



VÚMOP, v.v.i.



ČVUT v Praze

NAVRHOVÁNÍ TECHNICKÝCH PROTIEROZNÍCH OPATŘENÍ



Metodika
Václav Kadlec a kol.
Praha 2014

**Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i.
České vysoké učení technické v Praze**

NAVRHOVÁNÍ TECHNICKÝCH PROTIEROZNÍCH OPATŘENÍ

Metodika

**Václav Kadlec, Tomáš Dostál, Karel Vrána, Petr Kavka, Josef Krása,
Jan Devátý, Jana Podhrázská, Michal Pochop, Petra Kulířová,
Darina Heřmanovská, Ivan Novotný, Vladimír Papaj**

Praha 2014

Dedikace

Metodika vznikla jako výstup projektu NAZV QI91C008 „Optimalizace postupu navrhování technických protierozních opatření“ řešeného v letech 2009–2013 (90 %) a projektu NAZV QJ1220054 „Vliv změny klimatických faktorů na rozvoj procesů větrné eroze, koncepční řešení opatřeními pozemkových úprav“ řešeného v roce 2012 – 2016 (10 %).

Metodika byla certifikována Státním pozemkovým úřad pod číslem 19-2014-VÚMOP

Oponenti

Ing. Radmila Grmelová, CSc. – Státní pozemkový úřad

Prof. Ing. František Toman, CSc. – Mendelova univerzita v Brně, Ústav aplikované a krajinné ekologie

Autorský kolektiv

Ing. Václav Kadlec, Ph.D.¹

doc. Dr. Ing. Tomáš Dostál²

doc. Ing. Karel Vrána, CSc.²

Ing. Petr Kavka, Ph.D.²

doc. Ing. Josef Krása, Ph.D.²

Ing. Jan Devátý²

Ing. Jana Podhrázká, Ph.D.³

Ing. Michal Pochop³

Ing. Petra Kulířová¹

Ing. Darina Heřmanovská, Ph.D.¹

Ing. Ivan Novotný⁴

Ing. Vladimír Papaj, Ph.D.⁴

Editor	Ing. David Řeháček
Rok vydání	2014
Vydání	1. Vydání
Vydal	© Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i.
Tisk	powerprint s.r.o., Praha 6 - Suchbát
Rozsah	100 stran
Náklad	200 ks
Fotodokumentace	autorský kolektiv
ISBN	978-80-87361-29-0

¹ Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v. v. i., Oddělení pedologie a ochrany půdy

² České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební

³ Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v. v. i., Oddělení pozemkové úpravy a využití krajiny

⁴ Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v. v. i., Oddělení půdní služby

Obsah

I.	Cíl metodiky.....	6
II.	Vlastní popis metodiky.....	8
1	Cíle TPEO	8
2	Stanovení erozní ohroženosti	10
2.1	USLE.....	10
2.2	USLE s podporou GIS.....	11
2.3	EROSION 3D	14
2.4	SMODERP	17
2.5	Standard – SOWAC-GIS.....	18
3	Typy technických protierozních opatření	20
3.1	Terénní urovnávky.....	20
3.2	Protierozní příkop	20
3.2.1	Příkop záchytný	21
3.2.2	Příkop sběrný.....	22
3.2.3	Příkop svodný	23
3.2.4	Příkop vsakovací	24
3.3	Protierozní průleh	24
3.4	Protierozní mez	26
3.4.1	Meze historické.....	26
3.4.2	Současné protierozní meze	27
3.5	Terasa	28
3.6	Protierozní cesta	31
3.7	Protierozní hrázka	32
3.8	Ochranné (retenční a sedimentační) nádrže	33
4	Navrhování a dimenzování jednotlivých typů TPEO.....	37
4.1	Protierozní příkop	37
4.1.1	Stanovení polohy příkopu a jeho trasy.....	39
4.1.2	Dimenzování protierozního příkopu	40
4.1.2.1	Výpočet charakteristik povrchového odtoku – přítok do příkopu	40
4.1.2.1.1	Metoda CN.....	40
4.1.2.1.2	SMODERP	41
4.1.2.1.3	Model EROSION 3D	42
4.1.2.2	Dimenzování příkopů	42

4.1.2.3	Stabilizace	44
4.1.2.4	Dimenzování vsakovacího příkopu	45
4.1.3	Vyústění příkopu	46
4.1.4	Objekty na příkopu	47
4.1.5	Příklad	52
4.1.5.1	Zjištění a zpracování vstupních dat	52
4.1.5.2	Zjištění erozní ohroženosti a určení umístění sběrných prvků	53
4.1.5.3	Návrh příčného a podélného profilu příkopu	55
4.2	Průleh	56
4.2.1	Stanovení polohy průlehu a jeho trasy	59
4.2.2	Dimenzování průlehu	59
4.2.2.1	Výpočet charakteristik povrchového odtoku – přítok do průlehu	59
4.2.2.2	Kapacita	59
4.2.2.3	Stabilizace	59
4.2.3	Vyústění průlehu	59
4.2.4	Objekty na průlehu	60
4.2.5	Příklad	60
4.3	Mez	60
4.3.1	Dimenzování	63
4.3.2	Ozelenění	63
4.3.3	Objekty	63
4.4	Terasa	64
4.4.1	Situování zemních teras	64
4.4.2	Výpočet základních parametrů zemních teras	65
4.4.3	Návrh doprovodných objektů na lokalitách teras v PSZ KPÚ	67
4.4.4	Ozelenění zemních teras	69
4.5	Protierozní cesta	69
4.5.1	Stanovení polohy cestního příkopu a jeho trasy	70
4.5.2	Dimenzování cestního příkopu	70
4.5.2.1	Výpočet charakteristik povrchového odtoku – přítok do cestního příkopu	70
4.5.2.2	Kapacita	71
4.5.2.3	Stabilizace	71
4.5.3	Vyústění cestního příkopu	71
4.5.4	Objekty na cestním příkopu	71

4.6	Protierozní hrázka	71
4.6.1	Stanovení polohy	72
4.6.2	Dimenzování	72
4.6.3	Objekty protierozních hrázek	72
4.7	Protierozní nádrž	73
4.7.1	Stanovení polohy nádrže	74
4.7.2	Návrh a vodohospodářské posouzení suché nádrže, případně poldru	75
4.7.2.1	Podklady pro vodohospodářské posouzení suché nádrže	76
4.7.2.2	Návrh a vodohospodářské posouzení suché nádrže	77
4.7.2.3	Stanovení hydrologických charakteristik pro profil navrhované nádrže	78
4.7.2.3.1	Metoda CN (čísel odtokových křivek)	78
4.7.2.3.2	SMODERP	78
4.7.2.3.3	EROSION 3D	79
4.7.2.4	Návrh hráze a objektů	80
4.7.3	Návrh sedimentační jímky	80
4.7.4	Příklad	81
4.7.4.1	Získání vstupních parametrů	81
4.7.4.2	Příklad výpočtu objemů nádrže	83
5	Legislativní rámec	87
5.1	Postup při realizaci technických protierozních opatření	88
5.1.1	TPEO – stavby, terénní úpravy, zařízení a udržovací práce nevyžadující stavební povolení ani ohlášení	88
5.1.2	TPEO – jednoduché stavby, terénní úpravy a zařízení vyžadující ohlášení nebo souhlas	88
5.1.3	TPEO – stavby vyžadující stavební povolení	89
5.1.4	Naplnění zákonně daných požadavků	90
5.1.5	Navrhování	91
5.1.6	Vlastnické vztahy	91
III.	Srovnání „novosti postupů“	93
IV.	Popis uplatnění Certifikované metodiky	94
V.	Ekonomické aspekty	95
VI.	Seznam použité související literatury	96
VII.	Seznam publikací, které předcházely metodice	99

I. Cíl metodiky

Metodika „Navrhování technických protierozních opatření“ byla jako hlavní výstup vytvořena v rámci projektu NAZV QI91C008 „Optimalizace postupu navrhování technických protierozních opatření“ řešeného v letech 2009–2013 a je úzce propojena s navazující metodikou „Využití dat a nástrojů GIS a simulačních modelů k navrhování TPEO“, vytvořenou v rámci stejného projektu.

Potřeba přípravy a zveřejnění obou citovaných materiálů je vyvolána požadavky praxe. Protierozní ochrana zemědělské půdy je tradičně řešena řadou metodik „Ochrana zemědělské půdy před erozí“, vydávaných a revidovaných v časových intervalech cca pět let již od 70. let minulého století pod hlavičkou ÚVTIZ, následně VÚMOP a v roce 2012 ČZU v Praze (Janeček a kol., 1972, 1992, 2007, 2012), případně souhrnnou knižní publikací (Janeček a kol., 2005). Tyto metodiky řeší poměrně dobrým a praktickým způsobem otázky stanovení erozní ohroženosti zemědělské půdy pomocí různých metod. Návrh vlastních protierozních opatření se soustřeďuje především na měkčí typy opatření z kategorie agrotechnických a organizačních. Technická protierozní opatření (TPEO) jsou podrobněji pojednána až v poslední z citovaných metodik (Janeček a kol., 2012). Některé informace týkající se navrhování TPEO jako velmi důležité součásti KPÚ uvádí i Metodický návod k provádění pozemkových úprav (Doležal a kol., 2010), (Střítecký a kol., 2010) nebo (Cimpl a kol., 2011), v uživatelské podobě pak i starší publikace (Janeček a kol., 1998) nebo aktuální Příručka protierozní ochrany (Novotný a kol., 2011, 2014). Kvalitní přehled realizovaných TPEO včetně základního funkčního popisu jednotlivých typů opatření uvádějí Vlasák a Seidl (2010) ve výstupu projektu FRVŠ Katalog společných zařízení pozemkových úprav na stránkách www.la-ma.cz/ksz/o-spolecnych-zarizenich/.

Vzhledem ke komplexnosti problematiky TPEO a její polohy na pomezí protierozní ochrany, krajinného inženýrství, hydrologie a úprav toků však není dostupný materiál zdaleka vyčerpávající a praxe nadále volá po specializovaném podkladu, zaměřeném na navrhování čistě technických protierozních opatření.

Takový byl proto cíl při sestavování materiálu, který právě držíte v ruce. Autoři se zaměřili na následující otázky:

- jaké jsou cíle a specifika technických protierozních opatření co se týče jejich funkce, návrhu a dimenzování,
- jaké existují typy technických protierozních opatření a které z nich lze běžně a efektivně v našich podmínkách navrhovat,
- jakým způsobem je vhodné stanovit erozní ohroženosti daného pozemku/lokality, která metoda je vhodná, efektivní a relevantní ve kterých případech,

- jak navrhovat a dimenzovat jednotlivé typy technických protierozních opatření pomocí různých návrhových metod.

Metodika má snahu stát se praktickou příručkou projektanta, která by mu měla poskytnout dostatek informací k tomu, aby mohl navrhnout ochranná opatření vhodné pro danou lokalitu co nejefektivněji. Snahou autorů je, aby v ní, podobně jako v příbuzné metodice Ochrana zemědělské půdy před erozí (Janeček a kol., 2012), projektant našel všechny nezbytné informace pro návrh a dimenzování. Na druhou stranu z důvodu udržení rozumného rozsahu a přehlednosti Metodiky budou autoři odkazovat na několik doplňkových materiálů, především metodiku Janečka a kol. (2012), dále pak na současně zpracovávanou metodiku „Využití dat a nástrojů GIS a simulačních modelů k navrhování TPEO“ (Dostál a kol., 2013) a případně na některé další veřejně dostupné materiály.

Při sestavování Metodiky byl kladen důraz na zahrnutí jak klasických, zažitých metod, tak i metod a přístupů moderních. Proto Metodika zahrnuje celkem čtyři možné metodické přístupy k navrhování od nejprostšího ryze analogového přístupu založeného na profilové aplikaci USLE, přes USLE/GIS a využití metody CN pro stanovení charakteristik povrchového odtoku, přes aplikaci 1D fyzikálně založeného epizodního simulačního modelu až po aplikaci pokročilého 2D orientovaného plně distribuovaného epizodního fyzikálně založeného modelu. To vše při zachování praktické aplikovatelnosti popisovaných postupů a nástrojů.

II. Vlastní popis metodiky

1 Cíle TPEO

Technická protierozní opatření se navrhuje obvykle po vyčerpání možností řešení protierozní ochrany organizačními a agrotechnickými opatřeními, většinou jako jejich doplnění. Pokud se potřeba protierozních opatření týká většího rozsahu zemědělských pozemků v jednom katastrálním území, je vhodné ochranu půdy řešit v rámci komplexních pozemkových úprav. Jednotlivá opatření je možno navrhovat a realizovat v rámci podpůrných a dotačních programů na protierozní ochranu (Ministerstvo životního prostředí ČR, dále jen MŽP), protipovodňovou ochranu (Ministerstvo zemědělství ČR, dále jen MZe) nebo rozvoj venkova (MZe ČR). V úrovni zemědělského podnikatele je nejvyšší doporučenou (či vymahatelnou) formou protierozního opatření trvalé zatravnění pozemku, technická protierozní opatření proto představují určitou nadstavbu. Velmi často je motivací k jejich realizaci zajištění ochrany sousedních pozemků nebo infrastruktury před povrchovým odtokem a transportem splavenin, mají také vedlejší ekologické a krajinné efekty. Velmi efektivní proto je kombinovat TPEO s prvky ekologické kostry krajiny, čehož lze nejlépe dosáhnout v rámci komplexních pozemkových úprav, kdy se současně řeší majetkové právní vztahy a řada dalších otázek.

Základním principem technických protierozních opatření je:

- změna sklonu pozemku (terénní urovnávky, terasování, historické meze),
- přerušení volné délky pozemku a neškodné odvedení povrchového odtoku (příkopy, průlehy, protierozní meze, údolnice),
- zachycení povrchového odtoku a splavenin, jeho zdržení a neškodné odvedení (hrázky, sedimentační, retenční a suché nádrže, vsakovací prvky)

Zásadním rozdílem TPEO proti ostatním „měkčím“ typům protierozních opatření je jejich technický charakter, který se promítá do způsobu navrhování a realizace. TPEO jsou opatření investičního charakteru, která je třeba individuálně posoudit v souladu se Stavebním zákonem 183/2006 Sb., a podle toho rozhodnout, zda stavba vyžaduje ohlášení, stavební povolení či je možno ji realizovat bez nich. Podrobněji je problematika legislativního rámce a podmínek realizace zmíněna v kapitole 5.

Z uvedeného vyplývá, že TPEO se navrhuje tak, aby zajistila protierozní ochranu pozemku (přípustná volná délka svahu, sklon svahu atd.) a současně, aby byla schopna plnit svou funkci v předem stanovených podmínkách. Jde především o to, že TPEO je třeba navrhovat a dimenzovat na určitou, zcela jednoznačnou míru bezpečnosti, vyjádřenou dobou opakování. Ta by se podle typu a významnosti chráněné lokality měla pohybovat od minimálně 5 let v běžných podmínkách po 10 –

50 let při ochraně intravilánu nebo jiné významné infrastruktury. V odůvodněných výjimečných případech je možné navrhovat na dobu opakování až 100 let. Konkrétní hodnoty zabezpečení, vyjádřené dobou opakování výskytu návrhového parametru jsou uvedeny v tabulce Tab. 1.

Stejně jako v dalších disciplínách lidského vědění existuje i u TPEO široká škála možných typů opatření a nelze vyloučit, že nová opatření budou v budoucnu vyvinuta.

ČSN 75 4500 Protierozní ochrana zemědělské půdy rozeznává následující typy technických protierozních opatření:

- **terénní urovnávky,**
- **terasy,**
- **příkopy,**
- **průlehy,**
- vsakovací pásy,
- sedimentační pásy,
- zatravněné údolnice,
- **ochranné hrázky,**
- sanace erozních výmolů a strží,
- **ochranné nádrže,**
- **polní cesty s protierozní funkcí.**

Opatření významná z hlediska praktické aplikace jsou ve výčtu vyznačena tučným písmem a v následujícím textu přiblížena podrobněji. Opatření typů vsakovací pásy, sedimentační pásy, zatravněné údolnice a sanace erozních výmolů a strží nemají svou podstatou charakter TPEO a v Metodice proto nejsou pojednána podrobněji.

Tab. 1: Doporučené zabezpečení pro dimenzování základních typů TPEO

Druh opatření	Důvod opatření	Návrhové hodnoty	Poznámka
Opatření odváděcí (příkop, průleh, ...)	Ochrana pozemků	Q ₅ až Q ₁₀	Dle kvality půdy
Opatření odváděcí (příkop, průleh, ...)	Ochrana intravilánu	Q ₁₀ až Q ₅₀	Dle významu obce
Opatření odváděcí (příkop, průleh, ...)	Ochrana vodního útvaru	Q ₁₀ až Q ₂₀	Dle charakteru a významu vodního útvaru
Objekty	Propustky, mostky	Q ₂₀ až Q ₅₀	Dle místa výskytu
Opatření retenční (suchá nádrž, poldr, ...)	Ochrana intravilánu nebo jiné významné lokality	Q ₂₀ až Q ₁₀₀ , tomu odpovídající objem	Dle významu chráněné lokality

2 Stanovení erozní ohroženosti

Cílem této Metodiky není primárně podat informace o tom, jakým způsobem je možno posoudit, zda je příslušný zemědělský pozemek erozně ohrožen, případně do jaké míry. Smyslem Metodiky je poskytnout informace nutné k tomu, aby na pozemku erozně ohroženém bylo možno efektivně navrhnout technická protierozní opatření. Přesto Metodika přináší velmi stručný přehled způsobů, jak takovou analýzu provést spolu s odkazy na dostupnou literaturu. Nejkomplexnějším materiálem je v tomto případě jednoznačně metodika Ochrana zemědělské půdy před erozí (Janeček a kol., 2012), případně server <http://geoportal.vumop.cz>, ale i další zdroje. Přehled zahrnuje možné využití všech výše zmiňovaných metod.

2.1 USLE

Univerzální rovnice ztráty půdy (USLE - Wischmeier, 1975) (Wischmeier, 1976), pro naše podmínky prezentovaná například Janečkem a kol. (2012) byla odvozena jako jednoduchý model ztráty půdy na zemědělském pozemku, který je považován za homogenní z hlediska půdních vlastností a způsobu využití a je nahrazen jedním nebo více charakteristickými profily. Rovnice je velmi jednoduchá, matematicky robustní a byly pro ni připraveny katalogy vstupních dat, které umožňují velmi snadné rutinní nasazení. I přes řadu slabin zřejmě představuje celosvětově nejrozšířenější nástroj pro analýzu erozní ohroženosti zemědělských pozemků.

Klasický způsob využití spočívá v tom, že na zkoumaném pozemku je definován jeden nebo několik charakteristických profilů. Pro ně jsou zjištěny pomocí nomogramů, katalogů vstupních dat, z mapových podkladů nebo z vlastních průzkumů a analýz vstupní parametry, které charakterizují šest faktorů ovlivňujících erozní proces: erozní účinnost deště (R), erodovatelnost půdy (K), faktory délky a sklonu svahu (L, S), typ vegetačního pokryvu a agrotechniky (C) a aplikovaná protierozní opatření (P).

Výsledkem výpočtu pak je hodnota průměrné roční ztráty půdy G ($t\ ha^{-1}\ rok^{-1}$), která je vztažena k celé části pozemku, reprezentované daným charakteristickým profilem. Posouzení ohroženosti příslušného pozemku pak spočívá v porovnání zjištěné hodnoty průměrné roční ztráty půdy s hodnotou přípustné ztráty půdy, která podle platných metodik závisí na mocnosti půdního profilu. Podle současně platné metodiky (Janeček a kol., 2012) je přípustná ztráta půdy stanovena na $4\ t\ ha^{-1}\ rok^{-1}$ pro střední a hluboké půdy (dle klasifikace BPEJ), pro mělké půdy je požadováno trvalé zatravnění.

Výsledkem snahy o umožnění popisu nehomogenit v časovém vývoji jednotlivých faktorů bylo vytvoření Revidované univerzální rovnice ztráty půdy – RUSLE (Renard a

kol., 1991), která vznikla z původního tvaru úpravou některých vztahů pro jednotlivé faktory a jednak rozšířením katalogu vstupních hodnot do kratších časových období.

Nevýhodou USLE i modernější RUSLE zůstává především velká generalizace výpočtu a výstup v dlouhodobých průměrných hodnotách, který nepopisuje základní fenomén erozního procesu, tj. jeho nahodilost a silně epizodní charakter. Z tohoto důvodu je možno USLE využít pro navrhování polohy TPEO pouze v případě ochrany půdního fondu. Pokud je cílem projektu ochrana intravilánu nebo vodního útvaru, kde je zapotřebí pracovat buď s konkrétními hodnotami, nebo s pravděpodobností zabezpečení, není možné vystačit s prostou aplikací USLE a je zapotřebí sáhnout k jiným, přesnějším metodám založeným na epizodním přístupu.

Ve snaze o automatizaci výpočtu v souvislosti s rostoucí dostupností jak nástrojů GIS, tak i prostorových dat byly vyvinuty metody automatizace výpočtu založené na profilovém přístupu aplikace USLE, záhy však byl tento přístup překonán modifikací použitých algoritmů pro plně distribuovaný výpočet v rastrové síti.

2.2 USLE s podporou GIS

V současné době je v inženýrské praxi stále více využíváno geoinformačních technologií (GIS) pro řešení výpočtů a návrhů v krajinném plánování i vodohospodářství. Problematika využitelnosti GIS v této oblasti je velmi rozsáhlá a zdaleka se neomezuje pouze na automatizaci výpočtu pomocí USLE a využití elektronických podkladových mapových databází. Využití GIS je nutné i pro nasazení podrobnějších modelů popisovaných v následujících kapitolách. O metodiku USLE v prostředí rastrového GIS se opírá i standardizovaný podklad o erozní ohroženosti na území ČR – SOWAC-GIS (viz kapitola 2.5).

Úvodem tohoto stručného přehledu je třeba konstatovat několik faktů:

- Metoda USLE (manuální ani s podporou GIS) není dostatečným výpočetním podkladem pro trasování ani dimenzování prvků TPEO, neboť neřeší charakteristiky odtoku.
- Metoda je vhodná pro identifikaci erozně ohrožených pozemků a jejich částí, včetně podrobné lokalizace kritických míst (místních konvergencí i celých údolnic, strmých partií atp.).
- Metoda je aplikovatelná mnoha různými postupy (rovnícemi) a s využitím většiny GIS software, počínaje open-source programy využitelnými zcela zdarma (GRASS GIS, QGIS, aj.) až po komerční produkty (DMT Atlas, nebo v ČR nejčastěji využívaný ArcGIS).

- Princip využití USLE pro návrh TPEO spočívá v definování rizikových lokalit, přičemž v detailu jsou návrhy následně prováděny s využitím ostatních prezentovaných metod. Podrobně je využití USLE a GIS popsáno v současně vycházející metodice „Využití dat a nástrojů GIS a simulačních modelů k navrhování TPEO“ (Dostál a kol., 2013).
- Základním faktorem určujícím dosažitelnou přesnost výpočtu je podrobnost a kvalita vstupních dat (digitálního modelu terénu, půdní mapy, mapy vegetačního pokryvu a půdoochranných technologií, přesnost R-faktoru).

Použití Univerzální rovnice v prostředí rastrového GIS přináší dva důležité efekty – automatizaci výpočtu a dosažení podstatně přesnějšího územního rozboru v případě použití dostatečně podrobných datových podkladů.

Obvyklým principem všech metod je, že veškerá podkladová data pro výpočet a všechny faktory rovnice USLE jsou převedeny do podoby informačních mapových vrstev geografických informačních systémů (GIS) a následně do formy rastrových vrstev v požadovaném rozlišení (obvykle jednotky až desítky metrů). Základní analýza tedy probíhá nejčastěji na bázi rastru. Klíčovou vrstvou je výškopis v podobě digitálního modelu terénu (DMT).

Rozdíl v polohopisné přesnosti řešení je dán především zohledněním dílčích mikropovodí každého bodu řešeného území při výpočtu topografického faktoru LS. Ten je tak na rozdíl od manuální profilové metody určen lokálně v každém bodě území (v každém pixelu řešeného rastru). Metoda je schopna indikovat (řádově vyššími hodnotami LS faktoru) zvýšené riziko erozního smyvu v konvergencích. Po kalibraci řešení vzhledem k původní metodice USLE platí, že po vyloučení hodnot LS faktoru přímo v údolnicích průměrný LS faktor za každý svah odpovídá průměrnému LS faktoru stanovenému manuální profilovou metodou.

Pro výpočet je možno využít libovolný GIS software, na místě je pouze zmínit, že řada implementací USLE v GIS publikovaná volně na internetu vyžaduje provedení kalibrace použitých rovnic pro místní podmínky řešené lokality a některé publikované postupy neposkytují dostatečně věrohodné výsledky. Při manuálním řešení lze doporučit rovnice pro plošně distribuovaný výpočet faktoru LS publikované Mitášovou, popsané v metodice „Využití dat a nástrojů GIS a simulačních modelů k navrhování TPEO“ (Dostál a kol., 2013).

Nejčastějšími užívanými datovými formáty jsou v případě vektorových vrstev ESRI Shapefile a v případě rastru GeoTIFF, nicméně běžné software zvládají převod mezi svými nativními formáty.

Komerčním, nicméně v ČR již zavedeným modelem je model EROZE distribuovaný v rámci GIS Atlas DMT (vyvíjí firma Atlas, s. r. o.), který bude počínaje rokem 2015

dostupný rovněž ve 2D verzi a optimalizovaný pro zpracování podrobného výškopisu DMR 5G.

Nekomerčním řešením pro uživatele dostatečně orientované ve využití informačních technologií je instalace GIS GRASS, případně implementace GRASS uvnitř instalace QGIS. Jedná se o open source distribuce původně programované pro UNIX platformy, nicméně v současných verzích (v případě GRASS počínaje verzí 6) již poměrně snadno využitelné i pro běžné uživatele MS Windows. Výpočet faktoru LS podle rovnice Mitášové je implementován v programovém modulu r.watershed. Uživatel musí samostatně vyřešit problém členění území na jednotlivé pozemky, lze si vybrat ze dvou variant směřování odtoku.

V České republice je pro výpočet faktoru LS v GIS často využíván volně dostupný nekomerční program USLE2D (<http://geo.kuleuven.be/geography/modelling/>), využívající formát souborů GIS Idrisi. Výhodou programu je několik dostupných rovnic, kalibrovaných pro odlišné půdní podmínky, několik variant výpočtu směřování odtoku a automatizované řešení pro komplexní povodí (skupinu pozemků). Pro podmínky ČR lze obecně doporučit následující nastavení programu: rovnice pro faktor S McCool/moderate; směřování odtoku Multiple Flow (případně Flux decomposition); prostupnost hranic pozemků dle místních podmínek. Pro uživatele nevlastníci GIS Idrisi je důležité, že formát IDRISI rastr lze načítat i exportovat v komerčních i nekomerčních GIS.

Z komerčních GIS software je v ČR nejrozšířenější ArcGIS (ESRI), který nabízí nadstavby pro práci s rastry (3D Analyst a Spatial Analyst) umožňující manuální výpočet faktoru LS na základě akumulace odtoku. Na rozdíl od výše uvedených možností (GRASS GIS a USLE2D) ArcGIS ve standardní instalaci nabízí pouze jednoduché směřování odtoku ve směru maximálního sklonu (tzv. D8, tedy výběrem jedné z osmi sousedních buněk). Toto zjednodušení v mírně členitých terénech může vést k nesprávnému odhadu konvergence a nepřesně určeným drahám soustředěného odtoku.

Základní polohopisné podklady, potřebné pro výpočet USLE v prostředí GIS lze získat od ČÚZK (digitální modely terénu a polohopisná kostra území – katastrální mapy, cestní síť, intravilán); od VÚMOP, v. v. i. (půdní data) a stáhnout z veřejného registru zemědělské půdy (LPIS). Případně je možno využít nebo digitalizovat data z veřejně dostupných mapových serverů a od ostatních poskytovatelů.

Základními doporučenými podklady pro běžný výpočet jsou:

- výpočet faktoru LS: DMT DMR4G (poskytovatel ČÚZK), do budoucna případně DMR5G, případně lokální podrobnější zaměření,
- výpočet faktoru R: platná metodika (Janeček a kol., 2012), do budoucna mapa R-faktoru pro ČR dostupná na serveru SOWAC-GIS (poskytovatel VÚMOP, v. v. i.),

- výpočet faktoru K: mapa faktoru K a mapa hloubky půdy vypočtená na základě map BPEJ (poskytovatel VÚMOP, v. v. i.), případně půdní vzorky a postup dle platné metodiky (Janeček a kol., 2012),
- výpočet faktorů C a P: registr zemědělské půdy LPIS a informace o dlouhodobých osevních postupech od hospodařících subjektů.

Závěrem této kapitoly je třeba připomenout, že využití geoinformačních technologií pro výpočet ztráty půdy dle metody USLE přináší výrazné zpřesnění a vyšší komplexnost řešení i jeho automatizaci pro velká území, vyžaduje však kvalitní znalost problematiky GIS a používaných dat, v opačném případě může vést i k výrazným chybám, případně nesprávné interpretaci výsledků (například při neznalosti nalezení a odstranění artefaktů v digitálních modelech terénu). Proto je nutné doporučit důkladné nastudování problematiky zpracování dat v GIS, případně konzultaci s odbornými pracovišti.

2.3 EROSION 3D

Fyzikálně založený model srážko-odtokových vztahů, erozních a transportních procesů Erosion 3D (von Werner, 2006) je plně distribuovaný a lze jej použít pro výpočet množství a charakteru erodovaného materiálu a množství protékající vody v každém výpočetním elementu zvolené oblasti. Z prostorového hlediska model připouští více výtokových bodů z řešeného území – řešené území tak nemusí nutně představovat uzavřené povodí. Model je primárně epizodního charakteru, jeho nadstavba však umožňuje vložení sekvence srážkových epizod, což může simulovat kontinuální chování. Výsledky modelu je možné použít pro určení rizikových ploch z hlediska intenzity eroze, koncentrace odtoku a depozice erodovaného materiálu.

Model je sestaven na základě rastrového digitálního modelu v libovolném rozlišení (doporučeno je ale rozlišení nejméně 20 x 20 m a jemnější), ze kterého je odvozeno směřování odtoku v celé modelované ploše. Limitujícím faktorem pro podrobnost rozlišení je výkon použitého počítače a dostupný zdroj výškových údajů.

Ostatní vstupní parametry tvoří:

- půdní parametry
 - zrnitostní složení (hmotnostní zastoupení devíti zrnitostních frakcí)
 - objemová hmotnost půdy
 - obsah organického uhlíku
 - počáteční vlhkost
 - erozní odolnost
 - Manningova hydraulická drsnost povrchu

- procentuální pokrytí povrchu rostlinami a rostlinnými zbytky
- opravný faktor závislý na stavu povrchu
- srážková data

Půdní parametry mohou být zadávány v plně nebo semi-distribované podobě. Pro plně distribuovanou formu jsou všechny půdní parametry zadávány jako rastrové vrstvy (se shodnou geometrickou definicí jako vstupní výškový rastr) obsahující v každé buňce rastru hodnotu daného vstupního parametru (Michael a kol., 1996).

