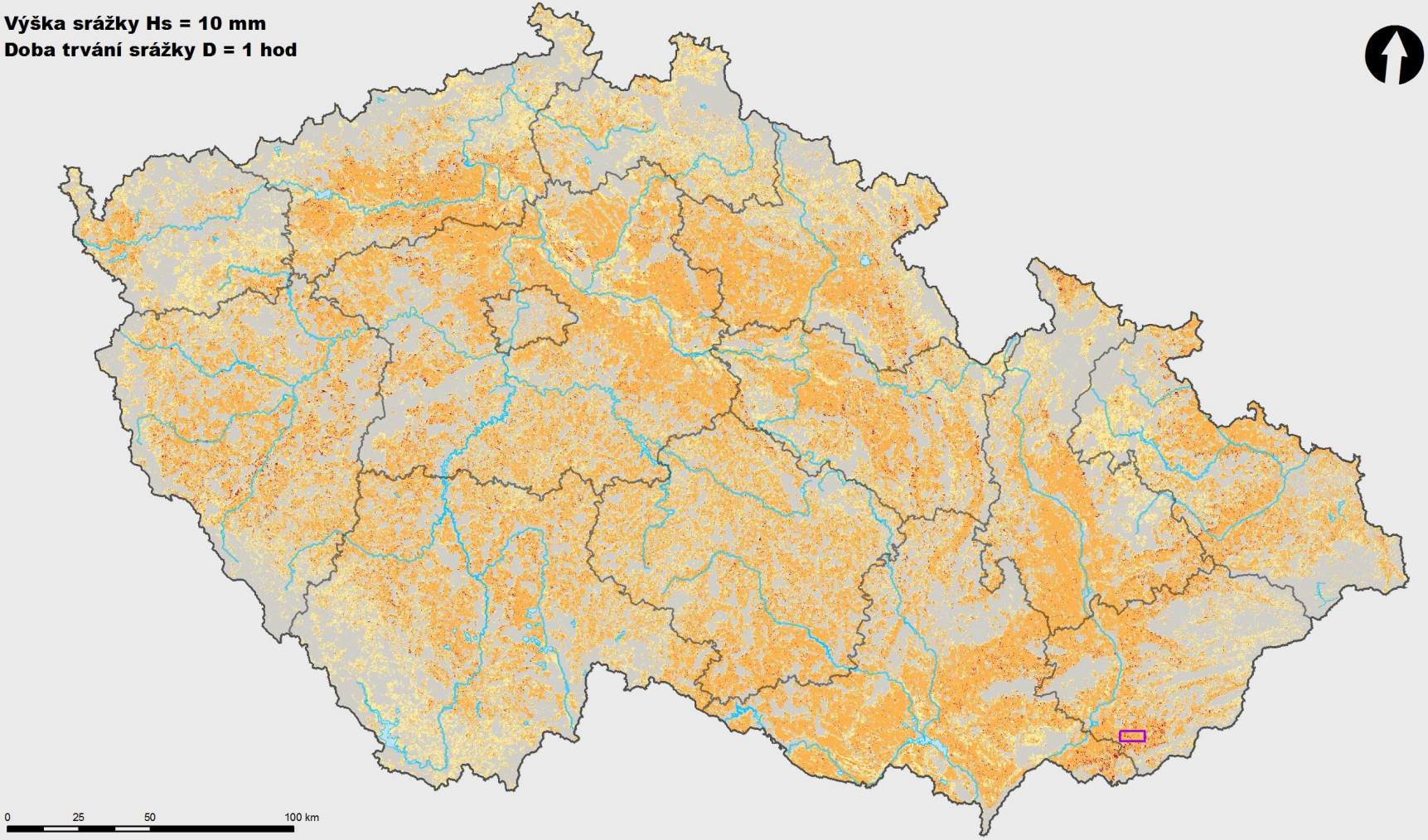
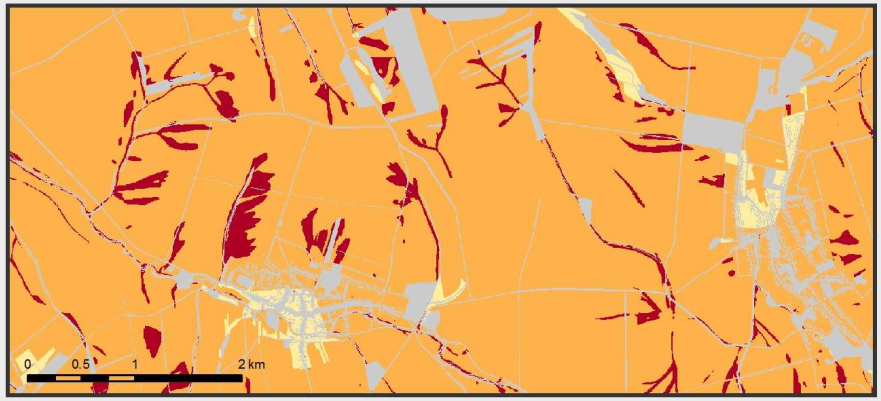
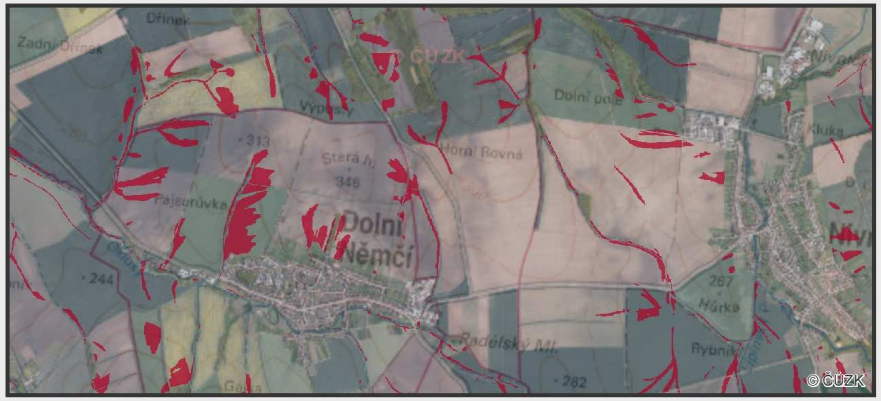
KLASIFIKACE ÚZEMÍ ČR Z HLEDISKA POTENCIÁLNÍHO VZNIKU EROZNÍCH UDÁLOSTÍ

Výška srážky Hs = 10 mm
Doba trvání srážky D = 1 hod



DETAIL MAPY





Klasifikace území ČR z hlediska potencionálního vzniku erozních událostí

Klasifikace území z hlediska potenciálního vzniku erozních událostí je vyhodnocena modelem vycházejícím z teoretických východisek „nevymílajícího tangenciálního napětí vody“ vzájemně porovnaného s „měrnou tíhou vody“. Principy byly aplikovány pomocí rastrových analýz do řešení v elementární ploše, kterou je v tomto případě pixel s rozlišení 5 x 5 m. Mapa představuje třídy překročení pro situaci, kdy jsou zemědělské pozemky bez porostu – tedy erozně nejohroženější.

