

POSÚDENIE POTENCIÁLNEJ TVORBY POVRCHOVÉHO ODTOKU NA SVAHU POMOCOU SIMULÁTORA DAŽĎA

Mária Ďurigová

Anotácia: Článok je zameraný na komplexnú analýzu potenciálu tvorby povrchového odtoku na vybranom záujmovom území nachádzajúcom sa v povodí rieky Myjava. Okrem výskumu povrchového odtoku pomocou simulátora dažďa v laboratórnych a poľných podmienkach sa urobil širší prieskum záujmového územia.

Kľúčové slová: simulátor dažďa, erózia pôdy, povrchový odtok.

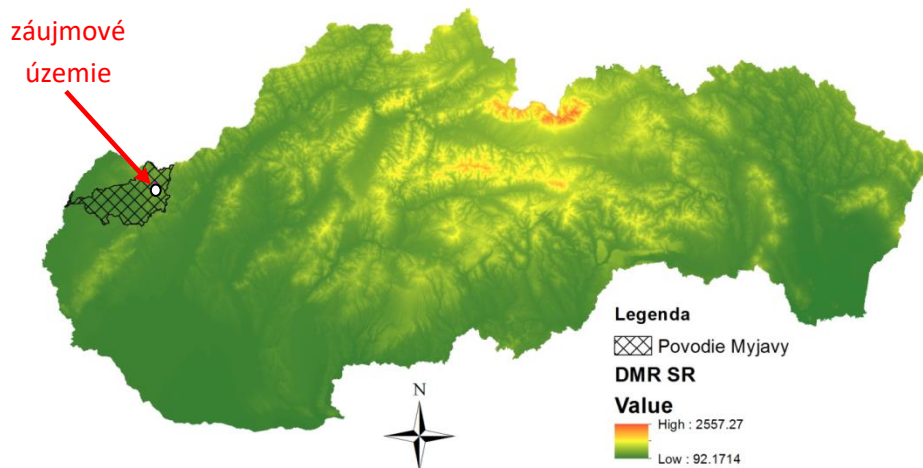
Annotation: The article focuses on a complex analysis of potential for the formation of surface runoff in a selected area, which is located in the basin of the Myjava river. Except of the research of surface runoff by rainfall simulator in the laboratory and terrain conditions a wider research of the pilot area was provided.

Key words: rainfall simulator, soil erosion, surface runoff.

Úvod

Pôda patrí medzi najdôležitejšie zložky pre život na Zemi. Vytvára vhodné podmienky na život organizmov a rastlínstva. Vznikla na kontakte podložných hornín s ovzduším a vodou. Využívanie pôdy malo oddávna často negatívny vplyv na jej kvalitu. Po odstránení prirodzeného rastlínstva dochádza k degradácii pôdy. K základným pôdnodegradáčnym procesom patrí kontaminácia pôdy, erózia pôdy, úbytok organickej pôdy, zhutňovanie pôdy, zasoľovanie, povodne a zosuvy. V súčasnosti patrí degradácia pôd k závažným environmentálnym hrozbám (Stankovičský, 2010). Záujmové územie nachádzajúce sa v povodí rieky Myjava má potenciál pre vznik erózných procesov, bleskových a bahenných povodní.

Článok je zameraný na zhodnotenie potenciálu pre vznik bahenných povodní a eróziu pôdy na vybranom svahu v povodí Myjavy (Obr. 1). V rámci komplexného hodnotenia sme sa zamerali na analýzu morfológických a pôdných vlastností, zhodnotenie projektu odvodnenia, analýzu tvorby povrchového odtoku pomocou simulátora dažďa v terénnych a laboratórnych podmienkach.



Obrázok 1: Digitálny model reliéfu Slovenskej republiky (DMR SR) s vyznačením povodia Myjavy a záujmového územia

1. Opis územia

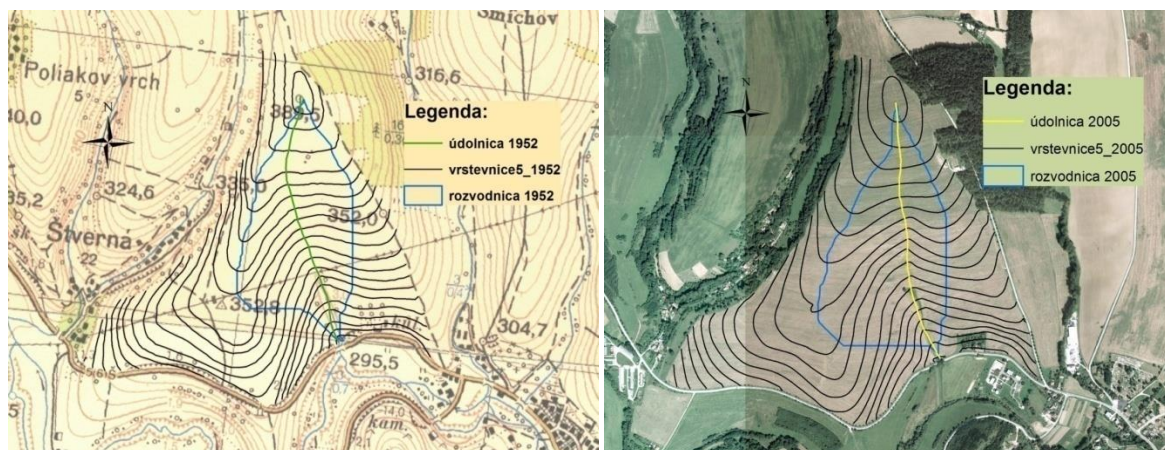
Záujmové územie sa nachádza na západnom Slovensku v Trenčianskom kraji. Územie Myjavskej pahorkatiny sa nachádza medzi Bielymi a Malými Karpatmi. Reliéf je špecifický množstvom nevysokých chrbtov a dolín. Oblasť sa zaraďuje do mierne teplého pásma s priemerným ročným úhrnom zrážok 640 mm a priemernou ročnou teplotou 9,1 °C (SHMÚ), (Stankoviansky, 1996a). Ide o poľnohospodársky využívanú pôdu na svahu, na ktorej sa nachádza permanentný erózný výmoľ s niekoľkými dočasnými (efemérnymi) výmoľmi, ktoré sú orbou poľnohospodárskeho stroja rekultivované. V permanentnom výmoľe sa nachádza 7 drevených stabilizačných prehrádzok. Voda z výmoľu je odvádzaná popod cestnú komunikáciu potrubím, ktoré potom pokračuje kanálom až do vyústenia do rieky Myjava.

