Erozní ohroženost Rtyně v Podkrkonoší

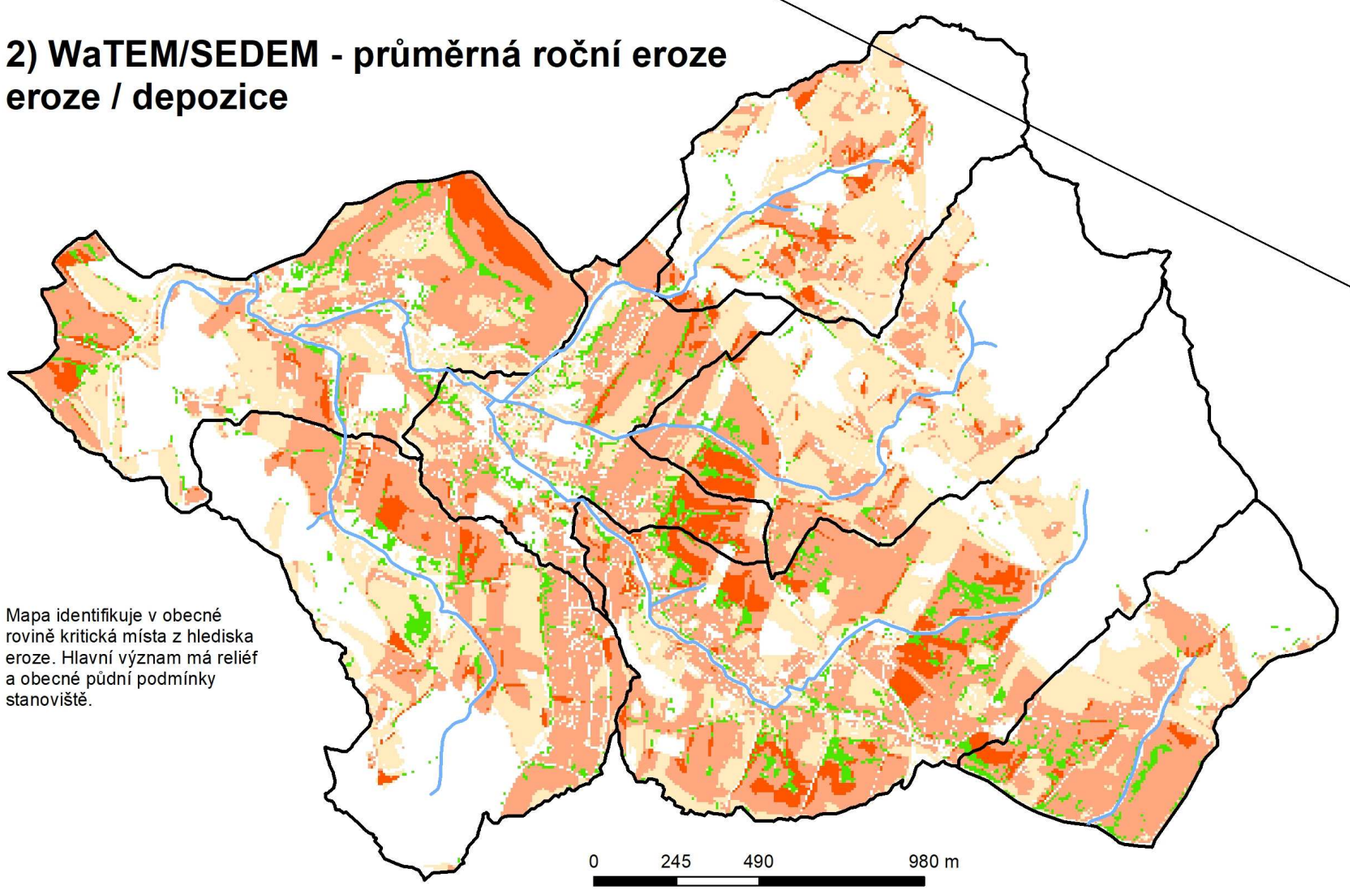
pohledem epizodního a dlouhodobého modelu

Erozní ohroženost obce Rtyně v Podkrkonoší vyjádřená dlouhodobým modelem WaTEM / SEDEM a epizodním modelem EROSION 3D. Mapa demonstruje odlišné způsoby hodnocení vodní eroze - vyjádření průměrné roční ztráty půdy a erozních následků konkrétní příčinné srážky. Dále demonstruje využití epizodního modelování při posuzování erozní ohroženosti a tvorbě návrhů protierozní ochrany

1) EROSION 3D - reálná srážková událost
eroze / depozice

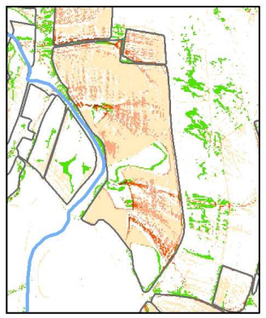
Mapa identifikuje erozní účinnost konkrétní příčinné srážky. Kromě srážky je možné simulovat aktuální stav vegetace, aplikované zemědělské operace a půdoochranné technlogie a předchozí nasycení půdy.

