

T A

Č R

Atlas HYDROLOGIE

moderní nástroj pro výpočet smyvu, odtoku a dimenzování prvků protierozní ochrany

Katalog biotechnických opatření pro účely programu

© ČVUT v Praze, Atlas s.r.o., Praha 2019.

Vývoj modelu byl podpořen Technologickou agenturou ČR v rámci projektu TJ01000270 s názvem „Atlas HYDROLOGIE - moderní nástroj pro výpočet smyvu, odtoku a dimenzování prvků protierozní ochrany“.

Dedikace

Katalog vznikl jako výstup projektu TJ01000270 „Atlas HYDROLOGIE - moderní nástroj pro výpočet smyvu, odtoku a dimenzování prvků protierozní ochrany“ řešeného v letech 2018 – 2019. Katalog popisuje princip návrhu vybraných prvků technických protierozních opatření. Do katalogu jsou vybrána taková protierozní opatření, při jejichž návrhu je možné s výhodou využít nový nástroj Atlas HYDROLOGIE vyvinutý v rámci řešeného projektu. Katalog je rovněž integrován do prostředí Atlas a slouží uživatelům programu při dimenzování těchto prvků. Popis prvků, jejich doporučené využití s ohledem na jejich funkci a doporučené dimenze a vlastnosti prvků odpovídají aktuálně platné Metodice navrhované technických protierozních opatření [1]

Autorský kolektiv

Ing. Barbora Jáchymová, Ph.D.¹

Ing. Luděk Strouhal, Ph.D.¹

Ing. Lenka Weyskrabová, Ph.D.¹

Ing. Petr Kavka, Ph.D.¹

Doc. Ing. Josef Krása, Ph.D.¹

Ing. Petr Křížek²

¹ České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební

² Atlas spol. s r. o.

Obsah

ÚVOD	3
VYBRANÉ TYPY TECHNICKÝCH PROTIEROZNÍCH OPATŘENÍ	4
LINIOVÉ PRVKY TPEO	4
Retenční prvky	4
Odváděcí prvky	5
RETENČNÍ VN	5
PROPUSTEK	5
KATALOG VYBRANÝCH LINIOVÝCH PRVKŮ TPEO	7
Retenční prvky	7
Odváděcí prvky	9
Literatura	15

ÚVOD

Model **Atlas HYDROLOGIE** je plně integrován do prostředí **Atlas DMT**. Uživatel má tak při práci s modelem k dispozici všechny nástroje programu Atlas pro práce s modelem terénu.

Rozšíření HYDROLOGIE je nástrojem pro navrhování především liniových prvků protierozní ochrany v krajině z hlediska dimenzování těchto prvků v rámci reálných odtokových poměrů v řešeném území. Model Atlas HYDROLOGIE představuje nástroj integrující běžně používané metody pro dimenzování kapacity liniových i dalších retenčních prvků (metoda SCS-CN) s moderním přístupem k získávání vstupních dat pro toto navrhování.

Nedílnou součástí modelu Atlas HYDROLOGIE je „**Kalkulačka biotechnických opatření**“. Tento nástroj integruje běžné postupy pro navrhování rozměrů a základních vlastností liniových prvků protierozní ochrany. Součástí tohoto nástroje je rovněž implementovaný katalog vybraných typů biotechnických opatření. Toto umožňuje uživateli snadný návrh rozměrů daného prvku s přihlédnutím na navrhovanou funkci prvku. Díky implementovanému katalogu, který vychází ze stávající Metodiky navrhování TPEO, tak může uživatel snadno navrhnout rozměry i další vlastnosti řešeného prvku tak, aby takto navržený prvek odpovídal požadovaným návrhovým parametrům vypočtených rovněž s využitím modelu Atlas HYDROLOGIE.

Katalog biotechnických opatření popisuje typy opatření, které jsou vhodné pro navrhování s využitím modelu Atlas HYDROLOGIE. V obecné části katalogu jsou stručně popsány návrhové postupy jednotlivých prvků a obecné typy prvků jsou stručně představeny. V tabulkové části katalogu jsou pak zpracovány dimenze a charakteristiky vybraných typů prvků tak, jak doporučuje platná Metodika Navrhování TPEO.