Třídy ploch potencionálního vzniku erozních událostí

- Plochy eroze
- Plochy bez eroze
- Plochy bez odtoku
- Plochy mimo ZPF

- Hranice státu
- Hranice krajů
- Vodní plochy
- Vybrané řeky
- Výřez detailu

Specializovaná mapa byla vytvořena za finanční podpory z programu aplikovaného výzkumu Ministerstva zemědělství v rámci výzkumného projektu NAZV č. QK1720289 – „Vývoj automatizovaného nástroje pro optimalizaci monitoringu eroze zemědělské půdy pomocí distančních metod“.

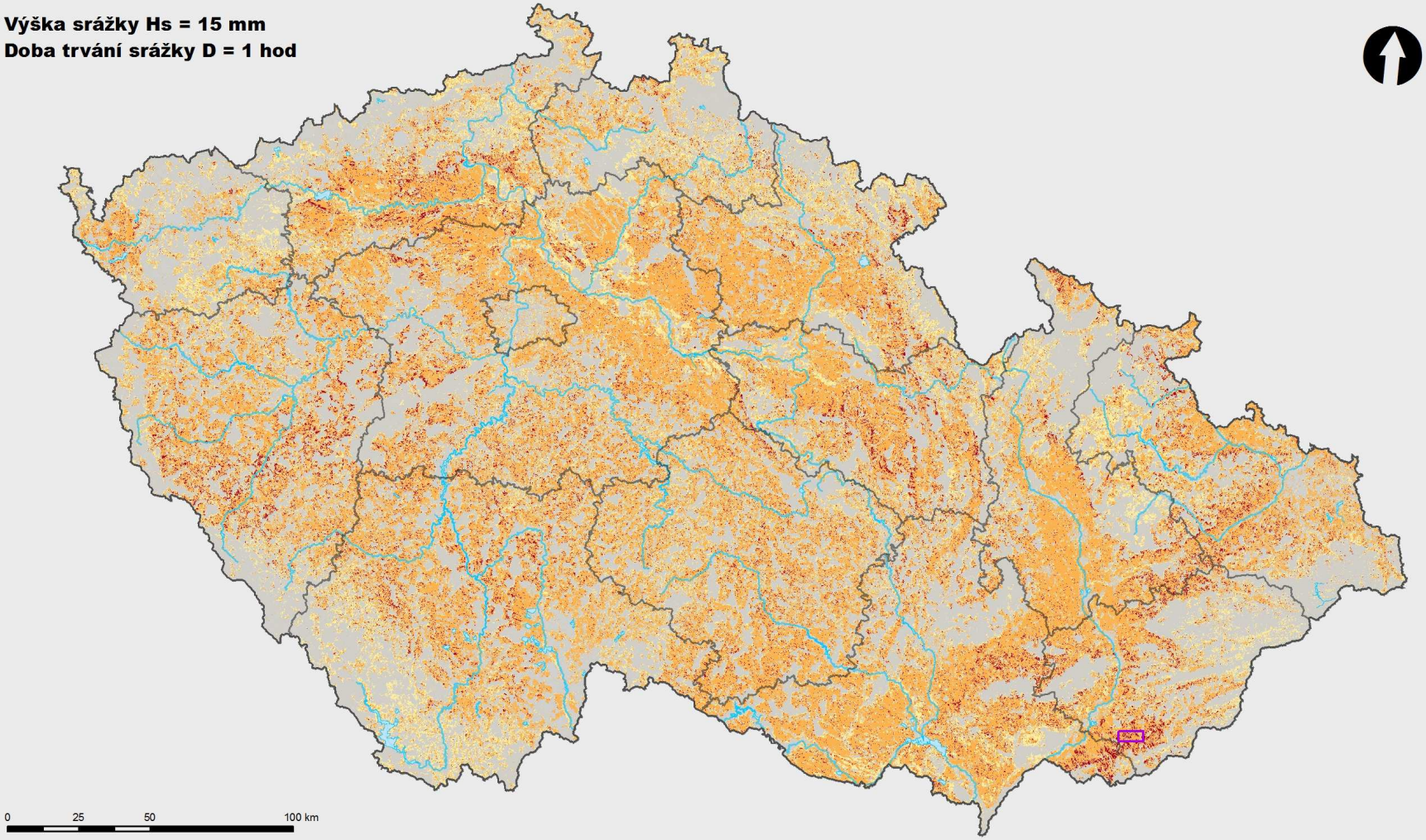
podkladová data: *© ČÚZK 2018*
software: *ArcGIS 10.4*

Kapička, J., Petrus, D., Žížala, D., Beitlerová, H., Lang, J., Novotný, I.

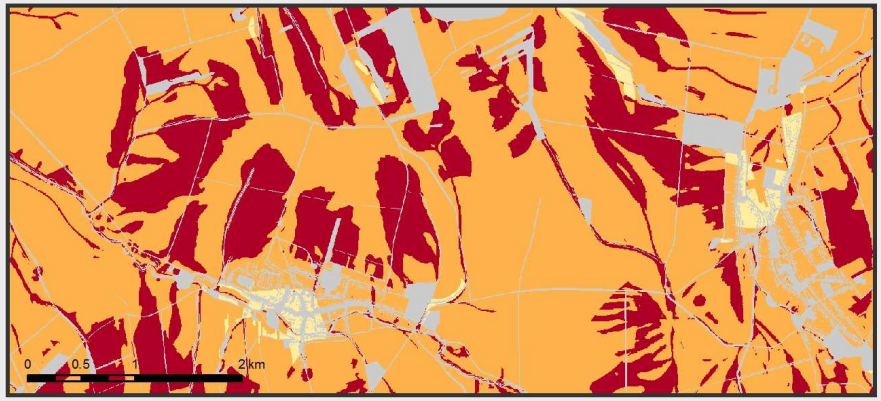
© Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i.