2) WaTEM/SEDEM - průměrná roční eroze
eroze / depozice

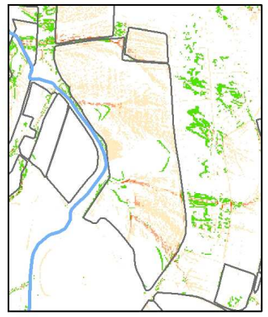


Mapa identifikuje v obecné rovině kritická místa z hlediska eroze. Hlavní význam má reliéf a obecné půdní podmínky stanoviště.

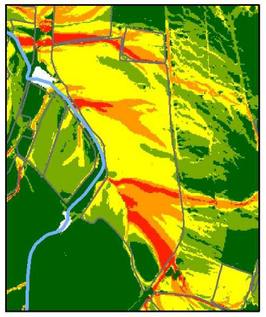
3) reálný stav kukuřice, srážka N2



5) vliv plodiny pšenice, srážka N2



7) transportovaný sediment



4) vliv srážky kukuřice, srážka N10

6) povrchový odtok

8) vliv TPEO na přerušení transportu

Specializovaná mapa byla vytvořena za finanční podpory z programu aplikovaného výzkumu Ministerstva zemědělství na období 2017 - 2025, ZEMĚ v rámci projektu QK1810341 „Vytvoření národní databáze parametrů matematického simulačního modelu Erosion 3D a jeho standardizace pro rutinní využití v podmínkách ČR“

vodní tok
TPEO
povodí
díl půdního bloku

mapy 1 - 5
eroze / depozice [t/ha]
- eroze > 250
- eroze 25 - 250
- eroze 2.5 - 25
- eroze 0.1 - 2.5
- zanedbatelná eroze
- depozice

mapa 6
povrchový odtok [m^3/m]
- < 1
- 1 - 5
- 5 - 10
- 10 - 50
- > 50

mapy 7 - 8
transportovaný sediment [t/m]
- < 1
- 1 - 10
- 10 - 100
- 100 - 1000
- > 1 000

Stehlík M., Beitlerová H., Devátý J., Pavel M., Kapička J., Dostál T.
© SWECO Hydroprojekt, a. s., © Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i., © ČVÚT v Praze

SWECO

METODIKA

K posouzení výsledku

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 **QK1810341** „Vytvoření národní databáze parametrů matematického simulačního modelu Erosion 3D a jeho standardizace pro rutinní využití v podmínkách ČR“

Název výsledku:

Erozní ohroženost Rtyně v Podkrkonoší pohledem epizodního a dlouhodobého modelu

Autorský kolektiv: Stehlík Martin, Beitlerová Hana, Devátý Jan, Pavel Martin, Kapička Jiří, Dostál Tomáš

Organizace:

SWECO Hydroprojekt, a. s.

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

ČVÚT v Praze

1 Úvod

Mapa zobrazuje erozní ohroženost obce Rtyně v Podkrkonoší, která je pravidelně postihována erozními událostmi na orné půdě. Od roku 2013 zde bylo hlášeno 23 událostí v databázi Monitoringu eroze zemědělské půdy. Primárním účelem mapy je na příkladu této obce demonstrovat možnosti využití epizodního modelování při posuzování erozní ohroženosti. Dnes jedinou široce využívanou metodou pro hodnocení erozní ohroženosti v ČR je empiricky založená Univerzální rovnice ztráty půdy USLE (či revidovaná rovnice RUSLE), jejímž výsledkem je roční průměrná ztráta půdy. Eroze je však procesem čistě epizodním, úzce spjatým s konkrétní příčinnou srážkou, aktuálním stavem půdy a vývojovou fází plodiny. Dlouhodobé modely založené na metodě USLE nedokáží odpovědět na otázky, které jsou zásadní při projektování protierozních opatření – na jak velkou srážku opatření dimenzovat, či které jsou vznášeny při soudních sporech – bylo možné erozi při dané srážce zabránit, či šlo o extrémní událost bez zavinění hospodařícího subjektu? Snahou autorského týmu mapy je vytvořit v Čechách podmínky pro rutinní využití fyzikálně založeného epizodního modelování, aby bylo možné vyhodnocovat:

- komplexní proces eroze se všemi jeho třemi složkami – eroze, transport a sedimentace půdních částic
- míru erozního smyvu způsobenou reálnou srážkovou událostí při aktuálním stavu pozemku
- optimální protierozní opatření na požadovanou návrhovou srážku
- vliv různého managementu hospodaření na ztrátu půdy
- vliv zemědělství na znečištění vodních toků a zanášení vodních děl

Silným nástrojem, který je schopen podávat požadované výsledky, je u nás již dlouho testovaný a v menším měřítku využívaný model Erosion 3D. Jeho výhodnou je, že byl vyvíjen v Sasku, tedy v podobných klimatických a půdních podmínkách, jako jsou u nás a je tak ideálním nástrojem, na kterém lze založit v Čechách epizodní modelování vodní eroze.