Pro semi-distribovanou formu je vytvořen rastr (opět se shodnou geometrickou definicí jako použitý terénní model), který pomocí unikátního číselného identifikátoru určuje jednotlivé oblasti, v rámci nichž jsou hodnoty konstantní. Pro každou z oblastí jsou pak hodnoty vstupních parametrů uvedeny v tabulce a jsou přiřazeny na základě vytvořeného identifikátoru.

Vstupní srážka je zadána intenzitou v konstantním časovém kroku s minimální délkou 1 minuta. Srážku je také možné zadat pro několik oblastí nezávisle a simulovat tak nehomogenitu v prostorové distribuci srážky.

Půdní vlastnosti je nejlepší zjistit analýzou půdních vzorků odebraných v modelovaném území, případně je možné data odvodit z katalogu vstupních parametrů, který je distribuován s modelem. Katalogové parametry je třeba využívat s rozvahou, neboť jsou odvozeny a kalibrovány na území německého Saska a mohou se v místních podmínkách lišit. Katalog půdních parametrů vychází ze standardu KA4 (AG Boden, 1994), který klasifikuje půdy podle jiného klíče než tuzemský standard Komplexního průzkumu půd (KPP) nebo bonitovaných půdně ekologických jednotek (BPEJ), což činí tyto zdroje jen velmi obtížně využitelnými.

Výstup z modelu tvoří soubor rastrových vrstev pro jednotlivé výstupní veličiny. Tyto vrstvy je možné ukládat pro každý časový krok simulace. V případě použití dodatečného modulu pro sledování odtoku (Runoff module) je možné definovat profily (buňku rastru), z nichž jsou hodnoty výstupních veličin ukládány jako časové řady v tabelované podobě. Modul dále umožňuje nastavení výpočetního časového kroku nezávisle na časovém kroku zátěžové srážky. Příklad výstupu modelu je uveden na Obr. 1. Teplé barvy značí ztrátu půdy, studeně pak depozici transportovaného materiálu v zájmovém území.

Výstupy z modelu EROSION 3D zahrnují:

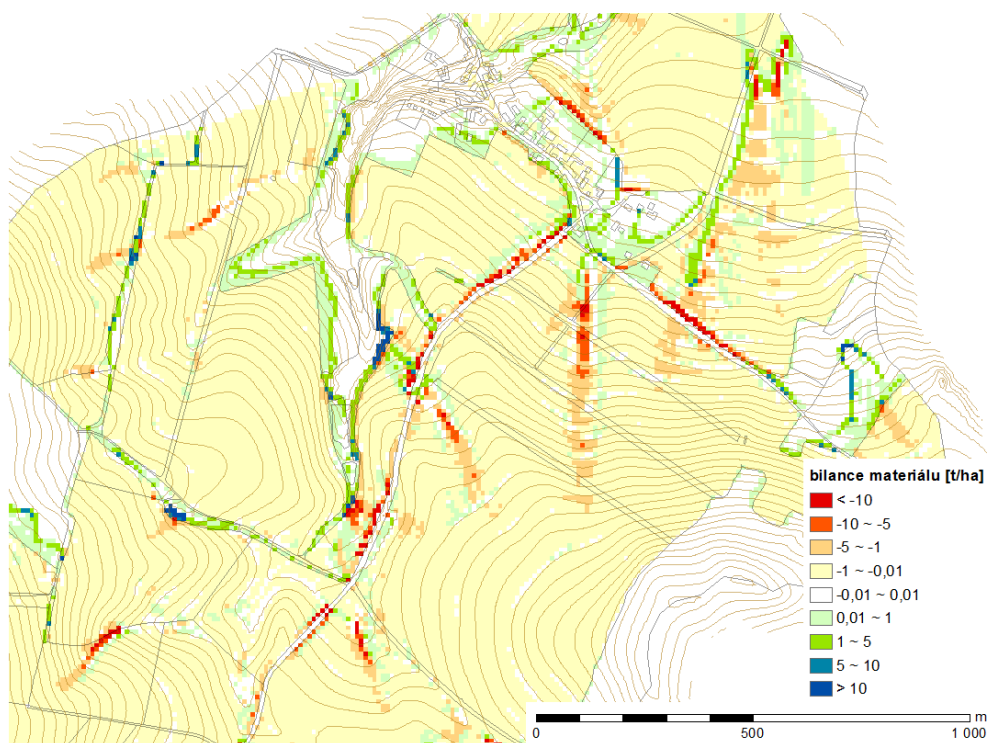
- charakter odtoku v buňce,
 - bilanci erodovaného materiálu,
 - bilanci přítoku, srážky a odtoku,
- charakter odtoku v přispívající oblasti buňky,
 - průměrnou absolutní erozi,
 - průměrnou absolutní depozici,

- čistou erozi,
- přítok vody do buňky,
- vstup sedimentu do buňky,
- poměr hmotnosti sedimentu a objemu vody vstupujícího do buňky,
- zastoupení jednotlivých zrnitostních frakcí v sedimentu,
- celkovou absolutní erozi.

Model EROSION 3D je dostupný pouze v komerční verzi a je možné jej zakoupit u společnosti GeoGnostics (<http://www.geognostics.de>). Předmětem nákupu je licence pro časově omezené užívání programu případně doplňkových modulů. Doplňkové moduly zahrnují:

- sub-model pro simulaci povrchového odtoku (Runoff module),
- sub-model pro simulaci odtoku z tání sněhu (Snow module),
- sub-model pro simulování transformace odtoku a transportu sedimentu nádržemi (Retention basin module),
- sub-model pro simulaci infiltrace ve vícevrstvěném prostředí (Multi layer infiltration module),
- sub-model pro simulaci dlouhodobých a opakovaných sekvencí srážek (Long term module),
- databázový systém pro generování vstupních parametrů z katalogových dat (Data processor).

Dalším specifickým modelem je to, že jeho výstupem jsou absolutní hodnoty výstupních veličin, dokumentace nicméně neobsahuje doporučení hodnot limitních, při jejichž překročení je eroze považována za škodlivou. Model je tak vhodné používat pro posouzení reálných stavů, kdy dává relativně spolehlivé výsledky a pro posouzení míry nebezpečnosti eroze je nutno použít buď přepočty na mocnost erodované půdy, na hloubku vznikajících rýh anebo na množství protékající vody.



Obr. 1: Ukázka výstupu celkové bilance materiálu

2.4 SMODERP

Matematický simulační model SMODERP (Holý a kol., 1989) řeší srážkoodtokové vztahy a erozní procesy na svahu (pozemku) a jeho výstupy dávají podklady pro posouzení erozní ohroženosti pozemků a pro návrh prvků protierozní ochrany. Model simuluje povrchový odtok a erozní proces ze srážky proměnné intenzity na jednotlivém pozemku. Model umožňuje zahrnout nehomogenity půdních a morfologických poměrů na pozemku.

Model lze využít pro stanovení:

- přípustné délky svahu (pozemku) na základě krajního nevymílacího tečného napětí a krajní nevymílací rychlosti povrchového odtoku,
- charakteristik povrchového odtoku (objem odtoku, vrcholový průtok, hloubka, rychlost a tangenciální napětí povrchového odtoku) ve zvolených profilech vyšetřovaného svahu a ve zvolených časových intervalech od počátku srážky.

Pro simulaci je každý vyšetřovaný svah (pozemek) rozdělen na úseky. Každý úsek je homogenní z hlediska morfologických, půdních a vegetačních poměrů. Základní vstupní údaje pro každý úsek vyšetřovaného svahu tvoří:

- morfologické údaje (délka a náhradní šířka úseku, sklon),

- pedologické údaje (půdní druh, nasycená hydraulická vodivost, sorptivita, drsnost půdního povrchu a jeho retenční schopnost),
- vegetační poměry (druh vegetačního krytu, poměrná listová plocha, potenciální intercepce, Manningův součinitel drsnosti pro povrchový odtok).

Hodnoty vstupních údajů, pokud nejsou známy z terénního průzkumu, jsou uvedeny jako doporučené hodnoty v uživatelském manuálu. V manuálu jsou rovněž uvedeny hodnoty návrhových srážek pro různou dobu opakování.

Výstupy modelu SMODERP tvoří:

- přípustná délka nepřerušného svahu – tento údaj je využitelný pro stanovení erozní ohroženosti pozemku. Na rozdíl od USLE, která určuje erozní ohroženost pozemků na základě porovnání vypočtené roční ztráty půdy s hodnotou přípustné ztráty půdy, model SMODERP vychází z hodnoty přípustné délky nepřerušného pozemku na základě porovnání vypočtené a přípustné hodnoty rychlosti nebo tangenciálního napětí povrchového odtoku. V místě, kde překračuje vypočtená menší hodnota rychlosti nebo tangenciálního napětí hodnoty přípustné, dochází ke skokovému zvýšení odnosu půdních částic a začátku tvorby rýh, a tedy ke zvýšené erozi.
- charakteristiky povrchového odtoku (objem odtoku, vrcholový průtok, hloubka plošného povrchového odtoku) – tyto hodnoty se využívají pro dimenzování technických protierozních opatření (viz dále).

Model je v době vzniku této metodiky poskytován jako volně dostupná aplikace pro operační systém Windows. V současnosti jsou uživatelům k dispozici dvě verze modelu SMODERP 5.1 (Vrána a kol., 2011) a 10.02 (Kavka, 2011). Obě jsou dostupné na stránkách www.storm.fsv.cvut.cz/smoderp, kde je uživatelům k dispozici také manuál a detailní popis verzí modelu.

Verze 10.02 je na rozdíl od verze 5.1 a starších plně v 1D směru prostorově distribuovaný model. Tato změna umožňuje:

- zadávat libovolně dlouhé, na vrstevnicích nezávislé části svahu,
- model pracuje v jednotlivých elementech, jejich velikost je dána zvoleným charakterem řešeného profilu.

2.5 Standard – SOWAC-GIS

Pro prvotní orientaci o erozní ohroženosti daného zemědělského pozemku je možné použít podklady dostupné na Geoportálu SOWAC GIS (<http://geoportal.vumop.cz>),

kteřý od roku 2008 provozuje Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v. v. i. Cílem geoportálu je zpřístupnit rozsáhlé datové báze spravované ústavem, a jejich aplikační tematická vyhodnocení jako podklad pro zákonná opatření, vyhlášky a opatření resortních i mimoresortních orgánů. Geoportál poskytuje platformu pro prezentaci výsledků vědy a výzkumu a jejich transfer do praxe.

Veřejně přístupný tematický mapový projekt Vodní eroze půd ČR mapuje ohroženost zemědělského půdního fondu ČR vodní erozí. Součástí mapového projektu je i textová část, která popisuje jednotlivé mapové vrstvy po stránce datové i metodické. Uvedené podklady jsou pokládány za referenční (některé za závazné) a vzhledem k vývoji výpočetních metod a průběžné aktualizaci všech vstupních dat jsou průběžně zpřesňované. Hodnoty jsou však místně podřízeny nezbytnosti automatizovaného výpočtu a pracují sice s průběžně aktualizovanými, ale přeci jen generalizovanými daty a proto jsou pro detailní návrh TPEO bez lokálního ověření nevhodné.

Pro zemědělskou veřejnost je však přímo využitelný podklad definující limity hospodaření na zemědělské půdě s ohledem na zachování funkcí půdy a její úrodnosti – mapa Maximální přípustné hodnoty faktoru ochranného vlivu vegetace C_p .

Maximálně přípustné hodnoty faktoru ochranného vlivu vegetace (C_p) vyjadřují vhodný způsob hospodaření na půdních blocích nebo jejich částech, při kterém ještě nedochází k projevům nadlimitní ztráty půdy vodní erozí. Mapa vychází z rovnice USLE vyjádřené ve tvaru $C_p \cdot P = G_p / (R \cdot K \cdot L \cdot S)$.

Limity přípustné ztráty půdy jsou nastaveny s ohledem na zachování funkcí půdy a její úrodnosti. K jednotlivým C_p lze podle metodik (Janeček a kol., 2007; Hůla, 2003) určit konkrétní vhodná organizační nebo agrotechnická opatření. Mapa je dostupná zdarma.

Dalším nástrojem je pak Protierozní kalkulačka, pomocí které se dá ověřit vhodnost konkrétního osevního postupu na konkrétním půdním bloku nebo jeho dílu (<http://kalkulacka.vumop.cz>). Je to komplexní nástroj pro podporu rozhodování v oblasti protierozní ochrany půdy, který poskytuje zemědělcům, farmářům a poradcům zemědělců relevantní informace a nástroje na účinné řešení protierozní ochrany na erozně ohrožených plochách zemědělské půdy, konkrétních půdních bloků evidovaných v LPIS. Pomocí protierozní kalkulačky lze jednoduše, rychle a efektivně vypočítat erozní ohroženost na daném pozemku a na základě toho navrhnout účinná protierozní opatření nejen v rámci plnění standardu GAEC 2, ale i nad jeho rámec, s ohledem na ochranu přírody a krajiny. Proškolení poradci tak mohou zajistit odbornou metodickou pomoc zemědělcům a farmářům při řešení protierozní ochrany.

Protierozní kalkulačka vychází z aktuálních poznatků VaV v dané problematice. Při zpracování byly použity rozsáhlé datové sady. Pro uživatele je tak zajištěn přístup k nezkresleným a aktuálním informacím.

3 Typy technických protierozních opatření

Tato kapitola přináší základní informace o každém z popisovaných typů opatření – o jeho principu fungování, specifikách a smyslu. Podrobné podklady pro navrhování jsou uvedeny pro jednotlivé typy opatření v následující kapitole 4.

3.1 Terénní urovnávky

Terénní urovnávky spočívají především v odstranění lokálních nerovností a terénních útvarů, které významným způsobem ovlivňují směrování a soustřeďování povrchového odtoku. V praxi se nejběžněji jedná o odstraňování mělkých údolnic na pozemcích.

Toto opatření je možno provádět přesunem zeminy přímo v rámci pozemku pouze na hlubokých půdách nebo s využitím navážek.

Opatření je aplikováno zřídka a z hlediska inženýrského se nejedná o komplikovanou úlohu, proto tento typ opatření není dále v části Metodiky, která se zabývá navrhováním a dimenzováním, podrobněji popisován.

3.2 Protierozní příkop

Protierozní příkop je liniový prvek, umístěný na pozemku v místě nutného přerušení svahu. Může být kombinován s dalšími liniovými prvky v krajině (mezí, cestou, pásovým obděláváním, biokoridorem apod.). Příkop je na pozemku vrstevnicově orientován s mírným podélným sklonem. Variantou může být příkop vsakovací, který musí mít přísně vrstevnicovou orientaci. Tato alternativa bude pojednána níže. Nejčastěji příkop má lichoběžníkový profil se šířkou ve dně 0,3–0,6 m, hloubkou mezi 0,6–1,2 m a sklonem svahů 1 : 1,5 až 1 : 2. Jeho podélný sklon a příčný profil je třeba dimenzovat některou z běžně používaných inženýrských metod. Příkopy jsou dimenzovány na dobu opakování nejméně 5 let, pokud je cílem jen ochrana vlastního zemědělského pozemku. V případě, že je cílem budování příkopu ochrana intravilánu nebo jiné infrastruktury nebo vodního útvaru, je míra ochrany vyšší odpovídajícím způsobem dle konkrétních podmínek (zpravidla 10–50 let, výjimečně i 100 let; podrobněji viz Tab. 1). Příkop je třeba následně posoudit z hlediska stability dna a svahů a v případě nutnosti opevnit. Z důvodu nezbytnosti údržby a čištění je vhodné dávat přednost hladkým betonovým prvkům – například žlabovkám, někdy je využíváno polovegetačních tvárnic, často je využito dlažby nebo žlabovek ve dně a patách svahů, nad nimi jsou pak svahy stabilizovány řadou polovegetačních tvárnic, výše

zatravněním. Alternativou, bližší přírodě, umožňující infiltraci, ale náročnější na údržbu (čištění), je stabilizace štěrkovým pohozením. Ve výjimečných případech soudržných zemin nebo malých průtočných rychlostí je možno ponechat příkop bez stabilizace.

Z hlediska údržby je třeba počítat s nutností pravidelného čištění příkopů, a to včetně objektů na nich.

Příkop jakožto liniový prvek v krajině je možno kombinovat s dalšími typy opatření – například s vegetačními pásy, biokoridory. Účelné je v každém případě nad příkopem, stejně jako na každém jiném liniovém prvku zachycujícím erozní odtok, založit pás trvalého drnu v šířce nejméně 5 m, který bude zachycovat splaveniny přicházející z výše položeného pozemku. Stejně tak je vhodné podél příkopu vysadit doprovodnou vegetaci, ať již stromovou nebo keřovou. Výsadba by měla být prováděna z důvodu údržby vždy jen jednostranně a v případě, že bude příliš hustá, je třeba počítat s tím, že bude snižovat kvalitu zapojení drnu travního pásu.

Co se týče omezení využívání pozemků, je třeba počítat s tím, že pokud je třeba příkop překonávat mechanizací, je nutno k tomu vybudovat hospodářský přejezd (propustek) nebo jiný vhodný objekt odpovídající danému typu mechanizace. Tento travní pás by měl být pravidelně sečen tak, aby si udržel maximální drsnost (vyšší tráva při povrchovém průtoku snadněji polehne a drsnost tak klesne na minimum). Proto je vhodné, aby v pásu nebyly sázeny stromy, neboť pod nimi nelze udržovat kvalitní drn. V případě kombinace příkopu se zelení nebo dokonce biokoridorem je žádoucí, je-li to prostorově možné, aby byl udržen volný travní pás nad výsadbou stromů a keřů. Stromy a keře je rovněž možné sázet pod příkopem.

Z hlediska prostorového uspořádání a funkce příkopů je možno rozlišovat příkopy odváděcí, které se dále dělí na záchytné, sběrné a svodné, a příkopy vsakovací.

3.2.1 Příkop záchytný

Příkop záchytný (příklad na Obr. 2) se buduje nad chráněným pozemkem nebo lokalitou a brání přítoku vnějších vod na pozemek nebo chráněnou lokalitu. Přitom za vnější plochu může být považován nejen les nebo jiná nezemědělská plocha, ale i sousední zemědělský pozemek. Úkolem záchytného příkopu je zachytit povrchový odtok z plochy a odvést ho mimo zájmovou plochu. Přitom je třeba dodržet obecnou zásadu, že musí být dořešeno odvedení vody až k nejbližšímu recipientu.



Obr. 2: Záchytný příkop v k. ú. Chýjice

3.2.2 Příkop sběrný

Příkop sběrný (příklad na Obr. 3) je budován přímo v rámci chráněného zemědělského pozemku s cílem zkrátit volnou délku povrchového odtoku tak, aby nedocházelo k překročení přípustné ztráty půdy. Vzdálenost příkopu od horní hranice pozemku či mezi jednotlivými příkopy je navržena na základě zjištěné erozní ohroženosti, například podle přípustné délky vypočtené pomocí USLE nebo podle kritické délky ze simulačního modelu SMODERP. Návrh podélného sklonu a příčného profilu příkopu se provede pomocí hydrologických metod (viz dále). Podélný sklon a příčný profil určují průtočnou kapacitu příkopu a rychlost proudění, na kterou je třeba posoudit stabilitu dna a svahů. Pokud je to možné vzhledem k charakteru místního materiálu, sklonovým poměrům a dimenzi příkopu, je preferováno, aby sběrné příkopy byly nezpevněné – z důvodu snadnější údržby a nižší ceny realizace. Jsou-li sběrné příkopy na pozemku dlouhé, je nutno počítat s tím, že se po délce bude měnit (zvětšovat) jejich dimenze podle toho, jak do nich po délce bude natékat další voda.



Obr. 3: Sběrný příkop v k. ú. Hořany

3.2.3 Příkop svodný

Příkop svodný (příklad na Obr. 4) je recipientem příkopů sběrných, případně záchytných. Musí zachycenou vodu bezpečně svést až k recipientu, tj. překonat rozhodující výškový rozdíl. Je velmi pravděpodobné, že se tak bude dít ve větších sklonech.

Do příkopu svodného může být zaústěno i několik příkopů sběrných nebo záchytných, jeho dimenze je proto zpravidla větší. Díky většímu sklonu jsou příkopy svodné prakticky vždy opevněny. Nejjednodušší volbou jsou betonové žlabovky nebo betonové desky ve dně a patách svahů, svahy jsou často chráněny polovegetačními tvárnici. Pro snížení sklonu a zpomalení odtoku se ve dně svodných příkopů budují zvláštní objekty – například kamenité skluzy nebo kaskáda žlabovek, umístěných stupňovitě nad sebou. Zvláštní variantou může být i mělký širší příkop s parametry přírodě bližšími, který může být i součástí revitalizačních opatření v krajině. Tato alternativa se ale vymyká běžné praxi a je třeba při jejím navrhování postupovat individuálně. Z hlediska dimenze je třeba při navrhování svodných příkopů respektovat návrhové parametry všech zaústňovaných sběrných nebo záchytných příkopů po trase. Svodný příkop musí být doveden až do nejbližšího recipientu.

Svodný příkop může být použit i pro odvedení vody z dalších typů záchytných a svodných opatření (protierozní průleh, mez a další).



Obr. 4: Svodný příkop v k. ú. Vážany nad Litavou

3.2.4 Příkop vsakovací

Příkop vsakovací je veden přísně vrstevnicově a jeho úkolem je zachytit povrchový odtok z výše ležícího pozemku a vodu infiltrovat, případně nechat vypařit.

Tento typ opatření má velké opodstatnění jakožto prvek podporující uzavřenou hydrologickou bilanci v lokalitě a snižující celkový odtok z povodí. Na druhou stranu lze tento prvek jen velmi těžko spolehlivě dimenzovat, neboť by nemělo dojít k jeho přelití. Infiltrační charakteristiky půdy se mění jak během roku, tak celkově v čase. Navíc je třeba vybudovat a udržovat dolní hranu příkopu přesně vodorovnou bez depresí, neboť jinak hrozí její přelití a koncentrace povrchového odtoku s masivním rozvojem vyšších forem eroze.

Z uvedeného důvodu lze tento typ opatření doporučit jen ve výjimečných případech.

3.3 Protierozní průleh

Jedná se o prvek s hlavní funkcí přerušení délky svahu zachycením vody s jejím neškodným odvedením nebo zasáknutím.

Protierozní průleh (příklad na Obr. 5 a Obr. 6) je svou funkcí velmi blízký protieroznímu příkopu. Hlavní odlišnost spočívá ve tvaru příčného profilu, hloubce průlehu (bývá mělčí) a sklonu jeho svahů, který by neměl překročit 1 : 5. Zpravidla se sklon svahů navrhuje mírnější (např. 1 : 10) tak, aby objekt byl přejezdný, případně i obdělávatelný. Díky požadavku na sklon svahů je průleh aplikovatelný na mírnějších pozemcích o sklonu do 10 %. Příčný profil je nejčastěji trojúhelníkový nebo lichoběžníkový.

Z hlediska půdorysného a funkčního uspořádání lze dělit průlehy zcela identicky jako příkopy na odváděcí (záchytné, sběrné a svodné) a na retenční – vsakovací.

Průlehy odváděcí by měly být vedeny vrstevnicově s minimálním podélným sklonem, průlehy vsakovací musí být přísně vrstevnicově orientované. U prvků vsakovacích panuje nicméně velká nejistota ohledně zabezpečení funkce, neboť infiltrační charakteristiky půd se mění jak během sezony v souvislosti s vývojem vegetace, tak obecně v čase.

Tento typ opatření je poměrně rizikový co do dimenzování, protože při překročení kapacity hrozí přelití a soustředění odtoku. Navíc hydraulická vodivost půdy se v čase mění jednak díky vývoji vegetace, ale i díky usazeným splaveninám. Proto se doporučuje, aby měl průleh vždy řešenou možnost odvodu zachycené vody povrchově mírným podélným sklonem a jako vsakovací byl navrhován jen ve výjimečných případech a v příznivých půdních podmínkách (viz kapitola 4).

Příčný profil průlehu je nejčastěji zatravněný a je posuzována jednak jeho kapacita a jednak stabilita (nevymílací rychlosti).

Z hlediska omezení hospodaření na pozemku průleh oproti příkopu na jedné straně zabírá více prostoru, na druhou stranu ale podstatně méně omezuje hospodaření díky tomu, že je přejezdný.

Co se týče doplňkových součástí průlehů, stejně jako u příkopu je velmi žádoucí zakládat nad průlehem pás trvalého travního drnu v šířce minimálně 5 m pro zachycení splavenin před vstupem do průlehu, a tedy i hydrografické sítě. Vhodná je i výsadba vegetace podél průlehu, možné je doplnění průlehu zemní hrázkou s funkcí zvýšení kapacity průlehu (podobně jako u příkopu). Aby byl splněn požadavek přejezdnosti, musí být zemní těleso hrázky mohutné. V takovém případě se však jedná spíše o protierozní mez.



Obr. 5: Protierozní průleh s hrázkou v k. ú. Milínov u Nezvěstic



Obr. 6: Příkladem svodného průlehu může být zatravněná údolnice se stabilizací dráhy soustředěného povrchového odtoku – k. ú. Lejškov

3.4 Protierozní mez

Vhodné je protierozní meze dělit na meze historické a současné, navrhované primárně za účelem protierozní ochrany.

3.4.1 Meze historické

Historické meze v krajině vznikaly na hranicích dvou pozemků, kam byly ukládány sbírané kameny, které vytvářely nízké hrázky. Při orbě podél vrstevnic pak díky opakovanému dlouhodobému posunu půdy orbou směrem dolů po svahu docházelo k postupnému naorávání půdy k hranici shora a odorávání zdola. Nad kamenitými hrázkami docházelo navíc dlouhodobě k usazování sedimentu z výše ležícího pozemku. Navážené kameny pak byly často z důvodu úspory místa skládány do opěrné zídky. Vznikl tak terénní stupeň výšky často 1,5–2 m, převážně vrstevnicově orientovaný. Funkce historické meze spočívala převážně ve snižování podélného sklonu svahu – blížila se tedy spíše funkci terasy. Funkce přerušení svahu byla víceméně druhotná, resp. meze nebyly pro zajištění přerušení odtoku ani navrhovány (zamýšleny), ani k tomu nebyly vybaveny. Funkce přerušení odtoku tak, pokud vůbec, je zajišťována jen pomítně, náhodně, a to většinou jen rozorem na okraji pozemku.

Tento typ mezí dnes v podstatě nelze navrhovat a realizovat, neboť vznikaly samovolně v průběhu deseti a staletí a projevíly se v podstatě terasováním pozemků.

3.4.2 Současné protierozní meze

U nově navrhovaných protierozních mezí (příklad na Obr. 7) je důraz kladen na spojení záchytné funkce s odváděcí a současně s krajinotvornou. Protierozní mez je navrhována jako nízká hrázka, zpravidla spojená s mělkým příkopem či průlehem. Hrázka bývá osázena vhodnou vegetací, případně je možno na ni umístit kameny nebo další prvky vnášející do krajiny diverzitu. Hrázka má u meze zpravidla funkci stabilizační (stabilizuje trasu v převážně vrstevnicovém směru) a jasně vymezuje prostor pro výsadbu vegetace. Pokud má mít i funkci retenční – tedy počítá se, že voda dosáhne nad její patu – musí být hrázka koncipována k této funkci. Materiál musí být náležitě hutněn a její koruna musí být vodorovná, resp. sledovat sklon úklonu meze od vrstevnic a neměly by v ní být sníženiny, kde by mohlo dojít k soustředěnému přelití vody. Hlavní protierozní funkci by měl mít příkop nebo průleh, který může být umístěn nad hrázkou nebo pod ní. Při správném návrhu by měla být dosažena rovnost výkopu a násypu – tedy materiál, který je vytěžen při hloubení příkopu nebo průlehu je uložen do hrázky.

Prostor hrázky, případně i širší pás, je vhodné využít jako biokoridor a osázet ho vegetací. V tom případě je vhodné volit místně příslušné a původní druhy v co největší variabilitě co do dlouhověkosti, rychlosti růstu, výšky, doby kvetení i dozrávání plodů. Vhodné je do výsadeb zařadit, pokud to dovolují lokální vyhlášky o ochraně rostlin a povolených výsadbách, i ovocné, nebo plané ovocné stromy a keře.

Nad příkopem či průlehem je vhodné založit pás trvalého drnu v šířce minimálně 5 m pro zachycování splavenin nesených povrchovým odtokem z výše ležícího pozemku. Smyslem je eliminace sedimentu, který nepochybně bude nesen povrchovým odtokem z výše položeného pozemku, dříve, než se dostane do příkopu, protože zde bude průtok koncentrován s větší hloubkou, a tedy i rychlostí, a většina sedimentu bude příkopem odvedena až do recipientu – vodního toku. Snahou proto je množství splavenin, vstupujících s vodou do příkopu, co nejvíce omezit.

Z hlediska údržby je třeba počítat jen s nutností závlahy výsadeb po dobu cca 3 roky od vysazení a případného ožínání, resp. ochrany před okusem. Vlastní těleso meze (hrázky) žádnou údržbu nepotřebuje. Příkop nebo průleh nad hrázkou by měl být dimenzován (podrobněji viz kapitola 3 a 4) a opevněn v závislosti na dimenzi a podélném sklonu. Užitečné je alespoň občasné vysekávání trávy v profilu průlehu pro udržení kvalitního a stabilního drnu v případě, že je tento prvek stabilizován jen travním porostem. Sečen by měl být i ochranný travní pás nad mezí. Důležité je dořešení neškodného odvedení zachyceného odtoku až do recipientu.

Z hlediska omezení využití pozemku se jedná o opatření poměrně náročné, neboť je žádoucí, aby byla mechanizací překonávána na co nejméně místech – v těchto místech je vhodné přerušit hrázku a v případě příkopu je nutno vybudovat propustek nebo jiný přejezd.

V každém případě je mez prvkem velmi atraktivním především tím, že spojuje efektivní protierozní ochranu s revitalizací a diverzifikací krajiny. Z hlediska ryze protierozního je možno velmi podobného efektu dosáhnout snáze příkopem, průlehem, či protierozní hrázkou.



Obr. 7: Protierozní mez se sběrným příkopem v k. ú. Němčice

3.5 Terasa

Terasa (příklad na Obr. 7) je protierozní opatření na svažitých pozemcích sloužící ke zmenšení jejich velkého sklonu terénními stupni, k rozdělení svahu na úseky, aby povrchový odtok nedosáhl nebezpečného erozního účinku, a ke zlepšení využití mechanizace. Terasování umožňuje využívat pozemky, které by jinak pro velký sklon a členitost nebylo možno současnými formami zemědělské výroby efektivně využívat. Je však třeba si uvědomit, že budování teras je vždy velkým zásahem do ekosystémů zemědělsky nevyužívaných lokalit, že dochází k narušení geologických, geomorfologických, pedologických i biologických poměrů takto upravovaného území. V ČR existuje (zejména na jižní Moravě a na Mělnicku) několik tisíc hektarů zemních teras, které byly realizovány v 70. a 80. letech minulého století zejména formou tzv. náhradních rekultivací, s cílem pěstovat zejména speciální kultury (vinnou révu, ovocné sady). V té době docházelo k realizaci různých typů zemních teras, také s různými výsledky. Některé terasové areály jsou integrovanou součástí krajiny, u jiných došlo k jejich zborcení a postupnému opuštění. V současné době můžeme také vidět různé způsoby jejich využití (sady, vinice, orná půda, ostatní plochy), což z velké míry závisí na kvalitě provedení technické a zejména biologické rekultivace.