KLASIFIKACE ÚZEMÍ ČR Z HLEDISKA POTENCIÁLNÍHO VZNIKU EROZNÍCH UDÁLOSTÍ

Výška srážky Hs = 15 mm
Doba trvání srážky D = 1 hod



DETAIL MAPY



Klasifikace území ČR z hlediska potencionálního vzniku erozních událostí

Klasifikace území z hlediska potenciálního vzniku erozních událostí je vyhodnocena modelem vycházejícím z teoretických východisek „nevymílajícího tangenciálního napětí vody“ vzájemně porovnaného s „měrnou tíhou vody“. Principy byly aplikovány pomocí rastrových analýz do řešení v elementární ploše, kterou je v tomto případě pixel s rozlišení 5 x 5 m. Mapa představuje třídy překročení pro situaci, kdy jsou zemědělské pozemky bez porostu – tedy erozně nejohroženější.

Třídy ploch potencionálního vzniku erozních událostí

- Plochy eroze
- Plochy bez eroze
- Plochy bez odtoku
- Plochy mimo ZPF

- Hranice státu
- Hranice krajů
- Vodní plochy
- Vybrané řeky
- Výřez detailu

Specializovaná mapa byla vytvořena za finanční podpory z programu aplikovaného výzkumu Ministerstva zemědělství v rámci výzkumného projektu NAZV č. QK1720289 – „Vývoj automatizovaného nástroje pro optimalizaci monitoringu eroze zemědělské půdy pomocí distančních metod“.

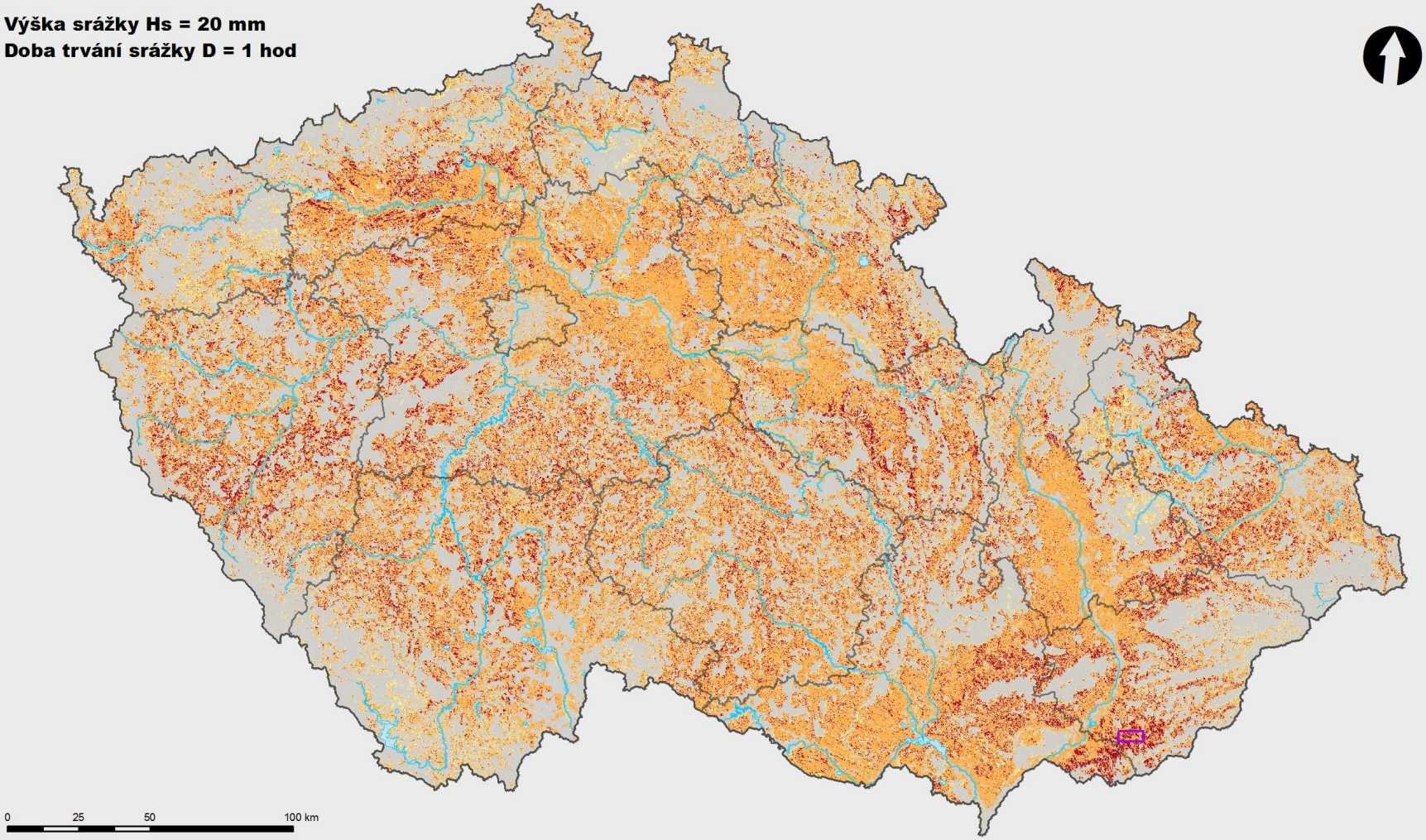
podkladová data: *© ČÚZK 2018*
software: *ArcGIS 10.4*

Kapička, J., Petrus, D., Žížala, D., Beitlerová, H., Lang, J., Novotný, I.

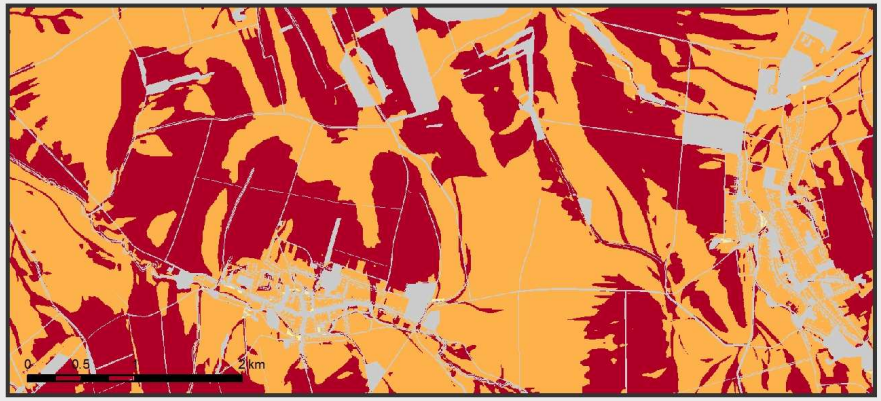
© Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i.