Předkládaná mapa si klade za cíl demonstrovat možnosti využití modelu Erosion 3D v porovnání s u nás nejvyužívanějším dlouhodobým modelem založeným na metodě RUSLE WaTEM/SEDEM. Mapa je určená především pro odborníky ze státní správy a vědecké sféry,

potenciálním uživatelům modelu Erosion 3D, potenciálním klientům zpracování posudků erozního ohrožení a odborníkům, kteří se věnují metodické a legislativní činnosti v problematice eroze půdy. Jedná se tedy o příslušná pracoviště Státního pozemkového úřadu a Ministerstva zemědělství, projektové kanceláře, zemědělské podniky, fyzické osoby či zástupce obcí poškozených vodní erozí a univerzitní a výzkumná pracoviště.

Hlavní přínos mapy pro uživatele je informativní a vzdělávací, má ho informovat o možnostech hodnocení erozní ohroženosti různými přístupy, potenciálu epizodního modelování, a usnadnit mu rozhodování při výběru modelu pro jeho potřebu či při specifikaci žádosti o zpracování erozního posudku třetí stranou.

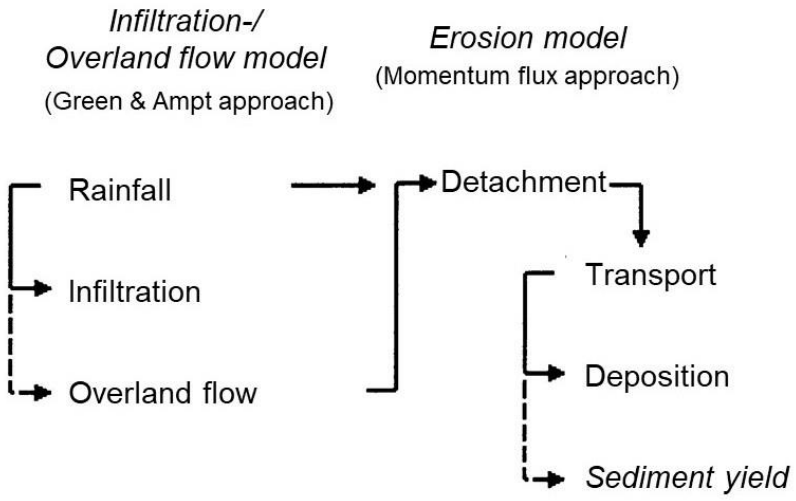
2 Aplikované modely

2.1 Epizodní model EROSION 3D

Erosion 3D je epizodní fyzikálně založený matematický simulační model ztráty půdy z povodí. Byl vyvinut v letech 1992 – 1996. Autorem programu je dr. Michael von Werner a prof. dr. Jürgen Schmidt z Technické University Bergakademie Freiberg, SRN (Schmidt, 1996; von Werner, 1995).

Model je určen pro povodí až do velikosti 400 km². Využívá se k prognóze plošné eroze půdy a ukládání látek v částech povodí, k prognóze objemu povrchového odtoku při silných srážkových jevech, k hodnocení zemědělského zpracování půdy s ohledem na snižování odtoku a bránění vzniku eroze, odhad hromadění nebezpečných látek a sedimentů, aj.

Model je převážně založen na fyzikálních principech a simuluje proces uvolnění, transportu a depozice půdních částic vlivem dopadu kapek deště a povrchového odtoku. Struktura modelu sestává z dvou hlavních submodelů – submodel infiltrace a submodel eroze. Jako první je počítán na základě specifických časoprostorových charakteristik události (srážka, půda) podíl srážky tvořící povrchový odtok infiltračním submodelem založeným na principu Green & Ampt. Následuje výpočet uvolnění, transportu a depozice půdních částic erozním modelem založeným na principu maximálního tečného napětí působeného padajícími kapkami deště a povrchovým odtokem. Schéma modelu je znázorněno na obrázku 1.



Obr. 1: Schema modelu erosion 3D

2.1.1 Vstupní data modelu Erosion 3D

Do modelu vstupují rastrová data ve formátu *.asc a textové soubory ve formátu *.csv Výhodou modelu je detailní popis území pomocí vstupních parametrů, neomezený minimálním rozlišením rastru, což umožňuje využívat i nejpřesnějších digitálních modelů terénu založených na lidarových datech či fotogrametrii. Vstupní data lze obecně rozdělit do tří skupin: parametry popisující morfologické vlastnosti simulovaného území (digitální model terénu a jeho deriváty vytvořené modelem po spuštění simulace – flow accumulation, identifikace toku,…), půdní vlastnosti (zrnitost půdy, objemová hmotnost, počáteční vlhkost, erodovatelnost, hydraulická drsnost, stav vegetačního pokryvu, obsah organického uhlíku, kalibrační parametr skinfactor) a charakter srážky (časová řada intenzit).

2.1.2 Výstupy modelu Erosion 3D

Velkou výhodou modelu je tvorba celé řady výstupů analyzujících erozní proces v simulované ploše. Výsledky jsou vztaženy buďto k ploše pixelu či k jeho příčnému profilu a vyjadřují údaje buď za 1 pixel, či za povodí příslušící pixelu.

