

**SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE  
STAVEBNÁ FAKULTA**

**Ing. Zuzana Némětová**

Autoreferát dizertačnej práce

**Hodnotenie vplyvu zmien využitia územia na intenzitu erózných  
procesov pomocou fyzikálne založeného modelu EROSION-3D**

- na získanie akademického titulu philosophiae doctor (PhD.) v doktorandskom študijnom programe:

**3629 Vodohospodárske inžinierstvo**

Bratislava 2020

Dizertačná práca bola vypracovaná v dennej forme doktorandského štúdia na Katedre vodného hospodárstva krajiny Stavebnej fakulty Slovenskej technickej univerzity v Bratislave

Predkladateľ: Ing. Zuzana Németová  
Katedra vodného hospodárstva krajiny  
Radlinského 11  
811 07 Bratislava

Školiteľka: Prof. Ing. Silvia Kohnová, PhD.  
Katedra vodného hospodárstva krajiny  
Radlinského 11  
811 07 Bratislava

Oponenti:

Oponent 1: Ing. Lotta Blaškovičová, PhD.

Oponent 2: Ing. Dana Halmová, PhD.

Oponent 3: prof. RNDr. Miriam Fendeková, PhD.

Autoreferát bol zaslaný dňa: 30.05.2020

Obhajoba dizertačnej práce sa koná dňa 24.08.2020 o 13.00 hod. na Katedre vodného hospodárstva krajiny, Stavebnej fakulty Slovenskej technickej univerzity v Bratislave, na Radlinského ulici 11, v zasadacej miestnosti číslo 1206.

Prof. Ing. Stanislav Unčík, PhD.  
dekan fakulty

## Obsah

1	ÚVOD .....	3
2	CIELE DIZERTAČNEJ PRÁCE.....	4
3	METODICKÉ POSTUPY DIZERTAČNEJ PRÁCE.....	4
4	VÝSLEDKY DIZERTAČNEJ PRÁCE – Lokalita povodia Svacenický Jarok .....	5
4.1	Vstupné údaje.....	5
4.2	Terénny prieskum a odber pôdných vzoriek v lokalite Svacenický Jarok.....	7
4.3	Citlivostná analýza pôdných parametrov .....	8
4.4	Validácia EROSION-3D modelu.....	10
4.5	Porovnanie modelových výsledkov (EROSION-3D model) s empirickým modelom USPED .....	11
5	VÝSLEDKY DIZERTAČNEJ PRÁCE – Lokalita Puclice .....	12
5.1	Vstupné údaje.....	12
5.2	Popis kalibračného procesu EROSION-2D/3D modelu .....	13
5.3	Výsledky procesu kalibrácie .....	13
6	VÝSLEDKY DIZERTAČNEJ PRÁCE – Lokalita Zagoždžonka.....	14
6.1	Vstupné údaje.....	14
6.2	Validácia fyzikálne-založeného EROSION-3D modelu a empirického modelu USLE-SDR.....	15
7	ZÁVER .....	16
8	VEDECKÝ A PRAKTICKÝ PRÍNOS DIZERTAČNEJ PRÁCE.....	17
	SUMMARY .....	17
	LITERATÚRA.....	19
	PUBLIKAČNÁ ČINNOSŤ AUTORKY .....	20

## 1 ÚVOD

Intenzita a rozsah degradačných procesov pôd nadobudla v posledných rokoch výrazný nárast v mnohých častiach sveta (Midriak, 1993; Rawat et al., 2011). V rýchlom meniacom sa svete takmer ôsmich miliárd ľudí čeliacim kritickým hrozbám zmeny klímy, nedostatku vody a vyčerpania úrodnosti pôdy, musí poľnohospodársky sektor zápasiť so zachovaním potravinovej bezpečnosti pri súčasnom rešpektovaní ekologických a environmentálnych hraníc (Altieri, Nicholls, 2017). Kľúčovým elementom na zabezpečenie trvalo udržateľného systému poľnohospodárskej produkcie je zabezpečenie účinného a efektívneho hospodárenia s pôdou, ktoré nespôsobí ďalšie zvýšenie degradácie pôdy (Poesen, 2017).

Degradácia pôdy predstavuje rastúci a globálny problém, ktorý svojou rozsiahlosťou zasahuje do rôznych iných oblastí (produkcia potravín, kvalita pitnej vody, manažment povodňových rizík, tolerancia sucha, eutrofizácia, biodiverzita, ekosystémové služby, zmeny zásob uhlíka) (Young, 2015).

Medzi jednotlivými degradačnými procesmi má najzávažnejšie postavenie erózia pôdy, ktorá spôsobuje stratu ornice a živín (Zhao et al., 2013) a taktiež v mnohých prípadoch vedie k úplnému poškodeniu a zničeniu pôdy (Montgomery, 2007; Terranova et al., 2009).

Dizertačná práca sa zaoberá aplikáciou, kalibráciou a validáciou fyzikálne-založeného EROSION-3D modelu a vybraných empirických modelov; USLE-SDR a modelu USPED v podmienkach Slovenska, Českej republiky a Poľska. Práca opisuje využitie fyzikálne-založeného a empirického prístupu na modelovanie eróznio-transportných procesov, ako aj vypracovanie metodiky

pre aplikáciu EROSION-3D modelu v rámci vybraných výskumných území. Osobitným prínosom práce je vytvorenie katalógu pôdných parametrov pre aplikáciu modelu v podmienkach Slovenska, porovnanie fyzikálneho a empirického prístupu modelovania eróznno-transportných procesov a konfrontácia modelových výsledkov erózie pôdy s reálne nameranými údajmi sedimentov z vodných nádrží.

## **2 CIELE DIZERTAČNEJ PRÁCE**

Cieľom dizertačnej práce bolo modelovanie eróznno-transportných procesov s využitím fyzikálne-založeného EROSION-3D modelu a vybraných empirických modelov. Vzhľadom k tomu, že EROSION-3D a EROSION-2D model boli parametrizované a validované v podmienkach Nemecka (Sasko), pre ich aplikáciu v iných podmienkach bolo potrebné vyvinúť metodický postup, na základe ktorého bude možné využitie tohto modelu. Keďže ide o rozsiahlu a komplikovanú problematiku, bolo vytýčených niekoľko čiastkových cieľov dizertačnej práce. Jednotlivé ciele boli formulované do nasledovných krokov:

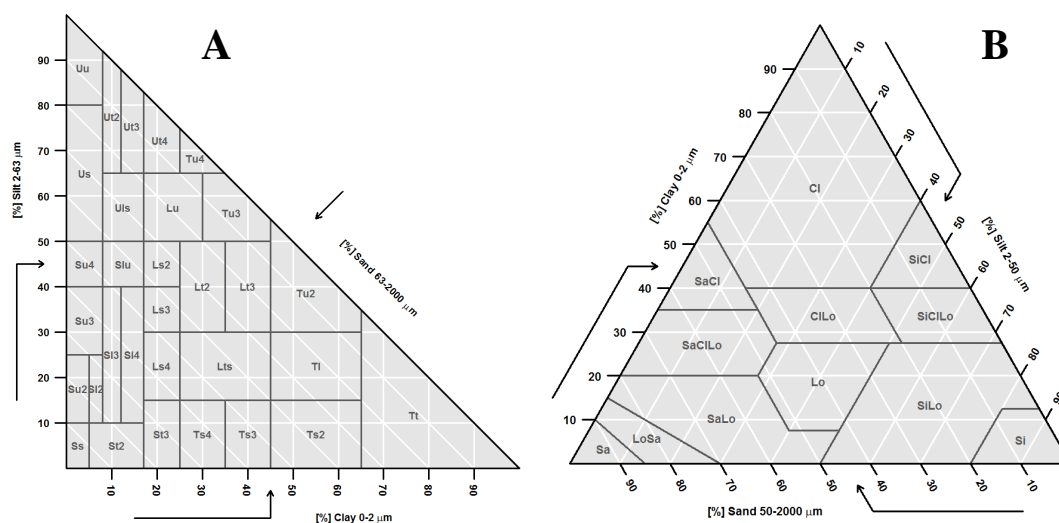
1. Tvorba katalógu parametrov pre aplikáciu fyzikálne-založeného EROSION-3D a EROSION-2D modelu v podmienkach Slovenska.
2. Vytvorenie schém popisujúcich modelové vzťahy fyzikálne-založeného EROSION-3D/2D modelu.
3. Výber testovacích lokalít pre experimentálne terénne prieskumy a aplikáciu zvolených modelov.
4. Experimentálne terénne merania a posúdenie podmienok vzniku a tvorby erózie pôdy.
5. Citlivostná analýza pôdných vstupných parametrov fyzikálne-založeného EROSION-2D/3D modelu.
6. Kalibrácia vybraných parametrov fyzikálne-založeného EROSION-3D modelu.
7. Zhrnutie dosiahnutých výstupov v rámci vybraných lokalít; porovnanie modelových výstupov s nameranými dátami pre rôzne spôsoby využitia územia a porovnanie rôznych modelovacích metód pre vybrané lokality.

## **3 METODICKÉ POSTUPY DIZERTAČNEJ PRÁCE**

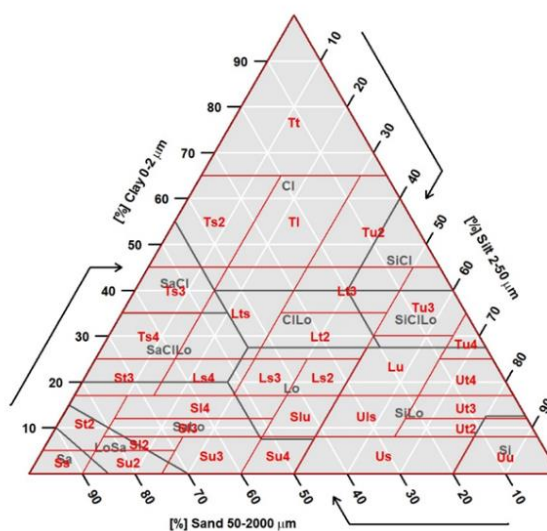
Dizertačná práca sa prioritne zameriava na modelovanie eróznno-transportných procesov pomocou EROSION-3D/2D modelu a vybraných empirických modelov. EROSION-3D/2D model predstavuje fyzikálne-založený model, ktorý simuluje eróziu pôdy na svahoch rôznych dĺžok. Teoretický koncept aplikovaný v modeli vyvinul Schmidt v roku 1991 na Katedre Geografie Univerzity Freie v Berlíne. Na základe tohto konceptu bol v roku 1995 koncipovaný EROSION-3D model prof. Michaelom von Wernerom (Werner, 2006). Vzhľadom k tomu, že nemecká klasifikácia pôd nie je totožná s klasifikáciou používanou v našich podmienkach, bolo nutné vytvoriť metodiku, pomocou ktorej sa bude postupovať pri zadávaní pôdných vstupných parametrov. Bol vytvorený zrnitostný trojuholník pozostávajúci z prekryvu trojuholníka podľa nemeckej klasifikácie pôd a USDA trojuholníka (Obr. 1). Prekryv trojuholníkov bol vykonaný v prostredí Rstudio. Takto vytvorený zrnitostný trojuholník (Obr. 2) bol podkladom pre ďalšie výpočty. Ako prvé bolo stanovené percentuálne zastúpenie pôdných druhov podľa nemeckej klasifikácie vyskytujúcich sa v rámci jednotlivých USDA pôdných druhov. Na základe nich boli kvantifikované konkrétne hodnoty pre päť pôdných parametrov a podkladom ich vymedzenia bol katalóg pôdných parametrov „Parameter Catalog Application“ (Michael et al., 1996). Týmto spôsobom boli determinované pôdne parametre ako objemová hmotnosť, obsah organického uhlíka, drsnosť povrchu pôdy, eróznna odolnosť pôdy a opravný koeficient. Na základe uvedenej metodiky bol vytvorený katalóg parametrov pre 12 pôdných druhov používaných v našich podmienkach. Vytvorený katalóg pôdných parametrov slúži ako prvotný podklad pre určenie pôdných vstupných parametrov do oboch modelov (EROSION-3D, EROSION-2D) a je prílohou dizertačnej práce.