2. Analýza morfológických a pôdných vlastností

2.1 Možnosť hodnotenia svahu z mapových podkladov

Na základe mapových podkladov sme sa pokúsili zhodnotiť a odhadnúť zmeny v polohe údolnice a tvaru rozvodnice za posledných 50 rokov, znázornenie možnej zmeny svahu (sklonové pomery) a výškové zmeny.

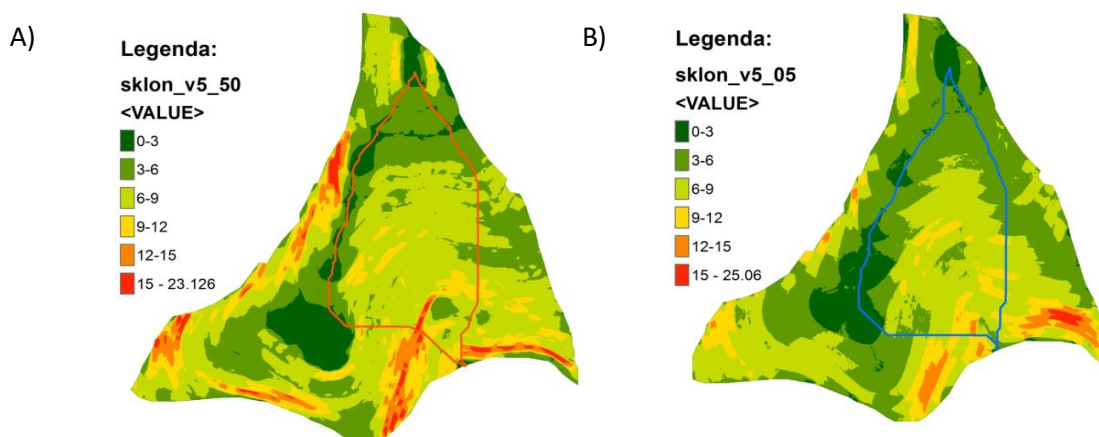
Ako vstupné údaje bola použitá topografická mapa z roku 1952 (TM 52), ortofotomapa z roku 2005 a vektorová mapa vrstevníc zo základnej mapy v M=1:50 000 (Obr. 2). Na topografickej mape boli zdigitalizované vrstevnice územia v ArcGIS-e. Na základe vrstevníc z oboch mapových podkladov bola vytvorená údolnica a rozvodnica. V rámci analýzy sa zanedbala existencia výmoľa, pretože jeho tvar bol ovplyvňovaný antropogénnym zásahom (v r. 1983 bol zasypaný, no neskôr sa opäť vytvoril vplyvom erózie).



Obrázok 2: A) Topografická mapa z roku 1952 s digitalizovanými vrstevnicami, rozvodnicou a údolnicou, B) mapa vrstevníc na otofotomape z roku 2005 s rozvodnicou a údolnicou

Analyzovala sa zmena tvaru rozvodnice, poloha údolnice a zmena v sklonoch svahu. V hornej časti povodia sa zaznamenal výrazný posun údolnice smerom na západ až o 70 m, v strednej časti to bolo približne 10 m a dolná časť je na základe výsledkov analýzy stabilná.

Najväčšie zastúpenie v roku 1952 mal sklon terénu okolo 7,3 °. V súčasnosti je najčastejšie sa vyskytujúci sklon približne 5,6 °. Predpokladá sa zmiernenie svahov (Obr. 3), ktoré mohlo byť spôsobené transportom a usadzovaním pôdných častíc vodnou eróziou pôdy.



Obrázok 3: Sklonové pomery na záujmovom území, rok A) 1952, B) rok 2005

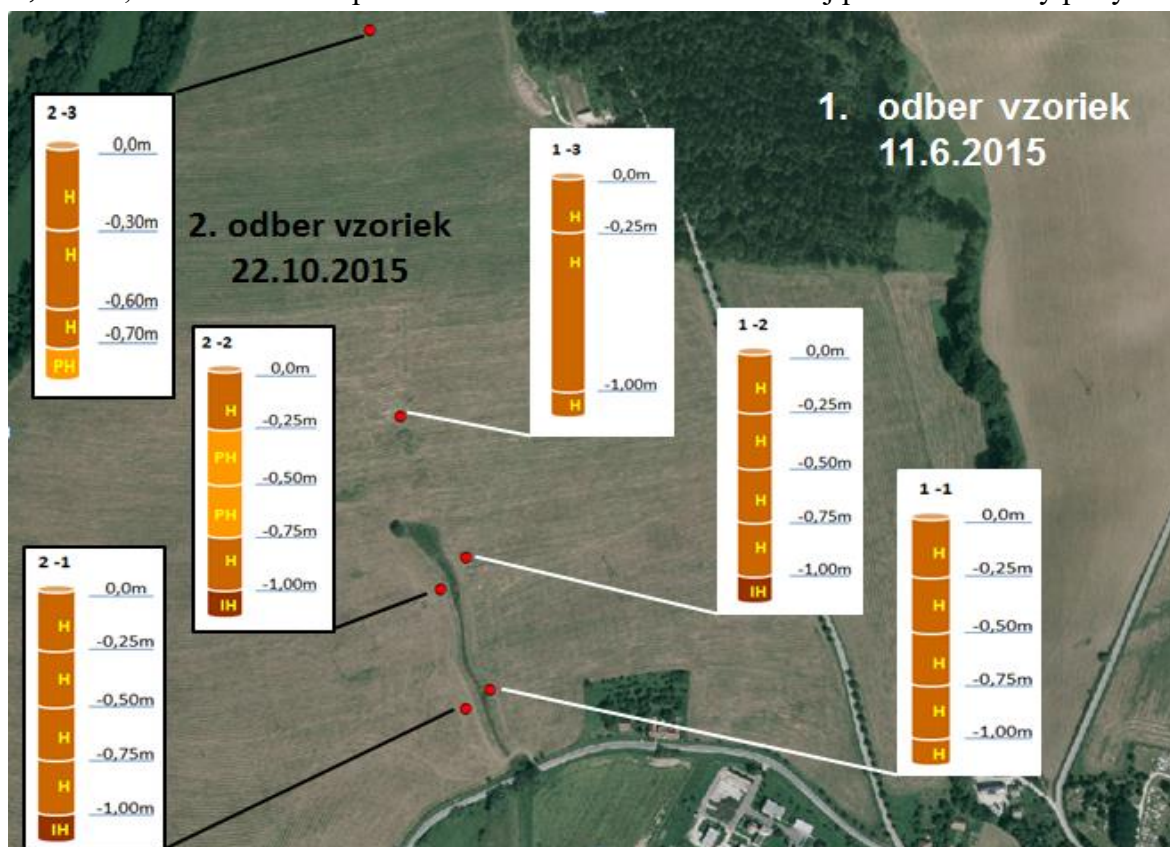
2.2 Zhodnotenie súčasného stavu odvodňovacej sústavy v záujmovom území

