

VÝPOČET INTENZITY VODNEJ ERÓZIE PÔDY NA ZÁKLADE USLE S POUŽITÍM VARIANTNÝCH TOPOGRAFICKÝCH FAKTOROV V GIS

Andrej TÁRNÍK¹, Viktor VARGA², Dušan IGAZ¹, Jozef STREĎANSKÝ², Jaroslav NOSKOVIČ³

¹ Katedra biometeorológie a hydrológie, Fakulta záhradníctva a krajinného inžinierstva, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Hospodárska 7, 949 01, Nitra, Slovenská republika
andrej.tarnik@gmail.com

² Katedra krajinného plánovania a pozemkových úprav, Fakulta záhradníctva a krajinného inžinierstva, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Hospodárska 7, 949 01, Nitra, Slovenská republika
viki.varg@gmail.com

³ Katedra environmentalistiky a zoológie, Fakulta agrobiológie a potravinových zdrojov, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Trieda A. Hlinku 2, 949 76, Nitra, Slovenská republika

Abstrakt

Vodná erózia je považovaná za jeden z najvýznamnejších pôdodegradačných činiteľov. V príspevku sa zaoberáme topografickým faktorom a jeho vplyvom na výpočet intenzity vodnej erózie pôdy na základe univerzálnej rovnice straty pôdy autorov Wishmeiera a Smitha (1978). Vypočítali sme topografický faktor podľa štandardnej metodiky USLE (Univerzálna rovnica straty pôdy) a podľa Mitašovej metodiky (Mitašová et. al. 1999). Zmena topografického faktora vstupujúceho do univerzálnej rovnice zásadným spôsobom ovplyvnila výpočet intenzity vodnej erózie. Využitím variantných topografických faktorov sme boli schopný modelom zachytiť výskyt nielen plošnej, ale aj ryhovej vodnej erózie. Pri spracovávaní príspevku sme využívali geografické informačné systémy ako moderný nástroj priestorového plánovania.

Abstract

Water erosion is considered as one of the major factor causing soil degradation. In our article we had considered modification of topographic factor and its influence to water erosion intensity calculation on base of Universal Soil Loss Equation from authors Wishmeier and Smith (1978). We had calculated topographic factor as is used in standard USLE (Universal Soil Loss Equation) method and afterwards we had used Mitašova methodology (Mitašová et. al. 1999). The change of topographic factor entering to universal soil loss equation had influenced the calculation of water erosion intensity from its bases. By use of various topographic factors we had been able to model the occurrence not only sheet erosion but also rill erosion. In processing our article we had used Geographic Information Systems as modern tool for spatial planning.

Kľúčové slová: erózia pôdy; USLE; topografický faktor; prispievajúca plocha

Keywords: soil erosion; USLE; topographic factor; upslope contributing area

1. ÚVOD

Pre existenciu ľudskej civilizácie je potrebné zabezpečiť vhodné životné prostredie. Z minulosti je zreteľné, že rozvoj civilizácií nastal len v oblastiach s určitými ekologickými vlastnosťami. K neoddeliteľným súčasťam prostredia, okrem iného, patrí voda a pôda. Tieto elementy sú zároveň jednými zo základných prírodných zdrojov. V súčasnosti sa prírodné zdroje stávajú limitom ďalšieho rozvoja spoločnosti a preto je nevyhnutné nakladať s nimi racionálnym spôsobom. Nevhodné zásahy do krajiny vedú k jej zmenám a poškodzovaniu. Najmarkantnejšie sa to prejavuje vo zvýšení objemu povrchového odtoku a vo zvyšovaní intenzity vodnej erózie pôdy (Muchová – Konc, 2010). Práve vodná erózia pôdy je vo svete najrozšírenejšou formou erózie. V dôsledku erózie pôdy dochádza k poškodzovaniu až strate pôdy, menia sa jej fyzikálne, chemické a biologické vlastnosti.