KLASIFIKACE ÚZEMÍ ČR Z HLEDISKA POTENCIÁLNÍHO VZNIKU EROZNÍCH UDÁLOSTÍ

Výška srážky Hs = 20 mm
Doba trvání srážky D = 1 hod



DETAIL MAPY



Klasifikace území ČR z hlediska potencionálního vzniku erozních událostí

Klasifikace území z hlediska potenciálního vzniku erozních událostí je vyhodnocena modelem vycházejícím z teoretických východisek „nevymílajícího tangenciálního napětí vody“ vzájemně porovnaného s „měrnou tíhou vody“. Principy byly aplikovány pomocí rastrových analýz do řešení v elementární ploše, kterou je v tomto případě pixel s rozlišení 5 x 5 m. Mapa představuje třídy překročení pro situaci, kdy jsou zemědělské pozemky bez porostu – tedy erozně nejohroženější.

Třídy ploch potencionálního vzniku erozních událostí

- Plochy eroze
- Plochy bez eroze
- Plochy bez odtoku
- Plochy mimo ZPF

- Hranice státu
- Hranice krajů
- Vodní plochy
- Vybrané řeky
- Výřez detailu

Specializovaná mapa byla vytvořena za finanční podpory z programu aplikovaného výzkumu Ministerstva zemědělství v rámci výzkumného projektu NAZV č. QK1720289 – „Vývoj automatizovaného nástroje pro optimalizaci monitoringu eroze zemědělské půdy pomocí distančních metod“.

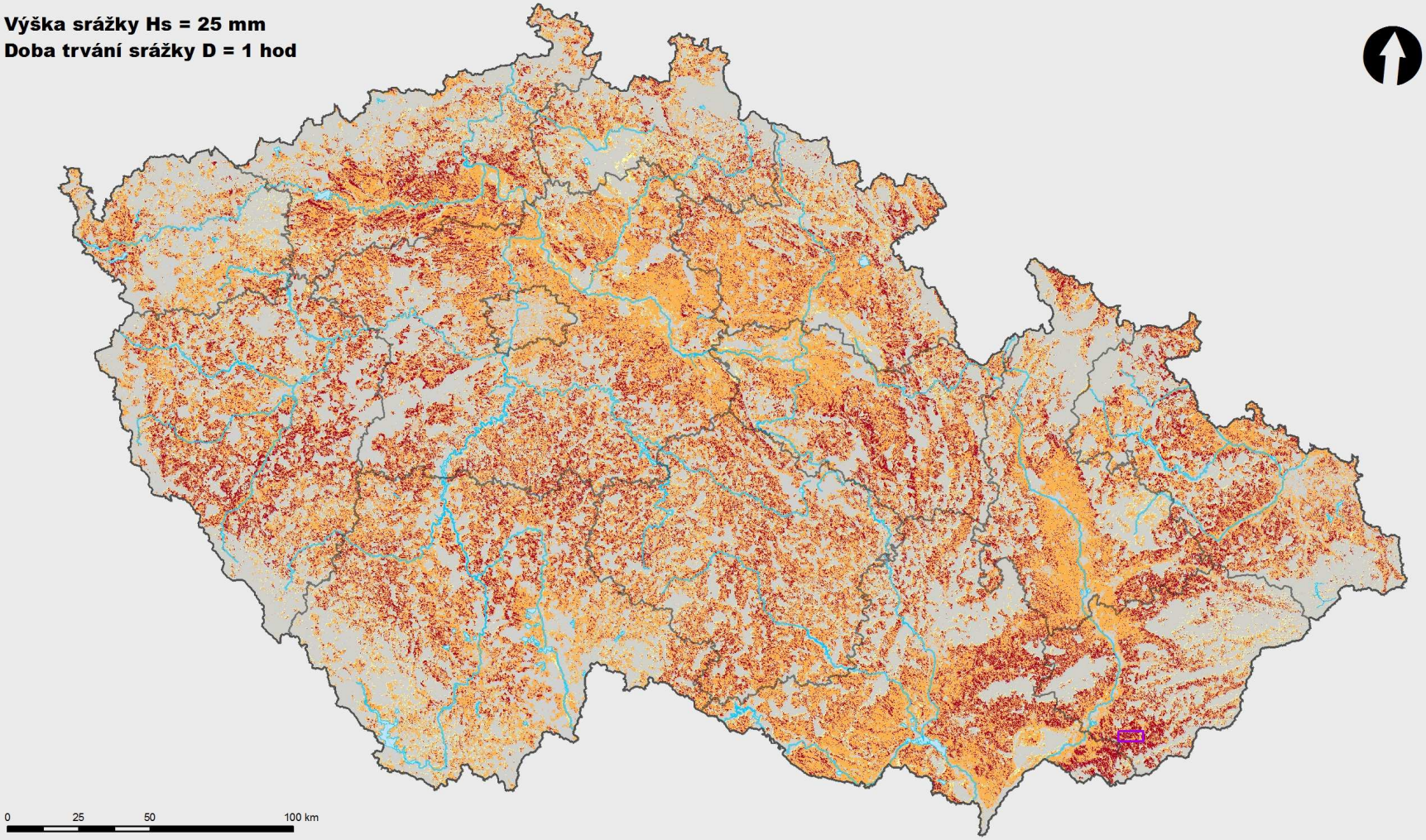
podkladová data: *© ČÚZK 2018*
software: *ArcGIS 10.4*

Kapička, J., Petrus, D., Žížala, D., Beitlerová, H., Lang, J., Novotný, I.

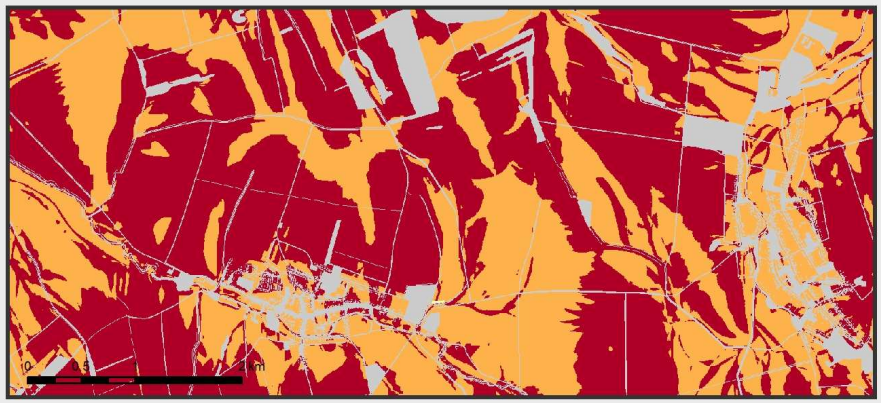
© Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i.