Model dává jak výsledky za celé povodí tak výsledky distribuované v ploše:

1) výsledky v podobě textového souboru se zápisem údajů pro každý časový krok simulace pro 1 a více uzávěrových profilů. Jsou zde uvedeny souhrnné výsledky vztažené

k celému povodí či kritickému bodu intravilánu distribuované v čase. Pro daný uzávěrový profil lze tedy rekonstruovat časový průběh události.

2) Rastrové výsledky s prostorově distribuovanými údaji za poslední krok simulace (volitelně za každý krok simulace). Z rastrových výstupů lze identifikovat prostorové charakteristiky erozní události, např. kritické oblasti povodí jako dráhy soustředěného odtoku, oblasti vysoké plošné eroze atp. Na jejich základě lze cílit protierozní opatření.

V textové i rastrové podobě udává model následující údaje:

- Celkový odtok proteklý pixelem [m^3/m],
- Celková ztráta půdy/sedimentace v pixelu [kg/m^2],
- objem transportovaného množství sedimentu proteklého pixelem [kg/m],
- koncentrace sedimentu proteklého pixelem [kg/m^3],
- zrnitost sedimentu (jíl, prach) [%].
- Celkovou erozi v povodí pixelu [t/ha]
- Celkovou sedimentaci v povodí pixelu [t/ha]
- Čistou erozi v povodí pixelu [t/ha]

2.2 Dlouhodobý model WaTEM/SEDEM

WaTEM/ SEDEM je empirický model dlouhodobé eroze a transportu sedimentů. Tento model byl vyvinut na katedře Fyzické a regionální geografie Katolické univerzity v Leuvenu v Belgii (Notebaert et al., 2006). Je spojením dvou modelů: WaTEM (Water and Tillage Erosion Model) a SEDEM (Sediment Delivery Model). Model byl zkonstruován za účelem hodnocení vlivu zemědělského hospodaření na krajinu a posuzování účinnosti protierozních opatření. Na rozdíl od složitějších dynamických modelů se WaTEM/ SEDEM zaměřuje na prostorovou a méně na časovou variabilitu erozních faktorů. K vypočtení průměrné roční ztráty půdy používá model WaTEM/ SEDEM aplikovanou rovnici RUSLE. WaTEM/ SEDEM nepředpovídá sedimentaci ve vodním toku, v říční nivě nebo břehovou erozi (Van Rompaey a kol., 2001). Velikost povodí by neměla přesáhnout 500 km^2. Model je možné využít pro celou řadu úkolů, ovšem pouze v dlouhodobém časovém měřítku:

– výpočet ztráty půdy a opětovné sedimentace a jejich prostorové variability v rámci povodí – vlivem vodní eroze,
– simulování scénářů hospodaření v povodí a dopadu variant na odnos půdy a zanášení toků,
– odhad zanášení nádrží v povodí,
– odhad průměrného transportovaného množství splavenin uzávěrovým profilem povodí.

2.2.1 Vstupní data modelu WaTEM/SEDEM

Hlavní vstupní data modelu jsou dána rovnicí RUSLE, která má tvar:

$$G = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$$

kde:

G - průměrná dlouhodobá ztráta půdy [$t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$],

R - faktor erozní účinnosti deště vyjádřený v závislosti na kinetické energii a intenzitě erozně nebezpečných dešťů [$MJ \cdot ha^{-1} \cdot cm \cdot h^{-1}$], resp. po úpravě [$N \cdot ha^{-1}$],

K - faktor erodovatelnosti půdy vyjádřený v závislosti na textuře a struktuře ornice, obsahu organické hmoty a propustnosti půdního profilu [$t \cdot h \cdot MJ^{-1} \cdot cm^{-1}$], resp. po úpravě [$N \cdot ha^{-1}$],

L - faktor délky svahu vyjadřující vliv nepřerušené délky svahu na velikost ztráty půdy erozí [-]

S - faktor sklonu svahu vyjadřující vliv sklonu svahu na velikost ztráty půdy erozí [-]

C - faktor ochranného vlivu vegetace vyjádřený v závislosti na vývoji vegetace a použité agrotechnice [-]

P - faktor účinnosti protierozních opatření [-]

Do modelu vstupují rastrové vrstvy s hodnotami C, K a P faktoru rovnice RUSLE. L a S faktor se počítají na základě digitální model terénu, R faktor vstupuje jako jako jedna hodnota za celé povodí. Dalšími rastrovými vstupy jsou vrstva toků a nádrží. Dále vstupují do výpočtu, kalibrační koeficienty:

– KTC – kalibrační koeficient transportní kapacity (m)

– PTEF (parcel trap efficiency) - poměr zachycení splavenin (odtoku) jednotlivými typy povrchu – orná půda, les, trvalé travní porosty
– Parcel connectivity - vliv hranice pozemků na množství odtoku a splavenin (do jaké míry hranice pozemku zadrží sedimenty a odtok vody)

Model byl autory kalibrován pro vstupní rastrové vrstvy s rozlišením 20 * 20 m. Krása (2010) ověřil správnost výsledků v rozlišení 10 * 10 m. Pro využití s větším rozlišením není model primárně určen a při testování vykazoval vysokou nestabilitu a chybnost výsledků. Tento fakt je poměrně značným omezením modelu v době, kdy jsou k dispozici běžně dostupné digitální modely terénu s rozlišením 5 a méně metrů.