VYBRANÉ TYPY TECHNICKÝCH PROTIEROZNÍCH OPATŘENÍ

Pro implementaci do modulu Atlas HYDROLOGIE byla vybrána biotechnická opatření, která bude možné s využitím tohoto modulu navrhovat. Jedná se o liniové prvky, které jsou navrhovány v rámci modulu Atlas EROZE, protože se předpokládá propojení obou těchto modulů při navrhování biotechnických opatření tj., že budou navržené přerušující prvky v modulu EROZE dále dimenzovány s využitím modulu HYDROLOGIE. Dále je zde uvedena možnost orientačního návrhu sedimentační vodní nádrže a výpočtu parametrů pro dimenzování propustku.

Při sestavování katalogu biotechnických opatření pro Atlas HYDROLOGIE byla využita Metodika navrhování technických protierozních opatření [1].

LINIOVÉ PRVKY TPEO

Obecně lze tato technická protierozní opatření rozdělit do dvou kategorií z hlediska jejich základní funkce. První skupinu tvoří opatření s retenční funkcí, která slouží k zachycení vody spolu s erodovaným materiálem a následně umožňují vsáknutí této vody v prvku.

Druhou skupinu pak tvoří prvky, u kterých se předpokládá proudění vody za účelem jejího odvedení do dalšího navazujícího prvku nebo do recipientu.

Z hlediska technických parametrů samotných liniových objektů rozlišujeme dva typy objektů – příkop a průleh.

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. 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. Detailní popis tohoto typu liniového opatření je uveden v metodice [1].

Protierozní průleh je prvek s hlavní funkcí přerušení délky svahu zachycením vody s jejím neškodným odvedením nebo zasáknutím. Svou funkcí je 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. Detailní popis tohoto typu liniového opatření je uveden v metodice [1].

Retenční prvky

Jedná se o liniové protierozní prvky, jejichž hlavní funkcí je zachycení vody a umožnění jejího dalšího zasáknutí. Z tohoto důvodu je klíčovým parametrem retenčních prvků objem daného prvku, který je nutné dimenzovat tak, aby byl schopen pojmout návrhové množství vody (dle příslušného povodí a návrhové srážky).

Objem prvku lze stanovit dle vztahu:

$$V = (b \cdot h + m \cdot h^2) \cdot l$$

Kde:

b – šířka dna prvku [m]

h – hloubka prvku [m]

m – sklon svahu [1:x]

l – délka prvku [m]

Odváděcí prvky

Jedná se o liniové protierozní prvky, jejichž hlavní funkcí je odvedení vody do dalšího navazujícího prvku nebo do recipientu. Z tohoto důvodu je klíčovým parametrem odváděcích prvků průtok, který je prvek schopen převést. (dle příslušného povodí a návrhové srážky).

Kapacitní průtok lze stanovit dle následujících vztahů:

$$Q = S \cdot \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

S - plocha průřezu [m²]

n – Manningův součinitel drsnosti [-]

R – hydraulický poloměr [S/O]

I – sklon prvku [-]

$$S = b \cdot h + m \cdot h^2$$

b – šířka dna prvku [m]

h – hloubka prvku [m]

m – sklon svahu [1:x]

$$O = b + 2 \cdot h \cdot (1 + m^2)^{1/2}$$

O – omočený obvod [m]

b – šířka dna prvku [m]

h – hloubka prvku [m]

m – sklon svahu [1:x]

RETENČNÍ VN

Atlas HYDROLOGIE lze využít rovněž jako pomocný nástroj pro dimenzování retenčních protierozních prvků – např. sedimentačních jímek. Nad digitálním modelem terénu je možné pomocí příslušných nástrojů vygenerovat odtokovou oblast k předpokládanému uzávěrovému profilu navrhovaného retenčního prvku. Pro tuto oblast je pak možné stanovit celkový objem odtoku pro vybranou srážko-odtokovou událost.