Ďalším krokom bolo vytvorenie schém opisujúcich modelový systém v EROSION-3D modeli s teoretickým opisom procesov v modeli a súborom rovníc, ktoré vytvárajú vzťahy medzi premennými a vysvetľujú, ako sa navzájom ovplyvňujú. Vytvorené schémy sú určené k zobrazeniu modelových procesov a predstavujú doplnkové nástroje pre porozumenie modelu EROSION-3D/2D, jeho aplikáciu a interpretáciu modelovaných výsledkov konečnými užívateľmi. Pre komplexnosť jednotlivých procesov a zložitosť fyzikálne založených modelov, EROSION-3D model pozostáva z dvoch submodelov; model erózie a model infiltrácie.

Cieľom vytvorených schém podrobne popisujúcich jednotlivé vzťahy v modeli spoločne s vytvoreným Katalógom parametrov je uľahčiť budúcim používateľom modelov správne pochopiť ich fungovanie, ako aj ich praktickú aplikáciu.



Obr. 1 Zrnitostný trojuholník KA 4 „Bodenkundliche Kartieranleitung“ (A) a Zrnitostný trojuholník „USDA“ (B)



Obr. 2 Zrnitostný trojuholník: prekryv USDA a KA 4

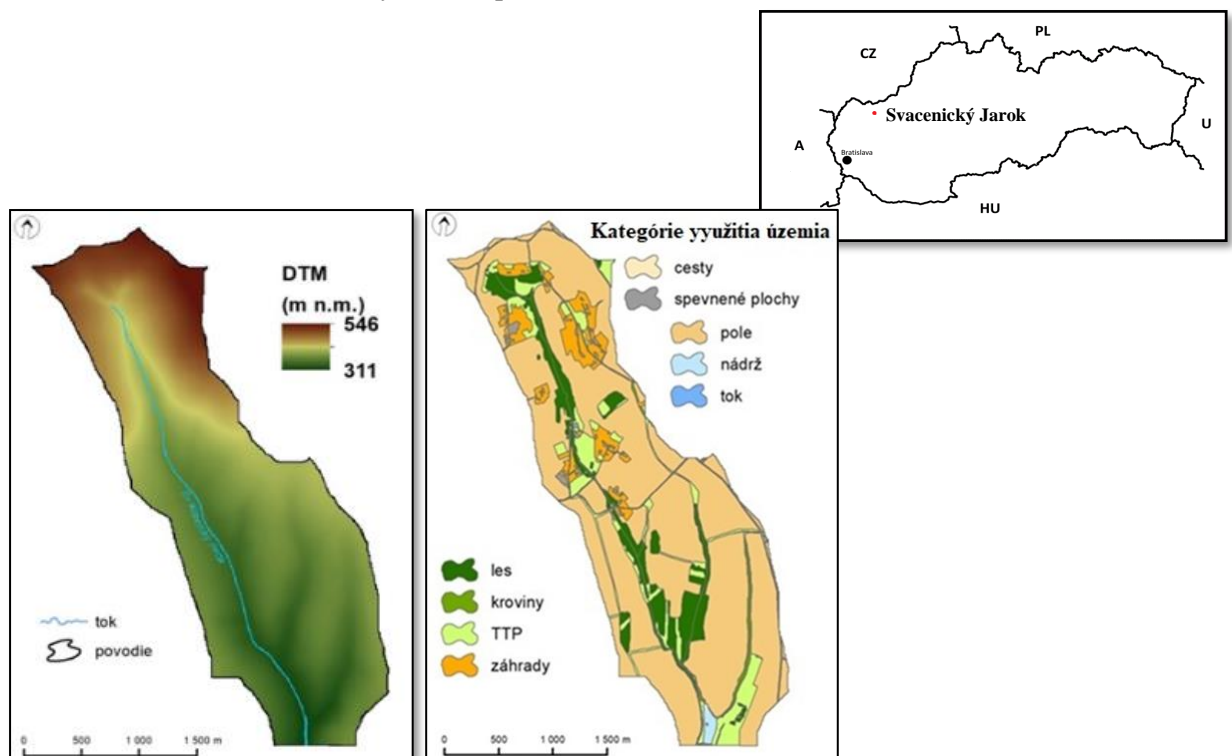
## 4 VÝSLEDKY DIZERTAČNEJ PRÁCE – Lokalita povodia Svacenickej Jarok

### 4.1 Vstupné údaje

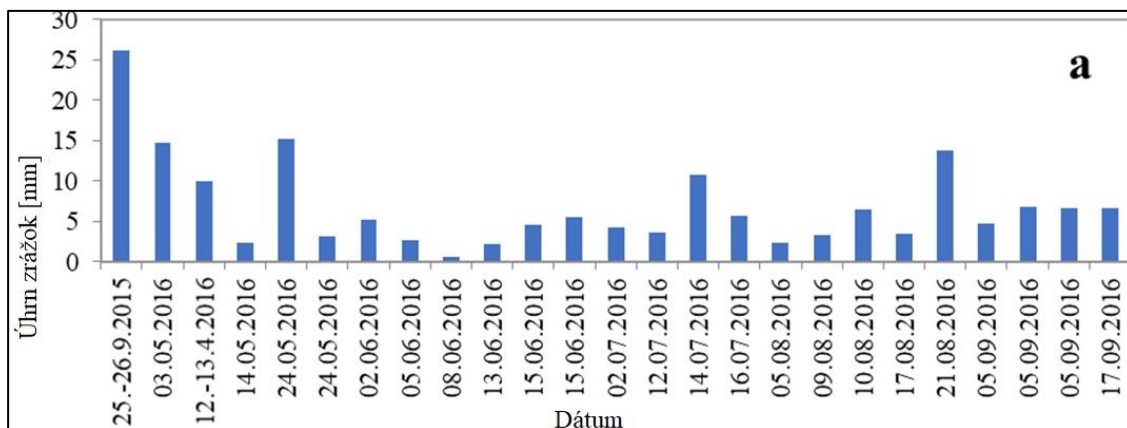
Lokalizácia povodia Svacenickej jarok je v oblasti Myjavskej pahorkatiny (Obr. 3) v západnej časti Slovenskej republiky. Vďaka prírodným a socio-ekonomickým zmenám podlieha oblasť Myjavskej pahorkatiny rýchlemu odtoku, čoho dôsledkom sú privalové a bahenné povodne. Výsledkom takmer 600-ročného antropogénneho pretvárania prirodzene zalesnenej krajiny Myjavskej pahorkatiny, ktorá bola tvorená najmä dubovými a bukovými lesmi, je súčasná krajina povodia, kde orná pôda zastupuje 66% plochy Myjavskej pahorkatiny. Zvyšok územia pokrývajú mozaiky lesov (9%), trávnaté porasty (9%), vodné plochy (7%), záhrady (6%), zástavba (2%) a kroviny (1%). Prevládajúci pôdny druh predstavujú luvizeme (68%), nasleduje pararendzina (28%) a najmenšie zastúpenie majú

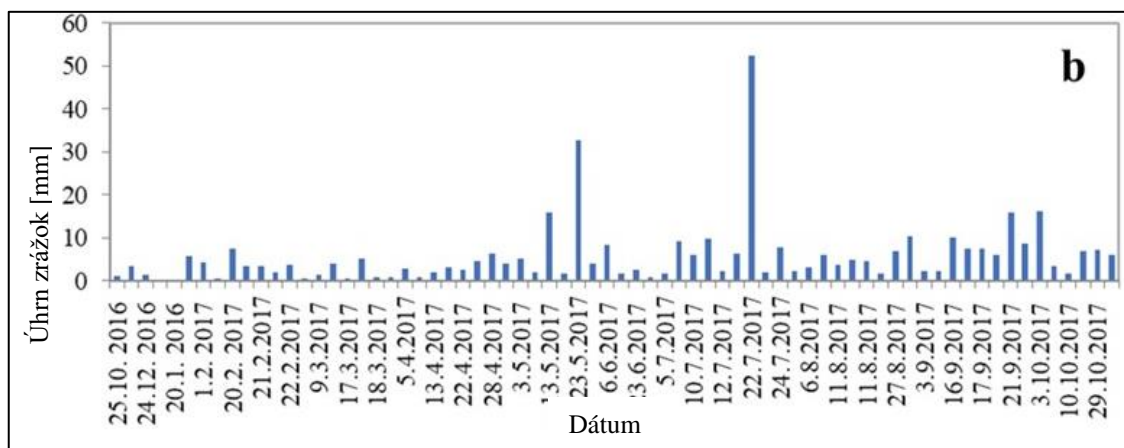
kambizeme (3,7%). Vodný tok Svacenický jarok, ktorý preteká stredom územia, predstavuje chrbtový tok územia a v spodnej časti sa vlieva do malej vodnej nádrže (poldra). Keďže mesto Myjava bolo v minulosti postihnuté častými povodňami (Bučko, Mazurová, 1958; Stankoviánsky, 1999; Stankoviánsky, 2003; Dotterweich et al., 2013), v roku 2012 bola zrealizovaná výstavba poldra Svacenického jarku ako súčasť protipovodňovej ochrany územia. Polder slúži predovšetkým na zníženie povodňových prietokov pravostranného prítoku toku Myjava - Svacenického jarku.

V rámci dizertačnej práce bolo modelované obdobie: IX.2015-X.2016 a X.2016-X.2017. Charakteristiky jednotlivých zrážkových udalostí nameraných na meteorologickej stanici Myjava za hodnotené obdobie (dátum výskytu, trvanie, množstvo a intenzita dažďa) uvádza Obr. 4. Použitými modelmi boli fyzikálne-založený EROSION-3D model a empirický model USPED. Ďalším vstupným parametrom boli pôdne charakteristiky, v prípade fyzikálne-založeného EROSION-3D modelu ide o sedem pôdnych charakteristík (Michael et al., 1996). Ich podrobný prehľad s uvedením konkrétnych hodnôt uvádza Tab. 1. V prípade modelu USPED sumarizáciu vstupných charakteristík obsahuje Tab. 2. Hodnoty C a P faktora boli stanovené na základe literatúry (Janeček et al., 2012), faktory R a K boli vypočítané na základe reálne meraných dát v povodí.



Obr. 3 Digitálny model reliéfu, mapa spôsobu využitia územia a lokalizácia výskumnej lokality Svacenický Jarok na území Slovenskej republiky





**Obr. 4 Celkový úhrn zrážok a dátum výskytu vybraných zrážkových udalostí počas hodnotených časových období: a) september 2015 - október 2016; b) október 2016 - október 2017.**

**Tab. 1 Vstupné pôdne parametre pre Erosion-3D model**

Pôdne parametre	Pšenica			Kukurica		
	Hlinitá pôda	Prachovito-hlinitá	Prachovito-ľovito-hlinitá	Hlinitá pôda	Prachovito-hlinitá	Prachovito-ľovito-hlinitá
Objemová hmotnosť [kg/m <sup>3</sup> ]	1497-1587	1432-1493	1479-1552	1341-1491	1329-1479	1328-1458
Počiatočná vlhkosť pôdy [%]	30-45	30-45	30-45	30-45	30-45	30-45
Obsah organickej hmoty [%]	1.473-1.502	1.420-1.480	1.490-1.557	1.350-1.473	1.650-1.750	1.465-1.557
Erózna odolnosť [N/m <sup>2</sup> ]	0.0049-0.0081	0.003-0.023	0.004-0.0053	0.0008-0.0047	0.001-0.002	0.0007-0.0033
Drsnosť [s/m <sup>1/3</sup> ]	0.020-0.043	0.015-0.023	0.013-0.023	0.015-0.075	0.015-0.075	0.015-0.075
Pokrytie povrchu pôdy [%]	0-100	0-100	0-100	0-100	0-100	0-100
Opravný koeficient [-]	0.08-1	0.08-1	0.08-1	0.08-1	0.08-1	0.08-1