Z dôvodu intenzifikácie poľnohospodárskej produkcie územia v Myjavskej pahorkatine bol v roku 1983 vypracovaný projekt odvodnenia poľnohospodárskej plochy. Do tohto projektu bolo začlenené aj naše záujmové územie. Hlavné príčiny zamokrenia vychádzali z orografických, hydropedologických, hydrologických a geologických faktorov. Prevažná časť územia sa nachádza na svahu. Povrchové vody stekajú po nepriepustných vrstvách a vytvárajú sústredený odtok. V období intenzívnych zrážok pôda napučiava, zlieva sa, stáva sa lepkavá až neobrábateľná. V čase dlhšieho sucha pôda stvrdne, zhrudkovatí a je ťažko obrábateľná. Dôsledkom toho trpí rastlinstvo prebytkom vlhkosti a oglejovacími procesmi a v období sucha trpí nedostatkom vlhky (Záverečná správa o hydroped. prieskume, 1984).

Pomocou programu ArcGIS sme mapu z projektu odvodnenia analyzovali a zhodnotili funkčnosť potrubí na základe prietochnosti šácht. Na vytvorenej schéme odvodňovacej sústavy sme, na základe terénneho prieskumu (dňa 17. 03. 2016) a zamerania polohy šácht pomocou GPS, zakresľovali funkčnosť jednotlivých vetiev drenáže. Percentuálny podiel nefunkčných potrubí tvorí cca 23 % z celkového množstva potrubí.

2.3 Odber pôdných vzoriek a zostrojenie mapy pôdných druhov

Pôdne vzorky boli odobraté dňa 11. 06. 2015 - prvý odber (tri lokality), 22. 10. 2015 - druhý odber (tri lokality, lokalizácia odberov je na Obr. 4). Pomocou odberného zariadenia a Kopeckého valčekov sa odobrali vzorky neporušenej zeminy, a to na úrovni terénu – 0 cm, 25 cm, 50 cm, 75 cm a 100 cm pod terénom. Taktiež boli odobraté aj porušené vzorky pôdy.



Obrázok 4: Lokalizácia odberov pôdných vzoriek s grafickým znázornením určenia pôdných druhov (podľa Nováka)

V hydropedologickom laboratóriu KVHK sa uskutočnili zrnitostné rozbery týchto pôdných vzoriek. Pomocou hustomernej metódy sa vytvorili zrnitostné krivky jednotlivých pôdných vzoriek, na základe ktorých sa určili pôdne druhy. Prevažujúci pôdny druh na záujmovom území je hlinitá zemina. Zo zistených pôdných druhov sme interpoláciou vytvorili mapy pôdných druhov pomocou programu ArcGIS.

3. Tvorba povrchového odtoku na svahu simulátorom dažďa

Medzi najrozhodujúcejšie vplyvy na tvorbu povrchového odtoku okrem topografie, druhu pôdy, vegetácie a sklonu patrí aj intenzita dažďa. Na simulovanie vzniku povrchového odtoku na svahu je vhodný simulátor dažďa.

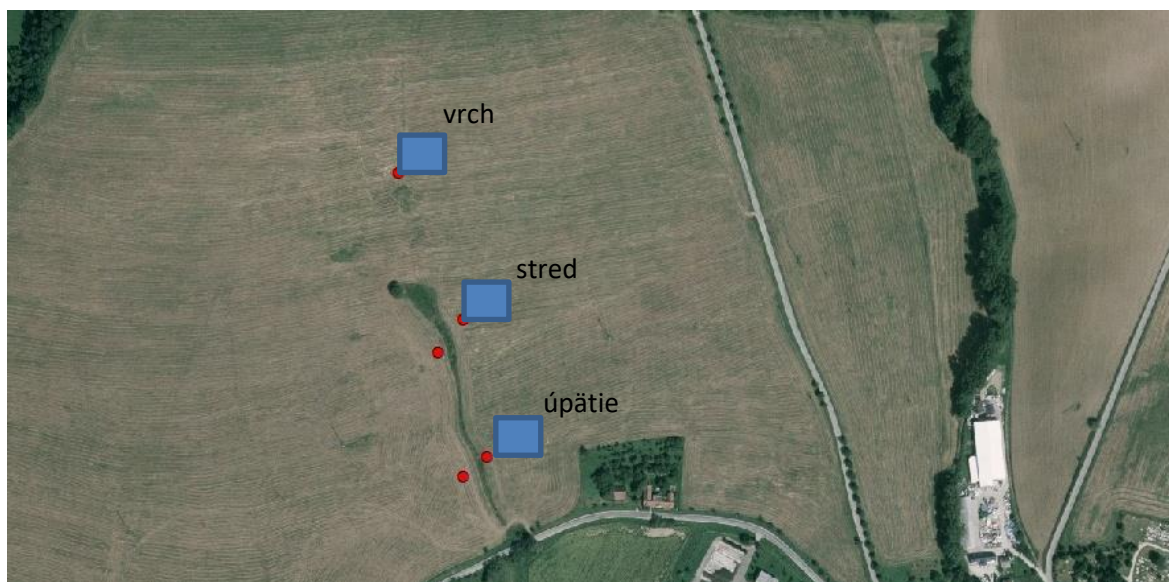
Je určený predovšetkým na využitie v teréne, avšak je možné ho aplikovať aj v laboratóriu. V našom prípade sme testovali dažďový simulátor v laboratórnych podmienkach, za účelom zistenia jeho nastavenia a podmienok tvorby odtoku. Súčasne sa vykonalo niekoľko poľných experimentov, čím sme zistili podmienky vzniku povrchového odtoku priamo v záujmovom území. V rámci výskumu bol použitý simulátor dažďa od firmy Eijkelkamp, ktorý vlastní Katedra vodného hospodárstva krajiny. Výhodou simulátora je, že nie je potrebné čakať na prírodné zrážky. Pri simulácii je dôležité nastavenie intenzity, dĺžky trvania dažďa a veľkosť kvapiek. Výhodou simulátora dažďa je rýchle získavanie výsledkov, ľahšia zvládnuteľnosť a prispôsobivosť. Prináša možnosť pracovať s konštantným dažďom, čo nie je možné pri prírodnom daždi. Dôležitosť sa však kladie, samozrejme, aj na následnú analýzu získaných údajov, zovšeobecnenie procesov a interpretáciu výsledkov (Drgoňová, 2014).