Výskum erózie pôdy viedol k potrebe vytvoriť funkčný spôsob na jej kvantifikáciu. Pozorovanie a meranie erózie pôdy priamo v teréne je zdĺhavé a prácne. Vytvárajú sa preto rozličné metódy na jej modelovanie.

K najznámejším a celosvetovo najpoužívanejším spôsobom výpočtu erózneho odnosu pôdy patrí Univerzálna rovnica straty pôdy (USLE) od autorov Waltera H. Wischmeiera a Dwighta D. Smitha.

Od svojho vzniku prešla viacerými doplneniami a zmenami. K najväčším nedostatkom univerzálnej rovnice patrí jej obmedzená platnosť na plošnú eróziu na krátkych a rovnomerných svahoch. Tento nedostatok je možné riešiť použitím variantného topografického faktora od autorov Mitašovej et al. (1999). V príspevku sa zameriavame práve na topografický faktor a možnosti modelovania ryhovej erózie s použitím rôznych variantov topografického faktora. Vstup, spracovanie, analýza a výstup dát je realizovaný na základe uplatnenia geografických informačných systémov.

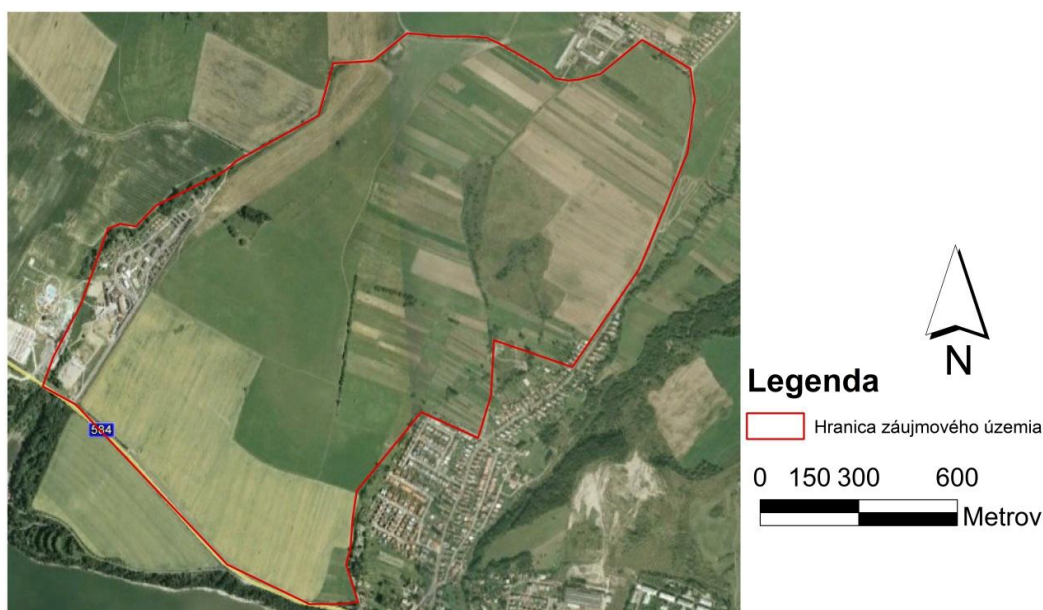
2. MATERIÁL A METÓDY

2.1 Charakteristika záujmového územia

Naším záujmovým územím je pôdny celok, nachádzajúci sa v dvoch katastrálnych územiach. Severná časť územia leží v katastrálnom území Bobrovec, južná časť v katastri obce Liptovská Ondrašová. Územie spadá do okresu Liptovský Mikuláš a žilinského kraja. Rozloha záujmového územia je 260,10 hektárov. Územie je z južnej strany ohraničené cestou II. triedy číslo 584. Západnú časť lemuje z časti asfaltová a z časti poľná nespevnená cesta. Na severnej hranici územia sa nachádza cesta III. triedy. Východnú časť územia ohraničuje poľná nespevnená cesta a zastavané územie.