**Tab. 2 Vstupné parametre pre empirický model USPED**

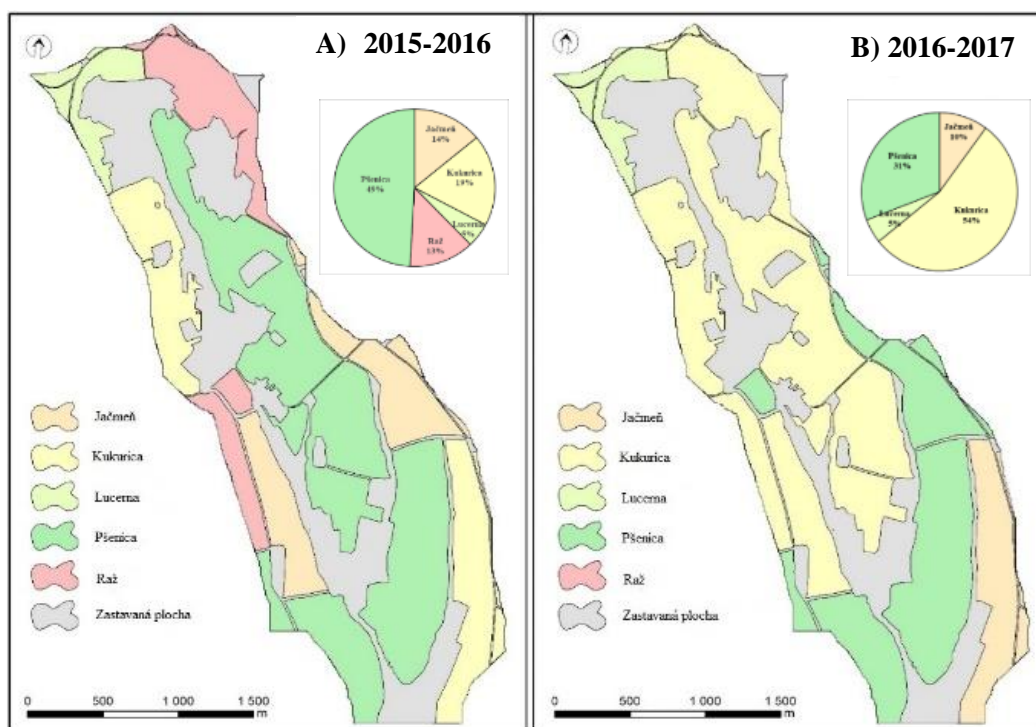
Parametre	Kukurica	Pšenica
<b>R</b> [MJ mm ha <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> yr <sup>-1</sup> ]	169,3	169,3
<b>K</b> [t ha h ha <sup>-1</sup> MJ <sup>-1</sup> mm <sup>-1</sup> ]	0,017	0,017
<b>C</b> [-]	0,72	0,12
<b>P</b> [-]	1	1

#### 4.2 Terénny prieskum a odber pôdných vzoriek v lokalite Svacenický Jarok

Terénny prieskum povodia Svacenického Jarku bol uskutočnený v letnom období v roku 2018 v spolupráci s Masarykovou univerzitou v Brne. Cieľom bolo nielen odobratie a vyhodnotenie pôdných vzoriek, ale i osobná komunikácia s miestnymi odborníkmi a zástupcami poľnohospodárskej výroby za účelom presnej identifikácie pestovaných plodín v obdobiach od rokov 2012 až 2018.

Presná špecifikácia plodín v rámci uvedených období predstavuje kľúčový poznatok, na základe ktorého sa ďalej postupovalo v rámci modelových simulácií, pričom predovšetkým išlo o presné vymedzenie pôdných parametrov pre tieto plodiny v hodnotených obdobiach.

Analýza odobratých pôdných vzoriek bola vykonaná v technických laboratóriách v priestoroch Masarykovej univerzity v Brne a Slovenskej Technickej Univerzity v Bratislave Stavebnej fakulty a Katedry vodného hospodárstva krajiny. Vyhodnocované boli parametre objemovej hmotnosti (redukovaná, neredukovaná), obsahu organickej hmoty a zrnitostného zloženia. Na základe osobnej komunikácie so zástupcami miestnych poľnohospodárov bolo zistené, že 49% ornej pôdy rozlohy územia (od septembra 2015 do októbra 2016) zastupuje pšenica, po ktorej nasledovala kukurica (19%), jačmeň (14%), raž (13%), a lucerna (5%). V nasledujúcom období (od októbra 2016 do októbra 2017) kukurica predstavovala 54% ornej pôdy, pšenica (31%), jačmeň (10%) a lucerna (5%). Grafická interpretácia uvedeného výskytu plodín hodnotených období je zobrazená na Obr. 5 a percentuálne vymedzenie pestovaných plodín v rámci jednotlivých období je uvedené v Tab. 3.



**Obr. 5 Grafické znázornenie zastúpenia plodín vo výskumnej lokalite Svacenickej Jarok pre hodnotené obdobia; A) 2015 - 2016; B) 2016 – 2017**

**Tab. 3 Percentuálne zastúpenie plodín v hodnotených obdobiach A (2015-2016), B (2016-2017)**

Typ plodiny	Obdobie (2015-2016; 2016-2017)	
	A (2015-2016)	B (2016-2017)
	[%]	
Jačmeň	14	10
Kukurica	19	54
Lucerna	5	5
Pšenica	49	31
Raž	13	0

#### 4.3 Citlivostná analýza pôdných parametrov

Citlivostná analýza ako neodmysliteľná súčasť každej vedeckej práce a významný element hodnotenia akéhokolvek modelu zahŕňa proces zmeny vstupných hodnôt s identifikáciou vplyvu týchto zmien na konečné výsledky. Keďže jednotlivé matematické modely prostredníctvom rozdielnych



prístupov reprezentujú reálny systém, je nutné poznať veľkosť vplyvu vstupných parametrov modelu na výstupy, ktoré chceme daným modelovým nástrojom dosiahnuť. Kvantifikácia a identifikácia prepojenia medzi modelovými vstupmi a výstupmi, ako aj pochopenie modelových vzťahov predstavujú ciele, ktoré chceme dosiahnuť pomocou citlivostnej analýzy. Keďže práca sa zameriava na modelovanie pomocou fyzikálne-založeného EROSION-2D/3D modelu, citlivostná analýza bola vykonaná pre sedem pôdnych vstupných parametrov. V práci bola použitá jednosmerná citlivostná analýza, ktorá je jednou z najjednoduchších foriem citlivostnej analýzy. Konceptne je založená na zmene jedného parametra, pričom zvyšné parametre zostávajú nezmenené. Pôdne vstupné parametre boli zvyšované a znižované o 10% oproti referenčnému stavu. Referenčné (pôvodné) hodnoty sú uvedené v Tab. 4 a boli prevzaté z Katalógu pôdnych parametrov definovaného pre podmienky Slovenska (Németová et al., 2018). Modelovanou plodinou bola kukurica na siláž, ktorá predstavuje frekventovanú plodinu pestovanú na Svacenicom Jarku. V prípade zrážkových dát sa preukázalo za najvýhodnejšie zvoliť intenzívnu zrážkovú udalosť zo dňa 27.08.2017 meranú na meteorologickej stanici Myjava (6,92 mm/17 min.).

**Tab. 4 Referenčné hodnoty pôdnych vstupných parametrov**

Pôdny typ	Objemová hmotnosť (kg/m <sup>3</sup> )	Obsah organickej hmoty (%)	Počiatočná vlhkosť pôdy (%)	Pokrytie povrchu pôdy (%)	Drsnosť povrchu pôdy (s/m <sup>1/3</sup> )	Erózna odolnosť (N/m <sup>2</sup> )	Opravný koeficient (-)
Hlinitá	1399	1.473	10	0	0.015	0.0015	0.1
Prachovito-hlinitá	1322	1.420	10	0	0.015	0.0010	0.1
Prachovito-ílovito-	1370	1.557	10	0	0.015	0.0012	0.1

Výsledky pre sedem pôdnych parametrov, ktoré boli testované v citlivostnej analýze, uvádza Tab. 5. Pri posudzovaní vplyvu jednotlivých pôdnych vstupov na modelové výstupy boli zistené, ktoré pôdne vstupy ovplyvňujú výstupy z modelu. Hodnotu povrchového odtoku ovplyvňujú nasledovné pôdne vstupy: objemová hmotnosť, počiatočná vlhkosť pôdy, obsah organickej hmoty a hodnota opravného koeficientu. V prípade modelovania množstva sedimentov bol zistený vplyv všetkých pôdnych vstupov. Prekvapujúcim javom, ktorý nastal pri modelovom vstupe pokrytie povrchu pôdy, nie je vplyv tohto parametra na modelové výstupy ako množstvo povrchového odtoku a hodnota čistej erózie. Tento fakt bol konzultovaný na Technickej univerzite vo Freibergu počas vykonanej odbornej stáže na tejto univerzite pod vedením prof. Jürgena Schmidta, ktorý model vyvinul. V súčasnosti prebieha aktualizácia modelu a snaha o začlenenie vplyvu tohto pôdneho parametra do modelových rovníc.

**Tab. 5 Vzťahy medzi modelovými vstupmi a výstupmi**

Vstup/Výstup	Povrchový Odtok (m <sup>3</sup> )	Množstvo sedimentov (kg/m)	Hodnota čistej erózie (Net erosion) (t/ha)
Objemová hmotnosť	✓	✓	✓
Pokrytie povrchu pôdy	X	✓	X
Erózna odolnosť	X	✓	✓
Počiatočná vlhkosť pôdy	✓	✓	✓
Drsnosť povrchu pôdy	X	✓	✓
Obsah organickej hmoty	✓	✓	✓
Opravný koeficient	✓	✓	✓

X Pôdny parameter neovplyvňuje modelový výstup

✓ Pôdny parameter ovplyvňuje modelový výstup

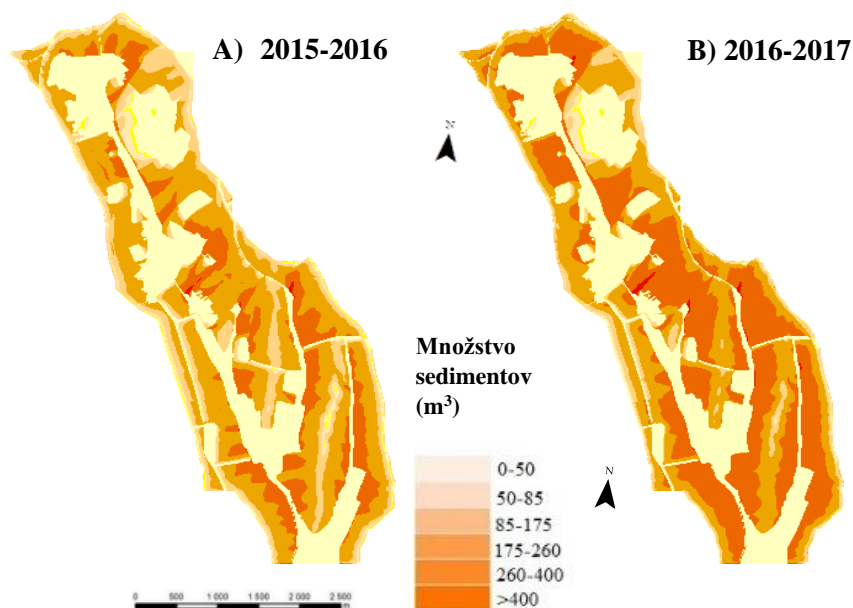
#### 4.4 Validácia EROSION-3D modelu

Validácia modelu bola vykonaná na kontinuálnom rade úhrnov zrážok nameraných na meteorologickej stanici Myjava a na základe batymetrického merania dnových sedimentov v poldri Svacenickej jarok. V rámci zrážkových údajov boli spracované a vyhodnotené erózne účinné zrážky v zvolených obdobiach (september 2015 až október 2017). Ide o minútové zrážkové udalosti, z ktorých boli selektované významné udalosti podľa metodiky Renard et al. (1997). Každá zrážková udalosť vyžaduje vlastný súbor údajov pôdnych charakteristík, ktorých parametre korešponujú s dátumom výskytu zrážkovej udalosti a konkrétnou plodinou. Modelované výsledky boli porovnané so skutočnými meranými údajmi (množstvo sedimentov) získanými pomocou batymetrického prieskumu v Svacenickej poldri (Obr. 6). Hydrografický prieskum poldra bol uskutočnený v spolupráci s Ústavom hydrológie Slovenskej akadémie vied (ÚH SAV) pomocou zariadenia Autonomous Underwater Vehicle EcoMapper, ktorý predstavuje nástroj ideálny na hydrografické monitorovanie priestorového prostredia v pobrežných a plytkých vodách. Pre validáciu modelu boli použité merania z roku 2015 (22. 9), 2016 (6. 10) a z roku 2017 (2. 10). Celkový počet zozbieraných dát predstavoval 3 017 bodov v roku 2015 a 2016, a 9 211 bodov v roku 2017. Následné spracovanie a analýza nameraných údajov sa urobila v prostredí softvéru ArcGIS. (ArcMap 10.7).