3.1 Experimentálne merania tvorby odtoku

Na záujmovom území sme vykonali experimenty v troch rôznych obdobiach. Rozdielne boli vzhľadom na teplotu vzduchu, pôdnu vlhkosť ako aj druh vegetácie. Konkrétne boli vykonané dňa:

- 11. 06. 2015 (teplota vzduchu 30 °C, nízka vlhkosť pôdy, vegetácia – kukurica v počiatočnej fáze rastu)
- 22. 10. 2015 (teplota vzduchu 10 °C, vysoká vlhkosť pôdy, bez vegetácie – zasiatá ozimina)
- 06. 04. 2016 (teplota vzduchu 15 °C, nízka vlhkosť pôdy, vegetácia – ozimina vo výške 15 cm)

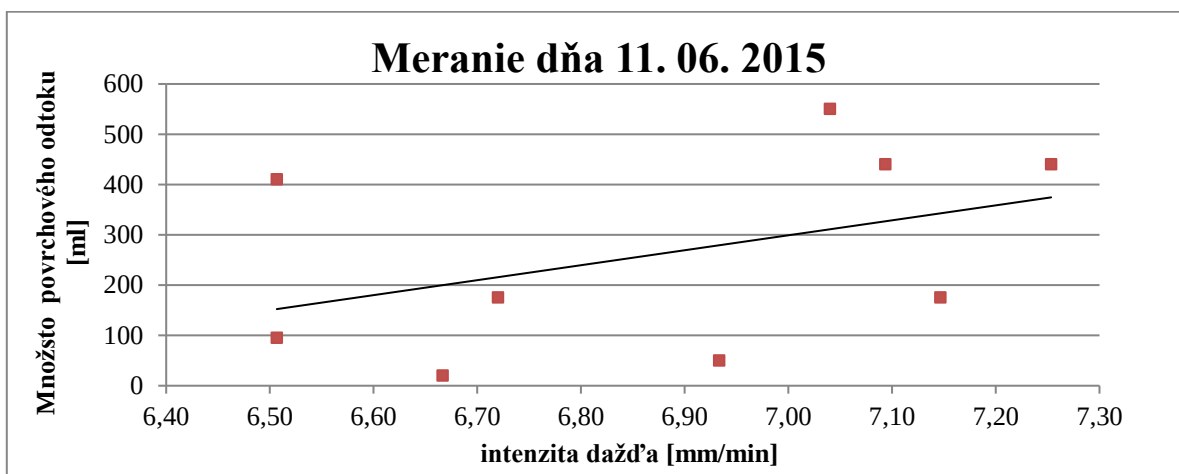
Lokalizácia meraní je znázornená na Obr. 5.



Obrázok 5: Lokalizácia poľných pokusov

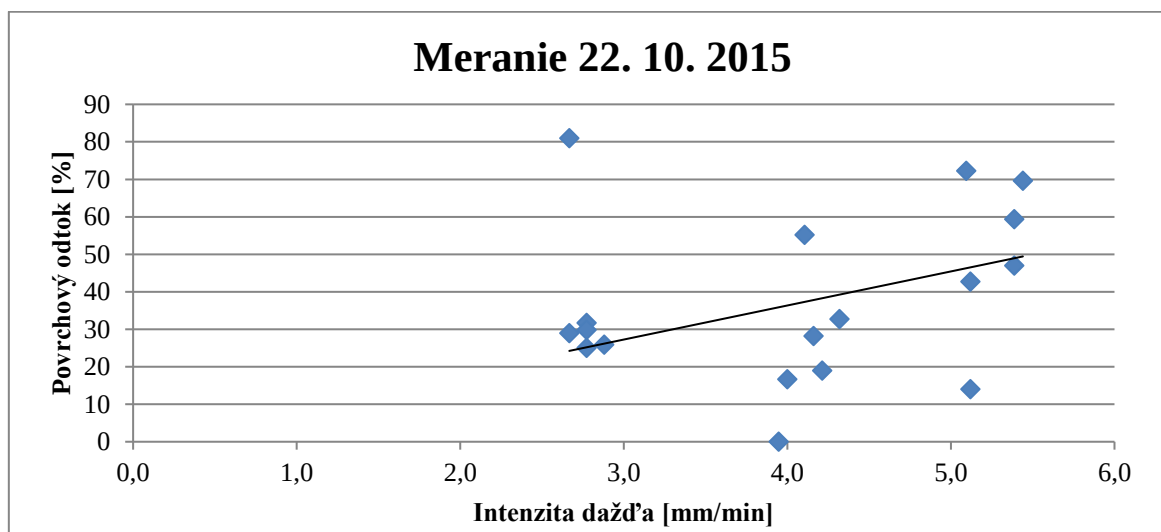
Júnové meranie bolo prvé so simulátorom dažďa. V každom mieste merania sa uskutočnili 3 merania s intenzitami od 6,51 do 7,09 mm/min. Sledovali sa základné vlastnosti, ako napr. objem simulovaného dažďa, objem odtoku, vlhkosť pôdy. Graf 6 znázorňuje vzťah množstva povrchového odtoku od intenzity dažďa. Stúpajúca tendencia je zrejmalá, ale s veľkou variabilitou. Teplota vzduchu bola vysoká (30 °C) a vlhkosť pôdy nízka (priemerná vlhkosť

pôdy okolo 18 %). Po zadažďovacích pokusoch došlo k zvýšeniu vlhkosti v priemere až o 20 %.



