konzultovat možnosti řešení pro konkrétní nádrž a vlastníka. Zvýšení retenční schopnosti nádrží je také možno docílit navýšením hrází.

U nádrží bez bezpečnostních přelivů by měly být tyto přelivy dostavěny, protože při přelévání koruny hráze během povodně hrozí narušení stability tělesa hráze a jeho protržení. Vzniká tak zvláštní povodeň, která může velmi významně zvýšit ohrožení obcí pod touto nádrží. Zvláštní povodeň také hrozí, pokud je stav hráze a objektů v nevyhovujícím stavu.

003 - Pojištění

Pojištění nemovitosti či objektu v rizikové oblasti může být jedním z dalších možných opatření protipovodňové ochrany. Občané mohou využít širokou nabídku soukromého majetkového pojištění, v rámci nichž jsou rizika povodně a záplavy pojištěna a většinou i kvalitně zahraničně zajištěna. Problémem je, že klienti často podceňují význam pojistné ochrany, nevěnují mu dostatečnou pozornost a v případě nastání události spoléhají na pomoc státu. Častým důvodem nepojištění rizika je jeho podcenění, klienti obvykle nepovažují povodeň za pravděpodobnou. V České republice se nejčastěji využívá způsob krytí rizika povodně či záplavy v rámci soukromého majetkového pojištění s horním limitem pojistného plnění. Pojistné se také liší v závislosti na využití různých konstrukčních prvků pojištění.

C.6 Opatření zajišťující zpětnou vazbu – ZV

ZV1 - Evidenční a dokumentační práce po povodni

Po povodni je nutné zajistit evidenční a dokumentační práce, a ty následně využít jako podklad pro revizi stávajících nebo návrh dalších opatření, případně pro zhodnocení funkčnosti výstražného a varovného systému. Všechny tyto závěry by se měly promítnout do povodňových plánů obcí. Je nutné se zaměřit na neobvyklé situace přímo v terénu, ověřit jestli se v krajině neprojevují první příznaky soustředěného odtoku a erozního smyvu. Pokud ano, snažit se přesvědčit hospodařící subjekty pro aplikaci některého typu protierozních opatření a seznámit subjekty s přínosy protierozních opatření pro zlepšení hospodaření na pozemcích (zamezení smyvu úrodné vrstvy půdy, zvýšení infiltrace vody do půdy apod.).

C.7 Zadávání navržených opatření do simulačních modelů

Obecně se opatření zadávají do hydrologického modelu, pokud se nacházejí na území přispívající plochy a do hydraulického modelu, pokud se nacházejí v intravilánu. Některá opatření ale je možné řešit pouze jedním typem modelu – např. zvětšení průtočného profilu pod mostem lze řešit pouze hydraulickým modelem. Pokud se tedy most nachází mimo úsek toku řešený modelem, je nutné tento úsek rozšířit. Některá opatření do modelů nelze zadat vůbec, nebo jen s omezenými možnostmi. Přehled opatření a jejich zadávání do modelů je uveden v následujících kapitolách a v Tab. 13.

Preventivní opatření - PO

Preventivní opatření není možné do modelů zadat. Jedná se o opatření, která nezajistí snížení hodnoty kulminačního průtoku. Tato opatření slouží ke zlepšení připravenosti obcí na povodňové situace a preventivní opatrnosti.

Revize a náprava stávajícího stavu – RN

Tato opatření je možné zadat do hydraulického modelu, pokud se řešené objekty nacházejí v intravilánu obce. Do modelu se zadávají formou úpravy dimenzí objektů (např. zvětšení dimenze propustku, zvýšení mostu atd.).

Přírodě blízká a technická protipovodňová opatření – PBPO

Problémem u této skupiny opatření může být opatření PBPO1 – revitalizace v extravilánu, která se většinou navrhuje na území přispívající plochy řešené hydrologickým modelem. Do tohoto modelu je většinou možné zadat délku, tvar a drsnost koryta (takže může dojít ke zpomalení nástupu povodně), ale model nezapočítá rozliv a retardaci vody v nivě, která je hlavním přínosem opatření. Při návrhu PBPO1 je tedy vhodné zvážit rozšíření hydraulického modelu. Ostatní opatření se zadávají pomocí standardních nástrojů, kterými modely disponují.

Protierozní opatření – PEO

Většina protierozních opatření se do hydrologického modelu zadává pomocí úpravy hodnot CN (pokud byla použita metoda CN křivek). Problém je při snaze o rozlišení dvou z hlediska CN křivek poměrně podobných kultur (např. pásové střídání kukuřice a obilí), které se na výsledcích modelu příliš neprojeví. Nicméně je fakt, že tato opatření nemají na snížení povodňového průtoku významný vliv, cílem je spíše eliminace erozního smyvu. Podobně problematické je zadání bezorebného nebo vrstevnicového obdělávání pozemků.