KLASIFIKACE ÚZEMÍ ČR Z HLEDISKA POTENCIÁLNÍHO VZNIKU EROZNÍCH UDÁLOSTÍ

Výška srážky Hs = 25 mm
Doba trvání srážky D = 1 hod



DETAIL MAPY



Klasifikace území ČR z hlediska potencionálního vzniku erozních událostí

Klasifikace území z hlediska potenciálního vzniku erozních událostí je vyhodnocena modelem vycházejícím z teoretických východisek „nevymílajícího tangenciálního napětí vody“ vzájemně porovnaného s „měrnou tíhou vody“. Principy byly aplikovány pomocí rastrových analýz do řešení v elementární ploše, kterou je v tomto případě pixel s rozlišení 5 x 5 m. Mapa představuje třídy překročení pro situaci, kdy jsou zemědělské pozemky bez porostu – tedy erozně nejohroženější.

Třídy ploch potencionálního vzniku erozních událostí

- Plochy eroze
- Plochy bez eroze
- Plochy bez odtoku
- Plochy mimo ZPF

- Hranice státu
- Hranice krajů
- Vodní plochy
- Vybrané řeky
- Výřez detailu

Specializovaná mapa byla vytvořena za finanční podpory z programu aplikovaného výzkumu Ministerstva zemědělství v rámci výzkumného projektu NAZV č. QK1720289 – „Vývoj automatizovaného nástroje pro optimalizaci monitoringu eroze zemědělské půdy pomocí distančních metod“.

podkladová data:
© ČÚZK 2018

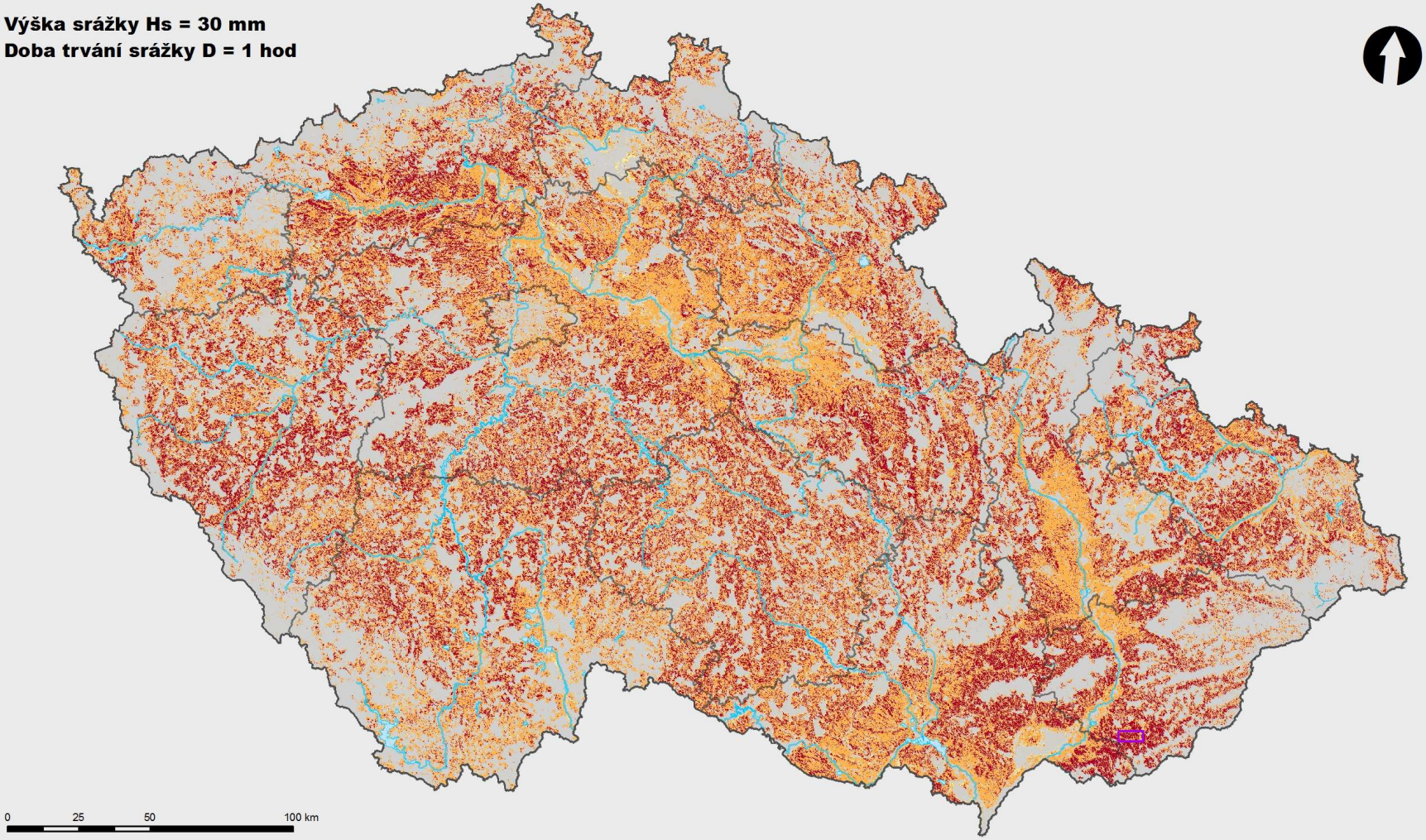
software:
ArcGIS 10.4

Kapička, J., Petrus, D., Žížala, D., Beitlerová, H., Lang, J., Novotný, I.