Graf 6: Závislosť intenzity dažďa a množstva povrch. odtoku

Povrch a vlhkosť pôdy 22. 10. 2015 boli odlišné oproti júnovému meraniu (pooraný a upravený svah, zasiata ozimina, vysoká vlhkosť pôdy). Vlhkosť pôdy meraná v 4 bodoch okolo simulátora pri každom z 18 zadažďovacích experimentov (36 bodov s vlhkosťou pôdy). V porovnaní s júnovým meraním bola vlhkosť pôdy o 23-24 % vyššia. Pracovali sme s nižšími intenzitami od 2,7 do 5,4 mm/min (Graf 7).



Graf 7: Vzťah intenzity dažďa a povrchového odtoku zo zadažďovacieho pokusu

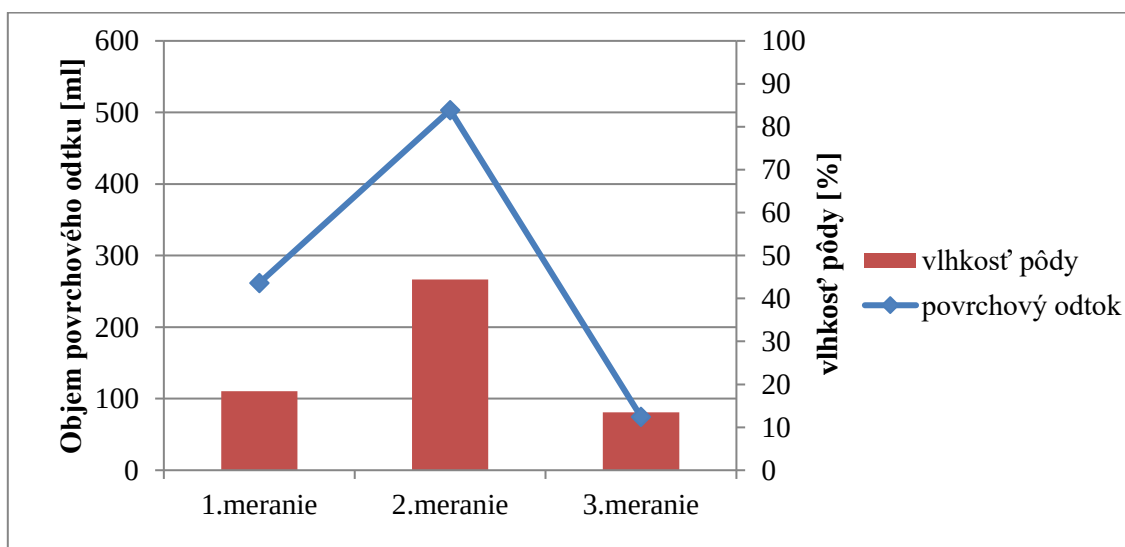
Terénne meranie zo dňa 06. 04. 2016, kedy bola teplota vzduchu okolo 15 °C, intenzity od 3,25 do 5,81 mm/min. Bola nízka vlhkosť pôdy a zasiata ozimina, ktorá v tom čase bola vo výške 15 cm. Nízka vlhkosť pôdy spôsobila menší odtok zo zadažďovanej plochy.

Z terénnych meraní sa zistilo, že tvorbu povrchového odtoku najviac ovplyvnila počiatočná vlhkosť pôdy (merania s nízkou počiatočnou vlhkosťou – 11. 06. 2015 a 06. 04. 2016) a stav povrchu pôdy, resp. vegetácia.



Obrázok 8: Rozdielnosť podmienok merania v teréne

Na záver sme uviedli porovnanie zo všetkých terénnych meraní, ktoré boli vykonané. Merania s rovnakou intenzitou dažďa sme spriemerovali a porovnali vlhkosť pôdy a odtok zo simulovaného 3 minútového dažďa. Na grafe 9 možno vidieť 1. meranie zo dňa 11. 06. 2015 (9 simulácií), 2. meranie je 20. 10. 2015 (10 simulácií) a 3. meranie zo dňa 06. 04. 2016 (6 simulácií). Možno tu vidieť vplyv vlhkosti pôdy a vegetácie na množstvo povrchového odtoku. Najväčší povrchový odtok bol zaznamenaný pri meraniach s vyššou vlhkosťou pôdy.



Graf 9: Vzťah medzi intenzitou dažďa a množstvom povrchového odtoku

3.2 Testovanie v laboratórnych podmienkach

V laboratórnych podmienkach sa skúmal:

- vplyv teploty vody na nastavenie intenzity dažďa,
- rozsah intenzít dažďa,
- vplyv sklonu a vlhkosti pôdy na tvorbu odtoku.

Pre vlastné potreby výskumu sme skúmali v laboratórnych podmienkach závislosť intenzity zrážky od teploty vody. So zmenou teploty vody sa mení aj jej viskozita, čo má za následok zmenu intenzity dažďa. Pri našom testovaní sme nastavili zavzdušňovaciu trubicu na 13 cm

a menili sme teplotu vody, čím sme zistili jej vplyv na intenzitu dažďa. Z grafického priebehu sa zistilo, že zvýšenie teploty o 1 °C predstavuje zvýšenie intenzity dažďa o 4 ml/min (0,063 mm/min), čo potvrdzuje aj výrobca simulátora dažďa.