Naopak protierozní meze, průlehy a hrázky lze do hydrologického modelu zadat jako malé retenční nádrže s objemem odpovídajícím návrhovým parametrům (plocha příčného profilu a délka meze/průlehu/hrázky).

Ostatní opatření – OO

Zadání opatření na vodních nádržích umožňuje jak hydraulický, tak hydrologický model, takže záleží na umístění nádrže. Opatření na lesních porostech většinou nelze do modelu zadat.

Opatření zajišťující zpětnou vazbu – ZV

Opatření zajišťující zpětnou vazbu se do modelů nezadávají.

Tab. 13: Zadávání opatření do modelů

jednotlivá opatření		zadání opatření do modelu
ID	název opatření	
PO1	Vymezení záplavových území	Nelze zadat
PO2	Opatření v územních plánech	Nelze zadat
PO3	Tvorba povodňových plánů	Nelze zadat
PO4	Zajištění aktuálních informací (předpovědní a hlásná povodňová služba)	Nelze zadat
PO5	Povodňové prohlídky	Nelze zadat
RN1	Opatření ke zvýšení průtočné kapacity vodních toků	Hydraulický model
RN2	Opatření v zahrádkářských koloniích	Hydraulický model
RN3	Opatření na zatrubněných vodních tocích	Hydraulický model
RN4	Řešení míst omezujících odtokové poměry	Hydraulický model
PBPO1	Revitalizace v extravilánu	Hydrologický model - omezené možnosti
PBPO2	Revitalizace v intravilánu	Hydraulický model
PBPO3	Suchá retenční nádrž - poldr	Hydrologický model
PBPO4	Revitalizace a navazující technická opatření	Hydraulický model
PEO1	Protierozní osevní postupy	Hydrologický model
PEO2	Pásové střídání plodin	Hydrologický model – omezené možnosti
PEO3	Změny velikosti a tvarů pozemků	Hydrologický model
PEO4	Bezorebné obdělávání pozemků	Hydrologický model – omezené možnosti
PEO5	Vrstevnicové obdělávání pozemků	Nelze zadat
PEO6	Využívání ochranných plodin a mulčování	Hydrologický model – omezené možnosti
PEO7	Protierozní průlehy	Hydrologický model
PEO8	Protierozní meze	Hydrologický model
PEO9	Protierozní hrázky	Hydrologický model
PEO10	Stabilizace drah soustředěného povrchového odtoku	Hydrologický model
OO1	Opatření na lesních porostech	Nelze zadat
OO2	Opatření na vodních nádržích	Hydrologický/hydraulický model (záleží na umístění nádrže)
OO3	Pojištění	Nelze zadat
ZV1	Evidenční a dokumentační práce po povodni	Nelze zadat

D Závěr

Hlavním výsledkem projektu je **certifikovaná metodika s názvem „Prevence a zmírňování následků živelních a jiných pohrom ve vztahu k působnosti obcí“**. Metodika má za cíl vytvořit účinný a ucelený nástroj určený zejména pro obce k prevenci před přívalovými povodněmi, které jsou v poslední době velmi aktuálním fenoménem v důsledku klimatické změny související s nerovnoměrným rozložením srážek v místě a čase. Metodický postup musí být zpracován odbornou firmou působící v oblasti ochrany před povodněmi.

Zdroje financování pro zajištění realizace opatření ochrany intravilánů obcí budou zajištěny z dotačních titulů jednotlivých rezortů: MMR v oblasti studií realizace návrhu opatření, MŽP pak v oblasti realizace jednotlivých opatření prostřednictvím OPŽP a v neposlední řadě je to MZe s využitím dotačního titulu ochrany před povodněmi, který je určen pro správce povodí. Zdrojem financí pro zpracování studií pak mohou být i prostředky krajských úřadů, které zřizují tzv. povodňové fondy.

Dokumentace pilotních území Svinaře a Ondratice zpracovaná na základě této Metodiky je v **Příloze 3**.