Pro detailní dimenzování retenčního prvku na takto stanovený návrhový objem odtoku je pak třeba využít odpovídajících metodických postupů a postupovat dle příslušných norem [2], [3].

PROPUSTEK

Obdobně jako v případě dimenzování malých vodních nádrží a sedimentačních jímek lze Atlas HYDROLOGIE využít jako pomocný nástroj pro dimenzování propustků. Nad digitálním modelem

terénu je možné pomocí příslušných nástrojů vygenerovat odtokovou oblast k předpokládanému umístění propustku. Pro tuto oblast je pak možné stanovit kulminační průtok pro vybranou srážko-odtokovou událost.

Pro detailní dimenzování propustku na takto stanovený návrhový průtok je pak třeba využít odpovídajících metodických postupů a postupovat dle příslušných norem [4].

KATALOG VYBRANÝCH LINIOVÝCH PRVKŮ TPEO

Retenční prvky

Protierozní vsakovací příkop		
Popis opatření		Vsakovací příkop je veden přísně vrstevnicově. Funkční objektu 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. <i>(detailní popis včetně fotodokumentace je uveden v metodice Navrhování technických protierozních opatření [1])</i>
Umístění na pozemku		v pozemky / nad pozemkem
Sklon pozemku		> 10%
Návrhová veličina		objem odtoku
Tvar profilu		lichoběžník
Doporučený rozsah rozměrů a typ opevnění dle metodiky [X]	Šířka dna [m]	> 0,6
	Hloubka [m]	0,6 - 1,0
	Sklon svahů	1:1,15 - 1:2
	Opevnění	TTP / polovegetační tvárnice

Protierozní vsakovací průleh		
Popis opatření		<p>Vsakovací průleh je veden přísně vrstevnicově. Funkcí objektu 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.</p> <p>Z uvedeného důvodu lze tento typ opatření doporučit jen ve výjimečných případech.</p> <p><i>(detailní popis včetně fotodokumentace je uveden v metodice Navrhování technických protierozních opatření [1])</i></p>
Umístění na pozemku		v pozemky / nad pozemkem
Sklon pozemku		< 10%
Návrhová veličina		objem odtoku
Tvar profilu		lichoběžník / trojúhelník
Doporučený rozsah rozměrů a typ opevnění dle metodiky [X]	Sklon svahů	1:5 - 1:10
	Opevnění	TTP / polovegetační tvárnice

Odváděcí prvky

Protierozní záchytný příkop		
Popis opatření		Záchytný příkop 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. <i>(detailní popis včetně fotodokumentace je uveden v metodice Navrhování technických protierozních opatření [1])</i>
Umístění na pozemku		nad pozemkem
Sklon pozemku		> 10%
Návrhová veličina		kulminační průtok
Tvar profilu		lichoběžník
Doporučený rozsah rozměrů a typ opevnění dle metodiky [X]	Šířka dna [m]	0,3 - 0,6
	Hloubka [m]	0,6 - 1,2
	Sklon svahů	1:1,15 - 1:2
	Opevnění	TTP / polovegetační tvárnice / betonové žlabovky

Protierozní sběrný příkop		
Popis opatření		<p>Sběrný příkop 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. 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.</p> <p><i>(detailní popis včetně fotodokumentace je uveden v metodice Navrhování technických protierozních opatření [1])</i></p>
Umístění na pozemku		v pozemku
Sklon pozemku		> 10%
Návrhová veličina		kulminační průtok
Tvar profilu		lichoběžník
Doporučený rozsah rozměrů a typ opevnění dle metodiky [X]	Šířka dna [m]	0,3 - 0,6
	Hloubka [m]	0,6 - 1,2
	Sklon svahů	1:1,15 - 1:2
	Opevnění	TTP / polovegetační tvárnice / betonové žlabovky