Množstvo sedimentov bolo kvantifikované fyzikálne-založeným EROSION-3D modelom s následnou konfrontáciou modelových výsledkov s nameraným množstvom sedimentov v poldri Svacenickej jarok pre zvolené obdobia (A) 2015-2016 a B) 2016-2017). Z výsledkov vyplynulo, že intenzívne erózne procesy v skúmanej lokalite sa viažu na miesta výrazne sklonitých povrchov (nad 10°). Intenzita erózie presahuje 5,0 t/ha/rok, pričom za najzraniteľnejšie plochy možno považovať územia v blízkosti vodného toku a erózných rýh. V týchto miestach taktiež nastáva depozícia erodovaného materiálu, ktorý sa akumuluje na úpätiach svahov. Spolu s nevhodne zvoleným poľnohospodárskym obrábaním sú tieto lokality vystavené vysokej intenzite erózných procesov a to najmä v prípade širokoriadkových plodín. Táto skutočnosť bola potvrdená v prípade druhého obdobia (2016-2017), kde 54% územia pokrývala širokoriadková plodina, t. j. kukurica (Obr. 7B). Naopak, v prípade prvého hodnoteného obdobia (2015-2016), kde prevládali úzkoriadkové plodiny (49% územia pokrývala pšenica) bolo zistené zníženie intenzity erózných procesov, tak ako to reflektuje (Obr. 7A). Vyššie množstvo sedimentov určené pre obdobie 2016-2017 koreluje s vyšším celkovým počtom zrážkových udalostí v porovnaní s obdobím 2015-2016. Pri porovnaní predpovedaného (modelovaného) a pozorovaného (batymetricky meraného) objemu sedimentov v Svacenickej poldri, EROSION-3D predpovedal nižšie množstvo sedimentov. Vyššie hodnoty povrchového odtoku (m<sup>3</sup>), intenzity erózie, depozície (t/ha) ako aj objemu sedimentov (m<sup>3</sup>), boli identifikované pre druhé obdobie (2016-2017) z dvoch hlavných dôvodov. Prvým z nich je celková vyššia hodnota zrážok a druhým dôvodom je manažment plodín, kde kukurica predstavuje 54% rozlohy ornej pôdy. Kombinácia týchto dvoch faktorov vyústila k vyššiemu množstvu a intenzite eróžno-transportných procesov v povodí.



Obr. 6 Polder Svacenickej Jarok (Németová, 2019)



**Obr. 7 Množstvo sedimentov pre dve hodnotené obdobia: A) 2015-2016 a B) 2016-2017**

#### 4.5 Porovnanie modelových výsledkov (EROSION-3D model) s empirickým modelom USPED

Aj napriek neustálemu vývoju nových modelovacích prístupov, empirické modely majú stále významné postavenie v rámci modelovania erózných procesov a v kombinácii so stále sa rozvíjajúcimi GIS technikami je ich veľkou devízou možnosť aplikácie v rozsiahlom meradle s relatívne nízkymi dátovými požiadavkami. V rámci dizertačnej práce bol aplikovaný aj model USPED (Unit Stream Power based Erosion/Deposition model), ktorý síce vznikol na základe modelu USLE v 90. rokoch 20. storočia, ale jeho štruktúra výpočtu je odlišná (Mitáš, Mitášová, 1998; Mitášová et al., 1996). Hlavnú výhodu a odlišnosť modelu možno nájsť v modelovaní potenciálnej miery erózie a depozície pôdy predovšetkým na poľnohospodárskych pôdach. Oba modelovacie prístupy (empirický a fyzikálne-založený) disponujú pozitívnymi i negatívnymi vlastnosťami, a ani jeden prístup nie je možné bezprostredne označiť za lepší, preto vo väčšine prípadov je prínosné (ak je to možné) uplatniť obidve modelovacie techniky. V rámci práce bolo vykonané porovnanie týchto dvoch modelovacích prístupov pre zvolené obdobia IX.2015-X.2016 a dve plodiny, t. j. pšenicu ozimnú a kukuricu na siláž. To znamená, že v rámci celého povodia sa uvažovala jednotná plodina, tzv. kukurica alebo pšenica (v porovnaní s podkapitolou 4.4 Validácia EROSION-3D modelu, kde bol modelovaný reálny stav plodín v povodí).

Na základe výsledkov dosiahnutých pomocou empirického modelu USPED bola preukázaná vhodnosť modelu pre stanovenie dlhodobej intenzity erózie a depozície, a pre potreby priestorovej lokalizácie miest ohrozených vodnou eróziou. Presnosť výpočtu reálneho objemu erodovaného materiálu je zaťažená nepresnosťou vlastných vstupných parametrov, ktoré len parametrizujú reálne prírodné podmienky (Wischmeier, Smith, 1978). K tomu taktiež prispieva možné nadhodnotenie vplyvu zrážkových úhrnov, kde epizódny model EROSION-3D berie do úvahy len vybrané erózne účinné dažde, zatiaľ čo model USPED uvažuje vplyv celkových ročných a mesačných úhrnov.

Empirický model USPED výrazne nadhodnocoval množstvo sedimentov v porovnaní s fyzikálne-založeným Erosion-3D modelom, pri ktorom naopak prišlo k podhodnoteniu kvantifikovaného množstva sedimentov. Na základe batymetrického prieskumu sa v analyzovanom období usadilo v nádrži 913,1 m<sup>3</sup> sedimentov, pričom k tejto hodnote sa najviac približuje EROSION-3D model a to v prípade druhej modelovanej plodiny, t.j. pšenici ozimnej. To vedie k záveru, že pre potreby modelovania množstva sedimentov predstavuje model EROSION-3D vhodnejší prístup; a pre lokalizáciu miest náchylných na vodnú eróziu je lepším nástrojom empirický model USPED.

## 5 VÝSLEDKY DIZERTAČNEJ PRÁCE – Lokalita Puclice

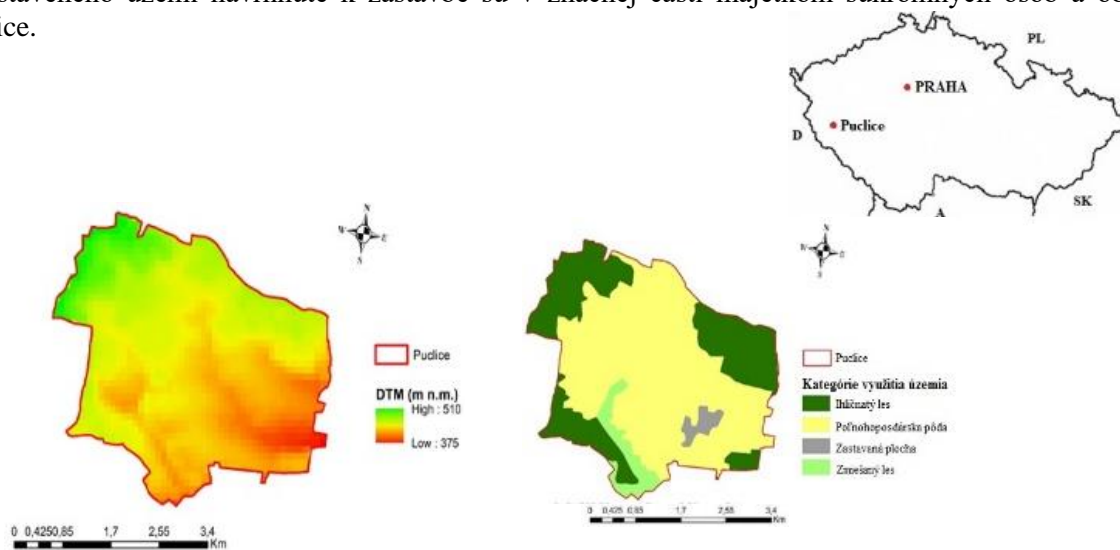
### 5.1 Vstupné údaje

Druhé výskumné územie (Puclice) sa nachádza v strednej časti Plzeňského kraja na západnej hranici okresu Domažlice približne 138 km od hlavného mesta Prahy (Obr. 8). Rozloha tohto územia predstavuje 13,86 km<sup>2</sup> s priemernou nadmorskou výškou 398 m. n. m. Ide o poľnohospodársky využívané územie pahorkatinného až rovinného charakteru s pozemkami ornej pôdy, ktoré sú vystavené erózii. Vodnou eróziou sú ohrozené dlhšie svahovité zorané pozemky s hlinitými pôdami a taktiež terénne údolnice, v ktorých sa sústreďuje odtok z rozsiahlejších odľahlých pozemkov. Prevládajúcimi pôdami v území sú piesočnato-hlinité pôdy s nasledujúcim textúrnym zložením; 11,2% ílu, 51,3% prachu a 37,5% piesku. Na základe vykonaných terénnych meraní bola identifikovaná objemová hmotnosť v rozmedzí medzi 1240 - 1768 kg/m<sup>3</sup> a obsah organických látok od 1,22 po 2,16%. Kategórie využitia územia s percentuálnym zastúpením jednotlivých plôch uvádza Tab. 6 a Obr. 8.

**Tab. 6 Kategórie využitia územia s percentuálnym vymedzením jednotlivých plôch (km<sup>2</sup> a %)**

Kategória využitia územia	Spolu	Zastavané územie	Poľnohospodárska pôda	Vodné plochy	Lesy	Záhrady	Ostatné plochy <sup>1</sup>
Plocha (km <sup>2</sup> )	13,86	0,12	813	0,05	4,78	0,13	0,77
Plocha (%)	100	1,6	58,7	0,4	34,5	1,7	1,0

<sup>1</sup>Ostatné plochy pripadajú na malé plochy verejných priestranstiev, technickej infraštruktúry a plochy nezastaveného územia navrhnuté k zástavbe sú v značnej časti majetkom súkromných osôb a obce Puclice.



**Obr. 8 Digitálny model terénu a mapa využitia územia výskumnej lokality Puclice na území Českej republiky**

V rámci výskumného územia Puclice bolo vykonaných 141 zadažďovacích experimentov pomocou veľkého simulátora zrážok v spolupráci s Výzkumným ústavom meliorací a ochrany pôdy v Prahe, s cieľom kalibrácie vybraných parametrov EROSION-2D/EROSION-3D modelu. Každá simulácia bola urobená pre dve varianty nasýtenia pôdy, t. j. prirodzený a plne nasýtený stav s trvaním simulovaného dažďa 15 a 30 minút. Koniec simulácie bol stanovaný vždy po 30 minútach od začiatku zrážkových experimentov bez ohľadu na vznik alebo dĺžku povrchového odtoku. Prehľad zadažďovaných plodín s použitou agrotechnikou je zobrazený v Tab. 7.

**Tab. 7 Zadažďované plodiny a použitý agrotechnický postup**

Plodina	Použitá agrotechnika
Kukurica	Konvenčný

Úhor	Kyprený
Bôb	Podsev ďateliny
Proso	Konvenčný
Slnečnica	Konvenčný
Zemiaky	Konvenčný
Ľan	Konvenčný
Pšenica	Konvenčný
Horčica	Bez orby, vertikálne spracovanie
Hrach	Konvenčný
Jačmeň	Konvenčný
Mätonoh	Bez orby
Lupina	Konvenčný
Peluška	Vertikálne spracovanie
Svaženka	Vertikálne spracovanie

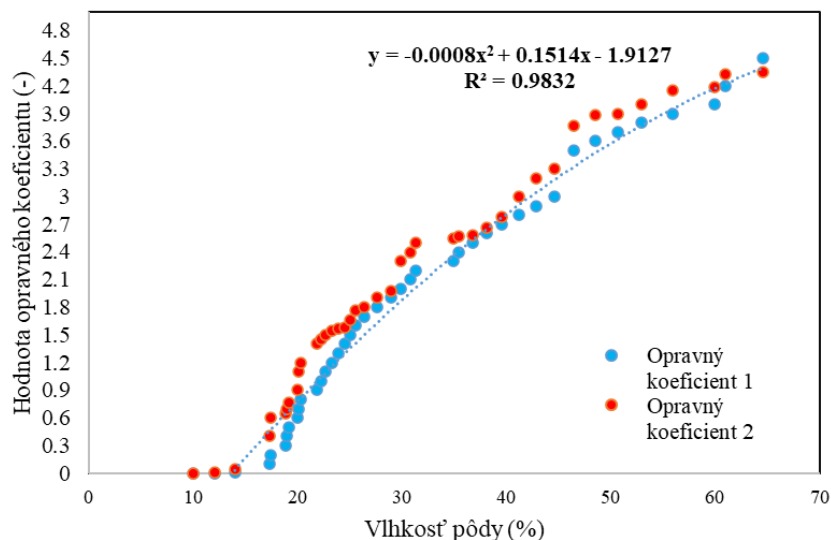
## 5.2 Popis kalibračného procesu EROSION-2D/3D modelu

Proces kalibrácie EROSION-2D/3D modelu bol v tomto prípade založený na experimentoch simulácií dažďov so známou intenzitou a trvaním zrážok, nameranými hodnotami vstupných parametrov modelu a nameraným odtokom. Celý proces kalibrácie modelu pre jednotlivé typy plodín, manažment plodín, stav nasýtenia pôdy, zrnitostné zloženie pôdy, obsah organickej hmoty a vlhkosť pôdy bol uskutočnený v prostredí EROSION-2D modelu.