E Seznamy

Seznam zkratk

CN	Curve Number
ČHMÚ	Český Hydrometeorologický Ústav
ČÚZK	Český Úřad Zeměměřičský a Katastrální
ČR	Česká Republika
DIBAVOD	Digitální Báze Vodohospodářských Dat
DMR	Digitální Model Reliéfu
DMR 4G	Digitální Model Reliéfu 4. Generace
DMR 5G	Digitální Model Reliéfu 5. Generace
DSO	Dráha Soustředěného Odtoku
GIS	Geografické Informační Systémy
HEC-HMS	Hydrologic Engineering Center - The Hydrologic Modeling System
HEC-RAS	Hydrologic Engineering Center - River Analysis System
HPPS	Hlásná a Předpovědní Povodňová Služba
KB	Kritický Bod
KPÚ	Komplexní Pozemkové Úpravy
LPIS	Land Parcel Identification System
LVS	Lokální Výstražné Systémy
MMR	Ministerstvo pro Místní Rozvoj
MZe	Ministerstvo Zemědělství
MZÚ	Míra Zranitelnosti Území
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
OO	Ostatní Opatření
OPŽP	Operační program Životní prostředí
ORP	Obec s Rozšířenou Působností
PBPO	Přírodě Blízká Protipovodňová Opatření
PEO	Protierozní Opatření
PK	Povodňová Komise
PO	Preventivní Opatření
POVIS	Povodňový Informační System
PP	Povodňový plán
SFŽP	Státní Fond Životního Prostředí
SPA	Stupně Povodňové Aktivity
TBD	Technicko-bezpečnostní Dohled
VIS	Varovné Informační Systémy

Seznam tabulek

Tab. 1: Kritéria K1 - K4	9
Tab. 2: Kritéria K1A a K2A	9
Tab. 3: Kategorie ploch dle nebezpečnosti	10
Tab. 4: Kategorie ploch dle typu	10
Tab. 5 Limitní hodnoty pro určení kategorie zranitelnosti	14
Tab. 6: Kategorie rizikovosti	15
Tab. 7: Výpočet hodnot hyetogramu pro srážku s délkou trvání 1 hodina	20
Tab. 8: Výpočet hodnot hyetogramu pro srážku s délkou trvání 2 hodiny.	21
Tab. 9 : Data z Truplových tabulek, příklad pro stanici č. 1 - Špindlerův Mlýn	22
Tab. 9: Převod jednotek a extrapolace	22
Tab. 10: Hydrologické skupiny půd	23
Tab. 11: Drsnosti hlavního koryta a inundačního území	24
Tab. 12: Rozdělení opatření do skupin a přiřazení identifikátoru	26
Tab. 13: Zadávání opatření do modelů	42

Seznam obrázků

Obr. 1: Vygenerované dráhy soustředěného odtoku	7
Obr. 2: Identifikace kritických bodů na průsečíku dráhy odtoku	7
Obr. 3: Hranice zastavěného území určená z ortofotomapy	7
Obr. 4 : Přiřazení identifikátoru dle příslušnosti kritického bodu ke katastrálnímu území	9
Obr. 5 Příklad vysoké a nízké hustoty zástavby	13
Obr. 6: Barevné rozlišení katalogových listů	16
Obr. 7: Varianta 1_území řešené v hydrologickém a hydraulickém modelu	17
Obr. 8: Varianta 2_území řešené v hydrologickém a hydraulickém modelu	17
Obr. 9: Varianta 3_území řešené v hydrologických a hydraulických modelech	18
Obr. 10: Varianta 4_území řešené v hydrologickém a hydraulickém modelu	18
Obr. 11: Varianta 5_území řešené v hydrologickém modelu a hydraulickém modelu	19
Obr. 12: Intenzita deště pro stanici Špindlerův mlýn	20
Obr. 13: Grafické znázornění hodinového hyetogramu	21
Obr. 14: Grafické znázornění dvouhodinového hyetogramu	22
Obr. 15: Graf závislosti srážkového úhrnu na pravděpodobnosti opakování	22
Obr. 16: Digitální model terénu	24
Obr. 17: Porovnání různých příčných profilů	31
Obr. 18: Parametry meandrujících toků	32
Obr. 19: Příklad revitalizace v intravilánu	32
Obr. 20: Příklad zvýšení kapacity koryta pomocí jeho prohloubení a rozšíření.	33
Obr. 21. Příklad Vzorový řez hrází retenční nádrže	33
Obr. 22: Vzorový řez ochrannou zemní hrází	34
Obr. 23: Pásové střídání plodin	36
Obr. 24: Příčný profil průlehu	37
Obr. 25: Příklad realizovaného průlehu	37
Obr. 26: Příklad protierozní meze	38
Obr. 27: Protierozní hrázka v kombinaci s průlehem	38
Obr. 28: Stabilizace drah soustředěného povrchového odtoku	39

F Popis uplatnění certifikované metodiky

Certifikovaná metodika bude sloužit především jako návod postupu řešení prevence před přívalovými povodněmi pro obce. Dále pak může být využívána MMR, SFŽP, MŽP a krajskými úřady.