Nevhodně navržené parametry teras (zejména nesprávná niveleta terasových plošin, nadměrně vysoké terasové svahy, absence protismykových zářezů) a absence doprovodných objektů způsobují často postupující destrukci terasových svahů a terasových plošin. Terasy se tak v období přívalových dešťů nebo v období tání sněhu stávají nebezpečím pro zastavěné území obce. V takových případech je nutno provést nejnutnější úpravy ve formě rekonstrukce poškozených a nefunkčních teras, vybudování doprovodných objektů a následné rekultivace území.

K realizaci nových teras je nutno přistupovat jen v nejnutnějším rozsahu, s ohledem na konfiguraci území a stávající krajinné prvky (meze, stupně).

Při výstavbě teras a provádění jiných terénních úprav dochází k značným výškám zářezů a násypů. Vzhledem k extrémně svažitým plochám (nad 20 %), ve kterých dochází k vytvoření až 10 m vysokých násypů a zářezů, výjimečně i více, je nutné znát podrobně geologickou skladbu zájmového území a detailní charakteristiky pro zvolení správného technického řešení. Inženýrsko-geologický průzkum je nutno v rozdílném rozsahu provádět pro každou nově navrhovanou stavbu teras a plošných úprav.

Podle způsobu opevnění terasového svahu rozeznáváme typy teras:

- **terasy stupňové zemní**, které mají terasový stupeň stabilizován vegetačním zpevněním svahu,
- **terasy stupňové s opěrnými zdmi**, které mají terasový stupeň stabilizován opěrnou nebo zárubní zdí z různých materiálů, hlavně z kamene, betonu a železobetonu.

Podle tvaru a velikosti plošiny rozeznáváme typy teras:

- **terasy úzké**, umožňující výsadbu 1 až 2 řad vinné révy nebo ovocných stromů a keřů,
- **terasy široké**, umožňující výsadbu nejméně tří řad vinné révy nebo ovocných stromů a keřů. Nejmenší šířka terasové plošiny širokých teras pro vinice je 8 m, při vzdálenosti řad 2 m a 12 m při vzdálenosti řad 3 m. Pro sady podle ovocného druhu a typu výsadby 10 m až 20 m a pro ornou půdu 20 m. Pro bližší specifikaci jsou terasy středně široké v šířce plošiny do 50 m a velmi široké nad 50 m. Podtypem teras širokých jsou terasové dílce, což jsou terasové útvary zpravidla neparalelní, kde délka nemusí být výrazně převládajícím rozměrem. Příčný směr (kolmo na směr agrotechniky) je většinou stejný po celé délce a je dán zemědělským využitím dílců. Nejmenší šířka je 20 m. Pro stanovení dalšího charakteru terasového dílce je posuzován jeho větší rozměr jako délka terasy.

Terasy se skládají z terasových plošin a terasových svahů. **Terasová plošina (TP)** je produkční plocha terasy, omezená svojí šířkou a délkou.

Šířka terasové plošiny je vzdálenost mezi nejbližšími hranami svahů, měřena ve směru kolmém k podélné ose terasy.

Délka terasové plošiny je rozměr ve směru řad výsadby, měřený v ose terasové plošiny a omezený příčně začátkem a koncem terasové plošiny.

Převýšení terasové plošiny je rozdíl výškové kóty bodu vnější (násypové, vrcholové) hrany a vnitřní (zářezové, úpatní) hrany terasové plošiny.

Příčný sklon terasové plošiny je sklon ve směru její šířky, tj. v kolmém směru na podélnou osu terasové plošiny, zpravidla též kolmo na směr řad výsadby nebo směr orby. Příčný sklon TP může být negativní, nulový a pozitivní. Při příčném sklonu pozitivním stoupá TP ve směru k patě výše položené terasy. Příčný sklon nulový je možné použít u všech typů teras. Nedoporučuje se u teras na těžkých půdách, kde by mohlo docházet k sesuvům a zamokřování půd. Příčný sklon negativní, kdy TP klesá ve směru k patě výše položené terasy, se používá pouze u teras úzkých na lehkých a středně těžkých půdách.

Podélný sklon terasové plošiny je sklon terasové plošiny ve směru její podélné osy, zpravidla též sklon ve směru řad výsadby nebo obdělávání. Podélný sklon se doporučuje 1 až 3 %, kdy nedochází většinou k odtoku, ale srážky zasáknou, případně částečně odtékají nesoustředěně po celé ploše teras, při příčném sklonu TP pozitivním a nulovém. Při podélném sklonu je nejmenší hodnota 2 %. Konce teras mohou být v případě nutnosti ve sklonu až do 7 %, výjimečně až 12 %, v maximální délce, určené přípustnou délkou svahu za předpokladu zajištění bezpečného odtoku povrchové vody.

Terasový svah je uměle vytvořený strmý svah mezi plošinami. Náleží vždy k terasové plošině výše položené. Plocha je omezená jeho délkou a šířkou.

Šířka terasového svahu v situaci je omezená nejbližšími hranami plošin, je měřená ve směru kolmém k podélnému směru terasy. Jde o půdorysný průmět skutečné šířky.

Délka terasového svahu je rozměr ve směru řad výsadby, měřený v zářezové (úpatní) hraně a omezený příčně začátkem a koncem hrany terasového svahu v jeho úpatí (patě).

Výška terasového svahu je svislá vzdálenost průsečnic jednoho svahu s plošinami (rozdíl kót v patě a vrcholu svahu v tomtéž příčném řezu terasou). Maximální výška terasového stupně se doporučuje 8 m, optimální je 6 m.

Sklon svahu s výškou terasového stupně do 1,5 m (výjimečně do 2,5 m) je maximálně 1 : 1. U vyšších svahů zpravidla 1 : 1,25 až 1 : 1,5 a méně podle výsledků pedologických a geologických průzkumů.

Zpevnění svahu se provádí osetím směsí travního semene po předchozím ohumusování svahů (rozprostření ornice), nebo hydroosevem. Vhodné je zatravnění doplnit výsadbou dřevinné vegetace.



Obr. 7: Protierozní terasy

3.6 Protierozní cesta

Polní cesta s protierozní funkcí (příklad na Obr. 8 a 9) je kombinovaným typem opatření, kdy běžná místní komunikace je cíleně vedena v přibližně vrstevnicovém směru a je umístěna do prostoru, kde je třeba přerušit příliš dlouhý a erozně ohrožený svah.

Cesta je na straně proti svahu doplněna cestním příkopem, jehož funkcí v tomto případě je nejen odvodnění komunikace, ale i zachycení povrchového odtoku z výše ležícího pozemku. Příkop se dimenzuje stejně jako protierozní příkop, nicméně musí splňovat i požadavky kladené na cestní příkopy.

Rizikovým místem bývá křížení cesty s lokálními údolnicemi, kde mohou vznikat bezodtoká místa. Pro takový případ je ideální vybudování propustky v nejnižším místě a odvedení vody dolů údolnicí v podobě zatravněné údolnice, svodného průlehu nebo svodného příkopu. Důsledně je třeba zajistit neškodné odvedení vody příkopem až do recipientu. Nutné odlehčení odtoku vody v příkopu po trase z důvodu jeho nedostatečné kapacity je tak možné učinit například do stabilních zatravněných údolnic nebo stabilizovaných svodných příkopů nebo průlehů.

V místě křížení údolnic může být zajímavým řešením i vyrovnání směrových poměrů cesty a její vedení po násypu. Pokud takový násyp má plnit funkci retenční (protierozní

hrázka, případně protierozní retenční nádrž), musí být lokalita jednak náležitě vybavena (vypouštěcí zařízení umožňující částečné vzdouvání hladiny) a zejména zemní těleso musí být navrženo a řešeno jako vzdouvací.

Z hlediska omezení využívání pozemku se jedná o opatření s minimálními dopady. Cesta zajišťuje pohodlný přístup na přilehlé pozemky, nutné je jen vybudovat na vhodných místech sjezdy z cesty na pozemky.

Polní cesty s protierozní funkcí jsou typem opatření, které s největší pravděpodobností bude realizováno jen v případě zpracování komplexních pozemkových úprav pro daný katastr.



Obr. 8 a 9: Polní cesta s protierozní funkcí v k. ú. Zlonice a Radešín

3.7 Protierozní hrázka

Ochranné hrázky (příklad na Obr. 10) jsou používány buď ve spojení se záchytným příkopem, nebo průlehem – pak se jedná v zásadě o protierozní mez, nebo samostatně. V takovém případě jde nejčastěji o ochranu určité lokality před povrchovým odtokem z výše ležících pozemků a hrázka je budována při dolním okraji pozemku. Při návrhu je nejdůležitější důsledně vrstevnicové vedení s mírným odklonem, bez bezodtokých míst, kde by hrozila koncentrace přitékající vody a následné přelití a protržení hrázky. V zahraniční literatuře jsou protierozní hrázky často

prezentovány jako struktura vybavená vzdouvacím, nebo výpustným zařízením, umísťovaná i v ploše pozemku k přerušení jeho délky. V podmínkách ČR takové řešení není doporučováno, protože vyžaduje pravidelné čištění, údržbu a pro dosažení požadovaného efektu i operativní manipulaci. Prostá zemní hrázka umožní zachycení povrchového odtoku a jeho případné odvedení mimo chráněnou lokalitu.



Obr. 10: Ochranná hrázka nad obcí Dolní Brusnice

3.8 Ochranné (retenční a sedimentační) nádrže

Ochranné (retenční) nádrže zachycují povodňové průtoky, transformují povodňové vlny a chrání území nebo objekty před negativními účinky velkých vod nebo transportem půdních částic z erozních procesů. Ideální je návrh víceúčelové nádrže, která plní více funkcí současně. Podle účelu se tyto nádrže dělí na protierozní nádrže, suché nádrže, poldry a sedimentační jímky.

- **Protierozní nádrže** (Obr. 11) plní řadu protierozních funkcí, zejména snižují podélný sklon údolí, zachycují splaveniny a část odtoku vody převádějí infiltrací na podzemní odtok. K sedimentaci transportovaných půdních částic v prostoru nádrže dochází vlivem snížení průtočné rychlosti. Voda z nádrže po odsazení nesených půdních částic buď odtéká výpustným potrubím, nebo vsakuje do dna nádrže. Podmínkou infiltrace vody do půdního profilu dna nádrže je jeho dostatečná infiltrační schopnost (vhodné jsou např. písčité, nejvýše písčitohlinité půdy). Podmínkou funkčnosti vsakovací nádrže je pravidelná údržba spočívající v odstraňování usazených půdních částic ze dna nádrže.

- **Suché nádrže** (případně nádrže s malým zásobním prostorem, Obr. 12) vytvářejí vymezený ochranný prostor, který se plní při průchodu povodňové vlny za současného odtoku vody odpadním potrubím a který se po odeznění povodňové vlny vyprázdní (případně po úroveň malého zásobního prostoru). Jsou průtočné, situované na vodním toku. Plocha zátopy je v období běžných průtoků zpravidla zemědělsky využívána. Pro dobrou funkci suché nádrže je třeba provést variantní návrh a posouzení průměru odpadního potrubí z nádrže (viz dále). Cílem návrhu je, aby z nádrže odtékal vždy pouze tzv. neškodný průtok. Neškodný průtok se stanoví na základě posouzení kritických míst v intravilánu, který má suchá nádrž chránit.
- **Poldry** – boční nádrže – jsou suché v období mimo povodní (Obr. 13). Za zvýšených povodňových průtoků se voda v toku dělí na neškodný průtok vodním tokem a na průtok, který natéká do poldru. Poldr je v průběhu povodně uzavřen, voda se akumuluje v retenčním prostoru nádrže, po odeznění povodně se otevírá výpustné potrubí a voda odtéká gravitačně zpět do vodního toku. Cílem tak je buď neřízené, nebo řízené oddělení části objemu povodně. V ideálním případě je tak možno dosáhnout snížení kulminace povodňové vlny nebo alespoň oddálení zvýšení průtoku v toku.
- **Sedimentační jímky** (Obr. 14) jsou malé nádrže, budované na svodných příkopech nebo průlezích, případně dolních okrajích výrazně erozně ohrožených pozemků v konvergencích. Jedná se o zahloubené jímky zvolené velikosti, které mají hlavní účel v zachycování sedimentu před jeho vstupem do hydrografické sítě. Podle rozměrů tyto jímky nejsou vodním dílem.

Vodní nádrže protierozní i suché nebo poldry jsou vodní díla a jako taková podléhají příslušné legislativě a vyžadují příslušné náležitosti návrhu. Vodu z těchto nádrží musí být možno řízeně vypustit a odtok z nádrží musí být bezpečně odveden až do cílového recipientu. Odkazy na příslušné předpisy jsou v kapitole 4.7.2.2.



Obr. 11: Retenční nádrž v k. ú. Lubník



Obr. 12: Suchá nádrž v k. ú. Orlice



Obr. 13: Poldr v k. ú. Slatina nad Úpou

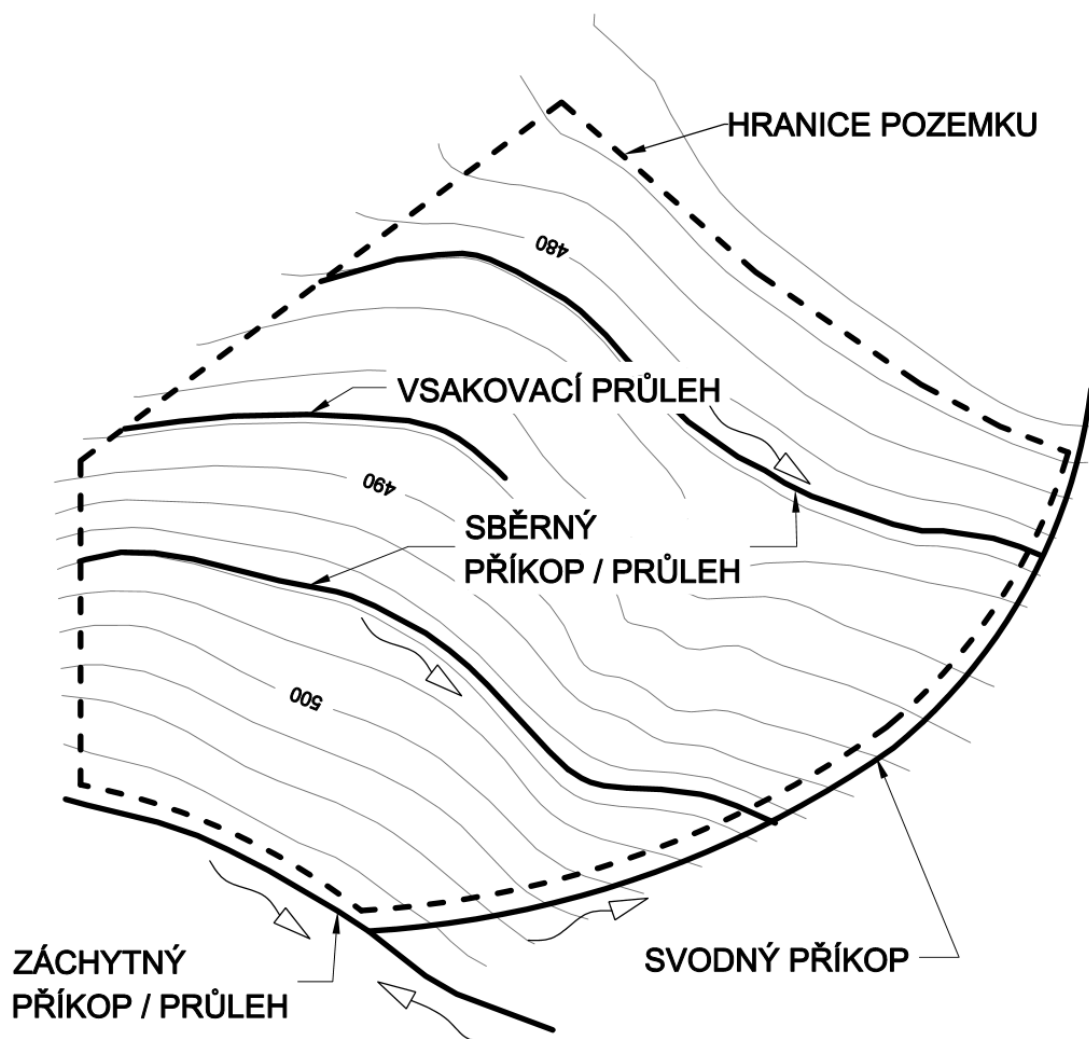


Obr. 14: Sedimentační jímka v k. ú. Lipov

4 Navrhování a dimenzování jednotlivých typů TPEO

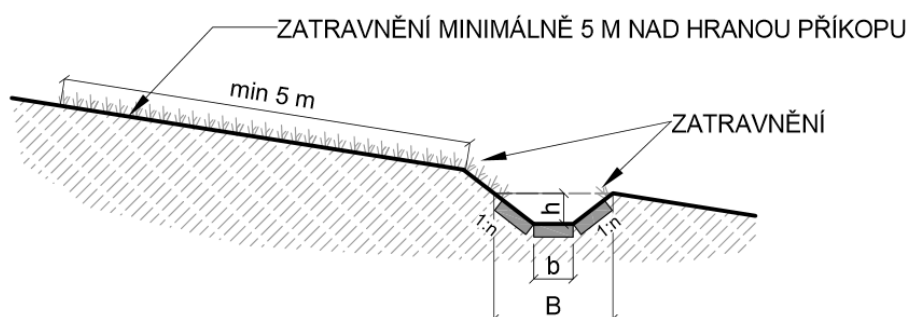
Tato kapitola přináší ucelené informace, postupy a podklady nutné k návrhu a dimenzování jednotlivých typů TPEO, uvedených v předchozí kapitole 3.

4.1 Protierozní příkop

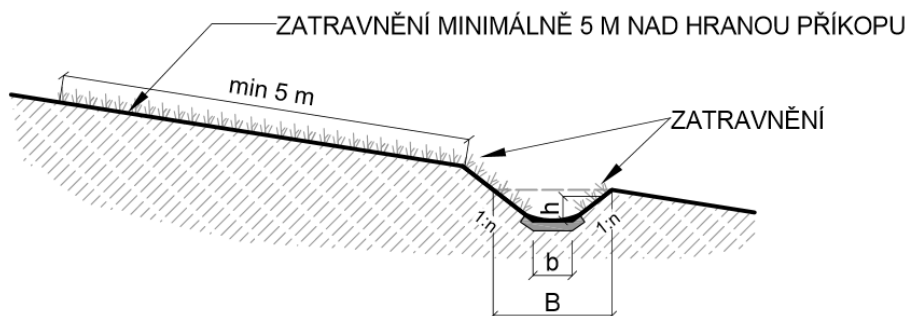


Obr. 15: Typy příkopů podle jejich prostorového uspořádání

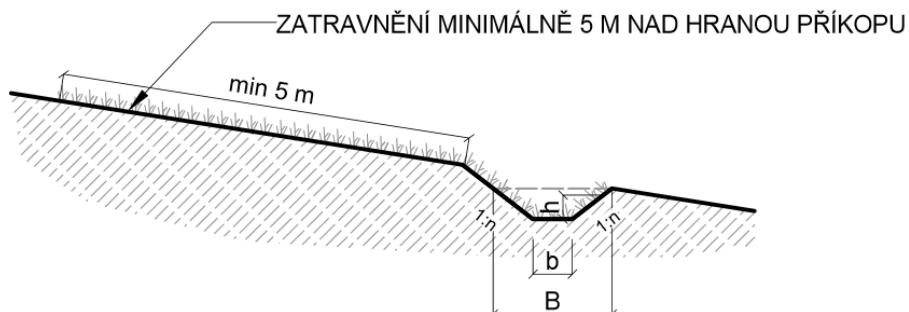
PŘÍKOP - OPEVNĚNÍ POMOCÍ BETONOVÝCH TVÁRNIC příčný řez



PŘÍKOP - OPEVNĚNÍ POMOCÍ ŽLABOVEK příčný řez



PŘÍKOP - BEZ OPEVNĚNÍ příčný řez



Obr. 16: Příčný profil protierozního příkopu – různé druhy opevnění

4.1.1 Stanovení polohy příkopu a jeho trasy

Umístění protierozního příkopu se liší podle typu příkopu.

- Záchytný příkop se umísťuje na horní hranici chráněné lokality, což může být hranice mezi lesním komplexem a zemědělskými pozemky, obvod intravilánu obce či města, nebo komplex izolovaných průmyslových nebo zemědělských budov, významnější komunikace, vodárenská nádrž apod. Může to ale být i hranice mezi dvěma sousedními pozemky, kdy záchytný příkop odvádí vodu z pozemku výše ležícího a plní funkci záchytného příkopu pro pozemek níže ležící. Umístění záchytného příkopu se volí podle místních podmínek a možnosti gravitačního odvedení vody zachycené v příkopu.
- Sběrný (odváděcí) příkop slouží k přerušení povrchového odtoku po ploše zemědělských pozemků a neškodnému odvedení vody buď do nejbližšího recipientu, nádrže, nebo do příkopu svodného. Umístění sběrného příkopu je možno stanovit buď metodou USLE na základě stanovení přípustné nepřerušené délky pozemku na základě přípustné ztráty půdy nebo z modelu SMODERP na základě stanovení přípustné nepřerušené délky pozemku na základě dosažení kritické rychlosti nebo kritického tangenciálního napětí povrchového odtoku vody v závislosti na půdním druhu. V úvahu připadá i využití dalších moderních výpočetních metod a modelů. Hodnoty nepřerušené délky pozemku jednou či druhou metodou však určují umístění sběrného příkopu s určitou tolerancí (několika metrů), umístění příkopu je třeba přizpůsobit morfologickým podmínkám řešeného pozemku, návaznosti na hranice plodin apod.
- Svodné (odváděcí) příkopy je třeba situovat do terénních sníženin tak, aby zajistily gravitační odvedení vody, přiváděné sběrnými příkopy. Jejich trasování se řídí morfologickými poměry, vlastnickými vztahy a specifickými poměry lokality.
- Vsakovací příkopy by měly být umístěny podle stejných zásad, jako jsou uvedeny u sběrných či záchytných příkopů. Na rozdíl od záchytných, sběrných a svodných příkopů, které musí být navrženy v určitém sklonu, aby byly schopny zachycenou vodu odvést, vsakovací příkopy by měly být navrženy přísně vodorovně. Ve skutečnosti se dodržení této striktní podmínky zpravidla nepodaří a pak může dojít v místě, kde je břehová hrana vsakovacího příkopu nejnižší, k soustředěnému odtoku vody po spádnicí a vytvoření hlubokých erozních rýh v těchto místech. Z tohoto důvodu je možno vsakovací příkopy doporučit pouze ve výjimečných případech, zejména v souvislosti s dobrou infiltrační schopností půdního profilu

Trasu všech typů příkopů (s výjimkou vsakovacích příkopů) je třeba volit tak, aby mělo dno příkopu mírný podélný sklon směrem k příkopu svodnému nebo směrem

k recipientu. Doporučený podélný sklon sběrných a záchytných příkopů je 1 %, v případě ploššího terénu i menší. U menších sklonů dna příkopů může však docházet k zanášení příkopů nesenými půdními částicemi. Naopak větší sklony dna příkopů způsobují vyšší rychlosti proudění vody, takže je třeba příkopy nákladně opevňovat. Trasa a sklon dna svodných příkopů jsou dány morfologií terénu, opět je nutno zvážit trasu svodného příkopu, aby nevznikaly nadměrné sklony dna příkopu s výslednými velkými rychlostmi proudění vody.

4.1.2 Dimenzování protierozního příkopu

Protierozní příkopy odváděcí (záchytné, sběrné a svodné) se dimenzují na kulminační (maximální) průtok z návrhové srážky k místu, kde je příkop situován.

Návrhový průtok se volí podle druhu ochrany – pro ochranu zemědělských pozemků (přerušení povrchového odtoku) v extravilánu na návrhovou srážku s dobou opakování 5 až 10 let, v případě, že odtok z chráněných pozemků přímo ohrožuje významný vodní útvar, na návrhovou srážku s dobou opakování 10 až 20 let. Pro ochranu intravilánu se volí návrhová srážka podle velikosti a významu chráněných budov: s dobou opakování 10 let pro izolované budovy, pro větší sídelní celky s dobou opakování 20 let, pro významné sídelní celky, průmyslové komplexy apod. s dobou opakování 50 let. Při návrhu příkopů na srážky vyšší doby opakování není úměrný ochranný účinek finančním nákladům na realizaci ochranných opatření (viz Tab. 1).

Protierozní příkopy odváděcí (záchytné, sběrné i svodné) se navrhují zpravidla lichoběžníkového profilu se šířkou ve dně 0,3–0,6 m, hloubkou 0,6–1,2 m a sklonem svahů 1 : 1,5 až 1 : 2.

4.1.2.1 Výpočet charakteristik povrchového odtoku – přítok do příkopu

Návrhové průtoky pro dimenzování odváděcích příkopů je možno stanovit několika metodami, např. metodou čísel odtokových křivek CN, matematickým simulačním modelem SMODERP, nebo modelem EROSION 3D.

4.1.2.1.1 Metoda CN

Metoda čísel odtokových křivek CN byla odvozena v USA (služba na ochranu půdy SCS = Soil Conservation Service). Jedná se o jednoduchou metodu pro výpočet charakteristik povrchového (přímého) odtoku, způsobeného přívalovou srážkou z povodí o velikosti cca 5–10 km². Výstupem výpočtu je objem odtoku z návrhové srážky, vycházející ze srážkového úhrnu (stejného na celé řešené ploše), hydrologických vlastností půdy, obsahu vody v půdě (předchozí nasycení) a potenciální retence zahrnující vliv vegetačního krytu, velikosti nepropustných ploch, povrchové půdní retence a intercepce.

Hodnotu objemu odtoku z návrhové srážky lze použít pro dimenzování vsakovacích příkopů, pro dimenzování odváděcích příkopů je třeba vycházet z kulminačního průtoku.

Metoda CN byla proto rozšířena o vzorec, umožňující výpočet kulminačního průtoku. Kulminační průtok závisí na jednotkovém kulminačním průtoku, ploše povodí, výšce přímého odtoku a opravném součiniteli pro vodní plochy v povodí.

Originální metodu SCS-CN popisují Mishra a Singh (2003), pro podmínky ČR metodu adaptoval a se všemi podklady nutnými pro výpočet publikoval Janeček např. v metodice „Ochrana zemědělské půdy před erozí“ (Janeček a kol., 2012) a v řadě dalších publikací.

Podrobnější informace ke způsobu aplikace metody CN je možno nalézt i v této Metodice, v sekci týkající se návrhu Protierozních nádrží v kapitole 4.7.2.3.

4.1.2.1.2 SMODERP

Model SMODERP byl odvozen na základě fyzikálního přístupu k procesům, které povrchový odtok a erozní procesy ovlivňují. Na stejném principu jsou tedy stanoveny metody pro posouzení erozní náchylnosti pozemků i pro stanovení charakteristik povrchového odtoku (objem odtoku z návrhové srážky, kulminační průtok).

Z tohoto důvodu je vhodné model SMODERP využívat pro všechny typy postupů, tj. pro posouzení erozní náchylnosti, návrh umístění příkopů i dimenzování obou typů příkopů (odváděcí příkopy na kulminační průtok, vsakovací příkopy na objem odtoku).

Základními výstupními charakteristikami odtoku z modelu SMODERP jsou:

- kulminační průtok (návrhová hodnota pro dimenzování záchytných odváděcích příkopů),
- objem odtoku (návrhová hodnota pro záchytné vsakovací příkopy),
- hydrogram odtoku pro navrhování soustav svodných a záchytných prvků, suchých nádrží,
- rychlost odtoku a tangenciální napětí (návrhové hodnoty pro opevnění příkopů).

V metodice „Využití dat a nástrojů GIS a simulačních modelů k navrhování TPEO“ (Dostál a kol., 2013) a manuálu k modelu SMODERP (Kavka, 2013) jsou detailně uvedeny způsoby získávání, následná úprava a zadávání vstupních dat do modelu. Po zadání všech vstupních parametrů jsou v nabídce dva základní nástroje. Nástroj **přerušení odtoku** pro navrhování polohy a dimenzování sběrných prvků, pro navrhování záchytných a svodných a akumulačních prvků je pak určen nástroj **celkový odtok**.

4.1.2.1.3 Model EROSION 3D

Mezi výsledky modelu EROSION 3D patří údaje o množství protékající vody výpočetním elementem. Specifický průtok výpočetním elementem je možné obdržet ve formě rastrové vrstvy v jednom v konkrétním časovém kroku, nebo jako časovou řadu pro zvolenou buňku rastru. Do zvoleného profilu je možné umístit bod pro vytvoření tabelovaných výsledků a obdržet časový průběh průtoku, kulminační průtok i celkový objem vody proteklé tímto profilem.

EROSION 3D tedy poskytuje potřebné údaje pro návrh rozměrů svodných i zasakovacích příkopů a propustků, nicméně správná příprava dat je zásadní pro získání relevantních výstupů. Při snaze o modelování příkopů (a dalších lineárních struktur ovlivňujících směr pohybu vody) je třeba věnovat zvýšenou pozornost volbě podrobnosti modelu a přípravě vstupních vrstev. Klíčový je v tomto případě především model terénu. Podrobněji je tato problematika probrána v navazující metodice Využití dat a nástrojů GIS a simulačních modelů k navrhování TPEO (Dostál a kol., 2013).

EROSION 3D je epizodní model, a proto jsou výstupy ze simulace silně ovlivněny zadanými počátečními podmínkami. Zejména počáteční vlhkost půdy má naprosto zásadní vliv na časový průběh i celkovou intenzitu povrchového odtoku. Vzhledem k vysoké časové i prostorové variabilitě vlhkosti půdy v reálných podmínkách jsou možnosti pro reprezentativní zachycení tohoto vstupního parametru značně omezené. Další otázkou je volba vhodné vstupní srážky, neboť přívalové srážkové epizody s proměnnou časovou intenzitou nebyly během poslední dekády pro území ČR publikovány.

Při využití modelu pro praktickou aplikaci navrhování protierozních příkopů je proto nutná značná obezřetnost a zkušenost. Na druhou stranu při správném zacházení je model poskytnout kvalitní a jinak jen obtížně získatelná data, využitelná pro dimenzování svodných prvků (objem odtékající vody a průtok v čase).

4.1.2.2 Dimenzování příkopů

Záchytné odváděcí příkopy se dimenzují na kulminační průtok odtoku ze srážky příslušné doby opakování pomocí Chézyho rovnice ve tvaru

$$Q = S * \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}} \quad (\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1})$$

kde	Q	průtok ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$),
	S	průtočná plocha (m^2), pro lichoběžník $S = b \cdot h + m \cdot h^2$,
	O	omočený obvod (m), pro lichoběžník $O = b + 2 \cdot h \cdot (1 + m^2)^{0,5}$,
	R	hydraulický poloměr (m), $R = S/O$,
	n	Manningův součinitel drsnosti ($n = 0,020$ pro žlabovky a polovegetační tvárnice, $n = 0,025$ pro travní porost),
	I	sklon dna příkopu (–).

