

**MODELOVANIE VETERNEJ ERÓZIE POMOCOU ROVNICE WEQ
PRE VYBRANÉ KATASTRÁLNE ÚZEMIE TVRDOŠOVCE****WIND EROSION MODELING BY WIND EROSION EQUATION FOR
CADASTRAL AREA TVRDOŠOVCE****Viktor VARGA, Adrián PYTEL, Jozef STREĎANSKÝ***Katedra krajinného plánovania a pozemkových úprav, Fakulta záhradníctva a krajinného inžinierstva, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre***ABSTRACT**

Wind erosion detach soil surface by mechanical power of the wind (abrasion), transport soil particles (deflation), and deposit loose top soil in other place (accumulation). Wind erosion does not affect large soil loss as widespread water erosion but its effect in some parts of our land is evident. Limit value of soil loss caused by the wind erosion is according to Law num. 220/2004 about protection and usage of agricultural soil is 15 t/ha/year. In our research we determine wind erosion intensity by Wind erosion equations (WEQ) as is specified by the government. We used determined methodology to estimate soil loss on cadastral area Tvrdošovce; area is located in southern part of Slovakia. Most of the land is arable land. Climate changes caused longer dry period in past years what can result in to more dry soil on fields and wind erosion can accrues. We determine that 52.2% of arable land is moderately threatened, 19.9% is significantly threatened and 0.7% of arable land is very significantly threatened by wind erosion.

Keywords: wind erosion, WEQ, modeling

ÚVOD

Veterná erózia je hlavným problémom ochrany pôdy v aridných a semiaridných oblastiach po celom svete, ktoré zahŕňajú asi jednu šestinú svetovej populácie. Vietor ako jeden z exogénnych činiteľov pôsobí na zemský povrch mechanickou silou a vyvoláva jav, ktorý spoločne nazývame eolizácia. Pri tomto procese rozlišujeme dve jeho formy podľa toho, aký substrát vietor napáda. Pri sypkých hmotách hovoríme o veternej erózii, ak vietor napadá horninové pevné útvary, jedná sa o koráziu. Podstata veternej erózie (eolickej) spočíva v rozrušovaní pôdneho povrchu mechanickou silou vetra (abrázia), v premiestňovaní a odnášaní pôdnych častíc (agregátov) vetrom (deflácia) a v ich ukladaní na inom mieste (akumulácia). Veterná erózia je fyzikálny jav a je priamo ovplyvňovaná fyzikálnymi vlastnosťami pôdy, kinetickou energiou a mnohými ďalšími faktormi (Stred'anský, 1993). Všeobecne sa predpokladá, že k veternej erózii dochádza na ľahkých piesočnatých a hlinitopiesočnatých pôdach v oblastiach, kde priemerný ročný úhrn zrážok je pod 550 mm a súčasne lesnatosť nedosahuje 20 % (Pasák, 1964). Podľa STN (2000) je poľnohospodárska pôda veternou eróziou ohrozená vtedy, keď jej povrch je bez vegetačného krytu a keď sa v záujmovom území vyskytujú erózne účinné vetry. Existuje mnoho modelov zameraných na

výpočet pôdnych strát vetrom (WEQ, RWEQ, WESS, WEPS). GIS sa radia taktiež medzi kvalitatívne vyššie metódy prostredníctvom ktorých sa aj pôvodne neprsné výpočty straty pôdy pomocou rovnice WEQ dajú výrazne spresniť nielen priestorovou lokáciou, ale aj analýzov navrhovaných opatrení. Kvalita modelu je však závislá na kvalite vstupných informácií a musí zjednodušiť realitu do pochopiteľnej formy. Pri výbere simulačného modelu sa musí prihliadať na cieľ výskumu, dáta, ktoré máme k dispozícii a na veľkosť skúmaného regiónu (Grešová, Stred'anský, 2011).