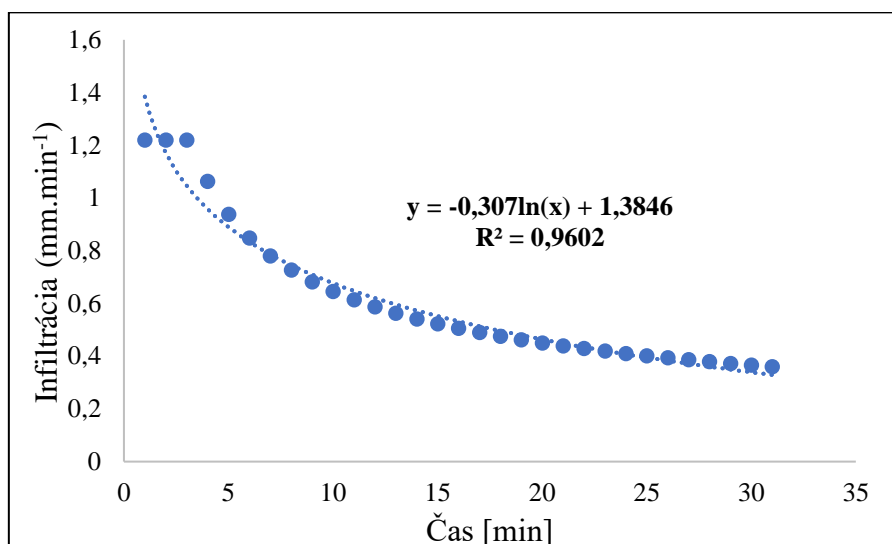
Na stanovenie opravného koeficientu boli zvolené dve metódy. Pomocou prvej metódy (Opravný koeficient 1) sa sledoval celkový objem simulovaného povrchového odtoku a celkový objem meraného odtoku za zvolenú časovú jednotku (15 alebo 30 minút). V rámci druhej metódy (Opravný koeficient 2) bol opravný koeficient stanovený tak, aby bola dosiahnutá, čo najväčšia zhoda celkového objemu simulovaného povrchového odtoku v tzv. koncovej infiltrácii, teda v momente ustáleného odtoku. K tomuto postupu sa pristúpilo po komunikácii s Technickou univerzitou vo Freibergu a dôvodom použitia týchto dvoch metód je lepšia kontrola odhadu kalibrovaného parametra.

## 5.3 Výsledky procesu kalibrácie

Na základe výsledkov kalibračných procesov bola potvrdená silná závislosť medzi počiatočnou vlhkosťou pôdy a hodnotou opravného koeficientu (Obr. 9). So zvyšujúcou sa hodnotou počiatočnej vlhkosti pôdy sa zvyšuje hodnota opravného koeficientu a čím je pôda nasýtenejšia, tým vyššia je i hodnota tohto koeficientu. Na štatistické vyhodnotenie priebehov infiltračných kriviek pre 141 experimentálnych meraní bola odvodená závislosť medzi meranými a simulovanými výstupmi metódou najmenších štvorcov. Týmto spôsobom boli vyhodnotené jednotlivé merania (15 a 30 minút) pre 141 uskutočnených dažďových simulácií. Ako príklad uvádzame priebeh infiltračnej krivky s koeficientom determinácie pre plodinu kukuricu a pre trvanie zavlažovania 30 minút (Obr. 10). Konečné výsledky celého kalibračného procesu predstavujú súbory hodnôt zadaných opravných koeficientov pre rôzne kombinácie plodín, rastovú fázu plodín, manažment plodín a počiatočné vlhkosťové podmienky. Takto vytvorená databáza charakterizovaných opravných koeficientov bude predstavovať podstatnú a dôležitú súčasť EROSION-2D/3D modelu pre jeho aplikáciu v podmienkach Českej a Slovenskej republiky. Na základe vytvorenej databázy si konečný užívateľ môže zvoliť konkrétne hodnoty opravného koeficientu pre dané podmienky plodín a pôdy. Keďže hodnota opravného koeficientu predstavuje najproblematickejší parameter, ale zároveň jeden z najviac ovplyvňujúcich parametrov modelových výsledkov, určenie jeho rozhrania pre rôzne situácie je považované za najdôležitejšiu časť výsledkov v zmysle správnej aplikácie modelu.



Obr. 9 Závislosť medzi vlhkosť pôdy a hodnotou opravného koeficienta



Obr. 10 Priebeh infiltračnej krivky pre plodinu kukuricu a konvenčný spôsob obrábania s trvaním zavlažovania 30 minút (Prvá metóda)

## 6 VÝSLEDKY DIZERTAČNEJ PRÁCE – Lokalita Zagożdżonka

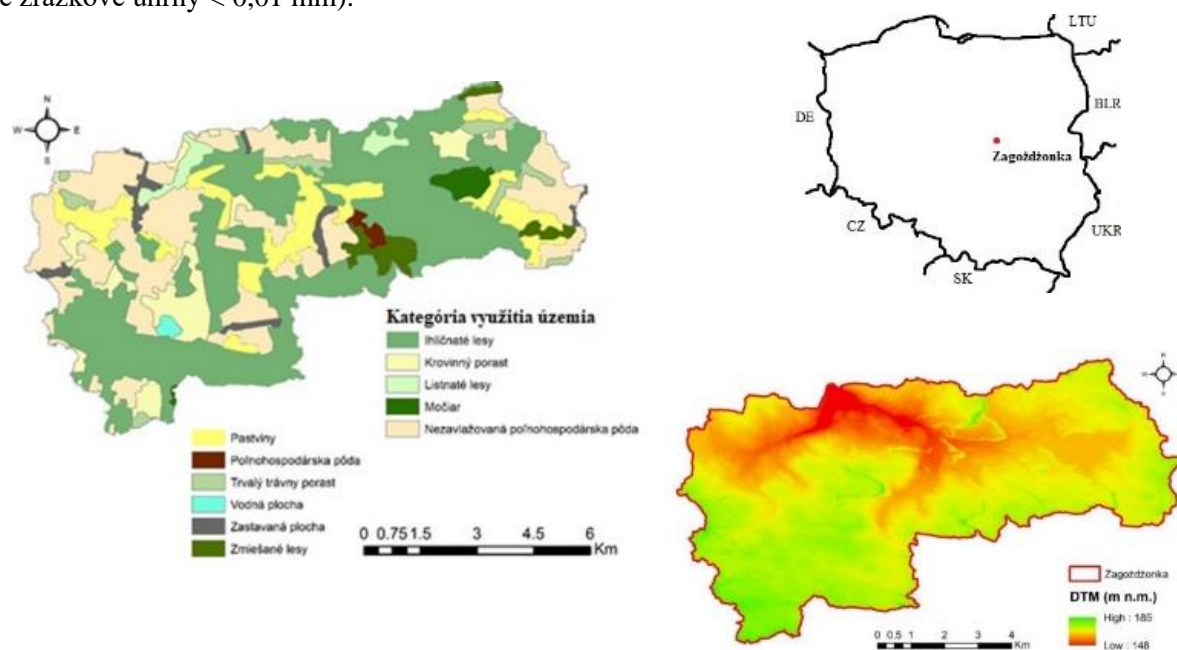
### 6.1 Vstupné údaje

Tretia výskumná lokalita (povodie Zagożdżonka) sa nachádza v strednom Poľsku približne 100 km južne od hlavného mesta Varšavy v oblasti Mazovskej nížiny (Obr. 11). Povodie s dominantným poľnohospodárskym využitím, a topografiou typickou pre túto časť Poľska, má prevažne nížinný charakter. Orná pôda pokrýva 48% rozlohy povodia s prevládajúcim pestovaním zemiakov a pšenice. Lesy zastupujú 39% povodia a pasienky pokrývajú zvyšných 13%. Dominantnými pôdami sú hlinité pôdy (60,6%), piesočnaté (27,2%) a organické pôdy, ktoré zaberajú približne 12,1% z rozlohy povodia.

V rámci lokality bola vykonaná kvantifikácia množstva sedimentov na základe Univerzálnej rovnice straty pôdy (USLE) v kombinácii s modelom SDR (Sediment delivery ratio) používaným pre stanovenie odnosu sedimentov a fyzikálne-založeným EROSION-3D modelom.

Ďalej bola uskutočnená validácia výsledkov na základe meraného množstva sedimentov vo vodnej nádrži Staw Górny, ako aj porovnanie modelových výsledkov z EROSION-3D modelu a z empirického modelu USLE-SDR.

Modelovanie pomocou EROSION-3D modelu sa uskutočnilo s využitím dlhodobej simulácie, pre dve obdobia, t.j. marec-december 2013 (Scenár A) a január-október 2014 (Scenár B). Všetky vstupné parametre pre oba použité modely (digitálny model reliéfu, pôdne parametre, zrážky), ako aj súhrnné údaje o meraniach vo vodnej nádrži Staw Górny boli poskytnuté Varšavskou Univerzitou v rámci stáže podporovanej cez program COST (CA 16209). Zrážkové úhrny v 10-minútovom časovom kroku zaznamenané na zrážkovej stanici Plachty boli spracované pre zvolené obdobia. V tomto prípade boli spracované všetky zrážkové udalosti vyskytujúce sa počas zvolených období (zanedbané boli iba veľmi malé zrážkové úhrny < 0,01 mm).



**Obr. 11** Digitálny model reliéfu a mapa využitia územia výskumnej lokality Zagózdzonka na území Poľska

## 6.2 Validácia fyzikálne-založeného EROSION-3D modelu a empirického modelu USLE-SDR

Podľa experimentálnych terénnych meraní v nádrži Staw Górny predstavuje priemerné ročné množstvo zachytených sedimentov 1080 m<sup>3</sup>. Pri porovnaní výsledkov EROSION-3D modelu a empirického modelu USLE-SDR sa bližšie k nameraným sedimentom v nádrži Staw Górny priblížil empirický model USLE-SDR (Tab. 8). Aj keď množstvo sedimentov stanovené EROSION-3D modelom bolo v priemere o 45% nižšie ako namerané množstvo sedimentov, model sa ukázal ako spoľahlivý nástroj na určenie priestorovej lokalizácie miest ohrozených vodnou eróziou. V prípade vytvorených scenárov (Scenár A a Scenár B), bola vyššia intenzita erózie kvantifikovaná pre scenár B (Tab. 8). Dôvodom bol nielen väčší počet zrážkových udalostí, ale aj ich intenzita, vďaka čomu bola pôda náchylnejšia na erózne procesy. Tento jav bol potvrdený aj v prípade stanoveného množstva sedimentov EROSION-3D modelom, kde sa v prípade scenára B vytvorilo o 49,12 % sedimentov viac ako v prípade scenára A. Nižšie množstvo sedimentov stanovené EROSION-3D modelom v porovnaní s empirickým modelom USLE-SDR vzniklo z dôvodu, že EROSION-3D model neberie do úvahy dnové sedimenty, zatiaľ čo množstvo sedimentov kvantifikované modelom USLE-SDR uvažuje i dnové sedimenty. Táto odchýlka bola konzultovaná v spolupráci s Varšavskou univerzitou a bola stanovená za prijateľnú.