Posouzení typu proudění ve zkoumaném úseku vychází z porovnání vypočtené rychlosti průtoku (pro daný průtok) v (m s^{-1}) s hodnotou kritické rychlosti v_{kr} (m s^{-1}). Hodnoty kritických rychlostí pro jednotlivé druhy půd jsou v modelu vloženy explicitně a řešitel se nemusí konkrétními hodnotami zabývat. V případě, že skutečný sklon dna koryta nebo potrubí ve zkoumaném úseku je větší než sklon kritický, jedná se o proudění nadkritické (bystřinné), v opačném případě o proudění říční. V případě nadkritického proudění odpovídají ve skutečnosti vypočtené průtoky nižším hodnotám hloubek vody (menší než hloubky kritické), vypočtenou závislost hloubek a odpovídajících průtoků je však možno s dostatečnou přesností pro potřeby navrhování protierozních příkopů považovat za odpovídající a dostatečnou. V případě říčního proudění odpovídají vypočtené průtoky hodnotám zvolených hloubek vody v korytě.

Kritická rychlost se v řešeném úseku určí dle vztahu

$$v_{kr} = \left(g \cdot \frac{S}{B}\right)^{0,5} (\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$$

kde S je průtočná plocha koryta (m^2),
 B – šířka hladiny (m).

Pro příklad následující tabulka (Tab. 2) uvádí kapacitní průtok příkopu lichoběžníkového profilu při šířce dna 0,6 m, 0,8 m, 1,0 m a 1,2 m, při hloubce příkopu 0,6 m, sklonech svahů 1 : 1,5 a uvažované hodnotě součinitele drsnosti $n = 0,025$ (odpovídá zatravnění).

Tab. 2: Příklad vztahu mezi příčným profilem příkopu, jeho sklonem, kapacitou a průtočnou rychlostí

Sklon dna 0,5 %, $n = 0,025$				
Šířka dna b (m)	0,6	0,8	1,0	1,2
Kapacitní průtok Q ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$)	1,417	1,417	1,633	1,852
Rychlost v (m s^{-1})	1,39	1,39	1,43	1,47

Sklon dna 1 %, $n = 0,025$				
Šířka dna b (m)	0,6	0,8	1,0	1,2
Kapacitní průtok Q ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$)	1,704	2,004	2,309	2,619
Rychlost v (m s^{-1})	1,89	1,96	2,03	2,08

Následující tabulka (Tab. 3) uvádí šířku příkopu B v břehových hranách (za předpokladu stejné výšky na pravém i levém břehu) pro sklony svahů 1 : 1,5, 1 : 1,75 a 1 : 2, šířku ve dně $b = 0,4$ m, 0,5 m a 0,6 m a hloubku příkopu $h = 0,6$ m, 0,8 m, 1,0 m a 1,2 m.

Tab. 3: Příklad vztahu mezi šířkou příkopu v břehových hranách a tvarem jeho příčného profilu

Šířka příkopu v břehových hranách B (m) při šířce dna $b = 0,4$ m				
Sklon svahů	Hloubka příkopu h (m)			
	0,6	0,8	1,0	1,2
1 : 1,5	2,20	2,80	3,40	4,00
1 : 1,75	2,50	3,20	3,90	4,60
1 : 2	2,80	3,60	4,40	5,20

Šířka příkopu v břehových hranách B (m) při šířce dna $b = 0,5$ m				
Sklon svahů	Hloubka příkopu h (m)			
	0,6	0,8	1,0	1,2
1 : 1,5	2,30	2,90	3,50	4,10
1 : 1,75	2,60	3,30	4,00	4,70
1 : 2	2,90	3,70	4,50	5,30

Šířka příkopu v břehových hranách B (m) při šířce dna $b = 0,6$ m				
Sklon svahů	Hloubka příkopu h (m)			
	0,6	0,8	1,0	1,2
1 : 1,5	2,40	3,00	3,60	4,20
1 : 1,75	2,70	3,40	4,10	4,80
1 : 2	3,00	3,80	4,60	5,40

V případě delšího příkopu je třeba rozdělit návrhový průtok na dílčí úseky (délka úseku cca 200 až 250 m) a tomu přizpůsobit i návrh příčného profilu koryta.

4.1.2.3 Stabilizace

Stabilizace dna a svahů příkopů se provádí na základě porovnání vypočtených rychlostí průtoku vody s hodnotami limitních hodnot rychlostí pro různé druhy opevnění. Podrobnější řešení pro příkopy, které jsou protékány vodou pouze občasné, není účelné (Mareš, 1993). Pro protierozní příkopy přicházejí v úvahu v podstatě následující způsoby opevnění: zatravnění, polovegetační tvárnice, betonové prvky (žlabovky, desky). Kromě opevnění dna a svahů příkopů je účelné stabilizovat dno příkopu po určitých vzdálenostech stabilizačními prahy. Tyto stabilizační prahy se navrhují buď betonové, nebo z lomového kamene do betonu, šířka prahů ve směru toku 0,4 m, hloubka pod úroveň dna 0,6 m. Stabilizační prahy se navrhují do míst lomů trasy, do míst změny sklonu, nebo způsobu opevnění, případně v pravidelných intervalech po trase delšího úseku ve vzdálenostech cca 50 m.

Opevnění příkopů osetím je možné použít při rychlostech do 1 m s^{-1} , krátkodobě je možno toto opevnění zatížit rychlostí až 2 m s^{-1} . Polovegetační tvárnice jsou použitelné do rychlostí 3 m s^{-1} , betonové desky a žlabovky až do rychlosti 5 m s^{-1} .

Z hlediska estetického je účelné navrhovat opevnění příkopů pokud možno zatravněním nebo polovegetačními tvárnici. Z hlediska údržby jsou vhodnější hladké betonové desky, které ale v krajině působí rušivě.

Pro příklad je uvedena Tab. 4, která uvádí rychlosti při kapacitním průtok příkopem lichoběžníkového profilu při sklonu 0,5 %, 1,0 %, 1,5 % a 2,0 % pro šířku dna 0,6 m, 0,8 m, 1,0 m a 1,2 m, při jednotné hloubce příkopu 0,6 m, sklonech svahů 1 : 1,5.

Tab. 4: Příklad vhodného způsobu stabilizace dna a paty svahů příkopu při různých sklonech a velikostech příčného profilu (hloubka 0,6 m, sklon svahů 1 : 1,5)

Šířka dna	Sklon dna (%)	0,5	1,0	1,5	2,0
0,6 m	Kapacitní průtok ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$)	1,417	1,704	2,087	2,410
	Rychlost (m s^{-1})	1,39	1,89	2,32	2,68
	Způsob opevnění	zatrav.	zatrav.	poloveg.	poloveg.
0,8 m	Kapacitní průtok ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$)	1,417	2,004	2,454	2,834
	Rychlost (m s^{-1})	1,39	1,96	2,41	2,78
	Způsob opevnění	zatrav.	zatrav.	poloveg.	poloveg.
1,0 m	Kapacitní průtok ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$)	1,633	2,309	2,828	3,266
	Rychlost (m s^{-1})	1,43	2,03	2,48	2,86
	Způsob opevnění	zatrav.	poloveg.	poloveg.	poloveg.
1,2 m	Kapacitní průtok ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$)	1,852	2,619	2,55	3,704
	Rychlost (m s^{-1})	1,47	2,08	3,208	2,94
	Způsob opevnění	zatrav.	poloveg.	poloveg.	poloveg.

4.1.2.4 Dimenzování vsakovacího příkopu

Vsakovací příkopy je nutno dimenzovat na objem odtoku vody z návrhové srážky. Vzhledem k rychlosti procesu odtoku vody z přívalové srážky se při stanovení přítoku vody neuvažuje s infiltrací vody do půdního profilu, ani s výparem z vodní hladiny.

Vsakovací příkopy mají také lichoběžníkový profil se šířkou ve dně 0,6 m a více (dle objemu odtoku z návrhové srážky), sklony svahů 1 : 1,5 až 1 : 2, hloubku 0,6 m až 1,0 m, sklon dna je vodorovný.

Dimenzování vsakovacího příkopu vychází z geometrie příkopu

$$V = b \cdot h + m \cdot h^2 \cdot 1,0m \quad (\text{m}^3)$$

kde V je objem příkopu na 1,0 m délky (m^3),

b – šířka dna příkopu (m),

h – hloubka dna příkopu pod úrovní terénu (m),

m – sklon svahů (–).

Vsakovací příkopy není třeba opevňovat, naopak opevnění by snížilo infiltrační schopnost půdního profilu.

V případě, že by po srážce, která naplní vsakovací příkop, přišla další srážka, je účelné znát dobu, za níž se voda ze záchytného vsakovacího příkopu vsákne do půdního profilu. Tuto dobu T je možno orientačně stanovit ze vztahu

$$T = \frac{h}{(K \cdot 3600)} \quad (\text{hod})$$

kde h je hloubka vody ve vsakovacím příkopu (m),
 K – nasycená hydraulická vodivost (m s^{-1}).

Nasycenou hydraulickou vodivost K je možno stanovit některou z metod (polní nebo laboratorní metody), uváděných v publikacích pedologie, nebo hydropedologie (např. Kutílek a kol., 1994).

Takto stanovená doba je skutečně orientační, protože výpočet nezahrnuje úroveň hladiny podzemní vody pod úrovní terénu, nasycení půdy z předchozích srážek a nelze odhadnout, kdy přijde následující srážka. Stejně tak nepopisuje geometrii příčného profilu příkopu či průlehu. Pro praktické dimenzování však i tato zjednodušená aproximace postačuje.

Následující tabulka udává potřebnou dobu infiltrace vody do půdního profilu pro jednotnou hloubku vody 0,6 m a různé hodnoty hydraulické vodivosti K .

Tab. 5: Potřebná doba infiltrace vody do půdního profilu při hloubce vody 0,6 m

Součinitel K (m s^{-1})	$1 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-3}$
Doba infiltrace (hod)	166,7	16,7	1,7	0,2

Z této tabulky vyplývá, že reálné použití vsakovacích příkopů je pro půdy s nasycenou hydraulickou vodivostí $K > 1 \cdot 10^{-4} \text{ m s}^{-1}$.

Z důvodu ochrany vsakovacích příkopů před zanášením půdními částicemi je vhodné navrhnout nad vsakovacím příkopem pás trvalého travního porostu šířky minimálně 5 m. Tento pás by měl být pravidelně sečen, aby tvořil přirozený zachytňový prostor.

Výpočet neřeší otázku příchodu opakované srážky.

4.1.3 Vyústění příkopu

Zachytňové a sběrné odváděcí příkopy musí být vždy vyústěny do příkopu svodného, nejbližšího recipientu nebo vodní nádrže. V žádném případě není možno ukončit odtok vody na hranici intravilánu bez řešení průchodu vody obytnou zástavbou.

Zaústění odváděcích příkopů do silničních příkopů je nutno předem projednat se správcem silnice (Správa a údržba silnic nebo Ředitelství silnic a dálnic), vyjádření správců silnic je z tohoto pohledu zpravidla negativní. Zaústění odváděcích příkopů do dešťové kanalizace příslušné obce je možné pouze za předpokladu, že kapacita dešťové kanalizace je dostatečná pro provedení odtoku vody z návrhové srážky potrubím o volné hladině. Vyloučené je zaústění odtoku vody z odváděcích příkopů do systému jednotné kanalizace (nežádoucí ředění splaškových vod). Stejně tak nelze

vodu odvést a vyústit do neopevněné a k tomu účelu výpočtem neposouzené údolnice, či do lesa.

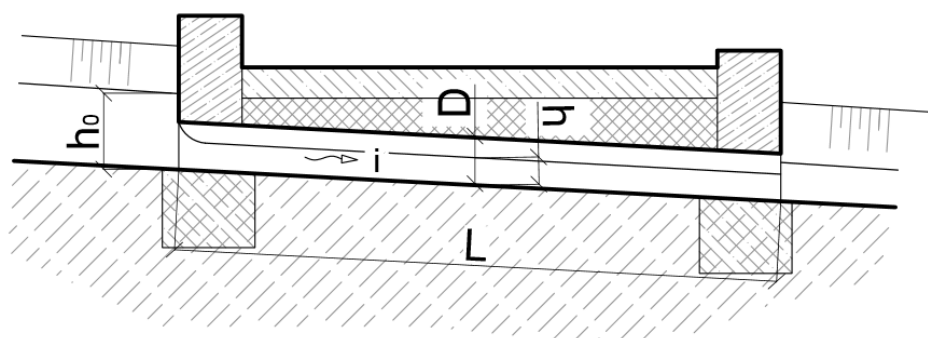
4.1.4 Objekty na příkopu

Vzhledem k tomu, že příkopy znemožňují přejezd zemědělské techniky, je nutno navrhnout určitý počet hospodářských přejezdů (trubní propustek). Počet a umístění propustků je závislé na členitosti pozemků a na možné dohodě farmářů, že je možný případný pojezd po pozemku souseda na vlastní pozemek. Optimální je řešení většího území v rámci plánu společných zařízení komplexní pozemkové úpravy.

Trubní propustky se navrhují tak, aby provedly pokud možno návrhový průtok beztlakově, s volným vtokem a bez vzdutí dolní vodou.

Nejprve je nutné určit kritické hodnoty potrubí. Tyto hodnoty je možno pro kruhový profil propustku (který je nejvíce používán) stanovit z Tab. 6, která uvádí poměrné hodnoty všech potřebných veličin (Bém, Jičínský, 1982).

Schéma návrhu propustku na protierozním příkopu je uvedeno na obrázku Obr. 17.



Obr. 17: Schéma propustku na protierozním příkopu – průtok vody s vzdutou hladinou nad propustkem

Tab. 6: Poměrné hodnoty veličin nutných pro výpočet kritických hodnot potrubí

h_{kr}/r	0,05	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90
S/r^2	0,0209	0,0587	0,1635	0,2955	0,4473	0,6142	0,7927	0,980	1,173	1,371
O/r	0,635	0,902	1,287	1,591	1,845	2,094	2,319	2,532	2,739	2,941
R/r	0,0329	0,065	0,127	0,186	0,241	0,293	0,342	0,387	0,428	0,466
B/r	0,616	0,872	1,209	1,428	1,600	1,732	1,833	1,907	1,960	1,990
$Q_{kr}/d^{2,5}$	0,0021	0,0087	0,0337	0,0737	0,132	0,202	0,290	0,389	0,504	0,629
$lkr \cdot d^{1/3} \cdot n^{-2}$	39,78	31,88	26,27	24,22	22,96	22,41	22,42	22,58	22,97	23,55

h_{kr}/r	1,00	1,10	1,20	1,30	1,40	1,50	1,60	1,70	1,80	1,90
S/r^2	1,571	1,770	1,968	2,162	2,349	2,527	2,694	2,846	2,978	3,083
O/r	3,142	3,342	3,544	3,751	3,964	4,189	4,429	4,692	4,996	5,174
R/r	0,500	0,530	0,555	0,576	0,592	0,603	0,608	0,606	0,596	0,573
B/r	2,000	1,990	1,960	1,907	1,833	1,732	1,600	1,428	1,209	0,872
$Q_{kr}/d^{2,5}$	0,771	0,926	1,090	1,277	1,470	1,692	1,934	2,226	2,589	3,208
$lkr \cdot d^{1/3} \cdot n^{-2}$	24,46	25,66	27,25	29,30	31,85	35,50	40,38	48,04	60,75	91,57

kde h_{kr} je kritická hloubka (m),
 S – průtočná plocha při hloubce h_{kr} (m²),
 O – omočený obvod (m),
 R – hydraulický poloměr (m),
 r – poloměr potrubí (m)
 d – průměr potrubí (m)
 B – šířka v hladině pro hloubku h_{kr} (m),
 v_{kr} – kritická rychlost (m s⁻¹), $v_{kr}=Q_{kr}/S_{kr}$
 Q_{kr} – kritický průtok (m³ s⁻¹),
 I_{kr} – kritický sklon pro daný průtok (–),
 h_o – hloubka vody před vtokem do potrubí (m), (viz rovnice rov. 5)

Pro obdélníkový profil se stanoví kritické hodnoty ze vztahů

$Q_{kr} = S_{kr} \cdot v_{kr}$ (m³ s⁻¹) – kritický průtok
 $S_{kr} = b \cdot h_{kr}$ (m²) – průtočná plocha
 $O_{kr} = b + h_{kr} + h_{kr}$ (m) – omočený obvod
 $B_{kr} = b$ (m) – šířka v hladině
 $h_{krs} = S_{kr}/B_{kr}$ (m) – střední hloubka
 $v_{kr} = (g \cdot h_{kr})^{0,5}$ (m s⁻¹) – kritická rychlost
 $I_{kr} = n^2 \cdot v_{kr}^2/R_{kr}$ (–) – kritický sklon dna
 $R_{kr} = S_{kr}/O_{kr}$ (m) – hydraulický poloměr
 n = Manningův drsnostní součinitel – pro beton $n = 0,017$ – $0,020$

Hloubka vody před vtokem do propustku h_o je ovlivněna místní ztrátou na vtoku a závisí na tvaru vtoku a rychlostní výšce – vyjádřeno součinitelem tvaru vtoku φ . Nejběžnější způsob přechodu příkopu na trubní (i obdélníkový) propustek je svislým čelem propustku. Pro tento případ je možno volit součinitel tvaru vtoku o hodnotě $\varphi = 0,80$ až $0,84$ a tomu odpovídající součinitel $\beta = 1,20$ až $1,16$ (viz rovnice).

$$h_o = \frac{1}{\varphi} \cdot \left(h_{kr} + \frac{v_{kr}^2}{2g} \right)$$

kde φ = součinitel tvaru vtoku,
 h_{kr} – hloubka vody v potrubí (m),
 v_{kr} – průtočná rychlost (m s⁻¹) při hloubce h .

Pokud je skutečný sklon dna potrubí větší než vypočtený kritický sklon (proudění nadkritické), platí pro dimenzování potrubí kritické hodnoty potrubí. Pokud je skutečný sklon dna potrubí (nebo např. obdélníkového profilu – rámy Beneš) menší než kritický sklon (proudění podkritické), určí se konsumční křivka potrubí propustku z rovnice ve tvaru

$$Q = 0,62 \cdot S_p \cdot \varphi \cdot (2g)^{0,5} \cdot (h_o - \varepsilon \cdot h_p)^{0,5} \text{ (m}^3 \cdot \text{s}^{-1}\text{)}$$

kde S_p je průtočná plocha propustku při hloubce odpovídající průměru potrubí nebo výšce propustku (m^2),
 h_o – hloubka vody před propustkem se započtením vlivu přítokové rychlosti (m),
 h_p – průměr (výška) propustku (m),
 φ = součinitel tvaru vtoku,
 ε – součinitel – pro obdélníkový profil $\varepsilon = 0,62$, pro kruhový profil $\varepsilon = 0,60$.

Beztlakové proudění v odpadním potrubí bez zahlcení vtoku platí do hloubky vody před vtokem menší než $\beta \cdot D$, kde D je průměr potrubí (m) a β je převrácená hodnota součinitele tvaru vtoku φ

$$\beta = \frac{1}{\varphi}$$

Při vyšší úrovni hladiny vody před propustkem by docházelo k tlakovému proudění, což by nemělo u propustků na odváděcích příkopech nastat.

V této části jsou uvedeny čtyři příklady výpočtu propustků (hospodářských přejezdů) na záchytných odváděcích příkopech, a to:

- propustek tvořený kruhovým potrubím:
 - sklon dna propustku podkritický (říční),
 - sklon dna propustku nadkritický (bystřinný),
- propustek tvořený obdélníkovým nebo čtvercovým průřezem:
 - sklon dna propustku podkritický (říční),
 - sklon dna propustku nadkritický (bystřinný).

Kruhový profil propustku – podkritický sklon dna propustku

Propustek je tvořen betonovým potrubím DN 800, délka propustku 5,0 m, sklon dna propustku 0,5 %, součinitel drsnosti $n = 0,017$, součinitel tvaru vtoku $\varphi = 0,84$.

Tab. 7: Kritické hodnoty potrubí – propustku

$h_{kr} \text{ (m)}$	$v_{kr} \text{ (m s}^{-1}\text{)}$	$Q_{kr} \text{ (m}^3 \text{ s}^{-1}\text{)}$	$l_{kr} \text{ (-)}$	$h_o \text{ (m)}$
0,08	0,019	0,737	0,0082	0,128
0,16	0,076	1,056	0,0071	0,258
0,24	0,166	1,309	0,0070	0,390
0,32	0,289	1,537	0,0072	0,524
0,4	0,441	1,756	0,0076	0,663
0,48	0,624	1,982	0,0085	0,810

Vzhledem k tomu, že pro všechny hloubky (průtoky) je kritický sklon větší než skutečný sklon dna propustku ($l_{kr} > 0,5 \%$), jedná se o proudění podkritické (říční).

Průtok propustkem je dán vztahem rov. 6:

$$Q = 0,62 \cdot S_p \cdot \varphi \cdot (2g)^{0,5} \cdot (h_0 - \varepsilon \cdot h_p)^{0,5} = 1,158 \cdot (h_0 - 0,48)^{0,5} \text{ (m}^3 \cdot \text{s}^{-1}\text{)}$$

kde S_p je průtočná plocha propustku při hloubce odpovídající průměru potrubí propustku (m^2), $S_p = 3,14 \cdot 0,8^2/4 = 0,502 \text{ m}^2$,
 h_0 – hloubka vody před propustkem se započtením vlivu přítokové rychlosti (m),
 $h_0 = 1/\varphi \cdot (h + v^2/2g)$ (m),
 h_p – průměr propustku (m), $h_p = 0,6 \text{ m}$,
 φ – součinitel tvaru vtoku, $\varphi = 0,84$,
 ε – součinitel, pro kruhový profil $\varepsilon = 0,60$.

Maximální průtok propustkem při beztlakovém proudění a volným vtokem nastává při hloubce vody před propustkem $h_0 = \beta \cdot h_p = 1,19 \cdot 0,8 = 0,944 \text{ m}$. Podle výše uvedené rovnice je tedy maximální průtok trubním propustkem DN 800 roven

$$Q = 1,158 \cdot (0,944 - 0,48)^{0,5} = 0,79 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

Kruhový profil propustku – nadkritický sklon dna propustku

Propustek je tvořen betonovým potrubím DN 800, délka propustku 5,0 m, sklon dna propustku 1,5 %, součinitel drsnosti $n = 0,017$, součinitel tvaru vtoku $\varphi = 0,84$.

Kritické hodnoty potrubí zůstávají stejné jako v přecházejícím příkladu.

Tab. 8: Kritické hodnoty potrubí - propustku

$h_{kr} \text{ (m)}$	$v_{kr} \text{ (m s}^{-1}\text{)}$	$Q_{kr} \text{ (m}^3 \text{ s}^{-1}\text{)}$	$l_{kr} \text{ (-)}$	$h_o \text{ (m)}$
0,08	0,019	0,737	0,0082	0,128
0,16	0,076	1,056	0,0071	0,258
0,24	0,166	1,309	0,0070	0,390
0,32	0,289	1,537	0,0072	0,524
0,40	0,441	1,756	0,0076	0,663
0,48	0,624	1,982	0,0085	0,810

Vzhledem k tomu, že pro všechny hloubky (průtoky) je kritický sklon menší než skutečný sklon dna propustku ($l_{kr} < 1,5 \%$), jedná se o proudění nadkritické (bystřinné).

Konsumční křivka propustku je tedy dána kritickými hodnotami, tj. závislostí $h_o = f(Q_{kr})$ z Tab. 8.

Obdélníkový (čtvercový) profil propustku – podkritický sklon dna propustku

Propustek je tvořen betonovým profilem 800 x 600 mm, délka propustku 5,0 m, sklon dna propustku 0,5 %, součinitel drsnosti $n = 0,017$, součinitel tvaru vtoku $\varphi = 0,84$.

Tab. 9: Kritické hodnoty potrubí: betonový propustek 800 x 600 mm délky 5 m, sklon dna 0,5%, $n = 0,017$, $\varphi = 0,84$

$h_{kr} \text{ (m)}$	$v_{kr} \text{ (m s}^{-1}\text{)}$	$Q_{kr} \text{ (m}^3 \text{ s}^{-1}\text{)}$	$I_{kr} \text{ (‰)}$	$h_o \text{ (m)}$
0,06	0,009	0,639	0,0090	0,096
0,12	0,037	0,914	0,0079	0,194
0,18	0,081	1,134	0,0077	0,292
0,24	0,141	1,331	0,0079	0,393
0,30	0,215	1,521	0,0084	0,497
0,36	0,304	1,716	0,0093	0,607

Vzhledem k tomu, že pro všechny hloubky (průtoky) je kritický sklon větší než skutečný sklon dna propustku ($I_{kr} > 0,5 \text{ ‰}$), jedná se o proudění podkritické (říční).

Průtok propustkem je dán rovnicí 6:

$$Q = 0,62 \cdot S_p \cdot \varphi \cdot (2g)^{0,5} \cdot (h_o - \varepsilon \cdot h_p)^{0,5} = 0,970 \cdot (h_o - 0,37)^{0,5} \text{ (m}^3 \cdot \text{s}^{-1}\text{)}$$

kde S_p je průtočná plocha propustku při hloubce odpovídající výšce propustku (m^2),
 $S_p = 0,8 \cdot 0,6 = 0,42 \text{ m}^2$,
 h_o – hloubka vody před propustkem se započtením vlivu přítokové rychlosti (m),
 $h_o = 1/\varphi \cdot (h + v^2/2g)$ (m),
 h_p – výška propustku (m), $h_p = 0,6 \text{ m}$,
 φ – součinitel tvaru vtoku, $\varphi = 0,84$,
 ε – součinitel, pro obdélníkový profil $\varepsilon = 0,62$.

Maximální průtok propustkem při beztlakovém proudění a volným vtokem nastává při hloubce vody před propustkem $h_o = \beta \cdot h_p = 1,19 \cdot 0,6 = 0,714 \text{ m}$. Podle výše uvedené rovnice je tedy maximální průtok propustkem 800 x 600 mm roven

$$Q = 0,970 \cdot (0,714 - 0,37)^{0,5} = 0,57 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

Obdélníkový (čtvercový) profil propustku – nadkritický sklon dna propustku

Propustek je tvořen betonovým profilem 800 x 600 mm, délka propustku 5,0 m, sklon dna propustku 1,5 ‰, součinitel drsnosti $n = 0,017$, součinitel tvaru vtoku $\varphi = 0,84$.

Kritické hodnoty potrubí zůstávají stejné jako v přecházejícím příkladu – viz Tab. 9

Vzhledem k tomu, že pro všechny hloubky (průtoky) je kritický sklon menší než skutečný sklon dna propustku ($I_{kr} < 1,5 \text{ ‰}$), jedná se o proudění nadkritické (bystřinné).

Konsumční křivka propustku je tedy dána kritickými hodnotami, tj. závislostí $h_o = f(Q_{kr})$ z Tab. 9.

Dalším typem objektu na příkopu může být zařazení **spádového objektu** v případě nutnosti překonání většího výškového rozdílu. Vhodné jsou jednoduché balvanité skluzy nebo stupně. Při jejich navrhování, dimenzování a stabilizaci odkazujeme na standardní literaturu např. Bém a Jičínský (1982) nebo Mareš (1993).

Jednoduchým a přitom efektivním řešením může být vybudování zdrsněného skluzu ze žlabovek přesazovaných stupňovitě přes sebe. Výhodou je větší turbulence toku vody, a tím i nižší rychlosti.

4.1.5 Příklad

V následující kapitole je uveden příklad protierozní ochrany zemědělského pozemku návrhem protierozního příkopu, k jehož dimenzování byl využit matematický model SMODERP, a na něj navazujících objektů. Na příkladu je také popsán postup při navrhování prvků, který lze rozdělit do těchto základních kroků:

- získání vstupních dat,
- zjištění erozní ohroženosti řešeného pozemku,
- umístění technických protierozních opatření (záchytných a svodných prvků protierozní ochrany),
- dimenzování rozměrů opatření,
- dimenzování objektů (propustků, hospodářských přejezdů).

4.1.5.1 Zjištění a zpracování vstupních dat

Vstupní data pro model SMODERP tvoří:

- morfologie území či pozemku (návrh charakteristických profilů pro model SMODERP nebo pro stanovení LS faktoru pro metodu USLE),
- půdní charakteristiky (určení fyzikálních vlastností pro modely SMODERP a EROSION 3D, určení K faktoru pro metodu USLE),
- vegetace a osevní postupy (Potenciální plocha listová (PPL), Potenciální intercepce (PI) a Manningův součinitel drsnosti pro plošný povrchový odtok (N) pro model SMODERP a pro určení ochranného faktoru vegetace C pro metodu USLE),
- informace o srážce (určení stupně ochrany a volba návrhové srážky pro epizodní modely SMODERP a EROSION 3D, určení R faktoru pro metodu USLE).

Použité podklady a jejich zpracování:

Digitální model terénu – Geodis 10 x 10 m pro stanovení charakteristických profilů. Umístění zvoleného charakteristického profilu je znázorněno na obrázku Obr. , tabulkově je podélný profil svahu č. 8 charakterizován v tabulce Tab. 11. Metody určování charakteristických profilů jsou uvedeny v navazující metodice Využití dat a nástrojů GIS a simulačních modelů k navrhování TPEO (Dostál a kol., 2013).

Půdní charakteristiky byly stanoveny na základě map půdních druhů KPP 1 : 50 000 a ověřeny v terénu odebranými vzorky. Pro návrhový výpočet byly zvoleny manuálové hodnoty modelu SMODERP pro hlinitopísčité půdy.

Návrhová srážka byla zvolena pro nejbližší stanici. Vzhledem k tomu, že povrchovou vodou může být okrajově ohrožena i nevýznamná obec, je doba opakování modelově zvolena 10 let. Byla použita čtyřicetihodinová srážka (Šamaj a kol., 1983) redukovaná metodou podle Hrádka a Kováře (1994) případně nástrojem DES_RAIN (Vaššová, Kovář, 2011) na déšť o délce trvání 120 minut. Časový průběh srážky byl konstruován rozdělením 120 minutových úhrnů v poměru hodnot udávaných Truplem (1958). Detailnější popis stanovení návrhových srážek je popsán v navazující metodice Využití dat a nástrojů GIS a simulačních modelů k navrhování TPEO (Dostál a kol., 2013).

Odvozené charakteristiky návrhové srážky použité pro popisovaný výpočet uvádí následující tabulka Tab. 10.