G Přehled použité literatury

DRBAL, K., a kol. (2009) Metodický návod pro identifikaci KB. Brno: Ministerstvo životního prostředí ČR, 7 s.

JUST, T., a kol. (2005) Vodohospodářské revitalizace a jejich uplatnění v ochraně před povodněmi. Praha: Český svaz ochránců přírody, 359 s.

JANEČEK, M., a kol. (2012) Ochrana zemědělské půdy před erozí: metodika. 1. vyd. Praha: © Česká zemědělská univerzita Praha, 2012.

H Seznam aktivit, které předcházely metodice

Články

Novák Pavel a kolektiv (2014): Prevence před přívalovými povodněmi. Veřejná správa č. 2/2014.

Novák Pavel a kolektiv (2013): Dopis starostům. Veřejná správa č. 12/2013.

Konference (aktivní účast RNDr. Pavel Novák):

„Extrémy oběhu vody v krajině“, 8.-9. dubna 2014, Mikulov, kongresový sál hotelu Zámeček, pořadatel Česká bioklimatologická společnost

„Hydrologie malých povodí“, 22.-24. dubna 2014, Praha Novotného lávka, pořadatel ČSVTS

Workshopy

Uspořádání workshopů proběhlo ve vybraných regionech v předem domluvených termínech a místech. WS byly pořádány v zasedacích místnostech městských úřadů s využitím standardní techniky vizualizace prezentací v MS OFFICE POWER POINT, které seznámily zúčastněné s řešením projektu. Účast na jednotlivých WS byla různorodá, diskuse většinou bohatá.

Termíny konání workshopů v roce 2013:

Pořádání workshopů bylo realizováno ve vybraných ORP na území různých krajů: pro ORP Beroun 1.10.2013 a 26.11.2013, pro ORP Hradec Králové 22.10.2013, pro ORP Cheb 12.11.2013 a pro ORP Kroměříž 20.11.2013.

Termíny konání workshopů v roce 2014:

Pořádání workshopů pokračovalo i v roce 2014 a to ve Středočeském kraji pro ORP Beroun dne 3.4.2014 (33 účastníků), pro Královehradecký kraj na KÚ dne 6.3.2014 (36 účastníků), pro ORP Trutnov dne 28.5.2014 (19 účastníků).

Termíny konání workshopů v roce 2015:

V roce 2015 se uskutečnil workshop pro ORP Beroun v Berouně dne 3.2.2015 (35 účastníků).

I Dedikace

Metodika byla zpracována v rámci projektu č. TB010MMR027 „Prevence a zmírňování následků živelních a jiných pohrom ve vztahu k působnosti obcí“ za podpory TAČR, programu BETA.

Jména oponentů

Odborník z daného oboru

Ing. Martin Pavel
Zástupce ředitele divize
Hydrotechniky, ekologie a odpadového hospodářství
Tel.: + 420 261 102 306, + 420 725 336 974
martin.pavel@sweco.cz, www.sweco.cz
SwecoHydroprojekt a.s. - ústředí Praha
Táborská 31, 140 16 Praha 4

Odborník ze státní správy

Ing. Josef Reidinger
Odbor ochrany vod
Tel.: + 420 267 122 998
Josef.Reidinger@mzp.cz, www.mzp.cz
Ministerstvo životního prostředí
Vršovická 1442/65, 100 10 Praha 10

Kontakty na osoby předkladatele metodiky

RNDr. Pavel Novák, Ph.D.

Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i.
Oddělení Hydrologie a ochrany vod - vedoucí oddělení
Žabovřeská 250, 156 27 Praha 5
Tel.: +420 257 027 210
novak.pavel@vumop.cz, www.vumop.cz

Ing. Martin Tomek

Vodohospodářský rozvoj a výstavba a.s.
Oddělení plánování a koncepcí
Nábřeží 4, 150 56 Praha 5
Tel.: + 420 257 110 347, + 420 732 532 225, Fax: + 420 257 319 398
tomek@vrv.cz, www.vrv.cz

J Prohlášení předkladatele metodiky

Předkladatel metodiky prohlašuje, že zpracovaná metodika nezasahuje do práv jiných osob z průmyslového nebo jiného duševního vlastnictví.

Předkladatel metodiky souhlasí s uveřejněním metodiky na webových stránkách Ministerstva pro místní rozvoj ČR.

K Přílohy

Příloha 1 Vzor katalogového listu
Příloha 2 Schéma rozhodovacího procesu
Příloha 3 Dokumentace pilotních území Svinaře a Ondratice