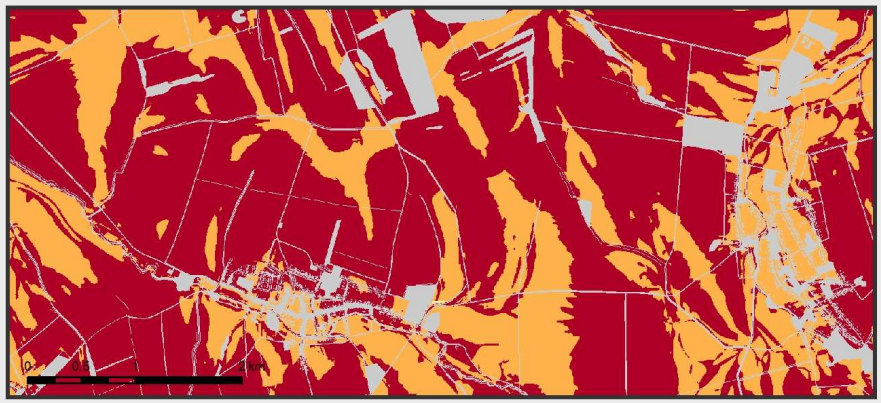
© Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i.

KLASIFIKACE ÚZEMÍ ČR Z HLEDISKA POTENCIÁLNÍHO VZNIKU EROZNÍCH UDÁLOSTÍ

Výška srážky Hs = 30 mm
Doba trvání srážky D = 1 hod



DETAIL MAPY



Klasifikace území ČR z hlediska potencionálního vzniku erozních událostí

Klasifikace území z hlediska potenciálního vzniku erozních událostí je vyhodnocena modelem vycházejícím z teoretických východisek „nevymílajícího tangenciálního napětí vody“ vzájemně porovnaného s „měrnou tíhou vody“. Principy byly aplikovány pomocí rastrových analýz do řešení v elementární ploše, kterou je v tomto případě pixel s rozlišení 5 x 5 m. Mapa představuje třídy překročení pro situaci, kdy jsou zemědělské pozemky bez porostu – tedy erozně nejohroženější.

Třídy ploch potencionálního vzniku erozních událostí

- Plochy eroze
- Plochy bez eroze
- Plochy bez odtoku
- Plochy mimo ZPF

- Hranice státu
- Hranice krajů
- Vodní plochy
- Vybrané řeky
- Výřez detailu

Specializovaná mapa byla vytvořena za finanční podpory z programu aplikovaného výzkumu Ministerstva zemědělství v rámci výzkumného projektu NAZV č. QK1720289 – „Vývoj automatizovaného nástroje pro optimalizaci monitoringu eroze zemědělské půdy pomocí distančních metod“.

podkladová data: *© ČÚZK 2018*
software: *ArcGIS 10.4*

Kapička, J., Petrus, D., Žížala, D., Beitlerová, H., Lang, J., Novotný, I.

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

METODIKA

K posouzení výsledku

Nmap – Specializovaná mapa s odborným obsahem

v souladu s podmínkami „Metodiky hodnocení výzkumných organizací a programů účelové podpory výzkumu, vývoje a inovací schválené usnesením vlády dne 8. února 2017 č. 107 a její samostatné přílohy č. 4 schválené usnesením vlády dne 29. listopadu 2017 č. 837“

Výsledek vznikl v rámci výzkumného projektu NAZV č. QK1720289 – „Vývoj automatizovaného nástroje pro optimalizaci monitoringu eroze zemědělské půdy pomocí distančních metod“.

Název výsledku:

Klasifikace území ČR z hlediska potencionálního vzniku erozních událostí

Autorský kolektiv: Kapička Jiří, Petrus David, Žížala Daniel, Beitlerová Hana, Lang Jan, Novotný Ivan

Organizace: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i., Praha 5 - Zbraslav

1. ÚVOD:

Hodnocení erozní ohroženosti je v ČR prováděno pomocí metody USLE - Univerzální rovnice pro výpočet průměrné dlouhodobé ztráty půdy erozí (Wishmeier, Smith 1978), která se běžně doporučuje pro výpočet průměrné dlouhodobé ztráty půdy (G) jak u nás, tak v zahraničí. Výhodou této metody je soulad s dosavadní praxí (ČSN 75 4500 Protierozní ochrana zemědělské půdy, metodika navrhování KoPÚ, stanovení DZES 5 atd.) a komplexní přístup. Rovnici nelze používat pro období kratší než jeden rok a pro zjišťování ztráty půdy erozí z jednotlivých srážek nebo z tání sněhu, k tomuto účelu jsou určeny epizodní modely, které jsou výrazně složitější. Pro municipality a státní samosprávu je však důležité identifkovat lokality a srážkové epizody, pro které existuje riziko vzniku erozní události. Právě toto riziko bylo identifikováno dle dále popsané metodiky a prostorově vyjádřeno v mapě. Potenciál ke vzniku erozních událostí byl identifikován pro různé výšky srážky s dobou trvání 1 hod za situace, kdy jsou zemědělské pozemky bez porostu – tedy erozně nejohroženější.

Rozsah využití mapy je pro všechny Pověřené pracovníky Monitoringu eroze zemědělské půdy, Státního pozemkového úřadu. Rozsah mapy je celorepublikový a umožňuje tak využití i pro všechny místní samosprávy v ČR. Mezi předpokládané přínosy mapy patří zejména optimalizace postupů prováděných v rámci Monitoringu eroze zemědělské půdy. Mapa může být využita i v oblasti krizového plánovaní místních samospráv.

2. METODIKA

Předkládané mapy „Klasifikace území ČR z hlediska potencionálního vzniku erozních událostí“ jsou interpretace výsledků modelu navrženého v rámci výzkumného projektu NAZV č. QK1720289 – „Vývoj automatizovaného nástroje pro optimalizaci monitoringu eroze zemědělské půdy pomocí distančních metod“. Pro tvorbu souboru map byl model spuštěn s různými variantami parametrů. Základním předpokladem pro tvorbu souboru map byl stav zemědělských pozemků, který byl uvažován v erozně nejnáchylnějším období, tedy ve stavu tzv. „holé půdy“. Jednotlivé mapy byly sestaveny pro různou výšku srážky (10, 15, 20, 25, 30 mm) s dobou trvání 1 hod.

2.1. Principy využitého modelu

Základní fyzikální principy modelu vycházejí z teoretických východisek „nevymílajícího tangenciálního napětí vody“ vzájemně porovnaného s „měrnou tíhou vody“, které popisuje např. Dýrová (1988), Morgan (2005) nebo Dumbrovský (2013). Tyto principy byly aplikovány pomocí rastrových analýz do řešení v elementární ploše, kterou je v tomto případě pixel s rozlišením 5 x 5 m.