2.2.2 Výstupy modelu WaTEM/SEDEM

Výstupem jsou rastrové vrstvy:

– Celková ztráta půdy/sedimentace v pixelu [t/ha.rok^{-1}],
– Přítok sedimentu do pixelu [t.rok^{-1}]
– Odtok sedimentu z pixelu [t.rok^{-1}]

Hodnoty k uzávěrovému profilu povodí [t.rok^{-1}]:

– Celková produkce sedimentu: suma celkového množství ztráty půdy v zájmové oblasti (povodí);
– Celková depozice sedimentu: suma celkového množství sedimentujícího v zájmové oblasti (povodí) před vstupem do vodních toků;
– Celkový export sedimentu: veškeré množství splavenin vstupující do vodních toků po odečtení depozice v nádržích.
– Celkový export vodními toky: celkové množství splavenin transportované vodním tokem uzávěrovým profilem povodí (po zachycení v nádržích);
– Celková depozice v nádržích: celkové množství sedimentu zachycené ve všech nádržích povodí.

3 Metodika vzniku mapy

Erozní ohroženost obce byla vyhodnocena v rozsahu sedmi subpovodí povodí, která byla identifikována na území obce. Modelem WaTEM/SEDEM byla vyhodnocena průměrná

roční ztráta půdy. Modelem Erosion 3D byl vyhodnocen stav povodí během konkrétní srážkové události nastalé 24.5.2014 s aktuálním stavem půdy a vegetace a dále byly na lokalitě Žabárna, kde byla hlášena erozní událost, v detailu modelovány dvě návrhové srážky, různý stav vegetace a technické protierozní opatření. Zároveň jsou zde ukázány různé výstupy modelu – eroze/depozice v pixelu, koncentrace sedimentu a objem transportovaného sedimentu.

3.1 WaTEM/SEDEM

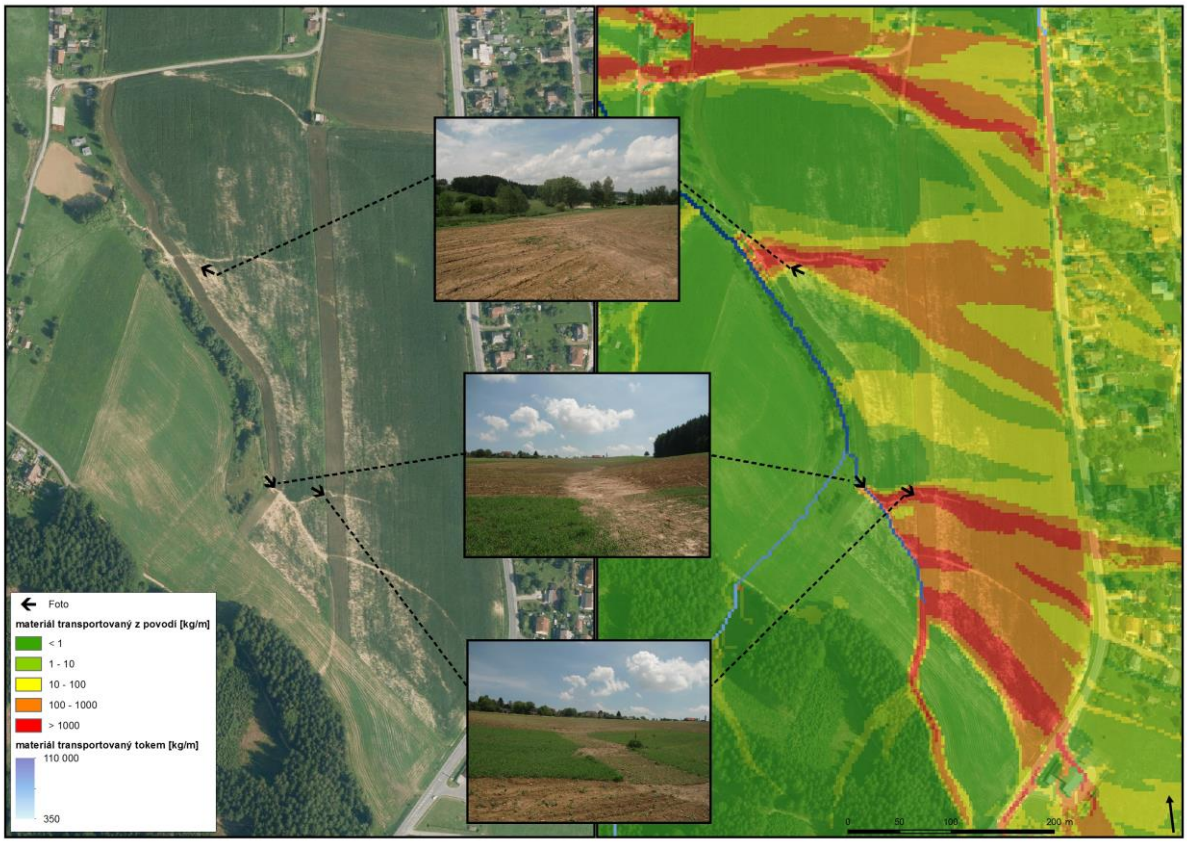
Do modelu vstupoval digitální model terénu DMT 4G reklasifikovaný na rozlišení 10 * 10 m. Vrstva C faktoru byla založena na databázi deklarovaných plodin z let 2015 – 2017, kdy vstupovala průměrná hodnota C faktoru za daný osevní postup. Pro K faktor byla použita vstupní vrstva (©VÚMOP, 2016) reklasifikovaná na 10 * 10 m. R faktor do modelu vstupuje jako 1 hodnota za celou simulovanou oblast. Jako zdroj byla využita vrstva regionalizovaného R faktoru (©CHMÚ, 2016), ze které byl vytvořen průměr na povodí. Vrstva Land-use byla vytvořena kombinací datových zdrojů ZABAGED, LPIS a databáze krajinných prvků a protierozních opatření. Vrstva toků a vrstva nádrží byla odvozena z databáze ZABAGED. Pro kalibrační parametry byly nastaveny hodnoty doporučené pro ČR (Krása, 2010) viz tab. 1.