Tab. 10: Srážkové úhrny doby opakování 2, 5, 10, 20, 50 a 100 let pro zájmové území

<i>T</i> (min)	<i>H</i> ₂ (mm)	<i>H</i> ₅ (mm)	<i>H</i> ₁₀ (mm)	<i>H</i> ₂₀ (mm)	<i>H</i> ₅₀ (mm)	<i>H</i> ₁₀₀ (mm)
5	8,79	12,63	16,78	20,26	25,75	29,88
10	11,93	17,54	23,10	28,37	36,07	41,85
15	13,60	20,07	26,70	33,21	42,21	48,98
20	14,91	22,12	29,54	36,45	46,33	53,75
30	16,57	24,57	32,95	41,00	52,12	60,47
40	17,82	26,54	35,75	44,12	56,08	65,07
60	19,49	29,24	39,54	49,40	62,79	72,85
90	21,25	31,88	43,08	53,88	68,49	79,46
120	22,21	33,50	45,44	57,16	72,66	84,31

Poznámka: *T* je doba od počátku srážky

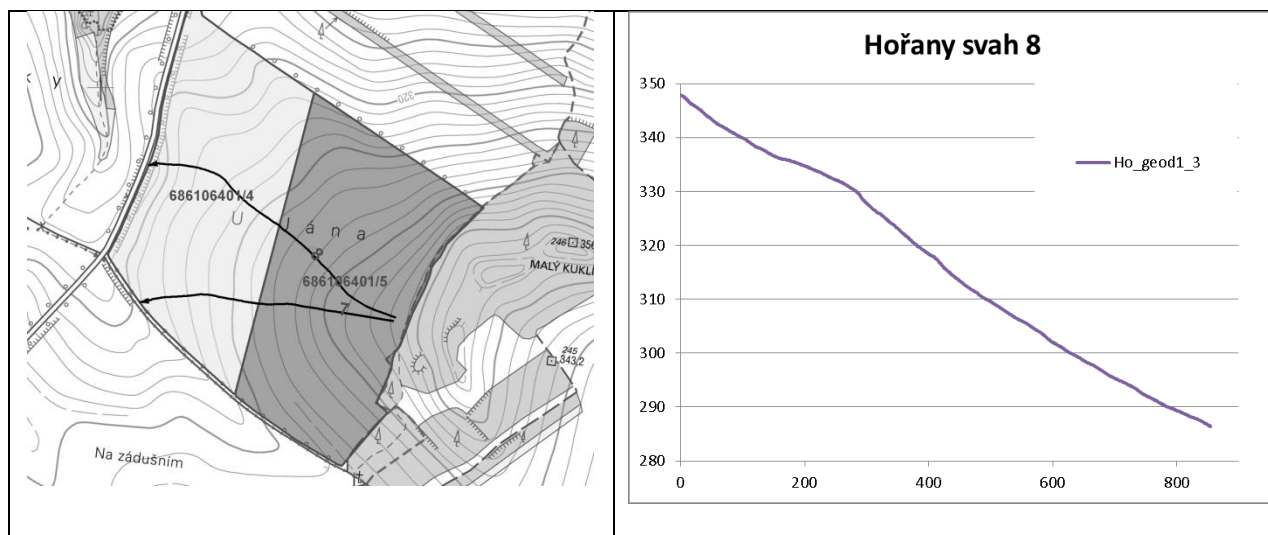
H_x - srážkový úhrn od počátku srážky (doba opakování *X* let)

Vzhledem k tomu, že se jedná o návrhový stav, byla jako vegetační kryt uvažována kukuřice (erozně náchylná plodina).

4.1.5.2 Zjištění erozní ohroženosti a určení umístění sběrných prvků

Zjištění erozní ohroženosti pozemků pomocí metody USLE je standardním postupem a je dostatečně popsáno v kapitole 2.1 této metodiky s odkazy na příslušné rozvíjející publikace a platnou legislativu. V následujících odstavcích je uveden příklad zjištění erozní ohroženosti s využitím modelu SMODERP.

Pro stanovení erozní ohroženosti byl použit model SMODERP 2013_1 dostupný na stránkách storm.fsv.cvut.cz/smoderp/. Po zadání profilu a návrhové srážky do modelu (detailněji popsáno v manuálu k modelu) je spuštěn výpočet „přerušení odtoku“.



Obr. 18: Umístění charakteristického profilu a podélný řez získaný pomocí nástroje Flow path tracking v prostředí ArcGIS

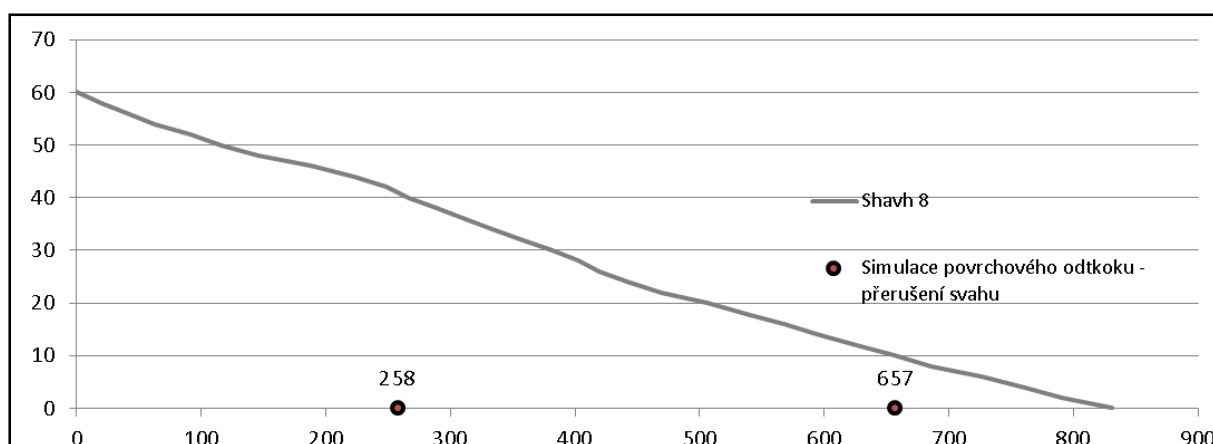
Tab. 11: Profil č. 8 – podélný profil pozemku (odlehlost vrstevnic 2 m), celková délka svahu 873 m

Nadmořská výška	Vodorovná vzdálenost [m]	Nadmořská výška	Vodorovná vzdálenost [m]
348	20	318	21
346	20	316	17
344	23	314	22
342	28	312	28
340	25	310	36
338	30	308	32
336	42	306	30
334	35	304	26
332	26	302	32
330	18	300	31
328	22	298	29
326	23	296	40
324	22	294	35
322	22	292	30
320	26	290	40

Výsledkem modelu pak jsou maximální nepřerušené délky svahu. Zároveň jsou vypočteny základní odtokové charakteristiky nutné pro dimenzování záchytných odváděcích příkopů. Výsledkem modelu je pak soubor *.xls. Základní výsledky jsou uvedeny v Tab. 12.

Tab. 12: Přehledná tabulka základních výstupů simulačního modelu SMODERP pro vzorový charakteristický profil

Charakteristický profil					
Oblast	Vzorová oblast				
Svah	Profil č. 8				
Šířka svahu	520	[m]	Typ svahu	Jednoduchý	
Srážková stanice	Česká Republika / Návrhová srážka / 5 let				
	Vzdálenost přerušení od počátku	Vzdálenost přerušení dílčí	Maximální výška hladiny	Max. průtok	celkový odtok
	[m]	[m]	[mm]	[l.s ⁻¹)	(l)
	258	258	4.0	241	2 011 691
	657	399	4.7	242	2 682 180



Obr. 19: Grafické znázornění umístění přerušení na profilu

Z Tab. 12 vyplývá, že svah (Profil č. 8 – celková délka 873 m) je erozně ohrožen (viz Obr. 19 – ukázka výstupu modelu SMODERP). Výpočtem pomocí modelu SMODERP je navrženo přerušení ve vzdálenosti 258 m a 657 m od počátku svahu. Návrhové průtoky pro dimenzování příkopu nebo průlehu jsou vypočteny v místě prvního přerušení 241 l s⁻¹, resp. 242 l s⁻¹ v místě druhého přerušení.

4.1.5.3 Návrh příčného a podélného profilu příkopu

V případě odváděcího příkopu je zvolen lichoběžníkového profilu s návrhovým podélným sklonem 0,5 %. Další rozměry odváděcího příkopu budou stanoveny výpočtem.

Pro výpočet rozměrů záchytného odváděcího příkopu dle rovnice je uvažován příkop jako zatravněný, bez opevnění, součinitel drsnosti $n = 0,025$. Po dosazení do rovnice $Q = S \cdot 1/n \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}$ jsou voleny následující rozměry záchytného odváděcího příkopu (lichoběžníkový profil):

Šířka ve dně	0,3 m
Sklon břehů	1 : 1,5
Součinitel drsnosti n	0,025
Podélný sklon dna příkopu	0,5 ‰

Při uvažované hloubce příkopu 0,4 m je kapacitní průtok záchytným odváděcím příkopem s využitím rovnice 1 (viz kapitola 4.1.2.2) roven $Q = 0,356 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (návrhový průtok je $Q = 0,241 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$) při rychlosti $v = 0,792 \text{ m s}^{-1}$. Příkop může být vzhledem k průtočné rychlosti opevněn zatravněním.

Pozn.: Podle stejných zásad by byl navržen i případný průleh, při dodržení zásad pro navrhování příkopů (viz kap. 4.2.2).

Zásady pro návrh objektů na záchytných odváděcích příkopech či průlehu jsou uvedeny (včetně příkladu) v kap. 4.1.4.

4.2 Průleh

Protierozní odváděcí či vsakovací průleh je obdobou příkopu s tím rozdílem, že umožňuje přejezd zemědělské techniky bez budování propustků či hospodářských přejezdů. Přejezd zemědělské techniky umožňují průlehy se sklony svahů 1 : 5 až 1 : 10. Při povlnnějších sklonech svahů narůstá šířka zabraného pásu, při strmějších sklonech jsou problémy s přejezdem techniky. V místech častějších přejezdů zemědělské techniky je vhodné opevnit svahy průlehu polovegetačními tvárnicemi alespoň na délku 4,0 m, aby nedocházelo k poškozování průlehu v období, kdy je zemina nasycena vodou.

Pro průleh tedy zůstávají v platnosti všechny zásady a výpočtové rovnice, jako byly uvedeny v kap. 4.1, tj. zásady pro stanovení polohy průlehu a jeho trasy, pro výpočet charakteristik povrchového odtoku (kulminační průtok nebo objem odtoku z návrhové srážky), dimenzování průlehů, jejich stabilizace a vyústění průlehu do recipientu vyššího řádu. U průlehů odpadá návrh objektů (propustky).

Při dimenzování průlehů je možno použít rovnice 1, 2 a 3 s tím, že za hodnotu b (šířka dna) je nutno dosadit skutečnou hodnotu šířky dna. V případě trojúhelníkového příčného profilu je šířka ve dně $b = 0 \text{ m}$, ostatní výpočet je identický s výpočtem příkopu. Opevnění průlehů se provádí trvanlivějším způsobem pouze v patách svahů (pokud je vůbec třeba), výše se průlehy zásadně opevňují osetím. Významné u průlehů je dodržení pásu trvalých travních porostů nad průlehem jednak pro ochranu průlehů před zanášením půdními částicemi, jednak je tento pás možno použít jako dopravní pás pro přesun zemědělských strojů. Základní typy příčného profilu protierozních průlehů včetně opevnění uvádí Obr. 20 – Obr. 22.

Jako příklad je uvedena Tab. 13, která uvádí kapacitní průtok průlehu trojúhelníkového profilu při jednotné hloubce průlehu od 0,1 do 0,6 m, sklonech svahů 1 : 8 a sklonu dna 0,5 %, 1,0 %, 1,5 % a 2,0 %, součinitel drsnosti $n = 0,025$.

Tab. 13: Kapacitní průtok průlehem při různých sklonech dna a rozměrech příčného profilu

Hloubka vody (m)	Sklon dna (%)	0,5	1,0	1,5	2,0
0,20	Kapacitní průtok ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$)	0,194	0,274	0,336	0,388
	Rychlost (m s^{-1})	0,61	0,86	1,05	1,21
	Způsob opevnění	zatrav.	zatrav.	zatrav.	zatrav.
0,40	Kapacitní průtok ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$)	1,232	1,742	2,133	2,464
	Rychlost (m s^{-1})	0,96	1,36	1,67	1,92
	Způsob opevnění	zatrav.	zatrav.	zatrav.	zatrav.
0,60	Kapacitní průtok ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$)	3,632	5,136	6,290	7,263
	Rychlost (m s^{-1})	1,26	1,78	2,18	2,52
	Způsob opevnění	zatrav.	zatrav.	poloveg.	poloveg.

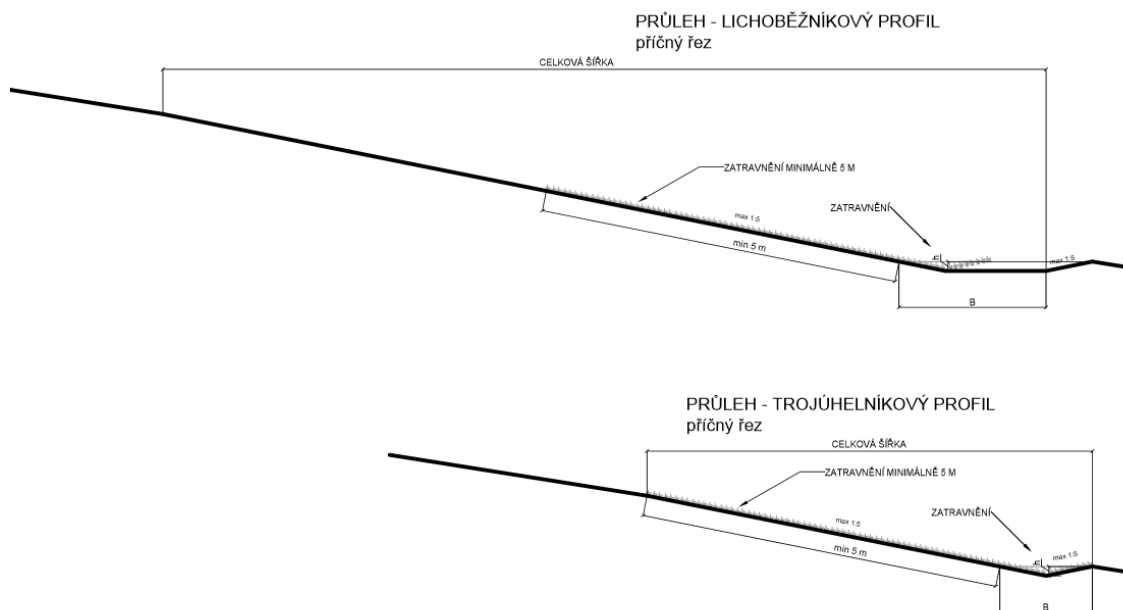
Následující tabulka (Tab. 14) uvádí šířku průlehu B v břehových hranách (za předpokladu stejné výšky na pravém i levém břehu) pro sklony svahů 1 : 5, 1 : 6, 1 : 7 a 1 : 8 při uvažování trojúhelníkového příčného profilu a hloubky průlehu $h = 0,6 \text{ m}$, $0,8 \text{ m}$, $1,0 \text{ m}$ a $1,2 \text{ m}$.

Tab. 14: Příklad vztahu mezi šířkou průlehu v břehových hranách a tvarem jeho příčného profilu

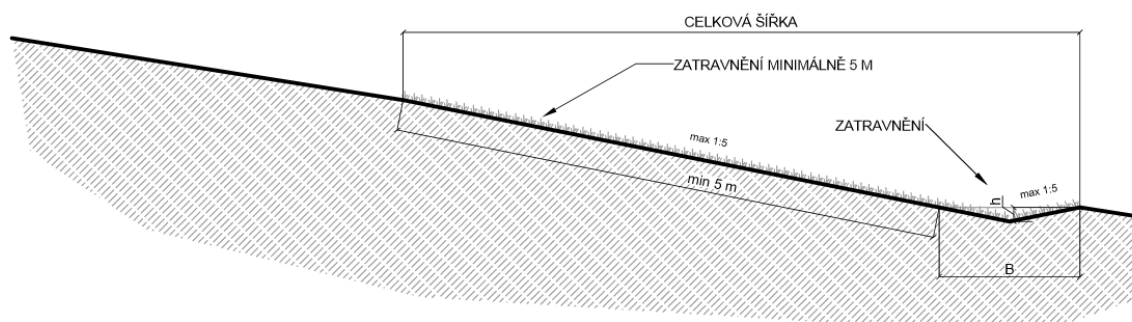
Šířka příkopu v břehových hranách B (m) ^{*)} při šířce dna $b = 0 \text{ m}$				
Sklon svahů	Hloubka příkopu h (m)			
	0,6	0,8	1,0	1,2
1 : 5	6,00	8,00	10,00	12,00
1 : 6	7,20	9,60	12,00	14,40
1 : 7	8,40	11,20	14,00	16,80
1 : 8	9,60	12,80	16,00	19,20
1 : 10	12,40	16,00	20,00	24,00

^{*)} Navíc je třeba připočítat šířku pásu trvalého travního porostu (min. 5,0 m)

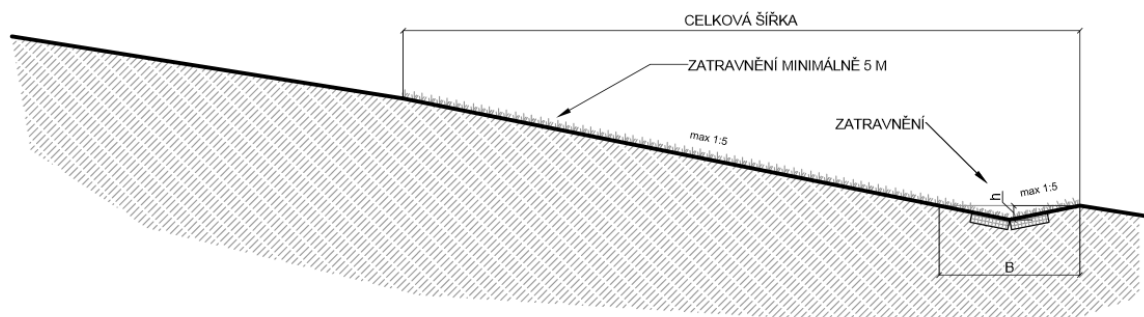
Porovnání kapacity příkopu (viz kap. 4.1) s kapacitou průlehu ukazuje výrazně vyšší kapacitu průlehu. Průměrné rychlosti jsou nižší, takže průleh postačí ve většině případů pouze zatravnit. Případné opevnění paty svahů např. polovegetačními tvárnicemi umožňuje lepší čištění průlehů od nánosů půdních částic.



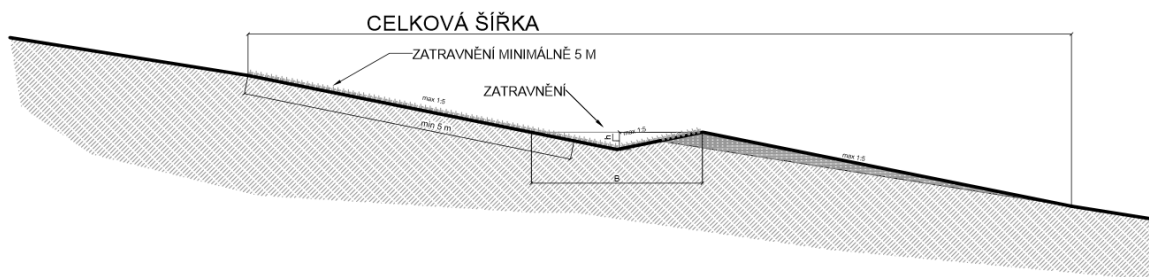
Obr. 20: Vzorový příčný profil průlehu trojúhelníkový a lichoběžníkový



PRŮLEH - TROJÚHELNÍKOVÝ PROFIL, OPEVNĚNÍ POLOVEGETAČNÍMI
TVÁRNICEMI
příčný řez



Obr. 21: Vzorový řez průlehem podle způsobu opevnění



Obr. 22: Variantní uspořádání průlehu s možností hrázky (využití výkopku na místě)

4.2.1 Stanovení polohy průlehu a jeho trasy

Pro stanovení polohy průlehu platí shodné zásady, jako u stanovení trasy protierozního příkopu – viz kapitola 4.1.1.

4.2.2 Dimenzování průlehu

Pro dimenzování protierozního průlehu platí shodné zásady jako pro dimenzování protierozního příkopu – viz kapitola 4.1.2. Odlišný je příčný profil, který je u průlehu trojúhelníkový nebo lichoběžníkový se sklonem svahů 1 : 5 až 1 : 10.

4.2.2.1 Výpočet charakteristik povrchového odtoku – přítok do průlehu

Pro výpočet charakteristik povrchového odtoku jako podkladu pro dimenzování je možno odkázat na kapitolu 4.1.2.1 týkající se protierozních příkopů.

4.2.2.2 Kapacita

Pro výpočet a návrh kapacity je možno využít shodný postup, metody a hodnoty, popsané v kapitole 4.1.2.2, týkající se návrhu kapacity protierozního příkopu. Je třeba respektovat odlišné geometrické charakteristiky příčného profilu.

4.2.2.3 Stabilizace

Ke stabilizaci průlehů se používá v převážné většině případů trvalého drnu, v případě potřeby lze sáhnout k tvrdším způsobům, jako jsou polovegetační tvárnice, betonové desky, nebo kombinace výše zmíněných způsobů. V zahraniční literatuře někdy uváděné obdělávatelné průlehy nejsou pro naše podmínky doporučovány. V místech změny sklonu, směru nebo v pravidelných vzdálenostech cca 50 m je doporučeno navrhovat do dna stabilizační prahy.

4.2.3 Vyústění průlehu

Požadavky na vyústění průlehu jsou totožné s požadavky na vyústění protierozních příkopů. Je možno akceptovat zásady z kapitoly 4.1.3.

4.2.4 Objekty na průlehu

Na průlehu z jeho podstaty není nutno navrhovat hospodářské přejezdy, neboť geometrie příčného profilu by měla zajistit volnou přejezdnou průlehu v libovolném místě zemědělskou technikou. Ve zvláště namáhaných místech je vhodné vybudovat zpevněné přejezdy, aby se zabránilo poškození dna průlehu technikou. Tyto je možno navrhovat z polovegetačních tvárnic.

Stejně jako u příkopu je možno pro zmírnění podélného sklonu zařazovat spádové objekty typu skluz nebo stupeň.

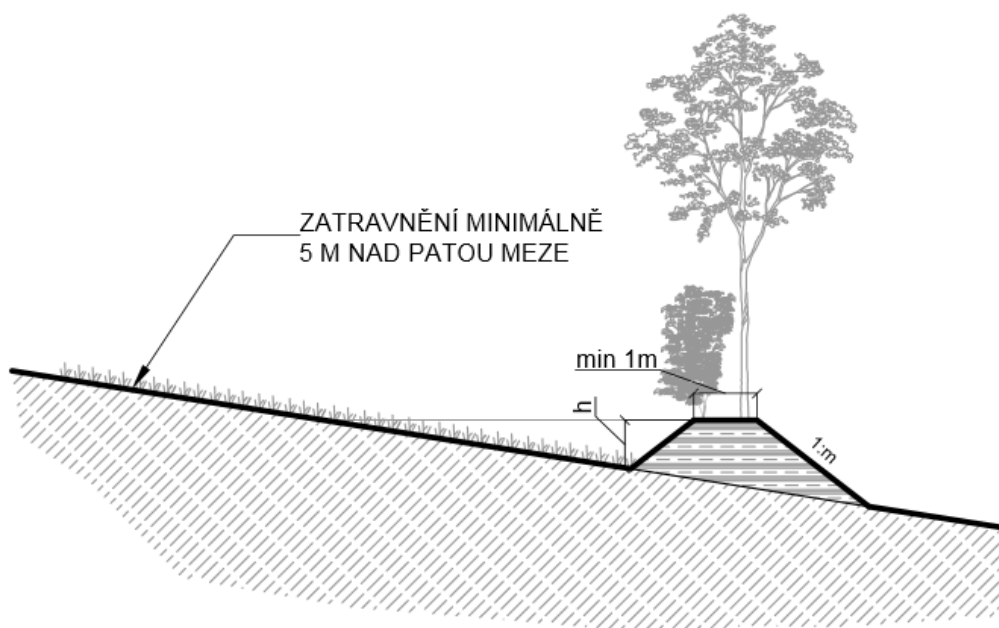
4.2.5 Příklad

Z důvodu úspory místa není příklad návrhu průlehu do Metodiky zařazen, neboť se řídí všemi pravidly pro navrhování a dimenzování příkopů. V případě příkladu návrhu příkopu v kapitole 4.1 by bylo možno alternativně navrhnout i průleh, a to podle zásad uvedených v kapitolách 4.2.2 až 4.2.4.

4.3 Mez

Jak bylo popsáno v kapitole 3.4, mez může být dvou základních typů. Mez historickou, představující v podstatě terénní stupeň, lze jen těžko vytvořit jinak, než tomu bylo v průběhu dlouhé doby jejich vývoje – tedy postupným naoráváním z horní a odoráváním z dolní strany, nebo postupným zanášením prostoru nad hrázkou sedimentem, pocházejícím z pozemku nad mezí. Mez nově budovaná je představována kombinací hrázky a příkopu nebo průlehu. Tu lze navrhovat a realizovat poměrně snadno.

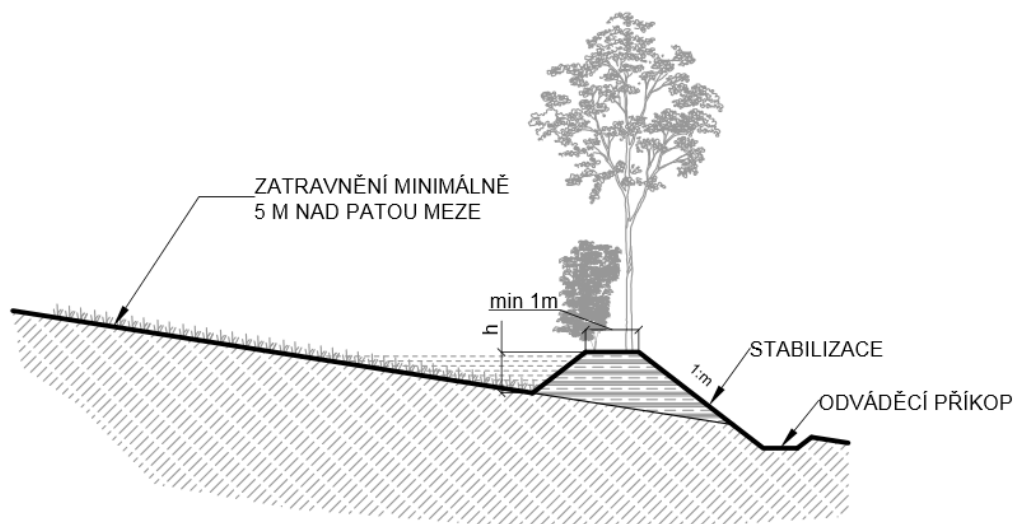
Současnou mez je tedy možno navrhovat několika způsoby, které z technického hlediska ale v podstatě vždy kombinují zásady návrhu prvku retenčního (hrázky) a záchytného/odváděcího (příkopu nebo průlehu). Meze se navrhují v přísně vrstevnicové orientaci s tím, že žádoucí je mírný odklon od vrstevnice tak, aby svodný prvek (příkop, průleh) mohl průběžně odvádět vodu. V tomto případě platí zásady uvedené pro návrh příkopu a průlehu v kapitole 4.1.



Obr. 23: Nejjednodušší uspořádání meze – zemní hrázka se stabilizací, osázená vegetací. Varianta protierozní hrázky

- **Vybudování nízké hrázky s příkopem pod mezí**

Nad hrázkou sedimentují transportované půdní částice a postupně dochází k vyplnění prostoru nad mezí a vytvoření obdoby nízkých teras. Při umístění příkopu pod mezí je optimální výstavba mezí ze skládaného lomového kamene, který je schopen zpomaleně propouštět vodu pod mez a zachycovat pouze větší část nesených půdních částic. Těleso hrázky musí být dostatečně stabilní, aby jeho vzdušná strana odolala přetékající vodě. Tento typ meze je mírně náročnější na prostor, neboť svodný prvek (příkop, průleh) pod mezí bude díky nutnosti překonat v požadovaném sklonu větší spád širší. Pokud bude mez i dno svodného prvku navrženo vodorovné, je třeba při návrhu postupovat obdobně jako u zasakovacího příkopu a průlehu (viz kapitola 4.1.2.4), tj. zabránit přelití břehové hrany a vzniku soustředěného odtoku. V případě takového návrhu se doporučuje nepočítat s retenční kapacitou hrázky meze a dimenzovat na potřebný objem samotný příkop (průleh).

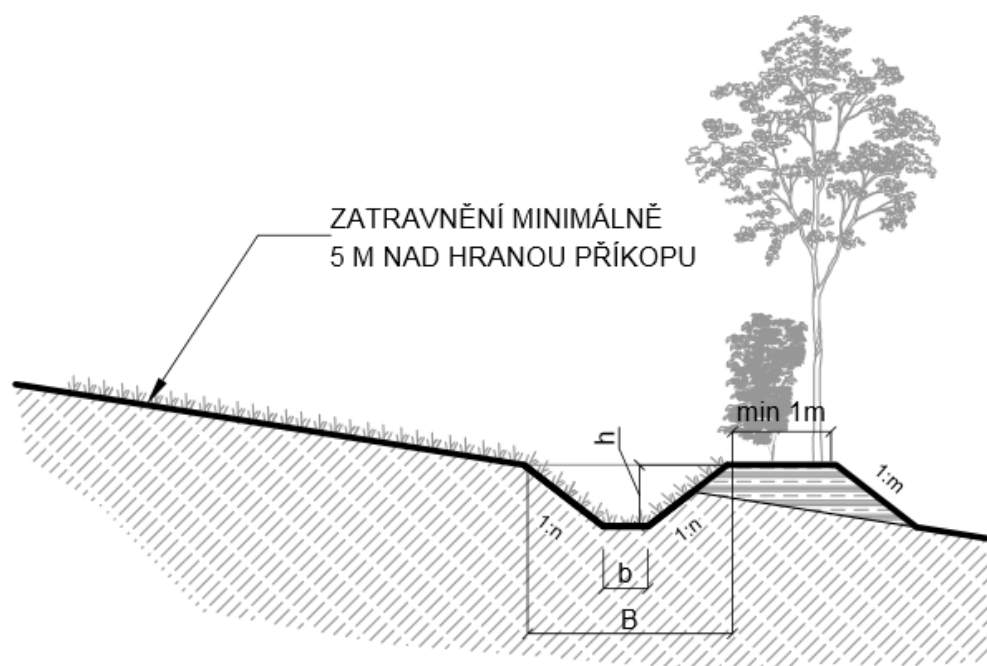


Obr. 24: Uspořádání protierozní meze s příkopem pod hrázkou, stabilizací koruny a vzdušního líce hrázky a prostorem nad hrázkou k ukládání sedimentu

- **Vybudování nízké hrázky s příkopem nad mezí**

Toto uspořádání je logičtější a obvyklejší. Je prostorově úspornější, snazší na provádění a těleso hrázky (meze) zvyšuje kapacitu příkopu/průlehu. Těleso meze je v tomto případě nejčastěji zemní, je možno využít i lomový kámen nebo kamenné snosy. Výška hrázky je doporučena do 0,6 m, sklony svahů 1 : 1,5 až 1 : 3.

Nad příkopem/průlehem je vhodné založit travní pás o šířce minimálně 5 m pro zachycování splavenin před jejich vstupem do svodné sítě a následně do recipientu a ochranu svodných prvků před nadměrným zanášením.



Obr. 25: Klasické uspořádání meze s příkopem nad hrázkou

4.3.1 Dimenzování

Z hlediska dimenzování se doporučuje v obou případech uspořádání postupovat následujícím způsobem:

- Těleso meze není třeba výpočtově dimenzovat. Pro vybudování je vhodná místní zemina, snosy z polí nebo lomový kámen. Návrh musí respektovat funkční uspořádání tak, aby byla zajištěna stabilita tělesa.
- Příkop nebo průleh nad tělesem meze i pod ním se dimenzuje podle funkce jako vsakovací nebo odváděcí podle zásad uvedených v kapitole 4.1. V případě situování příkopu/průlehu pod mezí je třeba při dimenzování a návrhu opevnění vzít v úvahu skutečnost, že přitékající voda bude mít větší rychlost po překonání svahu mezi mezí a příkopem (průlehem), navíc s požadavkem prudké změny směru proudění. Proto je v tomto případě dávana přednost těžším typům opevnění (polovegetační tvárnice, žlabovky, betonové desky a tvarovky).