V laboratórnych podmienkach sa ďalej testoval možný rozsah, resp. veľkosť intenzity simulovaného dažďa. Pri konštantnej teplote sa menila výška zavzdušňovacej trubice od 8-18 cm, kde sa následne kontrolovalo množstvo simulovaného dažďa aj pomocou odmerného valca. Na tieto doterajšie laboratórne pokusy nám stačila nepriepustná nádoba s plochou 30x30 cm a výškou približne 4 cm. Pre experiment, kde sme chceli zistiť vplyv sklonu a vlhkosti pôdy na tvorbu odtoku, bola použitá nádoba pre pôdu so zbernou časťou, ktorá bola konštruovaná na KVHK. Pôda pre experimenty bola odobratá priamo zo záujmového územia. Najskôr boli odobraté zvyšky plodín, následne bola vložená do nádoby s perforovaným dnom. Niekoľkokrát bola zavlažená vysokou dávkou vody, aby sa zemina prirodzene zhutnila. Voda, ktorá infiltrovala a prirodzene odtiekla do spodnej nádoby, bola priebežne odstraňovaná.

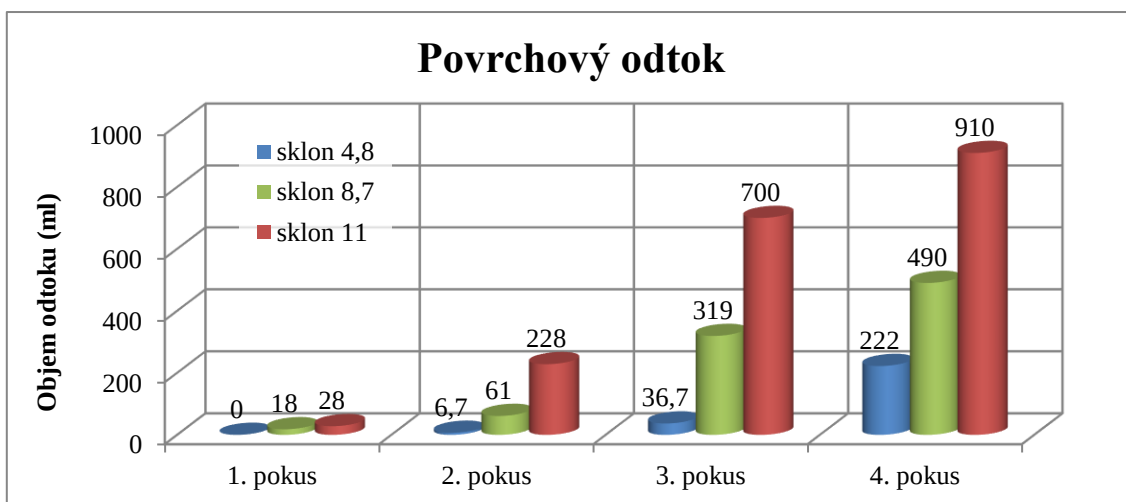
V rámci tohto experimentu, v ktorom sme sa zaoberali vplyvom sklonu na zrážkovo-odtokový proces, sme pracovali pri troch sklonoch - 4,8 °; 8,7 °; 11 ° a intenzite približne 5 ml/min (výška trubice 12 cm). Pre každý sklon sme simulovali 12 minútový dážď, ktorý bol prerušovaný po každých 3 minútach, kedy sa merala vlhkosť. Experiment teda prebiehal v 4 pokusoch, kde sme chceli zistiť vplyv počiatočnej vlhkosti na začiatok a množstvo povrchového odtoku.

Tabuľka 1: Laboratórne meranie vplyvu sklonu na povrchový odtok

Čas (min)	Teplota vody (°C)	Vlhkosť pôdy (%)		Sklon (°)	Simulovaný dážď (ml)	Intenzita dažďa		Objem povrch. odtoku (ml)
		pred	po			(ml/min)	(mm/min)	
3	20	12.4	26.425	4.8	865	288.33	4.44	0
6 (3)	20	26.425	37.8	4.8	1055	351.67	5.41	6.7
3 (9)	20	37.8	40.25	4.8	975	325.00	5.00	36.7
3 (12)	20	40.25	41.8	4.8	965	321.67	4.95	222
3	23.5	23.675	40.45	11	1005	335.00	5.15	28
3 (6)	23.5	40.45	43.25	11	1045	348.33	5.36	228
3 (9)	23.5	43.25	44.975	11	1055	351.67	5.41	700
3 (12)	23.5	44.975	46.15	11	1040	346.67	5.33	910
3.33	20	16.9	35.55	8.7	815	244.52	3.76	18
3 (6)	20	35.55	38.1	8.7	740	246.67	3.79	61
3 (9)	20	38.1	44.4	8.7	760	253.33	3.90	319
3 (12)	20	44.4	44.975	8.7	760	253.33	3.90	490

