Základní odvození vztahů povrchových procesů v modelu SMODERP vychází z rovnice kontinuity a rovnice pohybové na základě kinematického principu s využitím experimentálních měření. Základní bilanční rovnice lze zapsat ve tvaru.

$$\frac{\mathrm{d}S}{\mathrm{d}t} = I_t - O_t \tag{1}$$

Celkový přítok (I_t) odtokové množství [m] (O) Obecnou rovnici je možné přepsat ve výškách hladin resp. objemů na dané ploše konkrétního elementu ve tvaru:

$$QnutnodoplnitKuba \tag{2}$$

I_t

Srážka je zdrojem a příčinou celého erozního procesu. Vzhledem k tomu, že se jedná o epizodní model je srážka zadávána v podobě konkrétní nebo návrhové srážky. Model počítá s vlivem intercepce, tedy že určitá část srážky bude zachycena rostlinami díky potenciální intercepci Potencionální intercepce. Míra zachycení v každém výpočtovém čase je definována pomocí poměrné plochy listové Poměrná plocha listová například **?**.

Část, která zůstane v časovém kroku na rostlinách v daném časovém kroku Časový krok [s], se dá vyjádřit jako násobek srážky a poměrné plochy listové:

$$I_{veg} = P_{\Delta t} I_{LAI} \tag{3}$$

Z tohoto vztahu vyplývá, že efektivní srážku lze vyjádřit:

$$I_N = P_{\Delta t}(1 - I_{LAI)} \tag{4}$$

Výše uvedený vztah platí až do vyčerpání potenciální intercepce, pak veškerá voda dopadá na půdní povrch.

$$\sum_{\Delta t=0}^{N} I_{POT} \leq P_I \tag{5}$$

P! (**P!**) O Po dosažení potenciální intercepce již nejsou rostliny schopny zadržovat další část srážky, a proto veškerá srážka je efektivní srážkou:

Infiltrace

V modelu je použita v současné době rovnice infiltrace podel Philipa (?) v následujícím tvaru:

$$I_{nf} = \frac{S_i T^{-1/2}}{2} + \frac{K_i}{\Delta t} \tag{6}$$

Philipova rovnice byla zvolena především z důvodu relativně malého počtu nutných vstupních parametrů. Autoři modelu si byli vědomi omezení použití Philipovy rovnice vyplývající z podmínek, za kterých byla odvozena. Možné odchylky způsobené volbou této rovnice odpovídají odchylkám v heterogenitě půdy a kvalitě ostatních vstupů, na jejichž základě model pracuje.

V případě, že je infiltrace větší než srážka tak veškerá voda infiltruje do půdy

Plošný odtok

Rovnice plošného odtoku vychází z kinematického přístupu k řešení pohybové rovnice.

$$q_{sur} = ah^b \tag{7}$$

Její odvození je provedeno na základě měření viz **??** se zařazením plošného drsnostního součinitele podle Maninga pak přechází na tvar

$$q_{sur}[m^3/s] = Ah^b_{sur} \Rightarrow \frac{1}{n} a h^X_{sur} i^Y_0 \tag{8}$$

ověřit sklon v %

Parametry a a **b** jsou ovozeny na základě měření, viz kapitola **??**. Z vyhodnocení vyplývá, že parametr b je závislý pouze na půdním druhu. Parametr a je závislý nejen na půdním druhu, ale také na sklonu svahu.
paragraphOdtokové množství Z vypočteného průtoku, velikosti řešeného elementu a délky časového zle pak spočítat objem odtoku, které vstupuje do výsledné rovice bilance (2).

$$O_{sur_{i,t}}[m^3] = \Delta t q_{sur} \tag{9}$$

Pro posouzení erozní ohroženosti a pro výpočet vzniku rýh je v každém elementu vypočítávána rychlost a tečné napětí

Výpočet rychlosti vychází zpětně z výpočtu průtoku za předpokladu a výšky hladiny za předpokladu, že se jedná a proudění vody o malé hloubce.

$$v_{sur} = \frac{q_{sur}}{h_{sur}} \tag{10}$$

Tečné napětí dále využívané v modelu pak uvažuje výpočet tak jak jej uvádí například (?).

$$\tau = \rho g h_{sur} i_0 K \tag{11}$$

Vypočítaná rychlost a tangenciální napětí jsou v případě posuzování erozní ohroženosti porovnávány s limitními hodnotami krajních nevymílacích rychlostí a tangenciálních napětí pro jednotlivé půdní druhy v závislosti na druhu vegetace (?) a jsou uvedeny v tabulce ?? . V literatuře se setkáme i s odlišnými hodnotami. Například M. A. Velikanov stanovil krajní nevymílající rychlost pro půdy 0,24 ms^{-1} (?), což je hodnota nižší, než kterou stanovila E. Dýrová.

Soustředěný odtok v rýhách

Výpočet soustředěného odtoku implementovaný do modelu SMODERP vychází z několika pědpokladů:

- zavedení stejných zjednodušujících předpokladů výpočtu proudění obdobně jako v případě výpočtu plošného odtoku. Nejedná o výpočet proudění v malé hloubce, ale předpokladem je že se v jednotlivých elemetech v relativně malých časových krocích jedná o rovnoměrné ustálené proudění. Při rovnoměrném proudění se předpokládá sklon dna i_0 rovný sklonu hladiny a shodná drsnost v celé délce elementu. Při stejném průřezu je hloubka konstantní, takže hladina probíhá rovnoběžně se dnem. Průtok Q (m^3/s) je vyjádřen použitím Chézyho rovnice.
- soustředěný odtok vniká v elementech, kde dojde k překročení kritických hodnot tečného napětí ?? nebo rychlostí ??. Objem vzniklé rýhy odpovídá nadkritickému množství vody.