parametr	orná půda	les	TTP
PTEF	0	75	75
Parcel connectivity	40	75	
KTC	35	55	

Tab. 1: Hodnoty kalibračních parametrů použité v modelu WaTEM/SEDEM

3.2 Eosion 3D

Do modelu Erosion 3D vstupoval digitální model terénu DMT 4G v originálním 5 * 5 m rozlišení. Mapa Lad-use byla sestavena obdobně jako u WaTEM/SEDEM, každému pozemku orné půdy však byla na základě terénního průzkumu z doby erozní události přiřazena pěstovaná plodina a procento pokrytí půdy a na základě laboratorních rozborů půdy byla odvozena mapa zrnitosti, která následně byla mapou Land-use proložena. Vznikla tak prostorová definice ploch udávající komplexní informaci o typu Land-use a stavu vegetace a půdy. Jednotlivým plochám byla následně přiřazena vstupní data modelu. Vzhledem k hrubým údajům o množství odvezeného sedimentu z některých postižených lokalit bylo možné model rámcově kalibrovat pomocí kalibračních parametrů a na základě dostupných fotografií z doby události prostorově validovat (obr. 2).



Obr. 2: Prostorová validace modelu Erosion 3D na základě leteckého snímkování a fotodokumentace

3.3 Rozvržení mapy

Samotná mapa je rozdělena do několika mapových panelů, v levé části se nachází modelové zhodnocení celého území:

– Mapa 1 v levém horním rohu vyjadřuje erozní smyv a depozici následkem konkrétní srážkové události z 24.5.2014 vypočtený modelem Erosion 3D. Zobrazen je rastrový výstup vyjadřující čistou erozi / depozici v pixelu v t/ha. Identifikuje tak kritické oblasti se zvýšeným smyvem půdy, oblasti s potenciálem k tvorbě erozních rýh a oblasti sedimentace materiálu.
– Mapa 2 v levém dolním rohu vyjadřuje průměrný roční erozní smyv a depozici při daném osevním postupu vypočtený modelem WaTEM/SEDEM. Obecně jsou identifikovány oblasti, kde vodní eroze představuje zvýšené riziko a na které je třeba se více soustředit.

V pravé části je zobrazen detail lokality Žabárna, která je pravidelně postihována vodní erozí a sediment odtéká do potoka a následně do malé vodní nádrže. Zde jsou ukázány možnosti hodnocení erozní ohroženosti modelem Erosion 3D.

- Mapy 3 - 5 zobrazují stejně jako mapa 1 erozní smyv daný rastrovým výstupem modelu vyjadřujícím čistou erozi / depozici v pixelu v t/ha. Jsou zde ukázány možnosti simulace různých scénářů pro návrhy protierozních opatření.
  - Mapa 3 – Reálná situace – nevzešlá kukuřice, srážka 20 mm odpovídající přibližně dvouleté srážce N2.
  - Mapa 4 – vliv velikosti srážky – nevzešlá kukuřice, desetiletá srážka N10 34 mm
  - Mapa 5 – vliv plodiny a její vývojové fáze – vzrostlá pšenice, reálná srážka 20 mm odpovídající přibližně dvouleté srážce N2
- Mapa 6 zobrazuje objem povrchového odtoku v m^3/m příčného profilu. Identifikuje oblasti, kde došlo k povrchovému odtoku a udává velikost odtoku, tedy identifikuje plochy s potenciálem ke vzniku eroze a dráhy soustředěného odtoku.
- Mapa 7 zobrazuje objem transportovaného sedimentu v t/m příčného profilu. Identifikuje sběrné oblasti sedimentu, lokality zvýšeného transportu sedimentu a oblasti vniku sedimentu do toků.
- Mapa 8 identifikuje vliv technických protierozních opatření přerušujících odtok při dané návrhové srážce. Zobrazuje změnu transportovaného sedimentu oproti stavu na mapě 7.