**Tab. 8** Porovnanie dosiahnutých výstupov (USLE-SDR, Vodná nádrž Staw Górny, EROSION-3D model)

Metódy stanovenia množstva sedimentov	Množstvo sedimentov (m <sup>3</sup> )
USLE-SDR	708
Meranie v nádrži STAW GÓRNY	1080
EROSION-3D model (Scenár A)	345
EROSION-3D model (Scenár B)	678

## 7 ZÁVER

Dizertačná práca sa zaoberá modelovaním erózne-transportných procesov pomocou fyzikálne-založeného EROSION-2D/3D modelu, pričom z hlavných prínosov práce je jeho aplikácia, kalibrácia a validácia nielen v podmienkach Slovenska, ale aj v rámci Českej republiky a Poľska. Spoločnou črtou všetkých troch lokalít je aj predošlé stanovenie erózne-transportných procesov prostredníctvom empirických prístupov. V rámci dizertačnej práce bolo cieľom využitie EROSION-3D modelu na modelovanie erózne-transportných procesov so zámerom nahradiť dlhodobo využívané empirické metódy hodnotenia týchto procesov. Keďže ide o rozsiahlu a komplikovanú problematiku, k dosiahnutiu vytýčených cieľov práce bolo nevyhnutné uskutočniť jednotlivé čiastkové kroky, ktoré postupne viedli k naplneniu hlavných cieľov. Prvým z nich bolo pochopenie modelových vzťahov EROSION-2D/3D modelu prostredníctvom vytvorenia schém popisujúcich jednotlivé procesy v rámci modelu a vytvorenie metodického postupu pre aplikáciu EROSION-3D modelu v podmienkach Slovenska.

Vzhľadom k tomu, že nemecká klasifikácia pôd nie je totožná s klasifikáciou pôd používanou v našich podmienkach, bolo nutné vytvoriť metodiku, pomocou ktorej sa bude postupovať pri zadávaní pôdných vstupných parametrov. Bol vytvorený zrnitostný trojuholník, ktorý pozostával z prekryvu nemeckého (Obr. 1A) a USDA trojuholníka (Obr. 1B). Prekryv trojuholníkov bol vykonaný v prostredí Rstudio použitím kódu, ktorý bol poskytnutý prof. Michaelom von Wernerom z Technickej univerzity vo Freibergu. Takto vytvorený zrnitostný trojuholník (Obr. 2) bol podkladom pre určenie percentuálneho zastúpenia nemeckých pôdných druhov vyskytujúcich sa v rámci jednotlivých USDA pôdných druhov.

Na základe tohto postupu bol vytvorený Katalóg pôdných parametrov EROSION-3D a EROSION-2D modelu. Katalóg pôdných parametrov bol vytvorený pre možnosť aplikácie modelu v podmienkach Slovenska a je súčasťou prílohy dizertačnej práce. Okrem konkrétnych hodnôt pôdných parametrov obsahuje i základné teoretické informácie o EROSION-2D/3D modeli, ako aj o samotných pôdných parametroch s cieľom stručného teoretického oboznámenia používateľa o jednotlivých pôdných vstupoch.

Všeobecným problémom aplikácie erózných modelov a zároveň najdôležitejšou súčasťou erózneho modelovania je kalibrácia a validácia modelov, kde bola pomocou dlhodobých simulácií a batymetrického merania množstva sedimentov vykonaná validácia EROSION-3D modelu na kontinuálnom rade zrážok pre vybrané obdobia 2015-2016 a 2016-2017. Batymetrické meranie bolo uskutočnené v poldri Svacenickej Jarok, v spolupráci s Ústavom hydrológie Slovenskej akadémie vied (ÚH SAV) pomocou zariadenia Autonomous Underwater Vehicle. Svacenickej Jarok bol vybudovaný ako súčasť protipovodňovej ochrany mesta Myjava, ktoré bolo v minulosti sužované častými povodňami. Množstvo sedimentov bolo kvantifikované fyzikálne-založeným EROSION-3D modelom ako aj empirickým modelom USPED, a následne boli modelové výsledky konfrontované s nameranými údajmi získanými batymetriou dna v poldri Svacenickej jarok. Vo všetkých prípadoch EROSION-3D model predpovedal menšie množstvo sedimentov v porovnaní s nameraným množstvom sedimentov ako aj s empirickým modelom USPED, ktorý značne nadhodnocoval kalkulované množstvo sedimentov. Predpokladá sa, že nadhodnotenie je spôsobené nepresnosťou vlastných vstupných parametrov empirického modelu USPED. Ďalším možným dôvodom je nadhodnotenie vplyvu zrážkových úhrnov (v porovnaní s EROSION-3D modelom, ktorý pracuje iba s tzv. erózne účinnými zrážkami).

V prípade výskumného územia Pučlice bolo hlavným cieľom vytvorenie súboru hodnôt opravného koeficientu (Skin factor), ktorý predstavuje jeden z najdôležitejších vstupných parametrov EROSION-2D/3D modelu. Opravný koeficient (Skin factor alebo Correcting factor) slúži k zohľadneniu zjednodušenia modelu infiltrácie, ktorý je založený na predpoklade homogénnej pôdnej matrice (Schmidt, 1996). Keďže ide o parameter, ktorý vo veľkej miere ovplyvňuje modelové výsledky, jeho kvantifikácia je považovaná za kľúčovú pre korektnú aplikáciu EROSION-2D/3D modelu. Na dosiahnutie tohto cieľa boli v rámci terénnych prác vykonávané zadažďovacie experimenty pre 141 simulovaných zrážkových udalostí, pričom simulované boli rôzne typy plodín, manažment hospodárenia, stav nasýtenia pôdy, stupeň vegetačného štádia, a počiatočné vlhkosťné podmienky pôdy. Terénne merania boli uskutočnené pre dva typy nasýtenia pôdy; prirodzený stav a plne nasýtený stav s trvaním zrážkových udalostí 15 minút a 30 minút. Na základe simulačných experimentov bolo zistené, že čím je pôda nasýtenejšia, tým vyššia je hodnota opravného koeficientu a teda aj infiltrácia v porovnaní



s počiatocnými podmienkami. Celkové výsledky kalibračného procesu predstavujú súbory hodnôt jednotlivých opravných koeficientov pre rôzne kombinácie plodín, rastovú fázu plodín, manažment plodín, počiatocné podmienky vlhkosti pôdy a vlastnosti pôdy. V rámci tejto časti je za najvýznamnejší prínos považovaná kvantifikácia hodnôt opravného koeficientu pre jednotlivé plodiny spolu s definovanou počiatocnou vlhkosťou pôdy.

V rámci výskumného územia Zagoždžonka lokalizovanom na území Poľska išlo o kvantifikáciu eróznno-transportných procesov pomocou EROSION-3D modelu a empirického modelu USLE-SDR. Keďže doposiaľ boli pre stanovenie množstva sedimentov v povodí Zagoždžonka používané empirické metódy i v tomto prípade absentovalo využitie fyzikálneho-prístupu, preto sa pristúpilo k aplikácii EROSION-3D modelu s využitím dlhodobých simulácií pre dve obdobia, t.j. marec-december 2013 (Scenár A) a január-október 2014 (Scenár B). Jednotlivé obdobia sa od seba líšia celkovým počtom zrážok ako aj intenzitou zrážkových udalostí, pričom obdobie január-október 2014 bolo zrážkovo bohatšie, čo sa prejavilo vyššou intenzitou eróznno-transportných procesov. Aj v tomto prípade fyzikálne-založený EROSION-3D model predpovedal nižšie množstvo sedimentov pre obe vybrané obdobia v porovnaní s empirickým modelom USLE-SDR. V prípade scenára A, EROSION-3D model kvantifikoval o 68,06% menšie množstvo oproti pozorovanému množstvu sedimentov v nádrži, a v prípade scenára B bolo predikcia modelu o 37,22% menšia oproti meranému stavu. Naopak empirický model USLE-SDR predpovedal o 34,44% menšie množstvo sedimentov vzhľadom k meranému stavu. Na základe dosiahnutých výsledkov možno zhrnúť, že empirický model USLE-SDR je v prípade tejto výskumnej lokality bližšie k nameranému množstvu sedimentov ako fyzikálne-založený EROSION-3D model, najmä v prípade scenára A. Najzraniteľnejšie oblasti boli identifikované na poľnohospodárskych pôdach, kde intenzita erózia dosahuje hodnoty od 0,5 až po 7,5 ha/rok. Oba použité prístupy disponujú určitými výhodami a nevýhodami, preto nie je možné jednoznačne tvrdiť, ktorý spôsob predstavuje uspokojivejší nástroj na kvantifikáciu eróznnych procesov. Medzi hlavnú nevýhodu empirického modelu USLE-SDR sa radí predovšetkým nadhodnotenie vplyvu zrážkových udalostí, ktorý pracuje s celkovým ročným a mesačným úhrnom, pričom EROSION-3D model uvažuje iba s tzv. erózne účinnými dažďami. Záverom možno konštatovať, že EROSION-3D model sa preukázal ako vhodný nástroj nielen pri simulovaní eróznno-transportných procesov na základe epizódnych zrážkových udalostí, ale taktiež pri dlhodobých simuláciách založených na kontinuálnom rade zrážok. Na základe výsledkov konštatujeme, že pre potreby modelovania množstva sedimentov predstavuje model EROSION-3D vhodnejší prístup; a pre lokalizáciu miest náchylných na vodnú eróziu je lepším nástrojom empirický model USPED.

Prínos dizertačnej práce možno vidieť vo vypracovaní metodiky pre aplikáciu fyzikálne-založeného EROSION-3D modelu v troch výskumných územiach s cieľom nahradiť dlhodobou používané empirické prístupy. Za dôležité možno považovať spolupráce v rámci jednotlivých krajín, vďaka čomu bolo možné prehĺbiť poznatky o doposiaľ málo využívanom EROSION-3D modeli a vypracovať tak metodický postup na jeho aplikáciu, a uskutočniť kalibráciu a validáciu modelu v rámci jednotlivých výskumných území.

## **8 VEDECKÝ A PRAKTICKÝ PRÍNOS DIZERTAČNEJ PRÁCE**

Vedecký prínos dizertačnej práce spočíva vo vytvorení Katalógu pôdných parametrov, na základe ktorého je možná aplikácia modelu v podmienkach Slovenska, ako aj vytvorenie schém pre jednoduchú orientáciu v modelových procesoch a pochopenie vzťahov prebiehajúcich v modeli. Cieľom takto vytvorených schém je odstránenie potreby predchádzajúceho študovania manuálu EROSION-3D modelu pred samotným použitím modelu. Katalóg pôdných parametrov obsahuje okrem tabuľkových hodnôt jednotlivých parametrov aj teoretické informácie o pôdných vstupných parametroch s cieľom oboznámiť konečného užívateľa o uvedených vstupoch. Medzi ďalšie vedecké prínosy nepochybne patrí odvodenie infiltračných kriviek na základe terénnych meraní a vytvorenie databázy opravných koeficientov, pomocou ktorej si užívateľ môže zvoliť konkrétne hodnoty opravného koeficientu pre dané počiatocné pôdne podmienky a pre konkrétne definované plodiny. V rámci tohto prínosu sa považuje za dôležité, determinácia a určenie rozhrania parametru opravného koeficientu, pretože predstavuje jeden z najviac ovplyvňujúcich parametrov modelu, no zároveň i najťažšie definovateľným. Tento vedecký prínos je čiastočne možno považovať i za prínos praktický, na základe ktorého je možné eliminovať možné nepresnosti spôsobené nevhodným odvodením parametru opravného koeficientu, a tak poskytnúť kvalitnejšie modelové výstupy. Ďalším prínosom práce je kalibrácia EROSION-3D

modelu pre kontinuálnu a udalostnú simuláciu erózných procesov, ktoré doposiaľ v rámci riešených výskumných území neboli uskutočnené.