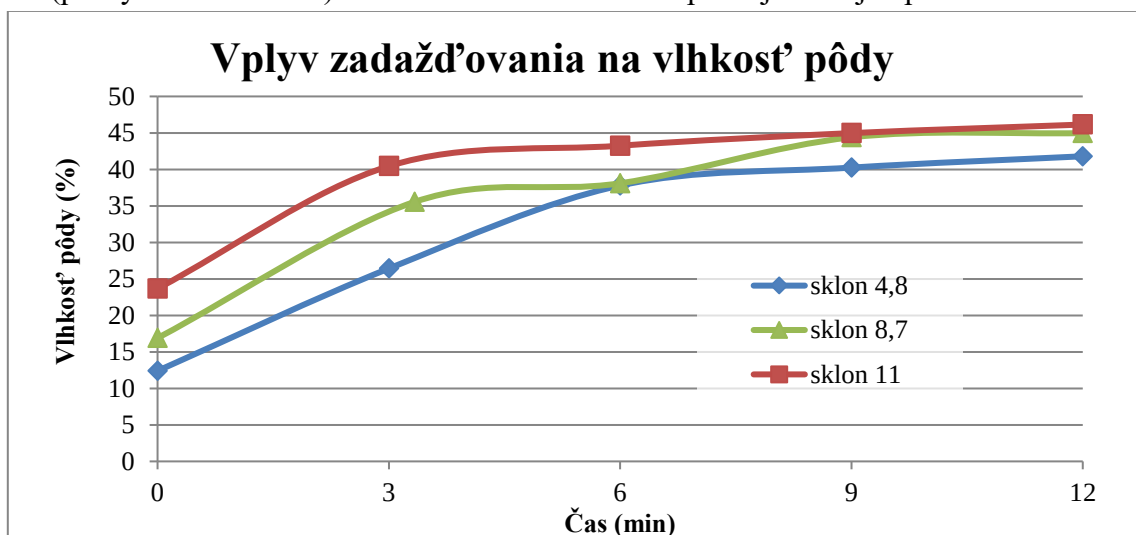
Zmenu sklonu sme vykonali asi v týždennom odstupe, keďže sme sa snažili mať rovnaké počiatočné podmienky – vlhkosť pôdy a povrch zeminy. Pri každom sklone sme vykonali teda 4 po sebe idúce simulácie, kde sme vždy zisťovali vlhkosť pôdy. Konečná vlhkosť pôdy predchádzajúcej simulácie je počiatočná vlhkosť pôdy nasledujúcej simulácie. Pre každú simuláciu bol zachytený povrchový odtok a zisťovaná váha sedimentu (po prefiltrovaní zachyteného povrchového odtoku sa sediment po vysušení v sušiarňi odvážil).

Keďže sme pracovali v 3 rôznych sklonoch, v ktorých sme robili 4 simulácie, spolu sme vykonali 12 simulácií, z ktorých sme zisťovali vplyv sklonových pomerov na tvorbu odtoku. V grafe 10 je znázornený povrchový odtok zaznamenaný v 4 pokusoch.



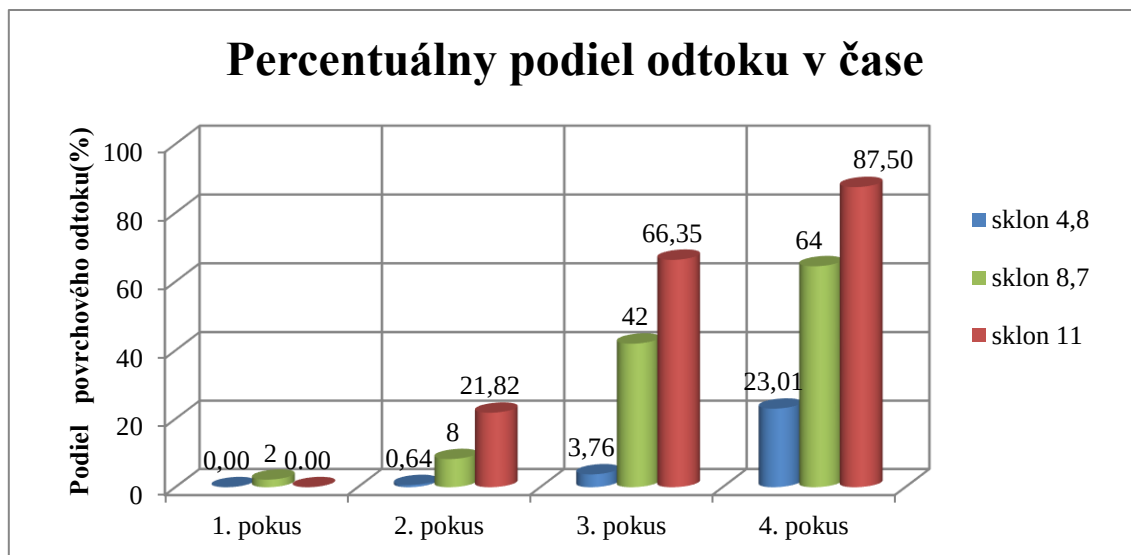
Graf 10: Povrchový odtok zo zadažďovacích pokusov v laboratórnych podmienkach

Po každom zadažďovacom pokuse bola odmeraná vlhkosť pôdy (v štyroch rohoch zadažďovanej plochy, následne urobený priemer). Ako vidieť z grafického znázornenia, po prvých troch minútach sa vlhkosť vo všetkých troch sklonoch zvyšovala rovnomerne (Graf 11). Nepodarilo sa nám dosiahnuť v jednotlivých sériách merania (pri nastaveniach sklonu) rovnakú počiatočnú vlhkosť pôdy. Avšak možno vidieť, že po 9 minútovom, resp. 12 min daždi (pri vyšších sklonoch) sú vlhkosti blízke hodnote poľnej vodnej kapacity.



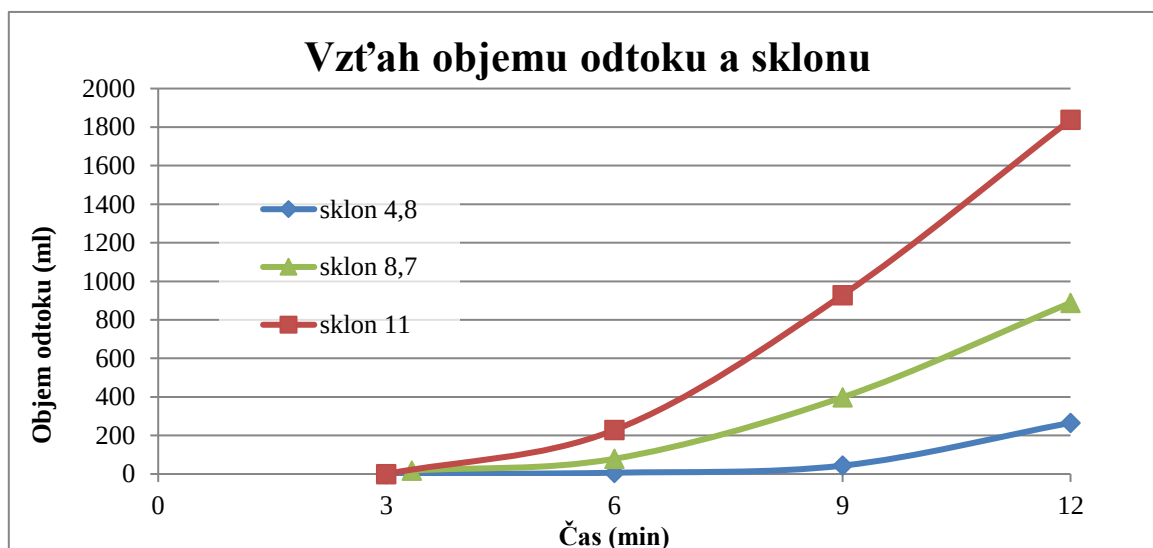
Graf 11: Priebeh vlhkosti pôdy po 4 po sebe opakujúcich sa simuláciách (každé 3 minúty)