Z hľadiska klimatického členenia Slovenska patrí územie do mierne teplej klimatickej oblasti okrsku mierne teplého, vlhkého s chladnou zimou. Vzhľadom na výraznú vertikálnu členitosť reliéfu v širšom záujmovom území sú priemerné ročné teploty rozdielne na rôznych miestach a kolíšu v rozpätí 6°C až 2°C. Počet mrazových dní s poklesom teploty pod 0°C je 130 a 40 ľadových dní, s poklesom teploty celodenne pod 0°C. Typ režimu odtoku je snehovo – dažďový s akumuláciou v mesiacoch november – február a vysokou vodnosťou v mesiacoch máj – júl. Priemerný ročný úhrn zrážok je 700 - 800 mm. (Parobok a kol., 2011)

Pre pôdy v tomto území je charakteristická veľká retenčná schopnosť, stredná priepustnosť a stredne kyslá pôdna reakcia. Z hľadiska zrnitosti prevládajú v Liptovskej kotline hlinité až ílovitohlinité pôdy bez skeletu až stredne skeletnaté a hlboké.



Obr. 1. Záujmové územie (ortofotomapa: ©Eurosense)

2.2 Prehľad použitých podkladov

Pre vytvorenie mapy bonitovaných pôdno-ekologických jednotiek sme v príspevku využili podklady VÚPOP v Bratislave. Mapa súčasnej krajinnej štruktúry bola odvodená od ZM SR 1:10000. Pre tvorbu hydrologicky korektného DMR sme použili vrstevnicové dáta ZM SR 1:10000. Pri vizualizácii sme využili ortofotomapy daného územia. Všetky operácie sme vykonali v prostredí geografického informačného systému ArcGIS®.

2.3 Výpočet topografického faktora

Topografický faktor bol počítaný na základe metodiky USLE (Wischmeier-Smith, 1978) a na základe Mitašovej metodiky (Mitašová et al., 1999). Topografický faktor sa skladá z faktora dĺžky svahu L a faktora sklonu svahu S, označujeme ho ako LS faktor. Vzťah na jeho výpočet je nasledovný:

$$LS = L_d^{0.5} \cdot (0,0138 + 0,0097 \cdot I_s + 0,00138 \cdot I_s^2) \quad (1)$$

kde: LS - topografický faktor, L_d - dĺžka neprerušeného povrchového odtoku [m], I_s - priemerný sklon svahu [%].

Pre lepšie vyjadrenie sústredeného povrchového odtoku bol topografický faktor z USLE nahradený Mitašovej topografickým faktorom, faktorom prispievajúcich plôch (Mitašová et al. 1995, 1996 in Mitašová et al. 1999). Rovnica na výpočet LS faktora podľa Mitašovej et al. (1996) in (Mitašová et al. 1999) má tvar:

$$LS = (m + 1) \left(A / a_0 \right)^m \left(\sin b / b_0 \right)^n \quad (2)$$

kde: LS - topografický faktor, m - exponent, A - prispievajúca plocha, a_0 - dĺžka jednotkového pozemku (22,1m), b - sklon [°], n - exponent.

2.4 Výpočet erózneho odnosu

Erózný odnos bol počítaný na základe Wischmeier-Smithovej univerzálnej rovnice straty pôdy, pričom sme využili variantné topografické faktory. Ostatné faktory mali pri oboch výpočtoch zachované rovnaké hodnoty. Univerzálna rovnica má tvar:

$$S_p = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P \quad (3)$$

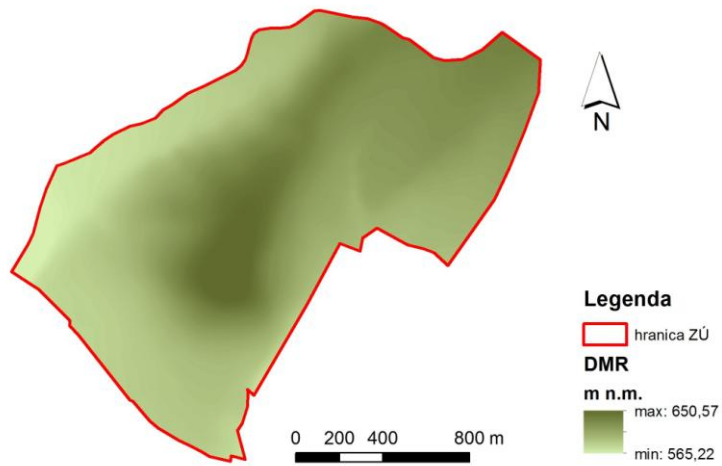
kde: S_p - strata pôdy spôsobená vodnou eróziou [$t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$], R - faktor eróznej účinnosti dažďa [$MJ \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$], K - faktor náhlynosti pôdy na vodnú eróziu, erodibilita pôdy [$t \cdot MJ^{-1}$], L - faktor dĺžky svahu, S - faktor sklonu svahu, C - faktor ochranného vplyvu vegetácie, P - faktor účinnosti protieróznych opatrení.

Hodnotu faktora R pre najbližšiu stanicu, Liptovský Hrádok, sme do výpočtu zahrnuli tak, ako ju uvádzajú autori Ilavská – Jambor – Lazúr (2005) a teda $20,05 MJ \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$. Autori uvádzajú aj hodnoty K faktora pre jednotlivé HPJ v záujmovom území. Na základe terénneho prieskumu sme určili spôsob obrábania a pestované plodiny. K nim sme priradili hodnoty faktora ochranného vplyvu vegetácie C. V území sa nenachádzajú protierózne opatrenia a preto faktor P do výpočtov nebol zahrnutý.

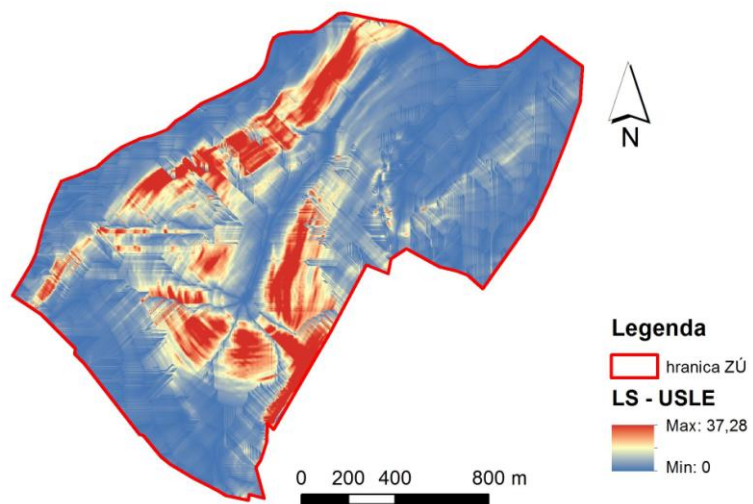
3. VÝSLEDKY A DISKUSIA

Územie pre ukážku vplyvu topografického faktora na výpočet vodnej erózie pôdy sme si vybrali s ohľadom na výskyt plošnej a súčasne aj ryhovej erózie. Pre výpočet topografického faktora a následne eróznej straty pôdy bol vypracovaný hydrologicky korektný digitálny model reliéfu (obr. 2).

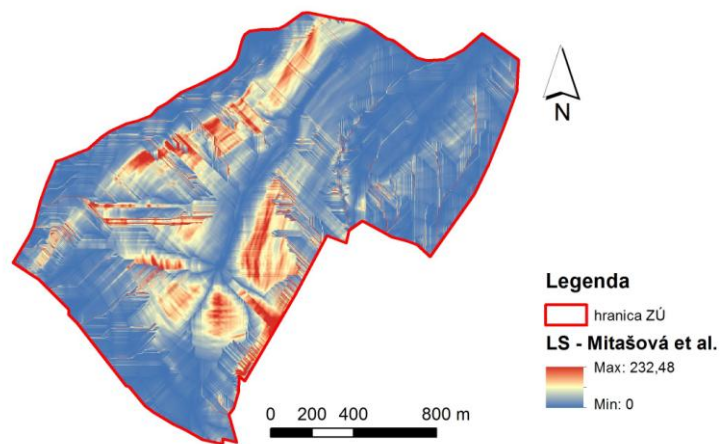
Hodnoty topografického faktora počítaného na základe USLE a Mitašovej et al. sú uvedené v grafickom znázornení (obr. 3).