4 Závěr

Model WaTEM/SEDEM i Erosion 3D jsou silné nástroje pro hodnocení vodní eroze zemědělské půdy. Oba modely identifikují jak plochy eroze, tak i plochy depozice, umožňují výpočet vniku sedimentu do vodních toků a zachycení sedimentu vodními nádržemi. Díky rozdílnému časovému měřítku jsou modely využitelné k jiným účelům a navzájem se doplňují. Model WaTEM/SEDEM je vhodný pro obecnou identifikaci erozní ohroženosti v povodí, danou především jeho morfologií a obecnými půdními podmínkami. Díky menší náročnosti na vstupní data je použití modelu WaTEM/SEDEM rychlejší a je vhodný pro výpočet ve větším území. Model Erosion 3D je vhodný k posouzení jednotlivých srážkových událostí a dimenzování protierozních opatření na návrhovou srážku. Je možné v něm zohlednit aplikované zemědělské operace s dočasným vlivem na erodovatelnost, jako orba, příprava pro setí, použití různých ochranných technologií aj. Najde tedy velké využití při posuzování erozních událostí. Díky fyzikální podstatě modelu je možné s jeho pomocí

přispívat k identifikaci procesu eroze na úrovni vlivu jednotlivých půdních vlastností, jako je momentální nasycenost půdy, obsah organického uhlíku, objemová hmotnost aj.