4.3.2 Ozelenění

Mez poskytuje příležitost ke kombinaci protierozního opatření a opatření k posílení ekologické stability krajiny. Vlastní těleso meze je vhodné ozelenit výsadbou keřové i stromové vegetace. Návrh druhové skladby výsadeb je vhodné konzultovat s orgány ochrany přírody a krajiny. Orientačně je doporučeno dávat přednost stanovištně původním druhům při bohaté druhové rozmanitosti. Zastoupení by měly mít druhy plodonosné, kvetoucí a poskytující plody v různé roční době. Druhá skladba by rovněž měla respektovat i různověkost cílových dřevin. Současně je třeba respektovat požadavky zemědělské výroby v regionu (nevysazovat cílově v dospělosti velké stromy, které omezí zastíněním, spadem větví, listí a kořeněním využití okolních pozemků, zákaz výsadby některých ovocných dřevin z důvodu karantény spály růžokvětých, zákaz vysazování dřšťálu a dalších křovin z důvodu hostitelství rzi obilné atd.). Obecně za vhodné lze považovat z křovin růži šípkovou, hloh, svídu krvavou, trnku, tavolník, zimolez, z polokeřů například střemchu vonnou, ze stromů pak menší druhy javorů, plané nebo primitivní odrůdy švestky, jabloně, třešně a hrušně, břízu, jilm.

4.3.3 Objekty

Vzhledem k tomu, že mez sama je překážkou pro pohyb zemědělských strojů, není nutné na příkopu/průlehu budovat jakékoliv objekty. V případě, že kvůli délce je nutné zajistit přejezd z jednoho pozemku na druhý, řeší se to místním přerušením meze a vybudováním hospodářského přejezdu na příkopu nebo průlehu dle zásad, uvedených v kapitole 4.1 nebo 4.2. Je třeba zajistit, aby v místě přerušení nedošlo k soustředění povrchového odtoku z výše ležícího pozemku.

4.4 Terasa

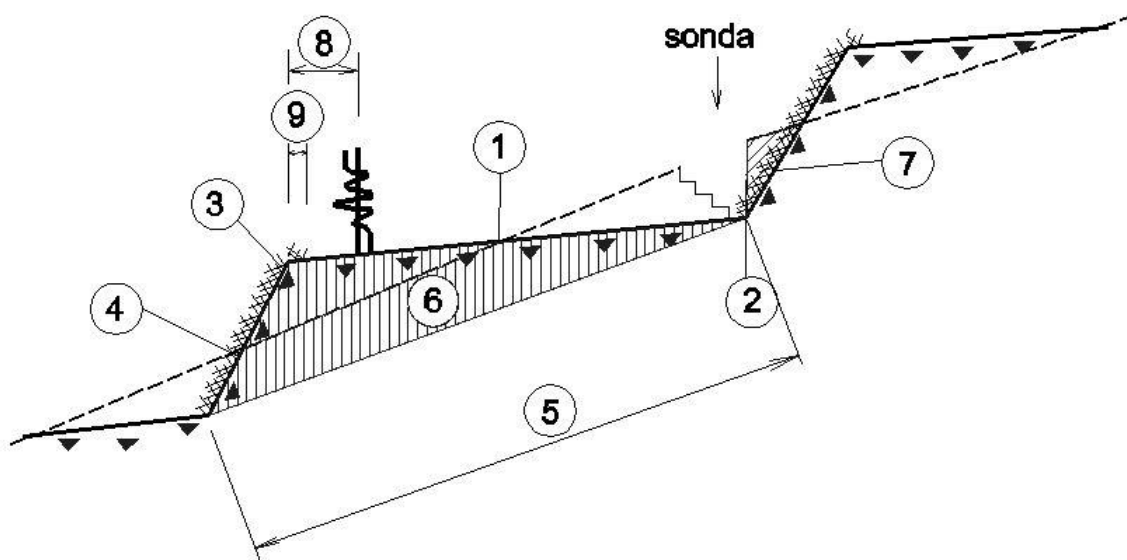
4.4.1 Situování zemních teras

Terasy se mohou navrhovat při minimálních hloubkách půdního profilu 0,8–1,2 m, při sklonech větších než 10–15 %. Zemní terasy jsou velmi účinným technickým protierozním opatřením, ale jen v případě, že byly navrženy optimální technické parametry terasových svahů, terasových plošin a také doprovodných objektů, u kterých je důležité jejich dostatečné nadimenzování a správné situování příkopů, průlehů, laviček, přístupových cest aj. Mezi optimalizované technické parametry patří výška a sklon terasového svahu, délka, šířka, příčný a podélný sklon terasové plošiny. Výstavba teras vyžaduje pečlivou přípravnou a projektovou dokumentaci. Tvar teras je vhodné volit tak, aby se co nejlépe přimykaly k původnímu reliéfu a současně odpovídal pěstebním a obhospodařovacím požadavkům.

Celková plocha teras musí být navržena tak, aby tvořila tvar, který optimálně vyhovuje pro využití teras i okolních pozemků, umožňuje komunikační přístupnost pro mechanizaci a umožňuje vodohospodářské řešení (Obr. 26).



Obr. 26.: Situační členění širokých teras v k.ú. Šardice (Dumbrovský, 2007)



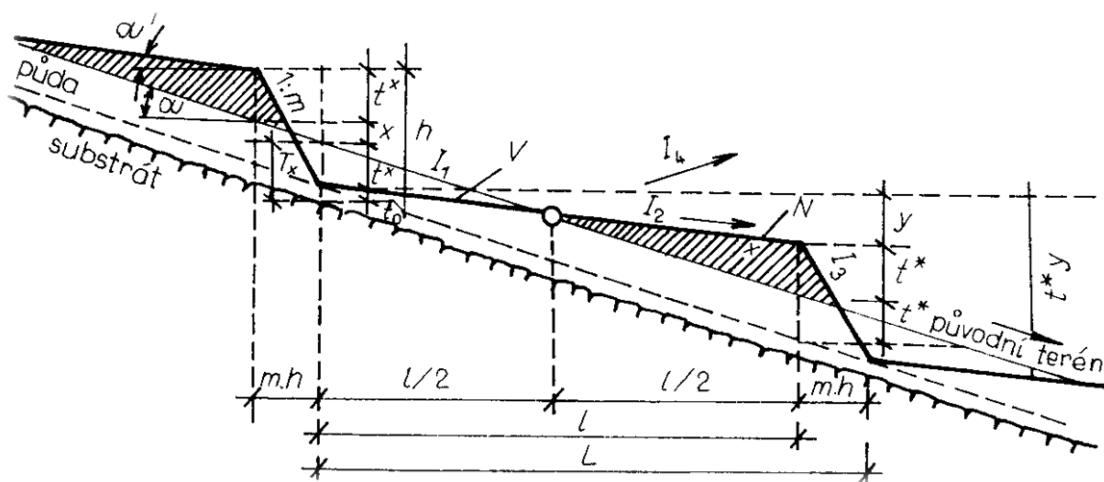
Obr. 27: Schéma uspořádání zemních teras

Legenda ke schématu:

- (1) = terasová plošina (T_p)
- (2) = pata terasy (P_t)
- (3) = hrana terasy (H_t)
- (4) = svah terasy (S_v)
- (5) = rozchod teras (R_t)
- (6) = tělo terasy
- (7) = narušený půdní profil (h)
- (8) = okraj terasy (O_t)
- (9) = okrajový pás (O_p)

4.4.2 Výpočet základních parametrů zemních teras

K výpočtu základních parametrů zemních teras lze využít následující vztahy s využitím schématu na Obr. 28.



Obr. 28: Návrh terasových stupňů podle TS 06/884 Zemní terasy

- T** - hloubka půdního profilu až na skalnaté podloží (m)
t - hloubka půdního profilu využitelná pro vegetaci, alespoň 0,6 až 0,8m
t * - přípustná hloubka výkopu při budování teras (m)
V - výkop (m³)
N - násyp (m³)- platí $V = N$
l - šířka terasové plošiny (je půlena průsečíkem s původním terénem) (m)
h - výška terasového stupně
L - šířka terasy (m)
I₁ - průměrný sklon původního terénu (%)
I₂ - navrhovaný sklon terasové plošiny (%)
I₃ - sklon terasového stupně, závislý na půdě a zpevnění (vyjadřuje se poměrným číslem 1 : m)
I₄ - podélný sklon teras (závisí na členitosti území, propustnosti půdy a srážkových poměrech) (%)

Platí:

$$H = 2t + x; \quad t = T - t_0; \quad I_1 = \tan \alpha = x / n.h; \quad x = h I_1.n; \quad h = 2 (T - t_0) + h. I_1.n; \quad I_2 = \tan \alpha' = y / l;$$

$$I_1 = \tan \alpha = (2t^* + y) / l; \quad y = I_2.l; \quad I_1 = (2T + I_2.l) / l = 2t^* / l + I_2;$$

Konečné výpočtové vztahy:

- výška terasového stupně

$$h = \frac{2(T - t_0)}{1 - I_1.m} \quad (\text{m})$$

- šířka terasové plošiny

$$l = \frac{2(T - t_0)}{I_1 - I_2} \quad (\text{m})$$

- navrhovaný sklon terasové plošiny

$$I_2 = I_1 - \frac{2(T-t_0)}{l} \cdot 100 \quad (\%)$$

- celková šířka terasy

$$L = \frac{2(T-t_0)}{I-I_1} + h m \quad (m)$$

Stupňovité terasy mají zadržet povrchový odtok z celé terasové plochy o šířce L nebo jej neškodně odvést při sklonu $I_4 > 0$ do odvodňovacího zařízení a do odpadu.

Nejvhodnější je terasovat svah již od rozvodí (umožní-li to sklon terénu a půdně-geologické podmínky), aby nehrozilo nebezpečí přítoku vnější vody (rozptýleně nebo soustředěně) na terasy, a to jak v době výstavby, tak i při provozu.

Při terasování jen části svahu je nezbytné nejdříve ochránit zájmová území před přítokem vnějších povrchových i podzemních vod.

Při nedodržení této podmínky nad terasou vznikne sběrné území, ze kterého povrchová voda stéká buď rozptýleně, nebo soustředěně na terasy. Pokud dojde k soustředěnému odtoku, vytvoří se erozní rýhy a voda začne vymílat částčky půdy. Tím dojde rovněž k destrukci svahu.

Hutnění teras by se mělo provádět po 10–15 cm navezené zeminy pomocí hutnicích strojů. Pokud se z důvodu finanční nebo časové úspory hutní větší tloušťka zeminy, může dojít k sedání plošiny a dále k destrukci jak terasové plošiny, tak i terasového svahu.

4.4.3 Návrh doprovodných objektů na lokalitách teras v PSZ KPÚ

Jde o objekty, které jsou přímou součástí vlastních teras a dále objekty, které terasové plochy doplňují.

Bermy (lavičky) se používají pro zvýšení stability terasového svahu, při jeho výšce nad 8 m, v některých případech nad 6 m. Minimální šířka neprůjezdné bermy je 1,5 m. Zpevněné jsou travní směsí.

V terasových svazích sníží plynulou výšku terasového svahu. S výhodou se používají průjezdné lavičky (nejmenší šířka 4 m), které jsou víceúčelové. Příčný sklon je pozitivní 3 až 7 %, podélný odpovídá sklonu teras a je 1 až 5 %. Protispády a přechod podélného sklonu pozitivního v nulový je nepřipustný. Laviček lze s výhodou použít k údržbě terasových svahů, příp. k výsadbě krajinné zeleně.

Obratiště slouží k otáčení mechanizace. Šířka obratiště u běžné mechanizace je zpravidla 12 m.

Protismykové zářezy zajistí lépe stabilitu násypových částí teras zpravidla v údolnicích, nebo pod vysokými násypy, hlavně při velkých podélných přesunech zeminy. Většinou se navrhuje jako zářez se sklonem svahu 1 : 1,5 a pozitivním sklonem plošiny 5 %.

Drenážní odvodnění se navrhuje k úpravě vodního režimu podzemní vody. Drenáž se navrhuje jako sporadická, k zachycení jednotlivých vývěrů vody, nebo skluzných vrstev.

Na terasách je nutno vyřešit způsob neškodného odvedení povrchové stékající vody. Proto je třeba navrhnout **protierozní příkopy**, které chrání terasy před vnější povrchovou vodou nebo zajišťují bezpečný odtok povrchové vody uvnitř terasové plochy, zpravidla současně s doplňkovou protierozní funkcí příkopů. Vtok svodných prvků do odpadu je třeba chránit lapačem splavenin. Příkopy se dělí na záchytné (obvodové), sběrné a svodné.

Hlavní jsou záchytné obvodové příkopy chránící stavbu před vnější povrchovou vodou, zejména z přívalových srážek.

U širokých teras s náročným situačním řešením teras a cestní sítě se někdy návrh teras doplňuje o příkopy sběrné.

O umístění příkopu rozhodují mnohé faktory jako stabilita svahu, půdní a geologické podmínky, údržba svahu teras, obdělávání terasové plošiny atd. Vzhledem ke značné rizikovosti příkopů na terasách doporučuje se terasy řešit tak, aby návrhy příkopů nebyly potřebné.

Protierozní průlehy se mohou budovat na základě zhodnocení erozních a odtokových poměrů při dostředném podélném sklonu terasových plošin nebo při větších délkách teras a při vyšších podélných sklonech teras. Podle potřeby zabezpečení jejich správné funkce a účinnosti jsou zpevňovány vegetačně, polovegetačně, nebo ponechány jako obdělavatelné průlehy. Maximální dostředný sklon svahů průlehu je 15 % (výjimečně 20 %, tj. 1 : 5) při jejich přejezdnosti. Výjimečně mohou mít průlehy i funkci komunikační uvnitř terasové plochy. V takovém případě je nutno zvolit odpovídající zpevnění a parametry průlehu určují požadavky na komunikaci. Tento způsob je navrhován zejména pro úsporu místa. Dostředný sklon těchto průlehů (i sklon souvisejících svahů zářezu i násypu) nesmí přesáhnout 15 %, výjimečně 20 %.

Polní cesty na terasách jsou navrhovány zpravidla jako doplňkové. Jsou navrhovány většinou podél paty svahu tak, že zajišťují jejich hlavní funkci – zpřístupnění pozemků jednotlivých vlastníků po návrhu pozemkových úprav.

Doplňkové cesty jsou zpravidla napojeny na cestu vedlejší přístupovou, doplněnou svodným příkopem či průlehem. Nedoporučuje se navrhovat polní cesty či dokonce průlehy podél hrany terasové plošiny. Každá terasa musí mít dva bezpečné přístupy pro mechanizační prostředky, nebo v případě jedné cesty vybudované obratiště. Trasy

přístupových cest se navrhují tak, aby sklon jejich nivelety nepřesahoval maximální dovolenou hodnotu dle ČSN.

Sjezdy a výjezdy na terasy nebo z teras navazují na síť vnitroplošných cest. Při značných podélných přesunech zeminy u teras nebo u cest může být celá terasová plošina pod nebo nad úrovní nivelety cesty. V tomto případě navrhuje se podélný sklon výjezdu nebo sjezdu do 12 %, nelze-li jinak tak 15 %, výjimečně 20 %. Větší sklon nivelety (12 až 20 %) vyžadují rovné úseky a příčný sklon pláně do 3 %. Šířka je 4 m.

Trubní propustky jsou stavební objekty v tělese nebo pod tělesem polní cesty sloužící k převedení průtoků povrchových vod.

4.4.4 Ozelenění zemních teras

Na svahy teras, případně na jiná produkčně nevyužitelná místa je vhodné navrhnout **krajinnou zeleň**. Tato zeleň může plnit jak funkci stabilizační (protierozní, protismykovou), tak i ekologickou a krajinářskou.

Protierozní funkci nejlépe plní souvislá nízká zeleň nahrazující kvalitní drn. Rovněž doprovodná zeleň záchytných příkopů, nebo jiných protierozních technických prvků má i protierozní funkci.

Stabilizační funkci má zeleň hluboko kořenící, navrhuje se ve svážném území u pramenů apod.

Krajinářskou funkci plní zeleň, která dotváří ráz krajiny, opticky zeslabuje technicistní charakter terasovaného území.

Ekologickou funkci má každá vhodně navržená zeleň, plnící zároveň ostatní funkce.

4.5 Protierozní cesta

Protierozní cesta je polní cesta (zpravidla typu hlavní polní cesty) vybavená záchytným odváděcím příkopem na rozdíl od běžné polní cesty, která je často bez příkopu, a tudíž nepřerušuje povrchový odtok vody ze srážek. Specifikem je i trasování cesty, které je prioritně podřízeno funkci protierozní ochrany. Polní cesty, vedoucí po spádnicí, tvoří v podstatě svodné příkopy. Pro ochranu před erozní činností odtékající vody je účelné po určitých vzdálenostech přerušit odtok vody příčnou svodnicí

Návrh záchytného vsakovacího příkopu je v tomto případě zcela nevhodný i při dobrých infiltračních podmínkách půdního profilu, protože by docházelo k podmáčení základu polní cesty, případně k její destrukci.

4.5.2.2 Kapacita

Dimenzování cestních příkopů se provádí stejně jako pro záchytné odváděcí protierozní příkopy, tj. podle zásad a rovnic uvedených v kap. 4.1.2.2. Při větších délkách cestních příkopů je třeba rozdělit odtokovou plochu na pásy šířky cca 200 až 250 m a měnit návrhový průtok v příkopu podle přírůstku přítoku z odpovídající plochy nad příkopem.

4.5.2.3 Stabilizace

Vzhledem k tomu, že u cestního příkopu se jedná o dlouhodobou investici, je třeba zajistit, aby nebyla porušena stabilita polní cesty. Opevnění dna a paty svahů se proto navrhuje odolnějším materiálem (polovegetační tvárnice, při větších sklonech dna, a tím i větších rychlostech betonovými žlabovkami). Nad tímto opevněním se svahy opevňují osetím.

4.5.3 Vyústění cestního příkopu

Pro vyústění cestního příkopu platí stejné zásady, jako byly uvedeny u protierozních záchytných odváděcích příkopů (viz kap. 4.1.3). V případě, že se odvádí voda z příkopu propustkem pod polní cestou a dále pokračuje po zemědělských pozemcích, je třeba terénní průleh zpevnit osetím. Šířka tohoto travního pásu by neměla být menší než 10 m. V případě, že přirozený terénní průleh není výrazný, je účelné vytvořit umělý průleh trojúhelníkového profilu, opět zpevněný osetím.

4.5.4 Objekty na cestním příkopu

Objekty na cestním příkopu tvoří propustky nebo mostky, umožňující vjezd zemědělské techniky na okolní zemědělské pozemky z polní cesty. V takovém případě je třeba zohlednit manévrovací možnosti zemědělské techniky a úměrně tomu navrhovat délku propustku. Propustky mohou též sloužit k odvedení vody z cestního příkopu pod polní cestou.

Dimenzování těchto objektů se provádí podle zásad a rovnic, uvedených v kap. 4.1.4.

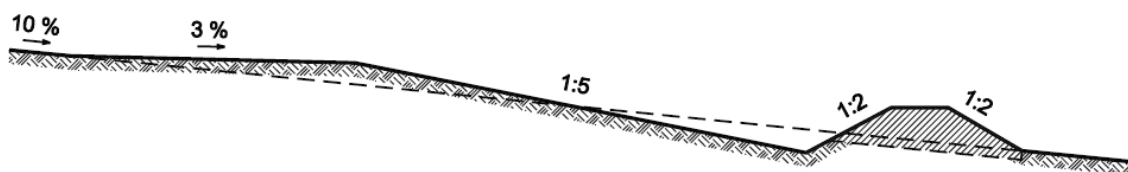
4.6 Protierozní hrázka

Protierozní hrázky se budují k ochraně před produkty vodní eroze a eliminaci nežádoucího povrchového odtoku zejména v územích s mírným sklonem a dlouhými

táhlými svahy. Budováním ochranných hrázek lze účinně ochránit různé objekty a intravilány obcí.

4.6.1 Stanovení polohy

Protierozní hrázky se budují na úpatí svahů zemědělských pozemků nebo jako celý systém hrázek orientovaných ve směru vrstevnic na velkých půdních blocích. Často se budují v kombinaci s průlehy nebo terénními stupni. Oproti vrstevnicovým mezím mají výhodu poměrně velkého retenčního prostoru, který umožňuje zasakování vody do půdy a sedimentaci produktů eroze. Oproti průlehům a příkopům, které urychlují odtok vody z povodí, mají rovněž výhodu zadržení vody na pozemku a umožnění jejího pozvolného vsakování, čímž je podpořeno hospodaření s vodou v krajině. Orientace hrázek ve směru vrstevnic podporuje využití konturového obdělávání pozemků nad a pod hrázkou.



Obr. 30: Vzorový příčný řez hrázkou

4.6.2 Dimenzování

Hrázky mohou být záchytné s nulovým podélným sklonem nebo odváděcí se sklonem do 10 %. Pokud se hrázky budují na svazích do 8 %, mají základnu o šířce 80–150 cm, sklon svahů 1 : 1,5 a výšku 15 až 30 cm. Takové hrázky se budují jako nepřejezdné. Na svazích o vyšších sklonech (do 15 %) se budují hrázky s širší základnou (2–4 m), sklonem svahů 1 : 5 a výškou až 90 cm. Mohou být přejezdné.

K výpočtu parametrů hrázek se používají postupy založené na výpočtech hydrologických charakteristik řešeného území. Dimenzují se tak, aby zachytily celý objem odtoku a splavenin z *N*-leté návrhové srážky, protože primární funkcí hrázky je zadržení a retence srážkových vod.

4.6.3 Objekty protierozních hrázek

Hrázky jsou vybaveny vypouštěcím zařízením, které je umístěné tak, že po usazení půdních částic umožní odtok relativně čisté vody do recipientu.



Obr. 31: Vypouštěcí zařízení zemní hrázky



Obr. 32: Systém protierozních hrázek

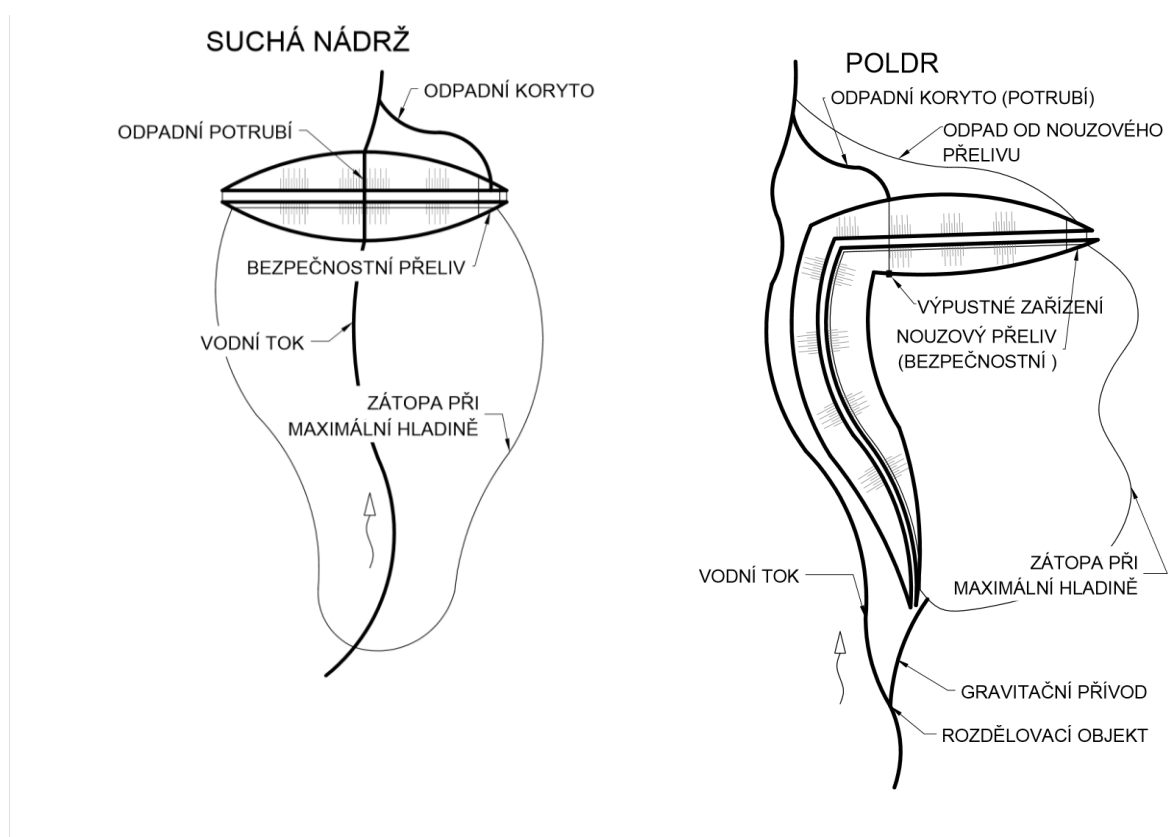
4.7 Protierozní nádrž

Účel protierozních nádrží i suchých nádrží byl definován v kap. 3.8. Vzhledem k tomu, že vodním tokem je transportován půdní materiál v maximální míře při zvýšených (povodňových) průtocích, je účelné navrhovat tyto nádrže jako víceúčelové, tj. jednak s účelem transformovat kulminační průtoky povodní, jednak zachytit určitou část nesených půdních částic. K sedimentaci půdních částic v záchytném prostoru nádrže dochází automaticky snížením rychlosti proudění ve směru toku vlivem náhlého rozšíření průtočného profilu v prostoru nádrže, čímž dochází k usazování půdních částic díky poklesu sedimentační rychlosti. V nádrži dochází k selektivnímu usazování půdních částic, na vtoku sedimentují částice největší velikosti (písek, štěrk), postupně

ve směru toku pak jemnější částice (prach) a nejjemnější částice (jílovité) často pokračují v odtoku vody z nádrže bez usazení.

Při víceúčelové nádrži je z vodohospodářského hlediska rozhodující posouzení transformace povodňových vln různých dob opakování.

Zásady pro návrh hrází, funkčních objektů jsou pro protierozní nádrže, které jsou v podstatě účelovou malou vodní nádrží, platí ČSN 75 2410 Malé vodní nádrže. Praktické informace pro návrh a výpočtové postupy je možno čerpat například z výukových materiálů (Vrána, 1998).



Obr. 33: Schéma půdorysného uspořádání suché nádrže a poldru

4.7.1 Stanovení polohy nádrže

Suchou nádrž je vhodné a efektivní situovat buď v pramenných částech povodí, v místě soutoku dvou toků přibližně stejné velikosti, nebo nad chráněným intravilánem.

Situování suché nádrže v horních částech povodí má výhodu, že dochází k podchycení soustředěného odtoku prakticky v místě jeho vzniku, negativem však je velký sklon dna toku, takže i při relativně vysoké hrázi je záchytný objem nádrže nevýznamný.

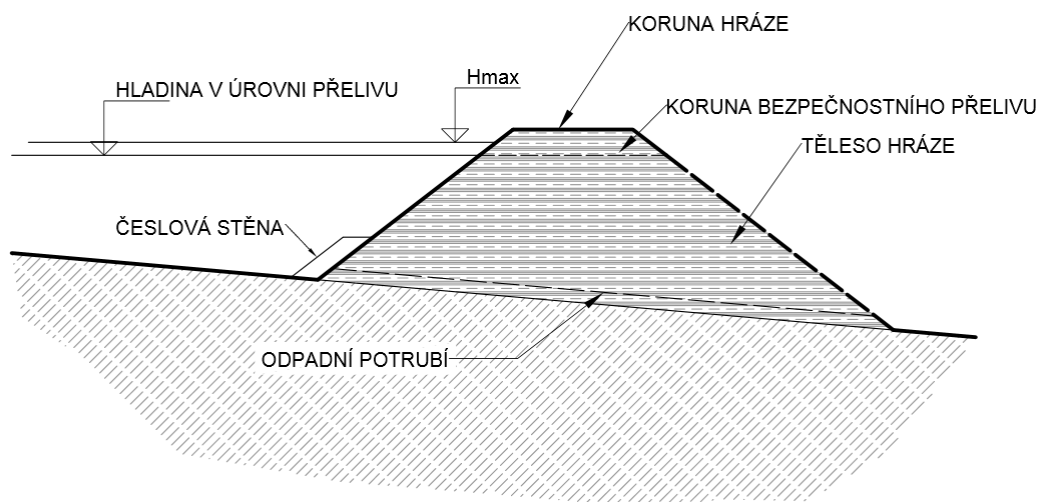
Umístění nádrže (nebo nádrží) na soutoku dvou toků přibližně stejné velikosti povodí a délky je výhodné proto, že je při vhodném situování nádrží možno odstranit souběh kulminací z obou toků. Existují dvě možnosti umístění suchých nádrží – nad soutokem na jednom nebo druhém toku a pod soutokem obou toků. Kladný vliv na posun kulminace, a tím snížení součtu kulminací z obou toků, má umístění nádrže na jednom nebo druhém toku, protože suchá nádrž kulminaci posune a v okamžiku, kdy profilem soutoku obou toků prochází kulminace toku ovlivněného transformací v suché nádrži, kulminace toku neovlivněného transformací již odezněla. Menší význam má umístění suché nádrže pod soutokem, protože sice kladně ovlivňuje kulminaci součtu průtoků z obou toků, avšak transformuje jejich neovlivněný průtok.

Umístění suché nádrže nad chráněnou lokalitou (zpravidla intravilánem obce) má výhodu, že jednak transformuje průtoky těsně nad danou lokalitou, jednak působí vhodně na obyvatele chráněné obce.

Návrh protierozní nádrže je vždy posledním typem opatření v pořadí poté, co ostatní, jednodušší a levnější typy opatření nedokážou zajistit potřebnou míru ochrany.

Vzhledem k tomu, že realizace suché nádrže jako prvku protipovodňové a protierozní ochrany je finančně nákladná, je výhodné vždy provádět návrh profilů umístění nádrže variantně a následným výpočtem posoudit efektivitu každé suché nádrže.

4.7.2 Návrh a vodohospodářské posouzení suché nádrže, případně poldru



Obr. 34: Schematický příčný řez hrází suché nádrže – výškové členění prostoru, uspořádání výpustního potrubí a bezpečnostního přelivu

Následující odstavce pokrývají plně problematiku návrhu a dimenzování suché nádrže, tedy průtočné nádrže s nulovým (nebo zanedbatelným) trvalým nadržením vody (zásobním objemem), které je početně komplikovanější. Poldr je chápán jako boční

nádrž, bez trvalého nadržení vody, která se plní jen při průchodu povodňové vlny vodním tokem. Na rozdíl od řešení suché nádrže by při návrhu poldru byl v prvním kroku odečten průtok tokem pod rozdělovacím objektem (zjednodušeně konstantní hodnota) a určil se objem zbylé části přítokové vlny. To by mělo představovat minimální objem poldru. V případě známého dostupného prostoru poldru je z něj možno určit nutný průtok pod rozdělovacím objektem.

Poldr by se řešil tak, že od hydrogramu přítokové vlny by se odečetl průtok tokem pod rozdělovacím objektem (zjednodušeně konstantní hodnota) a určil by se objem zbylé části přítokové vlny. To by měl být minimální objem poldru. Pokud je známý objem poldru, je možné spočítat, jaký musí být odtok pod rozdělovacím objektem.