MATERIÁL A METÓDY

Geografická poloha predurčuje obec Tvrdošovce, ktorú sme si zvolili ako skúmané územie, byť poľnohospodárskou dedinou. Poľnohospodárstvo tu disponuje vysokou bonitou pôdy. Úrodnosť pôdy má svoj ekologický pôvod, založila ju príroda na osobitých vodohospodárskych podmienkach zamokrenia, keďže okolie sídla tvorili mokrade a močiare s vodohospodárskym odkazom prírodných zdrží v podobe jazierok. Jazierka sú ekologickou zvláštnosťou a prírodnou hodnotou územia sídla, ktoré sa rastom sídla stali súčasťou zastavaného územia obce. Širšie vzťahy sídla tvoria hlavne väzby sídla na poľnohospodársku krajinu. Vodohospodárska obnova v sídelných a krajinných priestoroch obce je rozhodujúcou úlohou udržateľného rozvoja. Vysoká úrodnosť pôdy je výrazným potenciálom územia obce, jej kvalita je určená aj do budúcnosti vodohospodárskym systémom krajiny. Obec Tvrdošovce leží v Podunajskej nížine na západnom okraji Pohronskej pahorkatiny. Riešené územie sa nachádza v najteplejšej oblasti Slovenska, na Podunajskej nížine. Patrí do nížinnej podzóny slovenskej klímy s prevažujúcimi oceánskymi vplyvmi. Je súčasťou teplej klimatickej oblasti a patrí do teplého a suchého okrsku s miernou zimou (Tóth, 2012).

Veternú eróziu pre naše záujmové územia sme sa rozhodli stanoviť pomocou rovnice veternej erózie WEQ odvodenej.

$$E = f(IKCLV) \quad 1$$

Do rovnice vstupujú jednotlivé faktory, ktoré sú počítané niekoľkými vzorcami. Použili sme tieto metodiky a stanovené hodnoty.

Klimatický faktor „C“ počítame pomocou vzorca, ktorý uvádza Chepil, Siddoway, Armbrust (1962):

$$C = 386 \frac{u^3}{(PE)^2} \quad 2$$

Kde u je priemerná ročná rýchlosť vetra. Ako úvadza Tóth, pre naše záujmové územie Tvrdošovce, sme použili hodnotu $4,6 \text{ m.s}^{-1}$. PE je Thornthwaite index, ktorý sa počíta vzorcom:

$$PE_{index} = 3,16 \sum_{i=1}^{12} \left(\frac{Pi}{1,8Ti+22} \right)^{10/9} \quad 3$$

Kde Pi a Ti používame ročné priemerné hodnoty. Pi predstavuje priemerný ročný úhrn zrážok, ktorý je pre naše modelované územie 541 mm. Ti predstavuje priemernú ročnú teplotu vzduchu a tá sa pohybuje medzi 9 a 10 °C. Počítali sme s vyššou hodnotou.

Faktor „L“ predstavuje nechránenú vzdialenosť. Vyjadruje vzdialenosť medzi dvoma stabilnými plochami – bariérami v smere prevládajúcich vetrov. Na základe mapy bariér bola určená ich vzájomná vzdialenosť v smere prúdenia vetra. Prevládajúci smer podľa SHMÚ je severozápadný. Zobrazenie bariér obsahuje prirodzené a existujúce bariéry v krajine zostrojené pomocou ortofotomapy. Podstatou priaznivého účinku prirodzených vegetačných zábran je zníženie rýchlosti vetra v určitej vzdialenosti pred a za zábranou a zníženie turbulencie vzdušných mäs v prízemných vrstvách. Účinnosť vegetačných zábran závisí na ich výške, šírke, priepustnosti pre prúdenie vzduchu a druhovej skladbe. Medzi biologické protierózne opatrenia patria hlavne vetrolamy.

„K“ je faktor drsnosti pôdy a je vyjadrením vplyvu hrebeňov a brázd vzniknutých pri orbe a úkonoch sadenia, na intenzitu erózie. V prevažnej časti výpočtov sa tento faktor neberie do úvahy, teda vyjadri sa hodnotou 1. Aj v našom výpočte sa sme počítali tiež s hodnotou 1 pre celé pozorované územie.

Faktor erodibility „I“ je vyjadrený ako potenciálna priemerná ročná strata pôdy v t.ha-1, ktorá by sa na danom mieste vyskytla, ak by bola daná oblasť izolovaná, rovinatá, hladká, nechránená. Na miestach, kde sa C faktor rovná 100, holá a kyprá. Hodnoty faktora erodovateľnosti pôdy boli odvodené na základe BPEJ a potenciálnej ohrozenosti veternou eróziou. Na našom záujmovom území má I faktor hodnoty 138, 213 a 331, pre príslušné eréaly BPEJ. Použili sme metodiku, ktorú uvádza STN:

Tabuľka 1 Metodika STN 75 4501 (2000) na určenie erodovateľnosti pôdy veternou eróziou podľa BPEJ

Table 1 STN 75 4501 (2000) Methodology to determine soil erodibility index by wind erosion through soil-ecological unite code