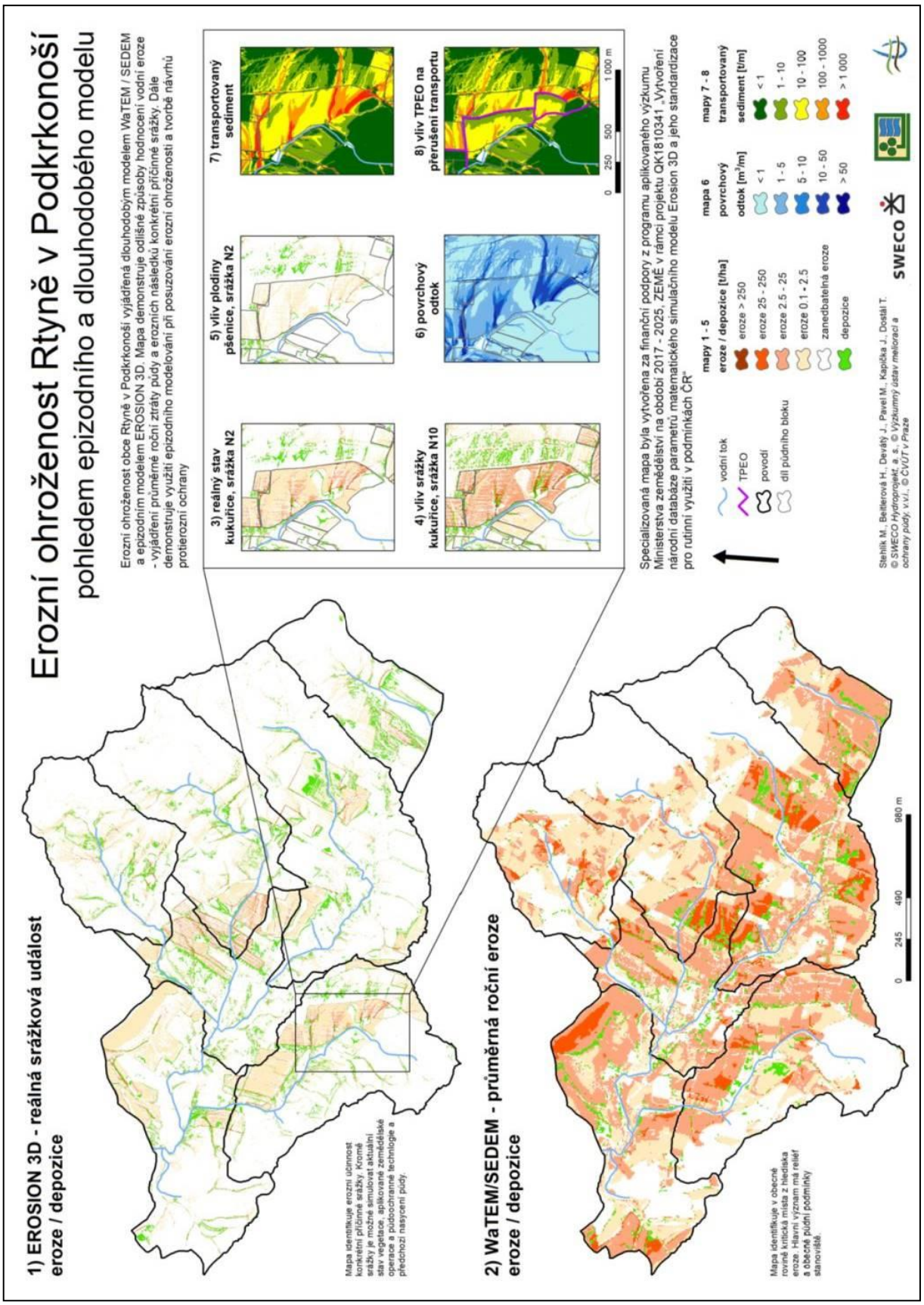
5 Seznam odborných podkladů

Beitlerová, H., Devátý, J., Kapička, J., Dostál, T. (2018): generování vstupních parametrů pro fyzikálně založené modelování vodní eroze – vytěžení dat komplexního průzkumu půd. In: Hydrologie, GIS a Životní prostředí, sborník z konference. Kubova Huť. ISBN 978-80-01-06432-0. Dostupné z: http://storm.fsv.cvut.cz/data/files/Konference/GISZP/sbornik_HyGIS2018_web_final.pdf

Beitlerová, H. et al (2017): Transfer of the nationwide Czech soil survey data to a foreign soil classification – generating input parameters for a process-based soil erosion modelling approach. In: Geophysical Research Abstracts Vol. 19, EGU2017-16782, 2017 EGU General Assembly 2017. Wien. Dostupné z: http://meetingorganizer.copernicus.org/EGU2017/EGU2017-16782.pdf

Kapička, J. (2015): The comparison of various approach to evaluation erosion risks and design control erosion measures. In: Geophysical Research Abstracts, Vol. 17, EGU2015-11091, EGU General Assembly 2015. Wien. eISSN 1607-7962. Dostupné z:http://meetingorganizer.copernicus.org/EGU2015/EGU2015-13192.pdf

6 Mapa


Erozní ohroženost Rtyně v Podkrkonoší
pohledem epizodního a dlouhodobého modelu
Erozní ohroženost obce Rtyně v Podkrkonoší vyjádřená dlouhodobým modelem WaTEM / SEDEM a epizodním modelem EROSION 3D. Mapa demonstruje odlišné způsoby hodnocení vodní eroze - vyjádření průměrné roční ztráty půdy a erozních následků konkrétní příčinné srážky. Dále demonstruje využití epizodního modelování při posuzování erozní ohroženosti a tvorbě návrhů protierozní ochrany
1) EROSION 3D - reálná srážková událost
eroze / depozice
Mapa identifikuje erozní účinnost konkrétní příčinné srážky. Kromě srážky je možné simulovat aktuální stav vegetace, aplikované zemědělské operace a půdoochranné technologie a předchozí nasycení půdy.
2) WaTEM/SEDEM - průměrná roční eroze
eroze / depozice
Mapa identifikuje v obecné rovině kritická místa z hlediska eroze. Hlavní význam má reliéf a obecné půdní podmínky stanoviště.
3) reálný stav kukuřice, srážka N2
4) vliv srážky kukuřice, srážka N10
5) vliv plodiny pšenice, srážka N2
6) povrchový odtok
7) transportovaný sediment
8) vliv TPEO na přerušení transportu
0 250 500 1 000 m
vodní tok
TPEO
povodí
díl půdního bloku
mapy 1 - 5
eroze / depozice [t/ha]
eroze > 250
eroze 25 - 250
eroze 2.5 - 25
eroze 0.1 - 2.5
zanedbatelná eroze
depozice
mapa 6
povrchový odtok [m³/m]
< 1
1 - 5
5 - 10
10 - 50
> 50
mapy 7 - 8
transportovaný sediment [t/m]
< 1
1 - 10
10 - 100
100 - 1000
> 1 000
0 245 490 980 m
Specializovaná mapa byla vytvořena za finanční podpory z programu aplikovaného výzkumu Ministerstva zemědělství na období 2017 - 2025, ZEMĚ v rámci projektu QK1810341 „Vytvoření národní databáze parametrů matematického simulačního modelu Erosion 3D a jeho standardizace pro rutinní využití v podmínkách ČR"
Stehlík M., Beitlerová H., Devátý J., Pavel M., Kapička J., Dostál T.
© SWECO Hydroprojekt, a. s., © Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i., © ČVÚT v Praze
SWECO

7 Literatura

Krása, J. (2010). Empirické modely vodní eroze v ČR - nástroje, data, možnosti a rizika výpočtů. Habilitační práce. ČVUT v Praze.

Notebaert, B., Vaes, B., Govers, et al (2006). WaTEM / SEDEM version 2006 Manual. KU Leuven, Belguim.

Schmidt, J. (1996). Entwicklung und Anwendung eines physikalisch begründeten Simulationsmodells für die Erosion geneigter landwirtschaftlicher Nutzflächen. Berlin: Institut für Geografische Wissenschaft.

von Werner, M. (1995). GIS-orientierte Methoden der digitalen Reliefanalyse zur Modellierung von Bodenerosion in kleinen Einzugsgebieten. Dissertation, Freie Universität Berlin, Berlin.