4.7.2.1 Podklady pro vodohospodářské posouzení suché nádrže

Podklady pro vodohospodářské posouzení suché nádrže (posouzení její efektivity) tvoří:

- časový průběh povodňových vln zvolené doby opakování,
- čára objemů v závislosti na hloubce vody v nádrži.

Potřebná přesnost podkladů pro řešení se liší podle úrovně dokumentace. Méně podrobné a přesné údaje (současně však finančně méně náročné) jsou potřeba pro posouzení variant umístění suchých nádrží v úrovni studií nebo investičních záměrů. Pro vlastní projektové řešení již vybrané suché nádrže pro účely realizace je třeba zajistit přesnější vstupní data.

Pro účely studií je možno stanovit časový průběh povodňové vlny ze známých kulminačních průtoků náhradou obecného průběhu povodňové vlny nerovnoramenným trojúhelníkem s vrcholem odpovídajícím kulminaci a se stranou protilehlou tomuto vrcholu adekvátní odhadnuté době trvání povodně. Odhad doby trvání povodně a rozdělení této doby na vzestupnou a sestupnou větev vyžaduje zkušenost řešitele a alespoň orientační znalost charakteristik povodí, které ovlivňují odtok vody (sklonitost, zastoupení různých typů vegetace, půdní poměry apod.). S dostatečnou přesností lze celkovou dobu trvání povodňové vlny rozdělit na vzestupnou větev o době trvání 1/3 celkové doby, sestupnou větev v délce 2/3 celkové doby trvání povodně.

Kulminační průtok je možno stanovit buď dle metody CN (Janeček a kol., 2012) s negativy, uvedenými v kap. 4.1.2.1 nebo modelem SMODERP, jehož výhodou je, že udává jako jeden z výstupů časový průběh odtoku z návrhové srážky. Podobně lze charakteristiky přítoku vody do nádrže během srážkové epizody určit i pomocí simulačního modelu EROSION 3D. Ve významnějších případech je možno požádat ČHMÚ o zpracování hodnot kulminací pro zvolené doby opakování povodně, což je však pro účely studie a posouzení variant umístění nádrže finančně náročné.

Čáru objemu v závislosti na hloubce vody pro účely studií nebo investičních záměrů je možno s dostatečnou přesností získat z map 1 : 10 000 nebo digitálních modelů terénu (ZABAGED, GEODIS, TOPOGRID a další), pokud jsou k dispozici.

V případě zpracování projektové dokumentace již vybrané suché nádrže je nutné mít k dispozici přesnější vstupní údaje. Časový průběh povodňových vln požadované doby opakování je třeba objednat u ČHMÚ, pro určení objemů nádrže je účelné mít k dispozici tachymetrické zaměření dané lokality.

4.7.2.2 Návrh a vodohospodářské posouzení suché nádrže

Návrh suché nádrže spočívá v určení potřebného záchytného objemu nádrže, ve volbě průměru a výškového umístění odpadního potrubí (případně dvou potrubí v různých výškách ode dna nádrže) a v umístění a dimenzování objektu bezpečnostního přelivu.

Návrh suché nádrže se provádí na povodňové vlny doby opakování 10, 20, 50 let (výjimečně u významnějších chráněných objektů na 100 let). Cílem návrhu a následného posouzení efektivity suché nádrže je zajištění maximálního odtoku z nádrže ve výši neškodného odtoku, který se stanoví posouzením kriticky ohrožených míst v chráněném intravilánu. Na tomto místě je třeba upozornit na to, že zpravidla nelze suchou nádrží zajistit absolutní ochranu intravilánu pro povodně všech dob opakování. Proto je třeba kombinovat hodnotu odtoku vody z nádrže s úpravami na toku v kriticky ohrožených místech intravilánu. Např. pokud suchá nádrž transformuje kulminační přítok 50leté povodně na hodnotu 20letého odtoku a tok v intravilánu je schopen provést pouze 10letý průtok bez vybřežení, je třeba provést lokální úpravu koryta v intravilánu na hodnotu 20leté vody.

Posouzení efektivity suché nádrže probíhá v časových krocích, v každém kroku se vypočte objem přitéklé vody do nádrže, množství vody zadržené v záchytném prostoru nádrže, tomu odpovídající hloubka vody v nádrži a odtok vody, ovlivněný momentální hloubkou vody v nádrži. Tímto způsobem proběhne výpočet od začátku až do konce povodňové vlny. Pro zjednodušení a urychlení výpočtu byl na katedře hydromeliorací a krajinného inženýrství Fakulty stavební ČVUT v Praze vytvořen výpočetní program „Numerická metoda pro posouzení efektivity suché nádrže“, který je volně k dispozici na adrese <http://storm.fsv.cvut.cz/123456.php?id=4projekty-ke-stazeni>.

Výstupem posouzení efektivity suché nádrže podle uvedeného výpočetního programu je pro zvolený průměr a umístění odpadního potrubí hodnota maximálního odtoku vody z povodně příslušné doby opakování, časový posun kulminace povodně, maximální hloubka vody v nádrži a transformační efekt nádrže, vyjádřený poměrem kulminace přítoku a kulminace odtoku vody. Příklad výstupu citovaného software dokumentující transformaci vlny v suché nádrži uvádí Obr. 35.

Výškové umístění přelivné hrany bezpečnostního přelivu vychází z výpočtu maximální hladiny vody v nádrži. Zjednodušeně je možno umístit přelivnou hranu do úrovně

maximální vody v nádrži pro zvolenou hodnotu návrhové povodňové vlny. Rozměry bezpečnostního přelivu by měly vyhovovat bezpečnému provedení průtoku, odpovídajícího rozdílu kulminace přítoku a odtoku vody z návrhové povodně.

Zásady pro návrh suchých nádrží a jejich objektů včetně postupů nutných výpočtů a doporučených tabulkových vstupních hodnot jsou podrobně obsaženy v TNV 75 2415 Suché nádrže, případně v ČSN 75 2410 Malé vodní nádrže.

4.7.2.3 Stanovení hydrologických charakteristik pro profil navrhované nádrže

Jedná-li se o návrh nádrže s povodím větším než 2 km², případně je nádrž významnější, je důrazně doporučeno (a požaduje to i norma), aby byly návrhové průtoky vyžádány pro zvolený profil na ČHMÚ. V takovém případě je třeba získat základní hydrologická data a časový průběh návrhových vln s danou dobou opakování.

V případě méně významných nádrží s povodím menším než 2 km² je možno hydrologické charakteristiky stanovit některou z níže uvedených metod.

4.7.2.3.1 Metoda CN (čísel odtokových křivek)

Metoda čísel odtokových křivek byla orientačně popsána v kapitole 4.1.2.1 s odkazem na metodiku Janečka a kol. (2012), kde je praktická aplikace metody popsána podrobně včetně nutných vstupních dat.

V případě malých povodí je možno zájmovou oblast počítat jako jedinou homogenní oblast, případně rozdělit na malý počet dílčích oblastí a výsledky pro zjištění hodnot v uzávěrovém profilu (v profilu navrhované nádrže) pak prostě sečíst.

Pro popis návrhových srážek je doporučeno využít datových souborů Šamaje a kol. (1983), udávající maximální 24hodinové srážkové úhrny pro řadu stanic na území ČR se zvolenou dobou opakování. Pro stanovení charakteristik odtoku z malých povodí je nutno 24hodinový návrhový srážkový úhrn redukovat na dobu odpovídající době koncentrace pro dané povodí. Dobu koncentrace je možno určit například pomocí metodiky Janečka a kol. (2012), způsob redukce pak uvádí například Hrádek a Kovář (1994), případně je možno využít volně dostupného nástroje DES-RAIN (Vaššová, Kovář, 2011) na adrese http://fzp.czu.cz/vyzkum/programs/des_rain/, který umožní provést redukci návrhové srážky pro danou lokalitu podle shodného matematického principu.

Při vlastním výpočtu pomocí metody CN je třeba počítat s tím, že výsledky se mohou lišit od hodnot uváděných pro stejných profil ČHMÚ.

4.7.2.3.2 SMODERP

Přítok do nádrže je možné v případě modelu SMODERP získat postupným sčítáním povrchového odtoku z jednotlivých pozemků. V principu jsou získány pro jednotlivé charakteristické profily v povodí k profilu nádrže hydrogramy odtoku z jednotlivých

pozemků či jejich částí pomocí modelu. V případě relativně krátkých soustav svodných příkopů je možné maximální průtok získat součtem hodnot v časových krocích jednotlivých hydrogramů, a tím získat časový průběh povodňové vlny pro profil nádrže. Podrobněji je postup popsán v navazující metodice „Využití dat a nástrojů GIS a simulačních modelů k navrhování TPEO“ (Dostál a kol., 2013). V případě delších svodných příkopů je doporučeno zahrnout i vliv zdržení a transformaci povodňové vlny v těchto prvcích na tvar hydrogramu daného prvku. Objem navrhované nádrže je pak stanoven součtem objemů z jednotlivých profilů.

4.7.2.3.3 EROSION 3D

Stejně jako v případě příkopů lze využít možnost tabelovaného záznamu průtoku přes zvolený výpočetní element (pixel) pro odvození časového průběhu odtoku z povodí ke zvolenému profilu hráze. Současně je možné využít vrstvu odtoku v posledním (nebo libovolném) výpočetním kroku simulace k určení celkového objemu vody/sedimentu proteklého výpočetním elementem

Výsledky simulace v EROSION 3D, a tedy i hodnoty průtoku jsou silně ovlivněny počátečními podmínkami simulace a použitými půdními parametry. Velmi citlivým parametrem je počáteční vlhkost půdy, která je silně časově (v průběhu dne) i prostorově (v rámci svahu) proměnná. Modelování s cílem použít výsledky modelu jako návrhové parametry suché nádrže musí tuto skutečnost reflektovat a případný uživatel by měl být zkušený a počínat si při volbě vstupních parametrů obezřetně. Podrobněji je problematika aplikace modelu EROSION 3D popsána v navazující metodice „Využití dat a nástrojů GIS a simulačních modelů k navrhování TPEO“ (Dostál a kol., 2013).

Model ve svém principu pro navrhování nádrží nebo poldrů nebyl koncipován. V novějších verzích nicméně obsahuje modul, který dokáže s vlivem vodních nádrží počítat. Model nicméně pro navrhování nádrží jako takové vhodný není. Na druhou stranu jeho kvalitní moduly hydrologický, hydraulický, erozní i transportní mohou poskytnout velmi dobré dílčí podklady pro návrh retenčních prvků – suchých nádrží a poldrů.

Modul pro modelování nádrží („Retention modul“) slouží pro posouzení vlivu realizované nádrže na transformaci povodňové vlny a zachycení sedimentu. Pro použití tohoto modulu je nutné upravit digitální model terénu v prostředí EROSION 3D následovně: vyzdvižení hráze nádrže a definování místa výtoku z nádrže ve shodě se sítí toků, kterou model automaticky odvozuje z DMT na základě prahové hodnoty přispívající plochy. Dalším nutným vstupem je průběh konsumční křivky zadávaný přímo v prostředí EROSION 3D v tabelované podobě jako dvojice hodnot poloha hladiny (ve stejných jednotkách jako použitý DMT) – průtok ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$).

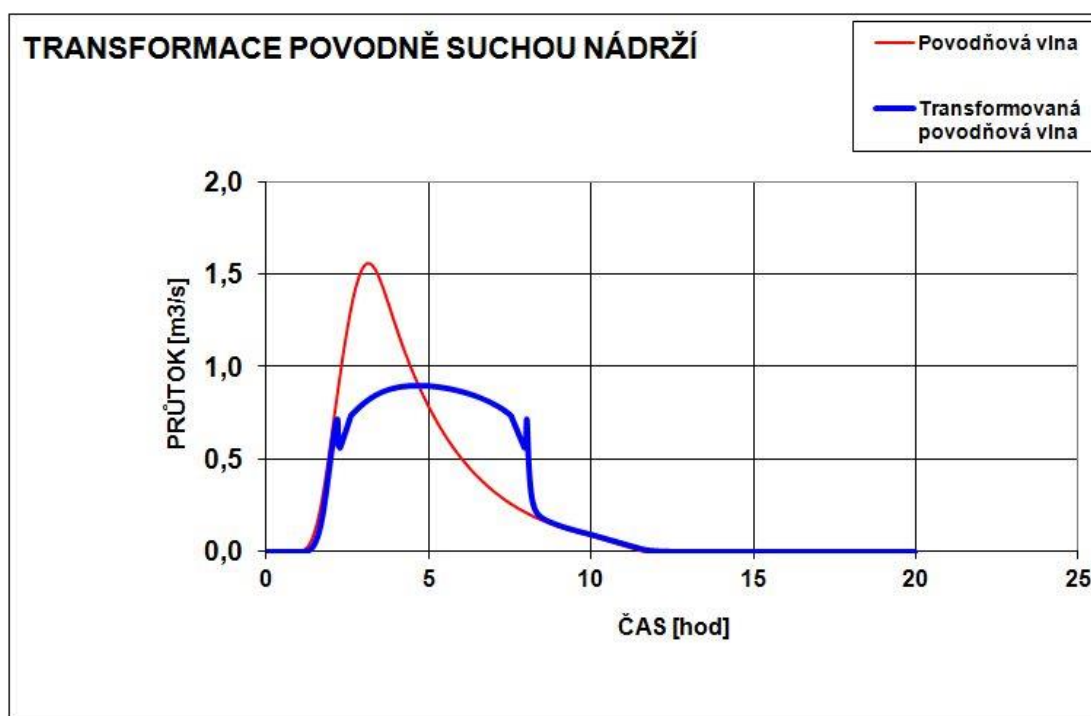
4.7.2.4 Návrh hráze a objektů

Jak bylo konstatováno výše, protierozní nádrž je vodním dílem a při jejím návrhu je třeba postupovat v souladu s platnou legislativou, v tomto případě s TNV 75 2415 Suché nádrže, případě v ČSN 75 2410 Malé vodní nádrže, které podrobně specifikují, jakým způsobem je třeba navrhout těleso hráze, jakými objekty musí být nádrž vybavena, a jaké jsou na ně kladeny minimální požadavky.

4.7.3 Návrh sedimentační jímky

Sedimentační jímka je navrhována v případě méně významných lokalit k zachycení splavenin z jednoho nebo více zemědělských pozemků před jejich vstupem do hydrografické sítě. Navrhuje se zpravidla jako jednoduchá zemní zpevněná či nezpevněná jímka na dolním okraji řešeného pozemku nebo na příkopu či průlehu před jeho zaústěním do vodoteče.

Při návrhu musí být splněny požadavky na bezpečnost (pád do hloubky), jímka by měla být přístupná pro čištění a svahy by měly být stabilní. Z hlediska rozměrů je vhodné navrhovat na objem vody, který přiteče z řešeného pozemku během epizody s dobou opakování 5–10 let. Jímka musí mít dořešen i odpad vody pro překročení kapacity (v takovém případě nesmí dojít k destrukci okolí), což je možno řešit otevřeným odpadem. Není ale nutné zajistit možnost vypuštění zachycené vody.



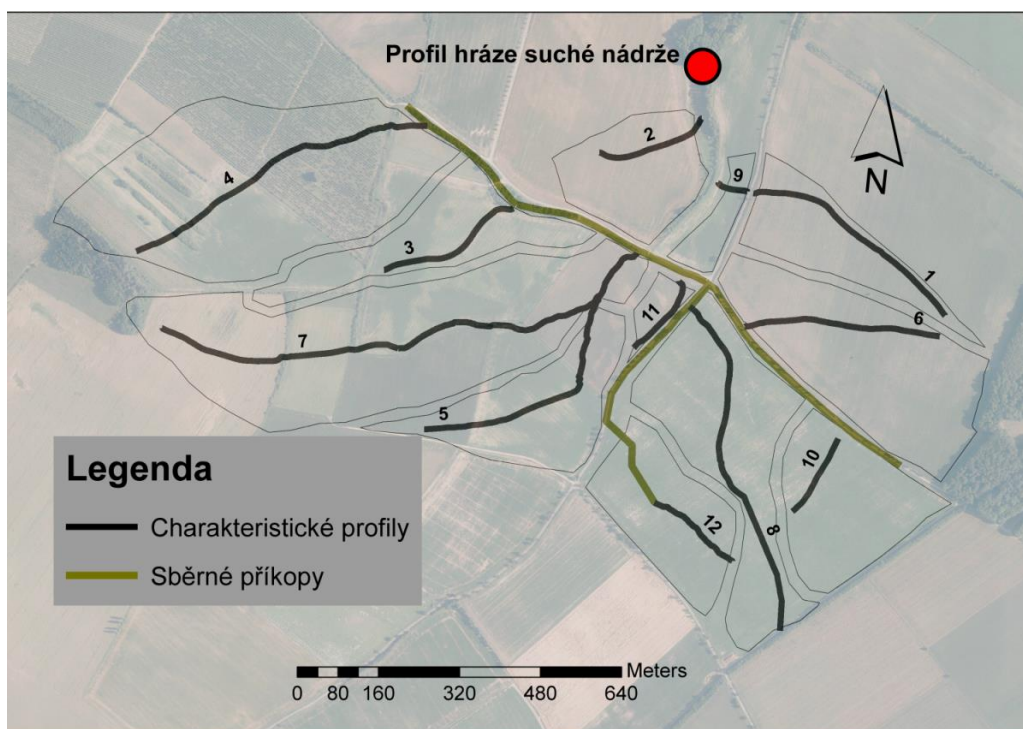
Obr. 35: Schematické vyjádření transformace povodňové vlny v suché nádrži

4.7.4 Příklad

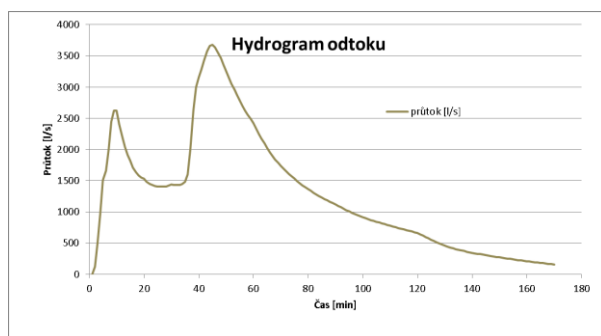
4.7.4.1 Získání vstupních parametrů

Získání vstupních parametrů (maximální průtok, objem odtoku, hydrogram odtoku) pro dimenzování nádrže je uvedeno na příkladu použití modelu SMODERP.

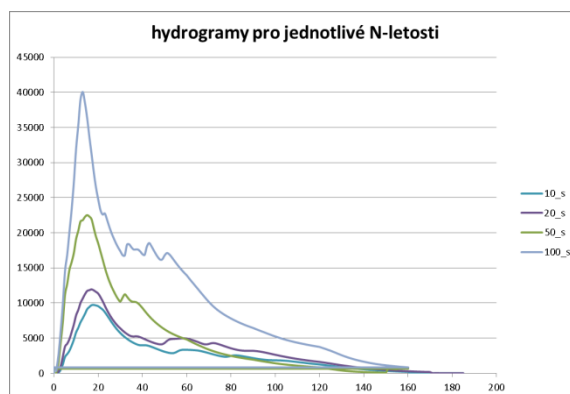
Modelem SMODERP byly určeny odtokové charakteristiky pro jednotlivé charakteristické profily, směřující k profilu suché nádrže, (viz Obr. 37) tj. časový průběh povodňové vlny a objemy odtoku pro návrhové deště s dobou opakování 10, 20, 50 a 100 let.



Obr. 36: Charakteristické profily s vyznačenými a sběrné příkopy směřující do profilu nádrže (podkladové ortofoto WMS - ČÚZK)



a.)



b.)

Obr. 37: Ukázka odtokových hydrogramů – výstup modelu SMODERP: vlevo hydrogram odtoku z jednoho profilu, vpravo hydrogramy odtoku pro jednotlivé doby opakování (N-letosti)

V rámci příkladu byly jako vstupní charakteristiky půd použity manuálové hodnoty. Návrhová srážka byla využita stejná jako pro dimenzování protierozních příkopů (viz kapitola 4.1.5.

Do profilu suché nádrže směřují charakteristické profily č. 1 až 12 (viz Obr. 36). Pro tyto charakteristické profily byly vypočteny modelem SMODERP hodnoty kulminačních průtoků a objemy odtoku pro pokrytí všech pozemků širokořádkovými plodinami (nepříznivý stav z hlediska erozního ohrožení i velikosti odtoku).

Charakteristiky odtoku (kulminační průtok a objem odtoku) z návrhových srážek různých dob opakování pro jednotlivé charakteristické profily udává

Tab. 15 a Tab. 16.

Tab. 15: Hodnoty maximálního průtoku v charakteristických profilech z návrhových srážek různých dob opakování pro pozemky, z nichž odtok směřuje do profilu suché nádrže

Profil číslo	Q_{10}	Q_{20}	Q_{50}	Q_{100}
	($m^3 s^{-1}$)	($m^3 s^{-1}$)	($m^3 s^{-1}$)	($m^3 s^{-1}$)
1	0,534	0,779	1,369	1,734
2	0,696	0,696	1,520	1,823
3	0,752	0,752	1,758	2,208
4	1,036	1,036	2,653	3,623
5	0,528	0,835	1,566	2,054
6	1,323	1,941	3,173	4,105
7	1,103	1,103	2,983	3,585
8	0,754	0,754	1,422	1,764
9	0,749	1,063	1,190	1,333
10	0,952	0,952	2,302	2,863
11	0,265	0,265	0,517	0,625
12	0,673	0,978	1,615	2,015

Q_N je kulminační průtok dané doby opakování (N) ($m^3 s^{-1}$)

Tab. 16: Objemy odtoku v charakteristických profilech z návrhových srážek různých dob opakování pro pozemky, z nichž odtok směřuje do profilu suché nádrže

Profil číslo	V_{10}	V_{20}	V_{50}	V_{100}
	(m^3)	(m^3)	(m^3)	(m^3)
1	912	1279	2 043	2 539
2	735	735	1 587	1 963
3	931	931	2 035	2 522
4	3 279	3279	9 991	11 286
5	1 384	2064	3 453	4 340
6	1 914	2667	6 197	7 736
7	2 647	2647	2 941	3 639
8	1 287	1287	3 453	4 329
9	324	552	9 366	11 132
10	1 147	1147	2 491	3 084
11	221	221	4 744	5 859

12	937	1303	2 064	2 560
----	-----	------	-------	-------

V_N je objem odtoku z návrhové srážky s dobou opakování N let (m^3)

Výsledný hodnoty kulminačních průtoků (a související hydrogramy odtoku) v profilu suché nádrže byly stanoveny součtem hodnot z dílčích hydrogramů a pro jednotlivé doby opakování jsou uvedeny v následující tabulce Tab. 17.

Tab. 17: Hodnoty kulminačních průtoků v profilu suché nádrže

Doba opakování (roky)	10	20	50	100	V_{100} (m^3)
Kulminační průtok ($m^3 s^{-1}$)	6,01	10,05	20,97	26,24	49 508

Pro získání výsledné hodnoty kulminace v uzávěrovém profilu je nicméně zcela zásadní způsob, jakým jsou hydrogramy odtoku zjištěné pomocí modelu pro jednotlivé charakteristické profily skládány. Význam způsobu kombinace roste s velikostí řešeného povodí a délkou odváděcích příkopů a rozdíl oproti nejjednodušší metodě prostých součtů, uplatněné v prezentovaném příkladu, může dosáhnout u větších lokalit s více příkopy i desítek procent. Podrobněji je tato otázka rozvedena a dokumentována v navazující Metodice „Využití dat a nástrojů GIS a

simulačních modelů k navrhování TPEO“ (Dostál a kol., 2013).

Pro určení efektivity suché nádrže nebo kombinací variant řešení a umístění více suchých nádrží lze použít programový nástroj, „Numerická metoda pro posouzení efektivity suché nádrže“ <http://storm.fsv.cvut.cz/123456.php?id=4projekty-ke-stazeni> (Vrána, Dočkal, 2008).

Další řešení je shodné v případě využití kteréhokoliv z možných nástrojů pro stanovení přítokové vlny – metody CN, modelu SMODERP, modelu EROSION 3D nebo generované povodňové vlny dle ČHMÚ. Postup je dokumentován v následující kapitole 4.7.4.2.

4.7.4.2 Příklad výpočtu objemů nádrže.

Pro názornost je v dalším textu uveden příklad návrhu a posouzení efektivity dvou suchých nádrží (nádrž SN1 a nádrž SN2 na stejném toku, profil nádrže je řešen variantně pro možnost výběru nádrže z hlediska vlastnických vztahů k pozemkům), a to pro tři návrhové povodňové stavy – povodeň s dobou opakování 20, 50 a 100 let.

Suchá nádrž SN 1

Vstupní údaje

Vstupní údaje pro výpočet tvoří charakteristické čáry nádrže - čára objemů a čára ploch, tj. závislost mezi hloubkou vody v nádrži, zatopenou plochou a objemem vody a dále průběh návrhové povodňové vlny.

Objemy vody a zatopené plochy v závislosti na hloubce vody v nádrži byly stanoveny z map 1 : 10 000 a jsou uvedeny v tabulce Tab. 18.

Tab. 18: Charakteristické čáry nádrže SN 1

Vrstevnice	Plocha (m ²)	Dílčí objem (m ³)	Součtový objem (m ³)	Poznámka
426,00	0	0	0	dno
427,00	1 393	697	697	
428,00	4 402	2 898	3 594	
429,00	8 676	6 539	10 133	
430,00	13 496	11 086	21 219	
431,00	21 157	17 327	38 546	
432,00	31 054	26 106	64 651	koruna BP

Pro konstrukci povodňových vln byly použity N-leté průtoky, stanovené ČHMÚ o hodnotách $Q_{20} = 8,97 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, $Q_{50} = 12,40 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ a $Q_{100} = 15,50 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. Průběh povodňové vlny byl zvolen ve tvaru nerovnoramenného trojúhelníka, celková doba trvání povodně byla odhadnuta na 18 h, vzestupná větev 6 h, sestupná větev 12 h.

Výpočet transformace povodňové vlny v prostoru suché nádrže SN1

Transformace povodňové vlny závisí na průměru odtokového potrubí ze suché nádrže, jejím objemu a výšce naplnění. Maximální hladina byla stanovena hodnotou 432,00 m n. m. z morfologie terénu (mez, polní cesta). Výsledky výpočtu pro povodňové vlny jednotlivých dob opakování udávají následující tabulky Tab. 19, Tab. 20, Tab. 21.

Tab. 19: Transformace povodňové vlny s dobou opakování 20 let s kulminačním průtokem $Q_{20} = 8,97 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ v nádrži SN 1

Potrubí	Odtok (m ³ s ⁻¹)	Posun kulminace (h)	Transf. efekt (%)	Hladina (m n. m.)
DN 500	1,58	15,86	82,33	435,65
DN 600	2,33	14,86	73,98	434,99
DN 800	4,07	12,54	54,61	433,40
DN 1000	5,85	10,16	34,77	431,64
DN 1200	7,34	8,16	18,16	429,94
DN 1400	8,29	6,89	7,55	428,50
DN 1600	8,93	6,04	0,46	427,26

Tab. 20: Transformace povodňové vlny s dobou opakování 50 let s kulminačním průtokem $Q_{50} = 12,40 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ v nádrži SN 1

Potrubí	Odtok (m ³ s ⁻¹)	Posun kulminace (h)	Transf. efekt (%)	Hladina (m n. m.)
DN 500	1,72	16,34	86,15	437,38
DN 600	2,55	15,53	79,45	436,77
DN 800	4,54	13,60	63,38	435,27
DN 1000	6,73	11,48	45,75	433,54
DN 1200	8,79	9,49	29,12	431,77
DN 1400	10,44	7,88	15,79	430,13
DN 1600	11,48	6,88	7,46	428,74

Tab. 21: Transformace povodňové vlny s dobou opakování 100 let s kulminačním průtokem $Q_{100} = 15,50 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ v nádrži SN 1

Potrubí	Odtok ($\text{m}^3 \text{ s}^{-1}$)	Posun kulminace (h)	Transf. efekt (%)	Hladina (m n. m.)
DN 500	1,81	16,46	88,33	438,66
DN 600	2,70	15,78	82,61	438,10
DN 800	4,86	14,12	68,63	436,68
DN 1000	7,33	12,24	52,75	435,00
DN 1200	9,78	10,36	36,89	433,21
DN 1400	11,95	8,71	22,95	431,49
DN 1600	13,58	7,46	13,39	429,95

Suchá nádrž SN2

Vstupní údaje

Objemy vody a zatopené plochy v závislosti na hloubce vody v nádrži byly stanoveny z map 1 : 10 000.

Tab. 22: Charakteristické čáry nádrže SN 2

Vrstevnice	Plocha (m^2)	Dílčí objem (m^3)	Součtový objem (m^3)	Poznámka
425	0	0	0	dno
426	2491	1246	1246	
427	10731	6611	7857	
428	16112	13422	21278	
429	21072	18592	39870	
430	28835	24954	64824	koruna BP

Pro konstrukci povodňových vln byly použity N-leté průtoky, stanovené ČHMÚ o hodnotách $Q_{20} = 8,97 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, $Q_{50} = 12,40 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ a $Q_{100} = 15,50 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. Průběh povodňové vlny byl zvolen ve tvaru nerovnoramenného trojúhelníka, celková doba trvání povodně byla odhadnuta na 18 h, vzestupná větev 6 h, sestupná větev 12 h.

Výpočet transformace povodňové vlny v prostoru suché nádrže SN2

Transformace povodňové vlny závisí na průměru odtokového potrubí ze suché nádrže, jejím objemu a výšce naplnění. Maximální hladina byla stanovena hodnotou 430,00 m n. m. z morfologie terénu (mez, polní cesta). Výsledky výpočtu pro povodňové vlny jednotlivých dob opakování udává následující tabulky Tab. 23, Tab. 24, Tab. 25.

Tab. 23: Transformace povodňové vlny s dobou opakování 20 let s kulminačním průtokem $Q_{20} = 8,97 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ v nádrži SN 2

Potrubí	Odtok ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	Posun kulminace (h)	Transf. efekt (%)	Hladina (m n. m.)
DN 500	1,52	15,95	83,10	433,80
DN 600	2,23	15,00	75,17	433,16
DN 800	3,86	12,81	56,92	431,64
DN 1000	5,53	10,58	38,33	430,01
DN 1200	6,95	8,69	22,57	428,50
DN 1400	7,90	7,41	11,89	427,25
DN 1600	8,86	6,14	1,23	436,25

Tab. 24: Transformace povodňové vlny s dobou opakování 50 let s kulminačním průtokem $Q_{50} = 12,40 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ v nádrži SN 2

Potrubí	Odtok ($\text{m}^3 \text{ s}^{-1}$)	Posun kulminace (h)	Transf. efekt (%)	Hladina (m n. m.)
DN 500	1,66	16,39	86,61	435,62
DN 600	2,46	15,62	80,17	435,01
DN 800	4,36	13,78	64,83	433,53
DN 1000	6,43	11,77	48,15	431,86
DN 1200	8,37	9,89	32,50	430,20
DN 1400	9,95	8,36	19,76	428,72
DN 1600	10,97	7,37	11,53	427,48

Tab. 25: Transformace povodňové vlny s dobou opakování 100 let s kulminačním průtokem $Q_{100} = 15,50 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ v nádrži SN 2

Potrubí	Odtok ($\text{m}^3 \text{ s}^{-1}$)	Posun kulminace (h)	Transf. efekt (%)	Hladina (m n. m.)
DN 500	1,76	16,49	88,63	437,00
DN 600	2,62	15,84	83,09	436,42
DN 800	4,71	14,24	69,64	434,98
DN 1000	7,06	12,45	54,49	433,33
DN 1200	9,38	10,67	39,49	431,61
DN 1400	11,43	9,11	26,31	429,99
DN 1600	13,00	7,90	16,15	428,59

Zhodnocení výsledků příkladu

Nádrž SN1 i SN2 jsou objemem zádržného prostoru přibližně stejné.