Katégoria	Kód klímy	Kód HPJ	Kód zrnitosti	Charakter erózie
1	00-10	všetky HPJ mimo d'alej uvedených	2, 3, 4	nijaká až nepatrná
2	00, 01, 02, 03, 04	02, 05, 06, 11, 14, 17, 19, 22, 34, 36, 37, 38, 39, 43, 44, 45, 60, 65, 71, 79, 85	5	stredná
3	00, 01, 02, 03, 04	01, 16, 21, 35, 40	1	silná až extrémna
4	00, 01, 02, 03, 04	59, 99	1	silná až extrémna

Účinnosť vegetačného faktora „V“ je v rovnici veternej erózie, podľa Schwab et al (1993), vyjadrená ako množstvo, druh a orientácia vegetačnej pokrývky na pôde. Vegetačný faktor je daný množstvom vegetačného krytu a pozberových zvyškov vyjadrených v t/ha. Vegetačný faktor sme vyjadrili vzťahom:

$$V = SG_e = a \times X^b \quad (1)$$

4

Kde V je vegetačný faktor, SG_e (flat small-grain equivalent) ekvivalent rovnocenného množstva vegetačného krytu ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-2}$), X je množstvo biomasy (kg/ha sušiny), konštanty a, b sú charakteristické pre jednotlivé plodiny. Pre pôdne celky sme navrhli ako pestované plodiny Slnčnicu ročnú, Kukuricu na siláž a Lucernu siatu. V tabuľke 2 uvádzame hodnoty vstupujúce do výpočtu a výsledné hodnoty „ V “ faktora.

Tabuľka 2 Hodnoty V faktora a hmotnosti sušiny pre navrhované plodiny
Table 2 V factor values and weight of dry death parts for suggested crop

Plodina	a	b	X (kg/ha)	V faktor
<i>Helianthus annuus</i>	0,021	1,342	28	1,84
<i>Zea mays</i>	0,229	1,135	28	9,90
<i>Medicago sativa</i>	0,6	1,39	360	2 144,92

K posúdeniu miery eróznej ohrozenosti pozemkov sa používa princíp prípustnej straty pôdy, ktorá je definovaná ako maximálne hodnoty straty pôdy dovoľujúce trvalo a ekonomicky dostupne udržiavať úrodnosť pôdy. Pri určovaní hraníc prípustnej straty pôdy eróziou sa uvažovalo so skutočnou hrúbkou pôdneho profilu. Vyhláška Ministerstva pôdohospodárstva Slovenskej republiky č. 508/2004 Z. z., ktorou sa vykonáva § 27 zákona č. 220/2004 Z. z. o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy a o zmene zákona č. 245/2003 Z. z. o integrovanej prevencii a kontrole znečisťovania životného prostredia a o zmene a doplnení niektorých zákonov uvádza limitné hodnoty pre veternú eróziu 15 t/ha/rok. Základom proti eróznej ochrane je dosiahnuť v území intenzitu vodnej erózie menšiu alebo rovnú prípustnej erózii, čo môžeme vyjadriť vzťahom (Muchová, Vanek, 2009):

$$\frac{S_p}{S_{p, príp.}} \leq 1$$

5

Vzájomný podiel reálnej S_p a prípustnej erózie $S_{p, príp.}$ vyjadruje eróznou ohrozenosť pôdy a nazývame ho index eróznej ohrozenosti. Ak je index menší a rovný 1, nie sú potrebné protierózne opatrenia, ak je väčší ako 1 sú potrebné proti erózne opatrenia. Uvedený index erózneho ohrozenosti je možné zaradiť do tried stupňa eróznej ohrozenosti pôdy (SEOP). Zatriedenie indexu do tried SEOP je v tab. č. 3.