Obr. 2. Digitálny model reliéfu

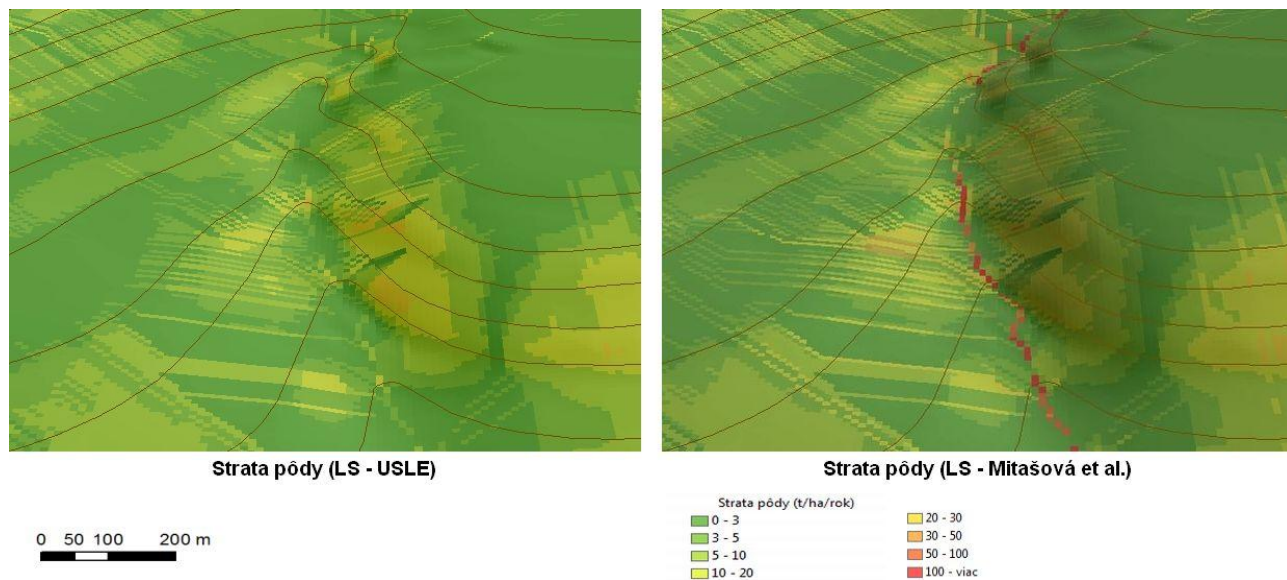


Obr. 3a. Topografický faktor



Obr. 3b. Topografický faktor

Z obr. 3 je zrejme, že hodnoty topografického faktora pri jeho výpočte podľa USLE sú vyššie na krátkych a pravidelných svahoch. Naopak pri výpočte topografického faktora podľa Mitašovej et al. sú hodnoty vyššie v údolniciach, kde dochádza k dlhému a sústredenému povrchovému odtoku. Za nedostatok univerzálnej rovnice sa mnohokrát označuje jej obmedzená platnosť na krátke a pravidelné svahy. Práve zmena spôsobu výpočtu LS faktora môže tento nedostatok potlačiť. Už len využitie variantného topografického faktora pri zachovaní hodnôt ostatných erózných faktorov vstupujúcich do rovnice ovplyvní výpočet straty pôdy (obr. 4).