Výstupy modelu jsou určeny na základě několika kroků výpočtů. A to je:

- Výpočet výšky přímého odtoku
- Výpočet kulminačního průtoku
- Výpočet výšky odtoku v kulminaci
- Výpočet tangenciálního napětí

Výpočet výšky přímého odtoku

Metoda čísel odtokových křivek (CN) publikovaná The Soil Conservation Service (SCS) umožňuje určit objem odtoku jako funkci objemu spadlé srážky, infiltračních vlastností, využití území a předchozího nasycení. Objem odtoku je určen dle následujících rovnic.

$$S = 25{,}4 * \left(\frac{1000}{CN} - 10\right) \qquad [1]$$

kde:

S – potenciální retence [mm]

CN – číslo odtokové křivky [-]

$$H_o = \frac{(H_s - 0{,}2 * S)^2}{H_s + 0{,}8 * S} \qquad [2]$$

kde:

H_o – výška odtoku [mm]

H_s – výška srážky [mm]

Je tedy uvažováno, že odtok začíná po počáteční ztrátě, která je součtem intercepce, infiltrace a povrchové retence. Na základě experimentálních měření je doporučováno uvažovat počáteční ztrátu 20 % potenciální retence, tedy

$$I_a = 0{,}2 * S \qquad [3]$$

kde:

I_a – počáteční ztráta [mm]

Z těchto předpokladů tedy plyne, že povrchový odtok nastane, pouze pokud je splněna následující podmínka:

$$H_s > 0{,}2 * S \qquad [4]$$

V případě nesplnění této podmínky nenastane povrchový odtok, a tudíž jsou výsledky rovnic neplatné a nedají se použít.

Výpočet kulminačního průtoku

Graf odtoku za čas v daném uzávěrovém profilu elementární plochy se nazývá hydrogram. Pro výpočet maximálních hodnot průtoku bylo navrženo mnoho metod. Jednou z nich je metoda jednotkového hydrogramu. Jednotkový hydrogram umožňuje popsat část odtokové odezvy libovolného povodí, která je tvořena přímím odtokem. Jedním z důvodů jeho odvození je předpoklad, že každé povodí je jedinečné svým hydrologickým systémem, a proto má vlastní způsob, jak vytváří odtok (Sherman, 1932). Jednou z nejsilnějších vlastností jednotkového hydrogramu je umožnění odhadnout hydrogram přímého odtoku povodí při znalosti jednotkového hydrogramu daného povodí v situacích, kdy je dané povodí zatíženo libovolným efektivním deštěm s různým celkovým objemem distribuovaným v čase (Máca, 2010).

V modelu pro výpočet odtokových charakteristik a zejména maximálního odtoku byl využit trojúhelníkový hydrogram. Jeho principy původně publikoval Snider (1971) a dále Woodward (2007) v National Engineering Handbook (kapitola 16, Hydrogramy). Metody určení hydrologických charakteristik publikoval Kent (1971) a dále Woodward (2010) v National Engineering Handbook (kapitola 15, Doba koncentrace). Konkrétně byly použity rovnice.

Pomocí rovnice [5] je vypočtena délka odtoku, která je závislá na ploše zájmového území

kde:

$$l = 209 * (A \,/\, 0{,}404)^{0.6} \qquad [5]$$

l – délka odtoku [m]

A – plocha povodí [ha]

Dále je možné určit dobu koncentrace T_c, což je doba potřebná, aby z hydraulicky nejvzdálenějšího bodu zájmového povodí dotekl povrchové odtok do uzávěrového profilu.

$$T_c = \frac{l^{0.6} * (S+1)^{0.7}}{1140 * Y^{0.5}} \qquad [6]$$

kde:

T_c – doba koncentrace [h]

Y – sklon povodí [%]

Na dobu koncentrace je přímo navázána doba zdržení L, která je vyjádřena rovnicí [7] (Mockus 1957, Simas 1996).

$$L = 0{,}6 * T_c \qquad [7]$$

kde:

L – doba zdržení [h]

Jakmile je známa doba zdržení L, můžeme při znalosti délky trvání deště spočítat dobu, za kterou bude povrchový odtok v uzávěrovém profilu kulminovat (Rovnice [8]).

$$T_p = \frac{\Delta D}{2} + L \qquad [8]$$

kde:

T_p – čas kulminace [h]

D – doba trvání srážky [h]

Dále je možno podle rovnice [9] určit maximální objem povrchového odtoku při jeho kulminaci v uzávěrovém profilu.

$$q_p = \frac{484 * (A\ /\ 259) * (H_o\ /\ 25{,}4)}{T_p} * \ 0.028317 \qquad [9]$$

kde:

q_p – kulminační průtok [m^3/s]

Výpočet výšky odtoku v kulminaci

Z rovnice kontinuity lze pro jednotkovou průtočnou plochu vyjádřit výšku odtoku v době kulminace.

$$q_p = S_p * v \qquad [10]$$

kde:

S_p – průtočný průřez [m^2]

v – rychlost [m.s^{-1}]

Pokud rychlost protékající vody vyjádříme z Chézyho rovnice

$$v = C * \sqrt{R * i} \qquad [11]$$

kde:

i – sklon [-]

R – hydraulický poloměr [m]

C – Chézyho rychlostní součinitel [m^{0,5}.s^{-1}]

$$C = \frac{1}{n} * \ R^{\frac{1}{6}} \qquad [12]$$

kde:

n – Manningův drsnostní součinitel [-]

Pro malé hloubky proudění lze uvažovat, že $R \approx H_o$, tedy hydraulický poloměr je roven výšce odtoku. Pak

$$v = \frac{1}{n} * H_{op}^{\frac{2}{3}} * i^{\frac{1}{2}} \qquad [13]$$

kde:

H_{op} – výška odtoku v kulminaci [mm]

Dosazením do rovnice kontinuity [10] při uvažování jednotkového průtočného průřezu, čili $S_p = H_{op}$ získáme vztah

$$q_p = \frac{1}{n} * H_{op}^{\frac{5}{3}} * i^{\frac{1}{2}} \qquad [14]$$

ze kterého můžeme vyjádřit výšku přímého odtoku v době maximálního průtoku

$$H_{op} = \left(\frac{q_p * n}{i^{\frac{1}{2}}}\right)^{\frac{3}{5}} \qquad [15]$$

Výpočet tangenciálního napětí

Tangenciální napětí je určeno z výrazu, který uvádí Dýrová (1988).

$$\tau = H_{op} * \rho * g * i^{\frac{3}{5}} \qquad [16]$$

2.2.1 Běh modelu v rastru

Z výše uvedeného popisu problematiky je patrná závislost velikosti maximálního průtoku respektive výšky maximálního odtoku, respektive hodnot tečného napětí na velikosti elementární plochy a její sklonitosti. Analýzou digitálního modelu terénu lze vyjádřit počet pixelů resp. plochu přitékající do každého pixelu, tzv. Flow Acumulation. Tento rastr lze použít na specifikaci jednotlivých „subpovodí“ pixel po pixelu. Rastr je schopen určit směr odtoku na základě digitálního modlu terénu a zároveň i plochu, která do daného pixelu přitéká z ostatních pixelů v opačném směru k odtoku. Dále je k modelování potřeba rastrová vrstva sklonu.