Praktický prínos práce nachádzame v možnosti hodnotenia vplyvu zmien využitia územia na intenzitu erózných procesov pomocou modelovania rôznych scenárov pestovaných poľnohospodárskych plodín. Keďže spôsob obhospodarovania poľnohospodárskych pozemkov značne ovplyvňuje intenzitu erózných procesov, prostredníctvom vytvárania a modelovania rôznych scenárov spôsobov poľnohospodárskeho obhospodarovania pôdy je možné analyzovať a posúdiť jednotlivé spôsoby využitia územia vrátane kvantifikácie ich vplyvu na eróžno-transportné procesy. Tento spôsob predstavuje opatrenie, ktorým je možné predísť nepriaznivým vplyvom eróžno-transportných procesov v dôsledku správneho stanovenia obhospodarovania poľnohospodárskych pozemkov. Treba mať na pamäti, že erózia pôdy je prírodným javom, to znamená, že nie je možné jej úplné odstránenie, ale snaha o elimináciu nepriaznivých následkov, ktoré môžu pôsobením týchto procesov vzniknúť. Práve preto je nastavenie a voľba správneho manažmentu pôdy, jedno zo základných opatrení prostredníctvom ktorého je možné predísť negatívnym dopadom javov eróžno-transportného charakteru.

Z pohľadu projekčnej praxe EROSION-3D model predstavuje uspokojivý pomocný nástroj pri identifikovaní miest ohrozených eróziou pôdy, pri analyzovaní rôznych scenárov využitia územia, ako aj pri projektovaní technických protierózných opatrení. Za dôležité možno považovať schopnosť posúdiť odozvu v krajine v rámci zrážkových udalostí, či už skutočných alebo návrhových zrážkach, a rovnako i schopnosť diferenciacie procesov na eróziu, depozíciu a transport sedimentov.

## SUMMARY

The dissertation thesis is focused on the modelling of erosion and transport processes using a physically-based EROSION-2D/3D model together with the empirical models USLE-SDR and USPED. Calibration and validation of the models for research areas located in three different countries were performed: Slovak Republic, Czech Republic and Poland. These localities are characterized by the previous long-term use of empirical models for evaluation of the intensity of erosion and transport processes. One of the main goals of the work was invented methodological procedures for the relevant use of the EROSION-3D model to assess the intensity of soil erosion processes in order to replace long-used empirical methods for erosion-transport processes assessment. The topic represents an extensive and complicated research area and individual steps were taken to achieve these goals. The schemes describing model processes within the model were created together with the Parameter's Catalogue of EROSION-3D and EROSION-2D model in cooperation with the Technical University in Freiberg. The Parameter's Catalogue allows the application of the model in Slovakia and is a part of the dissertation thesis. Schemes describe a model system in a complex way, i.e., a theoretical description of the processes in the model and a set of equations that create relationships between variables and explain how they interact with each other. Therefore, they can be considered as additional tool for the understanding of the EROSION-3D model, its application and interpretation of the modelled results by end-users. Within the territory of Slovakia, the validation of the models mentioned were performed on a continuous rainfall series and based on bathymetric measurement of the amount of sediments in the Svacenický polder. In the case of the Puclice research area, the main goal was to create a set of values of the correction factor (Skin factor), which is one of the most important input parameters of the EROSION 2D/3D model. To achieve this goal, rainfall terrain experiments were performed for 141 rainfall events. The results of the calibration process represent sets of values of the correction factor for different crop combinations, crop management, initial soil moisture conditions and soil properties. In the case of the research area located in Poland, the quantification of erosion-transport processes using the EROSION-3D model and the empirical model USLE-SDR was done. The validation of the models was also performed based on long-term simulations and the measured amount of sediments in the Stav Górný reservoir.

## LITERATÚRA

ALTIERI, M.A. - NICHOLLS, C.I.: The adaptation and mitigation potential of traditional agriculture in a changing climate. *Climatic Change*, 2017, roč. 140, č. 1, s. 33-45, ISSN 1573-1480.

BUČKO, Š. - MAZUROVÁ, V.: Výmoľová erózia na Slovensku. In *Zborník: Vodná erózia na Slovensku*. Bratislava: SAV 1958, s. 68–101.

DOTTERWEICH, M. - STANKOVIANSKY, M. - MINÁR, J. - KOCO, Š. - PAPČO, P.: Human induced soil erosion and gully system development in the Late Holocene and future perspectives on landscape evolution: The Myjava Hill Land, Slovakia. *Geomorphology*. 2013, roč. 201, 227–245. ISSN : 0169-555X.

JANEČEK, M. a kol.: Ochrana zeměděľské pudy před erozí- metodika. Praha: Česká zeměděľská univerzita Praha 2012, s. 117. ISBN 85866-85-8.

MICHAEL A. - SCHMIDT J. – SCHMIDT, W. A.: EROSION 2D/3D: Parameter Catalog Application (2D). Freiberg: Technische Universität Bergakademie Freiberg 1996, s. 169.

MIDRIAK, R.: Únosnosť a racionálne využívanie územia vysokých pohorí Slovenska. 1993, Bratislava, Slovenský zväz ochranov prírody a krajiny 1993, s. 114.

MITÁŠ, L. - MITÁŠOVÁ, H.: Distibuted soil erosion simulation for effective erosion prevention. *Water Resources Research*. 1998, roč. 34, č. 3, s. 505-516. ISSN: 1944-7973.

MITÁŠOVÁ, H. - HOFIERKA, J. - ZLOCHA, M. - IVERSON, L. R. (1996): Modelling topography potential for erosion and deposition using GIS. *International Journal of GIS*. 1996, roč. 10, č. 5, s. 629-641. ISSN: 1362-3087.

MONTGOMERY, D. R.: Soil erosion and agricultural sustainability. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 2007, roč. 104, č. 33, s. 13268–13272. ISSN 1091-6490.

NÉMETOVÁ, Z. – HONEK, D. – LÁTKOVÁ, T. - ŠULC MICHALKOVÁ M. - KOHNOVÁ S. An assessment of soil water erosion in the Myjava hill land: The application of a physically-based erosion model. *Pollack Periodica*. 2018, roč. 13, č. 3, s. 197–208. ISSN 1788-3911.

POESEN, J.: Earth surface processes and landforms. *Earth Surface Processes and Landforms*. 2017, roč. 43, č. 15, s. 64–84, ISSN 1096-9837.

RAWAT, P. K. - TIWARI, P. C.- PANT, C. C. - SHARAMA, A. K. - PANT, P. D.: Modelling of stream run-off and sediment output for erosion hazard assessment in Lesser Himalaya: need for sustainable land use plan using remote sensing and GIS: a case study, *Natural Hazards*. 2011, roč. 59, s. 1277–1297, ISSN 1573-0840.

RENARD, K. - FOSTER, G. - WEESIES, G. - MCCOOL, D. - YODER, D.: Predicting Soil Erosion by Water: a Guide to Conservation Plannin with Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). USDA Agricultural Handbook. 1997, č. 703, s. 404. ISBN 0-16-048938-5.

SCHMIDT, J.: Entwicklung und Anwendung eines physikalisch begründeten. Simulationsmodells für die Erosion geneigter landwirtschaftlicher Nutzflächen. Im Selbstverlag des Instituts für Geographische Wissenschaften 1996, s. 148. ISBN 3-88009-062-9.

STANKOVIANSKY, M.: Geomorphic response of agricultural landscape to land use changes associated with introduction of large-scale farming in Slovakia. In: *Soil conservation in large-scale land use*. Bratislava: SSC, SSCRI 1999, s. 49-58. ISBN 80-86361-60-4.

STANKOVIANSKY M.: Historical evolution of permanent gullies in the Myjava Hill Land, Slovakia. *Catena*. 2003, roč. 51, č. 3-4, s. 223-239. ISSN: 0341-8162.

TERRANOVA, O., ANTRONICO, L., COSCARELLI, R., IAQUINTA, P.: Soil erosion risk scenarios in the Mediterranean environment using RUSLE and GIS: An application model for Calabria (Southern Italy). *Geomorphology*, 2009, 112, 228–245.

WERNER M.: *Erosion-3D User manual: Version 3.1.1*. Berlin, GEOGNOSTICS 2006. s. 69.  
WISCHMEIER, W. H. - SMITH, D. D.: Predicting rainfall erosion losses-A guide to conservation planning. Science and Education Administration, U.S. Dept. of Agriculture 1987, s. 67.

WISCHMEIER, W. H. - SMITH, D. D.: *Predicting rainfall erosion losses-A guide to conservation planning*. Science and Education Administration, U.S. Dept. of Agriculture 1978, s. 67.

YOUNG, R. - ORSINI, S. - FITZPATRICK, J.: *Soil Degradation: Major Threat to Humanity*. UK: Sustainable Food Trust 2015, s. 15. dostupné online: [http://assets.fsnforum.fao.org.s3-eu-west-1.amazonaws.com/public/discussions/contributions/Soil-degradation-Final-final\\_0.pdf](http://assets.fsnforum.fao.org.s3-eu-west-1.amazonaws.com/public/discussions/contributions/Soil-degradation-Final-final_0.pdf).

ZHAO, X. - HU, K. - STAHR, K. Effect of optimal irrigation, Different fertilization, And reduced tillage on soil organic carbon storage and crop yields in the North China Plain. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 2013, roč. 176, č. 1, s. 89–98. ISSN 1522-2624.

## **PUBLIKAČNÁ ČINNOSŤ AUTORKY**

### **VEDECKÉ PRÁCE V ZAHRANIČNÝCH KARENTOVANÝCH ČASOPISOCH**

NĚMETOVÁ, Z. - HONEK, D. - KOHNOVÁ, S. - HLAVČOVÁ, K. - ŠULC MICHALKOVÁ, M. - SOČUVKA, V. - VELÍSKOVÁ, Y. Validation of the EROSION-3D Model through Measured Bathymetric Sediments. *Water*, 2020, roč. 12, č. 4, s. 1082. ISSN 2073-4441.

HONEK, D. - ŠULC MICHALKOVÁ, M. - SMETANOVÁ, A. - SOČUVKA, V. - VELÍSKOVÁ, Y. - KARASEK, P. - KONEČNÁ, J. - NĚMETOVÁ, Z. - DANÁČOVÁ, M. Estimating sedimentation rates in small reservoirs – Suitable approaches for local municipalities in central Europe. *Journal of Environmental Management* 261:109958, 2020, ISSN 0301-4797.

### **VEDECKÉ PRÁCE V ZAHRANIČNÝCH ČASOPISOCH REGISTROVANÝCH V DATABÁZACH WEB OF SCIENCE ALEBO SCOPUS**

NĚMETOVÁ, Z. - HONEK, D. - LÁTKOVÁ, T. - ŠULC MICHALKOVÁ, M. - KOHNOVÁ,

S. An assessment of soil water erosion in the Myjava Hill Land: The application of a physically-based erosion model. *Pollack Periodica*, 2017, č. 13, s. 197-208. ISSN 17881994.

HONEK, D. - NÉMETOVÁ, Z. - KOHNOVÁ, S. - ŠULC MICHALKOVÁ, M. The sensitivity analyses of soil parameters and their impact on runoff-erosion processes: the application of Erosion-3D model in small Slovak catchment. *Pollack Periodica*, 2020, roč. 15, č. 1, s. 53–64, ISBN 978 963 429 284 5.

NÉMETOVÁ, Z. - KOHNOVÁ, S. - MARKOVÁ, R. Estimating of the mean annual flood estimation using two pooling methods. *Pollack Periodica*, 2020, ISBN 978 963 429 284 5. **(In print)**

### **VEDECKÉ PRÁCE V ZAHRANIČNÝCH ČASOPISOCH A V RECENZOVANÝCH VEDECKÝCH MONOGRAFIÁCH**

NÉMETOVÁ, Z. - KOHNOVÁ, S. - FÖLDES, G. Evaluation of effect of different crop types on soil water erosion: case study of the Myjava Hill Land, Slovakia. In *World Multidisciplinary Civil Engineering, Architecture, Urban Planning Symposium (WMCAUS 2018)*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2019. roč. 471, č. 2, ISSN: 1757-899X.

VASEKOVÁ, B. - NÉMETOVÁ, Z. - KESZELIOVÁ, A. - ŠTEFUNKOVÁ, Z. Mapping Invasive Plants in Riverbank Vegetation. In *World Multidisciplinary Earth Sciences Symposium (WMESS 2018)*. Bristol: IOP Publishing, 2019. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. roč. 221, 012109, doi:10.1088/1755-1315/221/1/012109.