Obr. 4. Strata pôdy

Na obr. 4 vidíme, ako zmena topografického faktora ovplyvnila hodnoty erózneho odnosu. Pri použití štandardných erózných faktorov USLE sú vyššie hodnoty straty pôdy lokalizované na pravidelné svahy s plošným povrchovým odtokom a teda zachytávame plošnú eróziu. Hodnoty plošnej erózie však nedosahujú hodnoty, pri ktorých by zákon prikazoval vykonať protierózne opatrenia. Variantný Mitašovej LS faktor mal za následok zmenu rozloženia maxim erózne straty pôdy. Pri použití tohto faktora sme rovnako ako pri LS faktore podľa USLE zachytili plošnú eróziu ale boli sme schopní zaznamenať aj ryhovú eróziu v údolniciach so sústredeným povrchovým odtokom. V údolnici identifikovaná ryhová erózia niekoľkonásobne prevyšuje zákonom povolené odnosy pôdy a teda je nevyhnutné navrhnuť účinné protierózne opatrenia.

Fakt výskytu ryhovej erózie v našom záujmovom území dokumentujeme na obr. 5. Na obrázku je možné pozorovať plošnú eróziu nízkej intenzity a zároveň výrazné prejavy ryhovej erózie pôdy.



Obr. 5. Ryhová erózia

4. ZÁVER

Globálne klimatické zmeny vyvolávajú čoraz častejšie extrémne situácie, náhle prívateľové zrážky a následne veľké povrchové odtoky. Ich sila sa už neraz prejavila aj na Slovensku. Výrazne škody sú zaznamenané nielen v obciach ale aj v poľnohospodárskej krajine. Pre návrh a budovanie vhodných opatrení je potrebné poznať výskyt a prejavy vodnej erózie v krajine. Pozorovanie rozľahlých území je práčne a preto do popredia vstupujú rôzne simulačné modely, založené na nástrojoch GIS, ktoré dokážu identifikovať ohrozené územia. V príspevku sme poukázali na možnosti výpočtu erózneho straty pôdy, pričom sme sa zamerali na použitie variantných topografických faktorov pre lepšie zachytenie rôznych foriem vodnej erózie pôdy.

POĎAKOVANIE

Príspevok vznikol vďaka podpore grantového projektu VEGA č. 2/0040/12 „Komplexná matematická simulácia transportu vody, chemických látok a tepelnej energie v poľnohospodárskych a lesných biotopoch s dôrazom na extrémne situácie“ a grantového projektu VEGA č. 1/0050/12 „Určenie intenzity veternej erózie s využitím matematického modelovania.“

LITERATÚRA

- [1] ILAVSKÁ, B. – JAMBOR, P. – LAZÚR, R. 2005. *Identifikácia ohrozenia kvality pôdy vodnou a veternou eróziou a návrhy opatrení*. Bratislava: VÚPOP Bratislava, 2005. 52 s. ISBN 80-89128-22-X.
- [2] MITAŠOVÁ, H. a kol. 1999. *Spatial modeling of soil detachment with RUSLE 3d*. [online]. 1999, [cit. 2012-04-07]. Dostupné na internete: <<http://skagit.meas.ncsu.edu/~helena/gmslab/reports/CerlErosionTutorial/denix/Models%20and%20Processes/RUSLE3d/RUSLE3d.htm>>
- [3] MUCHOVÁ, Z. – KONC, L., 2010. *Pozemkové úpravy – postupy, prístupy a vysvetlenia*. Nitra: Vydavateľstvo SPU v Nitre, 2010. ISBN 978-80-552-0426-0.
- [4] PAROBOK, M. a kol., 2011. *Zámer o posudzovaní vplyvov na ŽP: Zariadenie na zhodnocovanie odpadov, výroba priemyselných kompostov*. Bratislava, 2011.
- [5] WISCHMEIER, W. H. – SMITH, D. D. 1978. *Predicting rainfall erosion losses – Agriculture handbook 537*. Science and Education Administration, United States Department of Agriculture, 1978.