Díky této rastrové analýze lze tak v ploše vyjádřit velikost tečného napětí τ. Hodnota tečného napětí je pak pomocí mapové algebry porovnána s hodnotou maximálního tečného napětí, které bylo určeno dle Agregované vrstvy půdní zrnitosti (KPP) (VÚMOP, v.v.i., 2008). Místa, kde dochází k překročení maximálního tečného napětí, jsou identifikována, jako místa kde dochází k erozním procesům.

Maximální tečné napětí bylo určeno dle Dýrové (1971) publikované ve Dvořák a Novák (1994) a uvádí jej následující tabulka.

Tabulka 1 Hodnoty maximální tečného napětí dle Dýrová, 1971 in Dvořák, Novák, 1994

Půdy	**Maximální tečné napětí τ_k [Pa]**
Písčitohlinité půdy	2,5
Hlinité, jílovitohlinité půdy	3,8
Hlinitopísčité půdy	6,6
Jílovité půdy	10,9
Strukturní půdy (hlinitopísčité)	19,5

2.2. Vstupní data

K dosažení požadovaných výsledků modelu bylo třeba pro celou ČR zajistit hodnoty CN pro zemědělskou půdu ve stavu bez pokryvu. Jako vstupy do modelu (bezešvá vrstva CN) byly využity dílčí výsledky projektu Potenciální retence zemědělské půdy v ČR (Beitlerová a kol., 2017). V souladu s doporučeními v literatuře byl uvažován index předchozích srážek II.

Manningův drsnostní součinitel *n* byl uvažován pro Úhor bez posklizňových zbytků, tj. hodnota 0,03

Model byl spuštěn pro úhrny srážek H_s = 10, 15, 20, 25 a 30 mm s totožnou dobou trvání D = 1 hod

2.3. Výstupy

Výstupem modelu pro srážku s dobou trvání D = 1 hod a různé výšky srážek (H_s [mm]) je identifikace těchto kategorií ploch:

a) plochy, kde není splněna podmínka rovnice [4], tedy plochy na kterých nedochází při dané srážce k odtoku (v legendě označeny – *Plochy bez odtoku*)
b) plochy, na kterých dochází k odtoku vody, ale nedochází k uvolňování půdního zrna – nedochází k erozi (v legendě označeny – Plochy *bez eroze*)
c) plochy, na kterých dochází k odtoku vody a zároveň dochází k uvolňování půdního zrna – dochází k erozi (v legendě označeny – *Plochy eroze*)

3. PŘÍLOHY

Mapa 1: Klasifikace území ČR z hlediska potencionálního vzniku erozních událostí, Hs = 10 mm, D = 1 hod

Mapa 2: Klasifikace území ČR z hlediska potencionálního vzniku erozních událostí, Hs = 15 mm, D = 1 hod

Mapa 3: Klasifikace území ČR z hlediska potencionálního vzniku erozních událostí, Hs = 20 mm, D = 1 hod

Mapa 4: Klasifikace území ČR z hlediska potencionálního vzniku erozních událostí, Hs = 25 mm, D = 1 hod

Mapa 5: Klasifikace území ČR z hlediska potencionálního vzniku erozních událostí, Hs = 30 mm, D = 1 hod

4. LITERATURA

BEITLEROVÁ, H., NOVOTNÝ, I., LANG, J., KAPIČKA, J., ŽÍŽALA, D. (2017): Potenciální retence půdy v ČR dle metody CN křivek. Specializovaná mapa vytvořena v rámci programu aplikovaného výzkumu Ministerstvem zemědělství (QK1720289)

DÝROVÁ, E. (1988): Ochrana a organizace povodí. Návody ke komplexnímu projektu, výběrovému předmětu a diplomnímu semináře. Brno: VUT v Brně, 1988. 190 s. 55-615-88.

DUMBROVSKÝ, M. (2013): Nepříznivé důsledky povrchového odtoku a jejich eliminace v procesu pozemkových úprav, VUTIUM, ISBN 8021446994

DUMBROVSKÝ, M., SOBOTKOVÁ, V., PAVLÍK, F., UHROVÁ, J. (2011): Objemová kvantifikace erozních rýh v povodí Šardického potoka. Littera Scripta, 2011, roč. 4, č. 1, s. 145{154. ISSN 1802-503X

DVOŘÁK, L., NOVÁK, L. (eds.) (1994): Chapter 4 Analysis of Erosion: Developments in Soil Science, Elsevier, Volume 23, 1994, Pages 81-100, ISSN 0166-2481, ISBN 9780444987921

MÁCA, P. (2010): Jednotkový hydrogram. Česká zemědělská univerzita v Praze ve Výzkumném ústavu vodohospodářském T. G. Masaryka, v. v. i., Praha 2010, ISBN 978-80-87402-05-4

MOCKUS, V. (1957): Use of storm and watershed characteristics in synthetic hydrograph analysis and application. Paper presented at the annual meeting of AGU Pacific Southwest Region

MORGAN, R. C. P (2005): Soil erosion and conservation, Third edition. Blackwell Publishing, ISBN 1-4051-1781-8

SIMAS, M. (1996): Lag time characteristics in small watersheds in the United States. A dissertation submitted to School of Renewable Natural Resources, University of Arizona, Tucson, AZ.

United States, Department of Agriculture, Soil Convervation Service (2010): National engineering handbook. Part 630, Section 4: Hydrology. Chapter 15: Time of concentracion.

United States, Department of Agriculture, Soil Convervation Service (2007): National engineering handbook. Part 630, Section 4: Hydrology. Chapter 16: Hydrographs.

SHERMAN, L. K., (1932): Streamflow from rainfall by unit-graph method. Engineering News Records, 108, p. 501 – 505

WISCHMEIER, W. H., SMITH, D. D. (1978): Predicting Rainfall Erosion Losses: A Guide to Conservation Planning. Science, US Department of Agriculture Handbook, No. 537, Washington DC.