Protierozní svodný příkop		
Popis opatření		<p>Svodný příkop 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 tvárnicemi. 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 mělčí 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 zaústěovaných 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).</p> <p><i>(detailní popis včetně fotodokumentace je uveden v metodice Navrhování technických protierozních opatření [1])</i></p>
Umístění na pozemku		odvádí vodu do recipientu
Sklon pozemku		> 10%
Návrhová veličina		kulminační průtok
Tvar profilu		lichoběžník
Doporučený rozsah rozměrů a typ opevnění dle metodiky [X]	Šířka dna [m]	0,3 - 0,6
	Hloubka [m]	0,6 - 1,2
	Sklon svahů	1:1,15 - 1:2
	Opevnění	TTP / polovegetační tvárnice / betonové žlabovky

Protierozní záchytný průleh			
Popis opatření	Popis opatření	Průleh záchytný 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 průlehu je zachytit povrchový odtok z plochy a odvést ho mimo řešený pozemek. Dimenze průlehu umožňují přejezd zemědělské techniky. <i>(detailní popis včetně fotodokumentace je uveden v metodice Navrhování technických protierozních opatření [1])</i>	
Umístění na pozemku	Umístění na pozemku	nad pozemkem	
Sklon pozemku	Sklon pozemku	< 10%	
Návrhová veličina	Návrhová veličina	kulminační průtok	
Tvar profilu	Tvar profilu	lichoběžník / trojúhelník	
Doporučený rozsah rozměrů a typ opevnění dle metodiky [X]	Doporučený rozsah rozměrů a typ opevnění dle metodiky [X]	Sklon svahů	1:5 - 1:10
		Opevnění	TTP / polovegetační tvárnice

Protierozní sběrný průleh			
Popis opatření	Popis opatření	<p>Průleh sběrný 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 průlehu, je preferováno, aby sběrné průlehy byly nepevněné – z důvodu snadnější údržby a nižší ceny realizace. Jsou-li sběrné průlehy 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. Dimenze průlehu umožňují přejezd zemědělské techniky.</p> <p><i>(detailní popis včetně fotodokumentace je uveden v metodice Navrhování technických protierozních opatření [1])</i></p>	
Umístění na pozemku	Umístění na pozemku	v pozemku	
Sklon pozemku	Sklon pozemku	< 10%	
Návrhová veličina	Návrhová veličina	kulminační průtok	
Tvar profilu	Tvar profilu	lichoběžník / trojúhelník	
Doporučený rozsah rozměrů a typ opevnění dle metodiky [X]	Doporučený rozsah rozměrů a typ opevnění dle metodiky [X]	Sklon svahů	1:5 - 1:10
		Opevnění	TTP / polovegetační tvárnice

Protierozní svodný průleh			
Popis opatření	Popis opatření	<p>Průleh svodný je recipientem průlehů 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 průlehu svodného může být zaústěno i několik průlehů sběrných nebo záchytných, jeho dimenze je proto zpravidla větší. Díky většímu sklonu jsou průlehy svodné prakticky vždy opevněny. Dimenze průlehu umožňují přejezd zemědělské techniky. V praxi se z výše uvedených důvodů pro svodnou funkci využívá spíše svodných příkopů.</p> <p><i>(detailní popis včetně fotodokumentace je uveden v metodice Navrhování technických protierozních opatření [1])</i></p>	
Umístění na pozemku	Umístění na pozemku	odvádí vodu do recipientu	
Sklon pozemku	Sklon pozemku	< 10%	
Návrhová veličina	Návrhová veličina	kulminační průtok	
Tvar profilu	Tvar profilu	lichoběžník / trojúhelník	
Doporučený rozsah rozměrů a typ opevnění dle metodiky [X]	Doporučený rozsah rozměrů a typ opevnění dle metodiky [X]	Sklon svahů	1:5 - 1:10
		Opevnění	TTP / polovegetační tvárnice

Literatura

- [1] Kadlec a kol., Navrhování technických protierozních opatření, certifikovaná metodika, VÚMOP v.v.i., Praha 2014
- [2] TNV 75 2415 Suché nádrže
- [3] ČSN 75 2410 Malé vodní nádrže
- [4] Balvín a kol., Hydraulické posouzení propustků, certifikovaná metodika, Praha 2016