Nádrž SN1 transformuje kulminaci 20leté povodně z hodnoty $8,97 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ na $5,85 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (transformační efekt 34,77 %), kulminaci 50leté povodně z hodnoty $12,40 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ na $8,79 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (transformační efekt 29,12 %) a kulminaci 100leté povodně z hodnoty $15,50 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ na $11,95 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (transformační efekt 22,95 %). Hloubka vody v nádrži je při Q_{20} 5,64 m, při Q_{50} 5,77 m a při Q_{100} 5,49 m. Tyto hloubky a odtoky jsou dosaženy při volbě průměru odpadního potrubí pro Q_{20} DN 1000, pro Q_{50} DN 1200 a pro Q_{100} DN 1400.

Nádrž SN2 transformuje kulminaci 20leté povodně z hodnoty $8,97 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ na $5,53 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (transformační efekt 38,33 %), kulminaci 50leté povodně z hodnoty $12,40 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ na $8,37 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (transformační efekt 32,50 %) a kulminaci 100leté povodně z hodnoty $15,50 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ na $11,43 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (transformační efekt 26,31 %). Hloubka vody v nádrži je při Q_{20} 5,01 m, při Q_{50} 5,20 m a při Q_{100} 4,99 m. Tyto hloubky a odtoky jsou dosaženy při volbě průměru odpadního potrubí pro Q_{20} DN 1000, pro Q_{50} DN 1200 a pro Q_{100} DN 1400.

Z porovnání obou variant vyplývá, že nádrž SN2 je mírně výhodnější, jak z hlediska hodnot transformovaného odtoku, tak z hlediska maximální hloubky vody v nádrži.

5 Legislativní rámec

Ze zákona č. 139/2002 Sb. § 9 odst. 8 vyplývá, že součástí návrhu pozemkových úprav je návrh nového uspořádání pozemků, kterému předchází zpracování plánu společných zařízení (PSZ). Mezi společná zařízení patří mimo jiné také protierozní opatření, vodohospodářská opatření a opatření k ochraně, tvorbě životního prostředí a zvýšení ekologické stability krajiny.

Podle vyhlášky č. 545/2002 Sb. § 9 odst. 4 mají při tvorbě PSZ zájmy ochrany půdy, vody a krajiny přednost před jinými požadavky na pozemky. Výsledkem jsou půdoochranná i vodoochranná opatření, která se vzájemně prolínají a doplňují a současně působí jako krajinotvorné a stabilizující prvky z hlediska retence vody v krajině.

Podle zákona č. 139/2002 Sb. § 9 odst. 12 mohou být pozemky, na nichž jsou návrhem umístěna společná zařízení, převedeny do vlastnictví obce. Takové pozemky může vlastnit i jiná osoba, pokud má společné zařízení sloužit veřejnému zájmu.

Zákon č. 139/2002 Sb. § 9 odst. 15 uvádí: „Plán společných zařízení musí být v souladu s územně plánovací dokumentací. Není-li návrh plánu společných zařízení ze závažných důvodů v souladu s územně plánovací dokumentací, je návrhem na její aktualizaci nebo změnu. V ostatních případech musí být plán společných zařízení dohodnut s úřadem územního plánování“.

Podle zákona č. 139/2002 Sb. § 12 odst. 3 platí: „Pro změny druhů pozemků, výstavbu polních a lesních cest, ochranu a zúrodňování půdního fondu a další společná zařízení zahrnutá do schváleného návrhu pozemkových úprav se upouští od vydání územního rozhodnutí o umístění stavby a od rozhodnutí o využití území“.

Projektovat je oprávněn autorizovaný inženýr pro obor stavby vodního hospodářství.

Při pozemkových úpravách ověřuje výsledky vypracovaného návrhu pozemkových úprav, kterého součástí je i PSZ, fyzická osoba s oprávněním o odborné způsobilosti k projektování pozemkových úprav a dílčí část PSZ (např. TPEO) také ověřuje Autorizovaný inženýr pro obor stavby vodního hospodářství.

Náležitosti pro projekt TPEO jsou uvedeny v dokumentu „Technický standard dokumentace plánu společných zařízení v pozemkových úpravách. Tento dokument uvádí: „TS PSZ závazně stanoví obsah i formu dokumentace plánu společných zařízení.“

Řízení pozemkových úprav upravuje zákon č. 139/2002 Sb. a postup při provádění pozemkových úprav vyhláška č. 545/2002 Sb.

5.1 Postup při realizaci technických protierozních opatření

Při navrhování prvků TPEO, ať již v rámci pozemkových úprav, nebo jako izolovaných prvků, je nutné vycházet z platné legislativy. TPEO je stavba podle Stavebního zákona 183/2006 Sb. Jedná se o vodní díla dle § 55 Vodního zákona – Stavby k vodohospodářským melioracím. Podle § 15 odst. 1) zákona 254/2001 Sb. je k provedení vodních děl, k jejich změnám a změnám jejich užívání, jakož i k jejich zrušení a odstranění třeba povolení vodoprávního úřadu. O jaké stavby se jedná, je uvedeno v § 2 vyhlášky č. 225/2002 Sb. Pokud se jedná o TPEO uvedené v bodě 5.1.3 (viz TPEO – stavby vyžadující stavební povolení), pak je stavební povolení nutné, územní rozhodnutí také, pokud se nejedná o součást PSZ a stavební úřad respektuje paragraf o upuštění od územního rozhodnutí. Vodní díla povoluje speciální stavební úřad (vodoprávní) se souhlasem obecného stavebního úřadu. Podle § 55 odst. 3 zákona 254/2001 Sb. se za vodní díla nepovažují zejména jednoduchá zařízení mimo koryta vodních toků na pozemcích nebo stavbách k zachycení vody a k jejich ochraně před škodlivými účinky povrchových nebo podzemních vod, vodohospodářské úpravy. V pochybnostech o tom, zda jde o vodní dílo, rozhodne místně příslušný vodoprávní úřad (§ 55 odst. 4 zákona 254/2001 Sb.). Povinnosti vlastníka a správce upravují § 50–53 zákona 254/2001 Sb. o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon).

5.1.1 TPEO – stavby, terénní úpravy, zařízení a udržovací práce nevyžadující stavební povolení ani ohlášení

V § 103 stavebního zákona se uvádí seznam staveb, terénních úprav, zařízení a udržovacích prací, které nevyžadují stavební povolení ani ohlášení. Může se jednat o následující prvky plánu společných zařízení:

- povrchová zařízení pro rozvod nebo odvod vody na zemědělské půdě nebo na pozemcích určených k plnění funkcí lesa, nejde-li o vodní díla podle vodního zákona (příkopy, průlehy, ...),
- nádrže na vodu do 100 m³ obsahu ve vzdálenosti nejméně 50 m od budov s obytnými nebo pobytovými místnostmi, pokud nejde o vodní díla,
- opěrné zdi do výšky 1 m, které nehraničí s veřejně přístupnými pozemními komunikacemi a s veřejným prostranstvím,
- úpravy terénu, násypy a výkopy do 1,5 m výšky nebo hloubky, pokud nejsou větší než 300 m² a nehraničí s veřejnými pozemními komunikacemi a veřejnými prostranstvími (příkopy, průlehy, terénní urovnávky),
- propustky na účelových komunikacích.

5.1.2 TPEO – jednoduché stavby, terénní úpravy a zařízení vyžadující ohlášení nebo souhlas

V rámci plánu společných zařízení se navrhuje mnohá opatření, která nevyžadují stavební povolení ani ohlášení stavby nebo která nejsou považována za stavby. V

§ 104 stavebního zákona se uvádí seznam jednoduchých staveb, terénních úprav, zařízení a udržovacích prací, které vyžadují ohlášení, ale není vyžadováno stavební povolení. Může se jednat o následující prvky plánu společných zařízení:

- terénní úpravy, stavby zařízení stavenišť, stavby opěrných zdí do výšky 1 m neuvedené v § 103 stavebního zákona,
- sjezdy z pozemních komunikací na sousední nemovitosti.

Další seznam společných zařízení je uveden v § 14 vyhlášky č. 104/1997 Sb., kterou se provádí zákon č. 13/1997 Sb., o pozemních komunikacích, ve znění pozdějších předpisů (dále jen zákon o pozemních komunikacích). Ohlášení speciálnímu stavebnímu úřadu podléhají všechny práce, pokud nejsou uvedeny v § 15 vyhlášky, nedotýkají se práv třetích osob a jedná se o drobné úpravy komunikací. Speciálním stavebním úřadem pro stavby pozemních komunikací – stavby dálnic, silnic, místních komunikací a veřejně přístupných účelových komunikací, je podle § 15 stavebního zákona silniční správní úřad. Pro stavby polních cest se obvykle jedná o odbor dopravy příslušného městského úřadu s rozšířenou působností.

V zákoně č. 254/2001 Sb. (vodní zákon) je uveden seznam vodních děl, která pro svoji realizaci vyžadují souhlas speciálního stavebního úřadu – vodoprávního úřadu. Souhlas vodoprávního úřadu je třeba ke stavbám, zařízením nebo činnostem – prvkům plánu společných zařízení (u pozemkové úpravy), k nimž není třeba povolení podle vodního zákona, které však mohou ovlivnit vodní poměry, a to:

- ke stavbám a zařízením na pozemcích, na nichž se nacházejí koryta vodních toků, nebo na pozemcích sousedících, pokud tyto stavby a zařízení ovlivní vodní poměry,
- ke stavbám, k těžbě nerostů nebo k terénním úpravám v záplavových územích,
- ke stavbám ve vzdálenosti do 15 m od vzdušné paty ochranné hráze vodního toku,
- ke stavbám v ochranných pásmech vodních zdrojů.

Speciálním stavebním úřadem pro vodní díla je podle § 15 stavebního zákona vodoprávní úřad. Pro vodní díla realizovaná v rámci plánu společných zařízení se obvykle jedná o odbor životního prostředí příslušného městského úřadu s rozšířenou působností.

Z výše uvedeného textu je zřejmé, že většinou jsou stavby, terénní úpravy a další prvky plánu společných zařízení zahrnuty do stavebních objektů a kompletních staveb, které jsou projednávány ve stavebním řízení místně příslušným obecným stavebním úřadem nebo speciálním stavebním úřadem.

5.1.3 TPEO – stavby vyžadující stavební povolení

Všechny ostatní stavby kromě těch, které nevyžadují stavební povolení ani ohlášení, a těch, které vyžadují ohlášení nebo souhlas, mohou být realizovány pouze na základě

stavebního povolení. V tomto případě je nezbytné určit, zda je prvek plánu společných zařízení nebo izolované protierozní opatření stavbou. V § 2 stavebního zákona se uvádí, že „stavbou se rozumí veškerá stavební díla, která vznikají stavební nebo montážní technologií, bez zřetele na jejich stavebně technické provedení, použité stavební výrobky, materiály a konstrukce, na účel využití a dobu trvání.“ A v § 3 stavebního zákona se uvádí, že „terénní úpravou se pro účely SZ rozumí zemní práce a změny terénu, jimiž se podstatně mění vzhled prostředí nebo odtokové poměry.“

Stavební řízení a stavební povolení k vodním dílům je upraveno ve vodním zákoně. Podle § 55 a dalších jsou vodní díla stavby, které slouží ke vzdouvání a zadržování vod, umělému usměrňování odtokového režimu povrchových vod, k ochraně a užívání vod, k nakládání s vodami, ochraně před škodlivými účinky vod, k úpravě vodních poměrů nebo k jiným účelům sledovaným tímto zákonem. Z prvků plánu společných zařízení se nejčastěji jedná o hráže, vodní nádrže, stavby na ochranu před povodněmi, stavby k vodohospodářským melioracím, zavlažování a odvodňování pozemků, stavby k hrazení bystřin a strží a jiné. V § 56 vodního zákona jsou upřesněny stavby k vodohospodářským melioracím pozemků. Jedná se o stavby k závlaze a odvodnění pozemků a k ochraně pozemků před erozní činností vody.

Podrobné vymezení staveb k vodohospodářským melioracím pozemků a jejich částí a způsob a rozsah péče o ně jsou upraveny vyhláškou č. 225/2002 Sb. V souvislosti s často navrhovanými prvky plánu společných zařízení se v § 2 vyhlášky mj. uvádí, že „stavba k ochraně pozemku před erozní činností vody je stavba nebo soubor staveb, upravující sklon území nebo zachycující a odvádějící povrchovou vodu a splaveniny stékající po pozemcích nebo zvyšující infiltraci povrchové vody; je tvořena zejména protierozními příkopy, průlehy, terasami, přehrázkami nebo suchými nádržemi.“

Jedná se tedy o většinu staveb navrhovaných v rámci plánu společných opatření jako technická (stavebně technická) opatření. U takovýchto staveb je zřejmé, že budou vyžadovat stavební povolení a že speciální stavební úřad bude přezkoumávat, zda byl naplněn § 61 stavebního zákona. Dotčené orgány ve stavebním řízení přehledně sestavila Blažková (2006, 2013) v příručce dostupné i na internetu na stránkách www.uur.cz.

5.1.4 Naplnění zákonně daných požadavků

Dodržení všech zákonných podmínek pro realizaci prvků TPEO vyžaduje rozsáhlé a aktualizované znalosti legislativy. Při zajišťování povolení, rozhodnutí, souhlasů apod. je dalším úskalím nejednotná praxe obecných stavebních úřadů, speciálních stavebních úřadů a dalších správních orgánů ve výše uvedených oborech.

Proto nezbyvá, než záměr a později projektovou dokumentaci průběžně konzultovat s pracovníky místně příslušných správních úřadů, průběžně připravovat nezbytné žádosti, průběžně dokládat nezbytné přílohy a průběžně přizpůsobovat projektovou dokumentaci požadavkům správního úřadu.

U některých staveb je možno před zahájením projektové přípravy požádat krajský úřad, úřad územního plánování a obecní úřad o územně plánovací informaci o podmínkách využívání území a o podmínkách vydání potřebných souhlasů a rozhodnutí. Podobně lze postupovat podle § 15 Stavebního zákona a vyžádat si vyjádření obecního stavebního úřadu, jakým způsobem bude postupovat a jaké podklady bude ke svým rozhodnutím vyžadovat. Obě dvě popsané možnosti na urychlení a objektivizaci postupu při veřejnoprávním projednávání jednotlivých opatření navržených v rámci plánu společných zařízení lze uplatnit pouze pro pozemní stavby a některé další stavby v krajině. Obvykle tak nelze postupovat u vodních děl. A samozřejmě u všech opatření, která nepodléhají stavebnímu řízení.

5.1.5 Navrhování

Tato dílčí kapitola je pojednána velmi stručně a jejím cílem je farmáři (majiteli či uživateli zemědělskému pozemku) velmi stručně nastínit, jaké kroky je třeba podniknout v případě, že se rozhodne pro realizaci TPEO. Kroky pro vlastní návrh bude však nepochybně realizovat smluvně zajištěný projektant.

- Pokud vybudování TPEO v souladu s předchozí kapitolou vyžaduje vypracovat projekt, je třeba se řídit Stavebním zákonem 183/2006 Sb.
- Vypracovat projekt mohou pouze autorizované osoby podle § 158 Stavebního zákona.
- Počet stupňů stavební dokumentace je dán stavebním zákonem č. 183/2006 Sb.
- Dokumentace územního rozhodnutí (DÚR), prováděcí dokumentace a dokumentace skutečného provedení stavby (DSPS) je dána také stavebním zákonem.
- Stavební zákon také určuje, kdo se bude vyjadřovat k dané stavbě.
- Rozsah dokumentace se řídí vyhláškami č. 499/2006 Sb. a č. 503/2006 Sb.

5.1.6 Vlastnické vztahy

Vybudováním TPEO na původně celistvém zemědělském pozemku vznikne oddělená a většinou jinak využívaná struktura – plocha. Tuto plochu je třeba specifickým způsobem udržovat a velmi často během realizace nebo po ní dochází ke změně vlastnictví právě z důvodu jednak investování a jednak následné údržby.

Dle Stavebního zákona 183/2006 Sb. musí být vlastníkem pozemku, na kterém má vzniknout stavba, stavebník. Podmínky zaústění a vyústění odtoků jsou dány také stavebním zákonem a musí být řešeny v širších souvislostech. Z toho plyne, že nelze zaústit TPEO na cizí pozemek bez souhlasu majitele a vyústit TPEO do recipientu bez souhlasu příslušného vodoprávního úřadu. Vodoprávními úřady jsou obce, újezdní úřady na území vojenských újezdů, obecní úřady s rozšířenou přenesenou působností,

kraje a dále Ministerstvo zemědělství a Ministerstvo životního prostředí jako ústřední vodoprávní úřady v rámci svých kompetencí. Není-li vodním zákonem stanoveno jinak, vykonávají působnost vodoprávního úřadu obecní úřady s rozšířenou přenesenou působností. Kompetence k jednotlivým úkonům a působnost vodoprávních úřadů je uvedena ve Vodním zákoně č. 254/2001 Sb.

Pokud nejsou vyřešeny vlastnické vztahy v místě plánované stavby, nelze dále v záměru pokračovat.

Způsoby řešení vlastnických vztahů:

- Možnost výkupu pozemku pod stavbou – nutné je zpracovat geometrický plán a vytýčení vlastnických hranic v terénu na náklady vlastníka. Řešení může být nákladné.
- Možnost výměny pozemků – nutný je opět geometrický plán a vytýčení hranic nových pozemků v terénu na vlastní náklady vlastníka.
- Pozemkové úpravy – vyřeší se vlastnické vztahy, navrhne se optimální řešení protierozní ochrany v širších souvislostech bez finanční účasti vlastníků i uživatelů pozemků.

III. Srovnání „novosti postupů“

Prezentovaná metodika je první svého druhu v ČR. Informace v ní obsažené samy o sobě nové nejsou, novost ale spočívá v tom, že dosud neexistovala a neexistuje souborná jediná publikace, která je zaměřena na technická protierozní opatření a zahrnuje:

- jejich klasifikaci a vymezení jejich jednotlivých typů
- popis funkce jednotlivých typů opatření a jejich prvků
- způsob jejich technického návrhu a dimenzování
- metody a vzorce pro dimenzování jednotlivých prvků
- doporučení zdrojů dat pro navrhování a jasnou specifikaci návrhových hodnot

Novost proto nespočívá ve vytvoření zcela nových postupů a metod, ale v jejich úplném sestavení do systémové stručné publikace, která umožní praktickým projektantům nebo správcům území správně navrhovat a dimenzovat prvky TPEO a jejich celé systémy.

Metodika je založena na komplexním průzkumu realizovaných TPEO v české republice a nese v sobě poučení z chyb, jichž je žádoucí se vyvarovat. V popisných kapitolách proto jednak jasně specifikuje a klasifikuje jednotlivé typy ochranných opatření a jednak podrobně popisuje jejich funkci i to, jak požadovaných efektů dosáhnout.

IV. Popis uplatnění Certifikované metodiky

Metodika byla koncipována tak, aby se stala praktickou příručkou projektanta, která by mu měla poskytnout dostatek informací k tomu, aby mohl navrhovat a dimenzovat ochranná opatření vhodná pro danou lokalitu a to co nejefektivněji. Snahou autorů je, aby v ní, projektant našel všechny nezbytné informace pro návrh a dimenzování a to od jasného vymezení jednotlivých typů TPEO, přes popis jejich funkce, až po jasný a dostatečně instruktivní popis jednotlivých kroků, použitých metod a dat, nutných při navrhování a dimenzování prvků a systémů TPEO.

Předpokládá se, že příručka bude vydána v tištěné i elektronické podobě a touto cestou bude šířena mezi praktické projektanty, na Pozemkové úřady, do státní správy i samosprávy, i do vzdělávací sféry. Její propagace bude prováděna na WWW stránkách autorských pracovišť na stránkách poskytovatele (MZe ČR), Ústředního Pozemkového Úřadu ÚPÚ, případně dalších zainteresovaných organizací a profesních svazů, jako je například ČKAIT, ČSKI a v neposlední řadě při příležitosti cílených seminářů, workshopů a na tematicky blízkých konferencích.

V. Ekonomické aspekty

Prezentovaná metodika je zaměřena na navrhování opatření proti vodní erozi v krajině. Do nákladů na zavedení doporučených postupů tak nelze počítat náklady na realizaci popisovaných TPEO, ale pouze na zavedení nových postupů a informací.

Zde lze kvalifikovaně prohlásit, že se zavedením a praktickým využíváním prezentované Metodiky žádné náklady nejsou spojené. Metodika nevyžaduje pro své zavedení žádné investice, zvyšování kvalifikace, přijímání nových pracovníků.

Díky systemizaci dat a informací tak metodika pouze zlepší v současnosti používané postupy, zefektivní vlastní proces navrhování a projektování a usnadní práci jak projektantům, tak i orgánům, činným v legislativním procesu s tím spojeným, orgánům státní správy a samosprávy i správcům území, vodních toků a dalších složek krajiny.

Stejně tak v podstatě nelze reálně vyčíslit benefit pro uživatele. Ten je možno kvantifikovat jako úsporu času a tím zvýšení efektivity při navrhování a dimenzování nebo posuzování prvků TPEO. Ale není možné tuto úsporu reálně finančně ohodnotit.

Podobně, je možné s jistotou prohlásit, že díky systemizaci informací, jejich utřídění a vyhodnocení zkušeností z inventarizace všech realizovaných TPEO na území ČR poskytuje Metodika kvalitnější podklady a návody. Ty umožní navrhování lepších, efektivnějších a účinnějších prvků TPEO a jejich systémů, což v konečném důsledku bude mít výsledek ve snížení nákladů na realizaci TPEO a zvýšení jejich účinnosti. To se opět projeví v ochraně půdy a vody jako základních zdrojů a v ochraně krajinného prostoru. Všechny tyto benefity jsou sice nesporné, ale v podstatě mimoekonomické a pokus o kvantifikaci jejich finančního přínosu by hraničil se šarlatánstvím.

VI. Seznam použité související literatury

- AG Boden (1994): *Bodenkundliche Kartieranleitung* – 4. vydání. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe und Geologische Landesämter, Hannover, Bundes Republik Deutschland. 392 s.
- Bém J., Jičínský K. (1982): *Hydraulika v příkladech*. Skriptum, ediční středisko ČVUT, Praha.
- Blažková M. (2006): *Dotčené orgány v procesu územního plánování*. III. vydání, URR, Brno.
- Blažková M. (2013): *Dotčené orgány v procesu územního plánování* [online], 2013, vyd. [cit. 2013-09-16]. Dostupné na <www.urr.cz>.
- Cimpl P. a kol. (2011): *Technický standard digitální formy zpracování plánu společných zařízení v pozemkových úpravách*. MZe ČR, ÚPÚ, GEOVAP, Praha.
- ČSN 75 2410 Malé vodní nádrže
- ČSN 73 6109 Projektování polních cest
- Doležal P. a kol. (2010): *Metodický návod k provádění pozemkových úprav*. MZe ČR, ÚPÚ, Praha.
- Dumbrovský M. a kol. (2007): *Zemní terasy a možnosti jejich rekonstrukce, revitalizace a začlenění do krajiny v procesu komplexních pozemkových úprav*. Výstup projektu 1R55007 za rok 2007.
- Holý M., Váška J., Vrána K. (1989): SMODERP – simulační model povrchového odtoku a erozního procesu. *Vodní hospodářství* 10, řada A.
- Hrádek F., Kovář P. (1994): Výpočet náhradních intenzit přívalových dešťů. *Vodní hospodářství* 11, s. 49–53, ISSN 1211-0760.
- Hůla (2003)
- Janeček M. a kol. (1998): Ochrana půdy před erozí. *Sborník podkladů k projektování protierozní ochrany při komplexních pozemkových úpravách*, České Budějovice.
- Janeček M. a kol. (2005): *Ochrana zemědělské půdy před erozí*. ISV Praha.
- Janeček M. a kol. (2007): *Ochrana zemědělské půdy před erozí*. Autorizovaná metodika, VÚMOP v. v. i., Praha.
- Janeček M. a kol. (2012): *Ochrana zemědělské půdy před erozí*. Autorizovaná metodika FŽP ČZU, Praha.
- Kavka P. (2011): *Kalibrace a validace matematického modelu SMODERP*. Doktorská dizertační práce, ČVUT v Praze.
- Kavka P. (2013): *SMODERP* [online]. [cit. 2013-09-16]. Dostupné z: <<http://storm.fsv.cvut.cz/smoderp/>>.
- Kutílek M., Kuráž V., Císlarová M. (1994): *Hydropedologie*. Vydavatelství ČVUT, Praha.
- Mareš K. (1993): *Úpravy toků (navrhování koryt)*. Vydavatelství ČVUT, Praha
- Michael A., Schmidt J., Schmidt W. A. (1996): *EROSION 2D/3D, Parameter Catalog Application (2D)*. Technische Universität Bergakademie Freiberg.

- Mishra S. K., Singh V. P. (2003): *Soil Conservation Service Curve Number (SCS-CN) Methodology*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. ISBN 1-4020-1132-6.
- Novotný I. a kol. (2011): *Příručka ochrany proti vodní erozi*. MZe ČR, VÚMOP v. v. i., Praha.
- Renard K. G., Foster G. R., Weesies G. A., Porter J. P. (1991): RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation). *Journal of Soil and Water Conservation* 46 (1), s. 30–33.
- Střítecký L. a kol. (2010): *Technický standard plánu společných zařízení v pozemkových úpravách*. MZe ČR, ÚPÚ, Praha.
- Šamaj F., Valovič J., Brázdil R. (1983): *Denné úhrny zrážok s mimoriadnou vydatnosťou v ČSSR v období 1901–1980*. Sbor. prác SHMÚ, Alfa, Bratislava.
- TNV 75 2415 Suché nádrže
- Trupl J. (1958): *Intensita krátkodobých dešťů v povodích Labe, Odry a Moravy*. Výzkumný ústav vodohospodářský, Praha.
- Vaššová D., Kovář P. (2011): *Program DES_RAIN – uživatelská dokumentace, příručka*. FŽP ČZU, Praha.
- Vlasák J., Seidl M. (2010): *Katalog společných zařízení pozemkových úprav. Výstup z projektu FRVŠ* [online]. FSv ČVUT v Praze. Dostupné z: <<http://www.la-ma.cz/ksz/>>.
- von Werner M. (2006): *Erosion-3D User manual. Ver. 3.1.1*. Berlin.
- Vrána K., Dočkal M. (2008): *Suchá nádrž – posouzení efektivity. Uživatelská a technická dokumentace výpočetního software*. ČVUT v Praze.
- Vrána K. (1998): *Rybníky a účelové nádrže – příklady*. Vydavatelství ČVUT, Praha.
- Vrána K., Kavka P., Dostál T. (2011): *Simulační model povrchového odtoku a erozních procesů 5.01. Dokumentace softwaru*. FSv ČVUT v Praze.
- Wischmeier W. H. (1975): Estimating the soil loss equations cover and management factor for undisturbed lands. In: *Prospective Technology for Predicting Sediment Yields and Sources*. USDA – ARS, s. 118–125.
- Wischmeier W. H. (1976): Use and misuse of the universal soil loss equation. *Journal of Soil and Water Conservation* 17, s. 55–59.

Internetové odkazy:

- <http://storm.fsv.cvut.cz/123456.php?id=4projekty-ke-stazeni> - Numerická metoda pro posouzení efektivity suché nádrže
- <http://storm.fsv.cvut.cz/smoderp/>
- http://fzp.czu.cz/vyzkum/programs/des_rain/
- www.uur.cz
- <http://geo.kuleuven.be/geography/modelling/>
- <http://geoportal.vumop.cz>
- www.la-ma.cz/ksz/o-spolecnych-zarizenich/
- <http://kalkulacka.vumop.cz>

VII. Seznam publikací, které předcházely metodice

Dílčím způsobem prezentované metodice předcházela řada publikací, které ale nikdy neřešily celou problematiku navrhování technických protierozních opatření. Materiály buď byly zaměřeny na celkovou protierozní ochranu a v takovém případě TPEO tvořila jen menší a méně významnou část, kde jednotlivé prvky a typy opatření byly do značné míry přebírány ze zahraničních podkladů, případně se jednalo o návody, doporučení a standardy pro navrhování společných zařízení v rámci KPÚ, kde těžištěm byla část týkající se KPÚ a vlastní navrhování jednotlivých typů opatření v podstatě řešena nebyla.

Další slabinou předchozích materiálů bylo, že prvky TPEO popisovaly z hlediska funkčního, ale poskytovaly jen minimum informací o způsobu dimenzování, o metodách vhodných pro výpočet a o kritických hodnotách. Tyto metody bylo třeba hledat ve vzdáleně souvisejících materiálech z oboru navrhování malých vodních nádrží, úprav toků či teoretické hydrauliky a hydrologie.

Jednotlivá díla vznikla jako vysokoškolské učebnice, jako produkt výzkumných úkolů, nebo z potřeby různých institucí dostat do ruky specifický nástroj pro vlastní potřebu.

Jednalo se především o následující díla (která jsou rovněž citována jako zdroj informací v této metodice):

- Bém J., Jičínský K.: *Hydraulika v příkladech*, skriptum, ediční středisko ČVUT, Praha 1982
- Cimpl P. a kol.: *Technický standard digitální formy zpracování plánu společných zařízení v pozemkových úpravách*, MZe ČR, ÚPÚ, GEOVAP, Praha, 2011
- ČSN 75 2410 *Malé vodní nádrže*
- ČSN 73 6109 (736109) - *Projektování polních cest* - duben 2004
- Doležal P. a kol.: *Metodický návod k provádění pozemkových úprav*, MZe ČR, ÚPÚ, Praha, 2010
- Janeček, M. a kol., 2005: *Ochrana zemědělské půdy před erozí*. ISV Praha.
- Janeček M. a kol. – *Ochrana zemědělské půdy před erozí*, autorizovaná metodika, VÚMOP v.v.i., Praha, 2007
- Janeček M. a kol. – *Ochrana zemědělské půdy před erozí*, autorizovaná metodika FŽP ČZU., Praha, 2012
- Mareš K.: *Úpravy toků (navrhování koryt)*, vydavatelství ČVUT, Praha 1993
- Střítecký L. a kol.: *Technický standard plánu společných zařízení v pozemkových úpravách*, MZe ČR, ÚPÚ, Praha, 2010
- TNV 75 2415 *Suché nádrže*
- Vaššová D., Kovář P.: *Program DES_RAIN – uživatelská dokumentace, příručka*, FŽP ČZU, Praha, 2011

- Vlasák J., Seidl M.; Katalog společných zařízení pozemkových úprav – výstup z projektu FRVŠ: <http://www.la-ma.cz/ksz/>, FSv ČVUT v Praze, 2010
- Vrána K., 1998: Rybníky a účelové nádrže – příklady, vydavatelství ČVUT, Praha