$$V_{rill} = V_{tot} - V_{crit} = (h_{sur} - h_{crit}) A_{el} \tag{12}$$

- do výpočtu je zaveden jako zjednodušující předpoklad, že rýha má obdélníkový tvar v konstantním poměru hloubky a šířky tzv. *rillrario*. Rozměry rýhy nejsou známy, protože rozměr rýhy se dynamicky mění v závislosti na množství vody během simulace. Omočený obvod je pak možné převést podle následujícího vztahu 8.

$$R = \frac{S}{O} = \frac{h_{rill} b_{rill}}{b_{rill} + 2h} = \frac{b_{rill} rill_{ratio}}{2 rill_{ratio} + 1} \tag{13}$$

- v případě poklesu objemu vody v rýze si rýha zachovává svůj maximální tvar.

Pro výpočet je pak možné využít Chézyho rovnici v základním tavru:

$$Q = vA = CA\sqrt{Ri_0} \tag{14}$$

Rychlostní součinitel C ($m^{0.5}/s$) závisí na drsnosti stěn koryta a na vegetačním krytu. Počítá se z empirických výrazů v modelu byl zvolena Manningova rovnice, kdy výpočet rychlosti proudění je pak:

$$v = \frac{1}{n}R^{2/3}i_0^{1/2} \tag{15}$$

Dosazením do rovnice 9 se dostane

$$Q = \frac{A}{1}nR_h^{2/3}i_0^{1/2} \tag{16}$$

kde R (m) je hydraulický poloměr

Poměr šířky a výšky je ve skriptu uložen jako parametr, který je možné v případě potřeby změnit. Objem rýhy je Stanovením poměru se získá jedna z neznámých b nebo y. Tu zbývající neznámou je možné získat díky znalosti objemu vody v jedné buňce v daném časovém kroku. Objem je dán ze vztahu

$$V = byl \tag{17}$$

kde l (m) je délka rýhy v buňce.

Stanovení rozměrů rýhy

Při tvorbě rýh u simulace odtoku bylo uvažováno pro zjednodušení obdélníkové koryto o hloubce y, šířce b.

Průtočný průřez S se vypočte

$$S = by \tag{18}$$

Omočený obvod O

$$O = b + 2y \tag{19}$$

Rovnici 11 je také možné zapsat ve tvaru

$$Q = \frac{\left(\frac{S}{O}\right)^{1/6}}{n}S\sqrt{\frac{S}{O}i_0} \tag{20}$$

Rychlost proudění v rýze se vypočte podle základního vztahu pro průtok

$$v = \frac{Q}{S} = \frac{Q * l}{V} \tag{21}$$

kde V je objem vody, l je délka úseku v buňce.

Ppoznámka nebo to dát do diskuse k článku.

- Výsledný tvar blíží Maningově rovnici

$$Q = \frac{A}{1} n R_h^{2/3} S^{1/2} \tag{22}$$

- Přesněji pro tvar této rovnice pro plošný odtok, kdy se předpokládá proudění vody o malé hloubce a tvar koryta je nahrazen jeho šířkou. Rovnice má pak tvar:

$$Q = \frac{1}{n} h^{2/3} S^{1/2} \tag{23}$$

- Že může být jiná rce infiltrace.
- tvar rýhy - výzkum funkce?
- jen jedna přímá rýha

a Parametr MKWA

A Plocha $[m^2]$

b Parametr MKWA

b_{rill} Šířka rýhy $[m]$

$P_{\Delta t}$ Efektivní srážka $[m]$

$\mathbf{\Delta t}$ Časový krok $[s]$

I_t efektivní srážka $[m]$

h_{crit} Kritická hloubka $[m]$

h_{rill} Hloubka rýhy $[m]$

h_{sur} Hloubka povrchového odtoku $[m]$

K_i Nasycená hydraulická vodivost $[ms^{-1}]$

i Řešenený element

I_{nf} Infiltrované množství $[m]$

I_t Celkový přítok

K K součinitel šířky (pro plošný odtok K = 1)

I_{LAI} Poměrná plocha listová

$MKWA$ Modifikovaná rovnice kinematické vlny

n Mannigův součinitel drsnosti

I_N Efektivní srážka

O odtokové množství [m]

O_{rill} Objem odtoku - rýhový odtok $[m^3]$

O_{rill} Objem odtoku - rýhový odtok $[m^3]$

O_{sur} Objem odtoku - plošný odtok $[m^3]$

I_{POT} Potencionální intercepce

Q Průtok $[m^3 s^{-1}]$

q Průtok

Q_{rill} Průtok v rýhách $[m^3 s^{-1}]$

Q_{sur} Průtok plošný $[m^3 s^{-1}]$

Q_t Celkový odtok

R_h Hydraulický poloměr

$R2$ Koeficient determinace

ρ tíhové zrychlení $[ms^{-1}]$

$rill_{ratio}$ Parametr tvaru rýhy [-]

i_0 Sklon[-]

S_i Sorptivita půdy $[ms^{\frac{1}{2}}]$

t časový krok$[s]$

τ Tečné napětí $[Pa]$

V_{crit} Objem vody do kritické hladiny $[m^3]$

v_{rill} Rychlost proudění - rýhový odtok $[ms^{-1}]$

V_{rill} Objem vody v rýze v daném elementu $[m^3]$

v_{sur} Rychlost proudění - plošný odtok $[ms^{-1}]$

V_{tot} Celkový objem vody v elementu $[m^3]$

X Parametr MKWA

Y Parametr MKWA