Aby sme eliminovali vplyv mierne odlišnej intenzity dažďa, na nasledujúcom grafe sme uviedli priamo percentuálny podiel povrchového odtoku zo simulovaného dažďa (Graf 12).



Graf 12: Percentuálny podiel povrchového odtoku v čase

Vplyv sklonu terénu možno pozorovať najlepšie na grafe 13. Najväčší sklon spôsobuje najvyšší povrchový odtok. Hodnoty objemov odtoku sú kumulatívne, teda vo 4. pokuse (12 minút) sú sčítané aj predchádzajúce objemy odtokov.



Graf 13: Vzťah medzi objemom povrchového odtoku a sklonom terénu

Záver

Cieľom tejto práce bolo skúmanie vzniku povrchového odtoku pomocou simulátora dažďa na poľnohospodárskej pôde v Turej Lúke. Súčasťou práce bola aj rekognoskácia územia a zhodnotenie jeho súčasného stavu aj vzhľadom na existenciu odvodňovacej sústavy. Na základe fyzikálnych vlastností odobratých pôdnych vzoriek sme zistili zrnitosťným rozborom pôdne druhy v horizonte až 1 m a z výsledkov sme následne vytvorili pôdne mapy. V rámci práce sme taktiež porovnali na základe mapových podkladov súčasný stav záujmového územia so stavom v roku 1952. Analyzovala sa zmena tvaru rozvodnice k záverečnému profilu, poloha údolnice, zmena v sklonoch svahu. V hornej časti povodia sa zaznamenal výrazný posun údolnice smerom na západ až o 70 m, v strednej časti to bolo približne 10 m

a dolná časť je na základe výsledkov analýzy stabilná. Pri porovnaní sklonov sme zistili, že v súčasnosti sú miernejšie.

Aplikácie dažďových simulátorov sú známe už viac ako 100 rokov. V súčasnosti sa využívajú predovšetkým na štúdium tvorby povrchového odtoku, erózie pôdy, ale aj pre procesy infiltrácie či vplyvu spôsobu obhospodarovania územia. Odvozené parametre môžu byť použité do modelov pri modelovaní využitia krajiny a samotné dažďové simulátory sú súčasťou vybavenia výskumných pracovísk.

V našom prípade sme pracovali v laboratórnych podmienkach, kde sme najskôr testovali možnosti a nastavenia simulátora. Urobilo sa niekoľko kalibračných simulácií a pracovali sme aj s pôdnou vzorkou, kde účelom bolo analyzovať vplyv sklonu na tvorbu povrchového odtoku ako aj priebeh vlhkosti pôdy v niekoľkých simuláciách po sebe. Zistili sme aj veľkosť poľnej vodnej kapacity danej vzorky.

Pri experimentálnych meraniach priamo v teréne sme zistili vplyv počiatkových podmienok ako je aktuálna vlhkosť pôdy, stav povrchu a vegetácia na tvorbu a množstvo povrchového odtoku. Samotný sklon terénu má tiež podstatný vplyv na čas vzniku odtoku ako aj množstvo sedimentu. Záverom môžeme konštatovať, že je potrebné urobiť ešte niekoľko sérií meraní pri rôznych pôdnych podmienkach a v rôznej fáze rastu vegetácie.

Podakovanie

Táto práca bola podporovaná Európskou komisiou v rámci projektu 7RP RECARE, kontrakt č. 603498.

Prehľad použitej literatúry:

Drgoňová, K., 2014: Vplyv úprav povrchovej vrstvy pôdy na charakteristiky vodnej erózie pôdy, dizertačná práca, SPU Nitra, Fakulta záhradníctva a krajinného inžinierstva.

Haburajová, M., 2016: Využitie simulátora dažďa na riešenie vodohospodárskych úloh, diplomová práca, STU, SvF, Katedra vodného hospodárstva krajiny, Bratislava.

Stakoviansky, M., 2010: Erózia pôdy a problémy, ktoré s tým súvisia, Univerzita Komenského, Prírodovedecká fakulta, Katedra fyzickej geografie a geoekológie, Bratislava.

Stankoviansky, M., 1996a: Natural Conditions of the Jablonka Catchment and its Anthropogenic Transformation. Geograf. Cas., 48,2, p. 139--152.

Záverečná správa o podrobnom hydropedologickom prieskume pre odvodnenie pozemkov JRD Turá lúka – II. Stavba, 1984, Bratislava

Mária Ďurigová: Examination of potential formation of surface runoff on a slope with a rainfall simulator

Soil is one of the most important elements in the nature, it is needful for survival of organism on Earth. Deforestation and clearing vegetation causes a incohesion of the soil. The soil near the Myjava city is investigated within this article. The goal of this article is to review the state of it. We compare the topographic map of 1952 and orthophotomap from nowadays. There are a lots of diferent methods that examine the consequences of erosion. Therefore the observation itselfes is suitable for improving knowledge of this phenomenon. While examining the rainfall-runoff process it is possible the spot soil erosion directly at its origin. By using the rain simulator the effect of the soil slope fot the the soil erosion was studied. Soil sampling from the area of interest was part of the research, based on the soil types were identified. From the types of soil the map of soil types was created.

Ing. Mária Ďurigová, Katedra vodného hospodárstva krajiny Stavebnej fakulty STU, Radlinského 11, 813 68 Bratislava, maria.durigova@stuba.sk