VÝLETA, R. - VALENT, P. - NÉMETOVÁ, Z. - HLAVČOVÁ, K. An assessment of changes in ecological stability and landscape management practices over the last centuries: a case study from Vrbovce, Slovakia. In *4th World Multidisciplinary Civil Engineering-Architecture-Urban Planning Symposium - WMCAUS 2019*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, roč. 603, č. 2. 022083, doi:10.1088/1757-899X/603/2/022083.

NÉMETOVÁ, Z. - DANÁČOVÁ, M. Process for the parameterization of a soil erosion model based on a small rainfall simulator. In *4th World Multidisciplinary Civil Engineering-Architecture-Urban Planning Symposium - WMCAUS 2019*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, č. 603, 022084, doi:10.1088/1757-899X/603/2/022084.

NÉMETOVÁ, Z. - KOHNOVÁ, S. Comparison of sediment loss modelling by using the physically-based Erosion-3D model and the USPED empirical model: A Case study of the Svacenicke Creek Catchment (Slovakia). In *4th World Multidisciplinary Civil Engineering-Architecture-Urban Planning Symposium - WMCAUS 2019*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, č. 603, 022082, doi:10.1088/1757-899X/603/2/022082.

### **VEDECKÉ PRÁCE V ZAHRANIČNÝCH NEKARENTOVANÝCH ČASOPISOCH**

KALETOVÁ, T. - NÉMETOVÁ, Z. Determination of surface runoff from the modelled area. *Environment, Earth and Ecology*. 2017, č. 1, s. 61-66. ISSN 2451 4225.

NĚMETOVÁ, Z. - HONEK, D. - KOHNOVÁ, S. Citlivostná analýza pôdnych parametrov v modeli EROSION-3D a ich vplyv na odtokovo-erózne procesy. *Czech Journal of Civil Engineering*. 2019, č. 5, s. 83-89. ISSN 2336-7148.

### **VEDECKÉ PRÁCE V DOMÁCICH NEKARENTOVANÝCH ČASOPISOCH**

NĚMETOVÁ, Z. - KOHNOVÁ, S. - HLAVČOVÁ, K. Assessment of erosion processes in the Svacenický creek using physically-based Erosion-3D model. *Acta hydrologica Slovaca*, 19. 2018, s. 93-100. ISSN 2644-4690.

HONEK, D. - NĚMETOVÁ, Z. - KOHNOVÁ, S. Modelovanie odnosu sedimentov fyzikálne založeným EROSION-3D modelom a empirickým modelom USPED v povodí Svacenického jarku. *Acta hydrologica Slovaca*, s. 94-101. roč. 20, č. 1, 2019, s. 94-101. ISSN 2644-4690.

### **PUBLIKOVANÉ PRÍSPEVKY NA DOMÁCICH VEDECKÝCH KONFERENCIÁCH**

NĚMETOVÁ, Z.-VASEKOVÁ, B. Modelové riešenie povrchového odtoku z poľnohospodársky využívaného územia. In *28. konferencia mladých hydroológov, 15. konferencia mladých vodohospodárov, 17. konferencia mladých meteorológov a klimatológov*. Bratislava: Slovenský hydrometeorologický ústav, 2016, ISBN 978-80-88907-94-7.

NĚMETOVÁ, Z. - HONEK, D. Application of physically-based erosion model in the small catchment of Myjava river basin. In *29. konferencia mladých hydroológov, 16. konferencia mladých vodohospodárov, 18. konferencia mladých meteorológov a klimatológov*. Bratislava: Slovenský hydrometeorologický ústav, 2017, ISBN 978-80-88907-95-4.

NĚMETOVÁ, Z. - ĎURIGOVÁ, M. - STUDVOVÁ, Z. Assesment of effect of land management on runoff generation on a slope. In *Veda mladých 2017 - Science of Youth 2017*. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, 2017, s. 86-97. ISBN 978-80-552-1688-1.

VASEKOVÁ, B. - NĚMETOVÁ, Z. Revitalization of Landscape's Complex in Marianka. In *Veda mladých 2017 - Science of Youth 2017*. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, 2017, s. 153-162. ISBN 978-80-552-1688-1.

NĚMETOVÁ, Z. Vytvorenie metodiky pre aplikáciu erózneho modelu EROSION-3D v podmienkach Slovenska. In *Advances in Architectural, Civil and Environmental Engineering*. Bratislava: Spektrum STU, 2017, s. 569-575. ISBN 978-80-227-4751-6.

NĚMETOVÁ, Z. Metodický postup pre aplikáciu fyzikálne-založeného Erosion-3D modelu. In *Advances in Architectural, Civil and Environmental Engineering*. Bratislava: Spektrum STU, 2018, s. 490-498. ISBN 978-80-227-4864-3.

MARKOVÁ, R. - NĚMETOVÁ, Z. Porovnanie dvoch regionálnych prístupov na určenie indexovej povodne pre regionálnu frekvenčnú analýzu prietokov. In *Zborník súťažných prác mladých odborníkov 2018*. Bratislava: Slovenský hydrometeorologický ústav, 2018, ISBN 978-80-88907-98-5.

NĚMETOVÁ, Z. Calibration procedure of the physically-based Erosion-2D model under rainfall simulations in the Czech Republic. In *Advances in Architectural, Civil and*

*Environmental Engineering*. Bratislava: Spektrum STU, 2019, s. 167-175. ISBN 978-80-227-4972-5.

## **PUBLIKOVANÉ PRÍSPEVKY NA ZAHRANIČNÝCH VEDECKÝCH KONFERENCIÁCH**

NÉMETOVÁ, Z. – KRAJEWSKI, A. - BANASIK, K. – KOHNOVÁ, S.: The application and validation of physically-based erosion and empirical model in central Poland. In: *Conference Proceedings*, Geolinks: Plovdiv, Bulgaria 2020, vol. 2, s. 187-195. ISSN 2603-5472.

NÉMETOVÁ, Z. - HONEK, D. - LÁTKOVÁ, T. Application of physically-based erosion 3D model in small catchment. In *SGEM 2017. 17th International Multidisciplinary Scientific GeoConference. Volume 17. Water Resources. Forest, Marine and Ocean Ecosystems*. Sofia: STEF 92 Technology, 2017, s. 43-50. ISBN 978-619-7408-27-0.

NÉMETOVÁ, Z.-- HONEK, D.-- KOHNOVÁ, S. Impact of land use changes on soil water erosion estimated by physically-based erosion model. In *Juniorstav 2018*. Brno: ECON publishing, 2018, s. 743-748. ISBN 978-80-86433-69-1.

NÉMETOVÁ, Z. Validation of a physically-based erosion model with an assessment of different crop types on soil water erosion. *Juniorstav 2020*, Brno: ECON publishing, s. 502-508. ISBN 978-80-86433-73-8.

## **ABSTRAKTY ODBORNÝCH PRÁC ZO ZAHRANIČNÝCH PODUJATÍ**

NÉMETOVÁ, Z. - KOHNOVÁ, S. - FÖLDES, G. Evaluation the influence of different crop types on soil water erosion: the case study in the Myjava Hill Land, Slovakia. In *WMCAUS 2018*, s. 125.

NÉMETOVÁ, Z. - KOHNOVÁ, S. Validation of a physically-based erosion model based on a continuous rainfall series in the Slovak condition. In *WMCAUS 2019*, 2019, s. 6.

VASEKOVÁ, B. - NÉMETOVÁ, Z. - KESZELIOVÁ, A. - ŠTEFUNKOVÁ, Z. Mapping invasive plants in riverbank vegetation. In *WMESS 2018*. Prague, s. 265.

## **ABSTRAKTY PRÍSPEVKOV ZO ZAHRANIČNÝCH KONFERENCIÍ**

NÉMETOVÁ, Z. - HONEK, D. - LÁTKOVÁ, T. Evaluation of potential soil water erosion in the Myjava Hill Land: The comparison between two physically-based erosion models. In FÜLÖP, A. - IVÁNYI, P. *Architectural, Engineering and Information Sciences*. Pécs: Pollack Press, 2017, s. 99. ISBN 978-963-642-780-1.

HLAVČOVÁ, K. - KOHNOVÁ, S. - VELÍSKOVÁ, Y. - STUDVOVÁ, Z. - SOČUVKA, V. - NÉMETOVÁ, Z. - ĎURIGOVÁ, M. Quantification of soil erosion and transport processes in the Myjava Hill Land. In *Geophysical Research Abstracts. Volume 19/2017*. Göttingen: Copernicus Publications, 2017.

NÉMETOVÁ, Z. - HONEK, D. - LÁTKOVÁ, T. The application of two physically-based erosion models in small catchments: a case study of the Myjava Hill Land, Slovakia. In *HydroCarpath 2017. Catchment Processes in Regional Hydrology: Experiments, Patterns and Predictions*. Sopron: University of Sopron Press, 2017, s. 30-31. ISBN 978-963-359-092-8.

HONEK, D. - NÉMETOVÁ, Z. - KOHNOVÁ, S. - ŠULC MICHALKOVÁ, M. The sensitivity analyses of soil parameters and their impact on runoff-erosion processes: the application of Erosion-3D model in small Slovak catchment. In FÜLÖP, A. -- IVÁNYI, P. *Abstract book for the 14th Miklós Iványi International PhD & DLA Symposium*. Pécs: Pollack Press, 2018, ISBN 978-963-429-284-5.

MARKOVÁ, R.-- NÉMETOVÁ, Z.-- KOHNOVÁ, S. Estimating of the mean annual flood estimation using two pooling methods. In FÜLÖP, A. -- IVÁNYI, P. *Abstract book for the 14th Miklós Iványi International PhD & DLA Symposium*. Pécs: Pollack Press, 2018, ISBN 978-963-429-284-5.

NÉMETOVÁ, Z. - KOHNOVÁ, S. A methodological procedure for the application of a physically-based erosion model with an assessment of soil water erosion in two Slovak catchments. In KALICZ, P. -- HLAVČOVÁ, K. -- KOHNOVÁ, S. -- RATTAYOVÁ, V. -- GRIBOVŠZKI, Z. *HydroCarpath 2018. Catchment Processes in Regional Hydrology: Field Experiments and Modelling in Carpathians Basins*. Sopron: University of Sopron Press, 2018, s. 11. ISBN 978-963-334-199-5.

HONEK, D. - NÉMETOVÁ, Z. - KOHNOVÁ, S. - ŠULC MICHALKOVÁ, M. - HLAVČOVÁ, K. - SOČUVKA, V. - VELÍSKOVÁ, Y. - LÁTKOVÁ, T. Assessment of potential soil water erosion based on empirical and physical models: the case study in the Myjava Hill Land, Slovakia. In *Geophysical Research Abstracts. Volume 20/2018*. Göttingen: Copernicus Publications, 2018.

NÉMETOVÁ, Z. - KOHNOVÁ, S. - RATTAYOVÁ, V. A methodological procedure for the application and validation of a physically-based erosion model in the Slovak catchment. In *Geophysical Research Abstracts. Volume 21/2019*. Göttingen: Copernicus Publications, 2019.

NÉMETOVÁ, Z. - BREITLEROVÁ, H. - DEVÁTY, J. - KOHNOVÁ, S. Calibration of infiltration model for the physically based EROSION-2D model. In PELIVANOVSKI, P. *WMHE 2019*. Skopje: Ss Cyril and Methodius University Civil Engineering Faculty, 2019, s. 55. ISBN 978-608-4510-33-8.

NÉMETOVÁ, Z. - KOHNOVÁ, S. The calibration and validation of physically-based erosion and empirical models with an assessment of the effect of different types of crops on soil water erosion. In KALICZ, P. - HLAVČOVÁ, K. - KOHNOVÁ, S. - RATTAYOVÁ, V. - GRIBOVŠZKI, Z. *HydroCarpath 2019. Catchment Processes in Regional Hydrology: Coupling Field Experiments and Data Assimilation into Process Understanding and Modeling in Carpathian Basins*. Sopron: University of Sopron Press, 2019, s. 41. ISBN 978-963-334-349-4.

KOHNOVÁ, S. – NÉMETOVÁ, Z. Modelling of impacts of erosion processes on agricultural landscapes due to intensive rainfall events. In *EGU General Assembly 2020*, Göttingen: Copernicus Publications, 2020. <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu2020-13692>.