Tabuľka 3 Indexy stupňa eróznej ohrozenosti pôdy
Table 3 Erosion endangerment index level

SEOP	Názov stupňa eróznej ohrozenosti pôdy (SEOP)				
	Neohrozená až mierne ohrozená	Stredne ohrozená	Výrazne ohrozená	Veľmi výrazne ohrozená	Katastrofálne ohrozená
Trieda SEOP	1	2	3	4	5

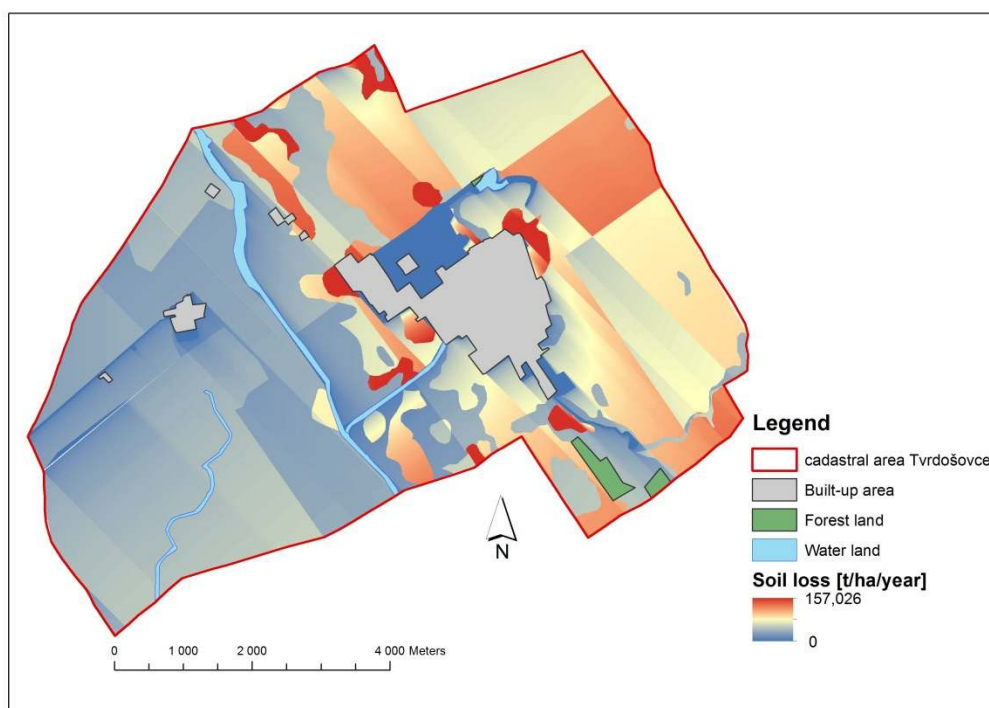
Indexy SEOP	< 1,00	1,01-2,00	2,01 -7,00	7,01 - 28,00	> 28,00
-------------	--------	-----------	------------	--------------	---------

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Z mapových podkladov erodovateľnosti pôd I , drsnosti pôdneho povrchu K , klimatického faktora C , mapy nechránených dĺžok L a mapy vegetačného faktora sme zostrojili v prostredí programu ArcGIS 10.1 rastrové podklady. Mapovým kalkulátorom bol zostrojený raster erózneho odnosu pôdy. Pre prepočet sme použili rovnicu podľa Schwaba et al. (1993):

$$E = 0,0015 \times 2,718^{\left(-\frac{V}{4500}\right)} \times \left(I^{1,87} \times K^2 \times \left(\frac{C}{100}\right)^{1,3}\right) \times L^{0,3} \quad 5$$

Zohľadnenie rozdielnych rýchlostí vetra vplyvom bariér i aerodynamickej drsnosti ako aj nechránenej dĺžky ohraničenej stabilnými plochami, sa prejavilo v celkovom výsledku veternej erózie postupným narastaním pôdnych strát vetrom vzhľadom na nechránenú dĺžku v území. Maximálny erózný odnos v území bol 157 t/ha/rok. Výsledok graficky zobrazujeme na mape straty pôdy pre naše záujmové územie.



V tabuľke 4 uvádzame jednotlivé výmery v triedach stupňa erózneho ohrozenia pôdy veternou eróziou pre naše katastrálne územie.

Tabuľka 4 Výmery tried SEOP pre limitné hodnoty odnosu pôdy
Table 4 Area of Erosion endangerment index level

Triedy SEOP	Rozloha v triedach SEOP (ha)
-------------	------------------------------

	1	2	3	4
Limitná hodnota 15 t/ha/rok	1120,9	2227,8	843,3	30,7

Po použití opísanej metodiky, vytvorení vstupných dát pre rovnicu veternej erózie WEQ sme boli schopní určiť rozlohy v triedach ohrozenosti. Z výskumu vieme dokázať, že dané pôdy a pôdne celky v našej lokalite, sú ohrozené veternou eróziou. Na Slovensku podľa údajov výskumného ústavu pôdoznanectva, nie je ohrozené veľké množstvo pôdy. Najnovšia novela zákona o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy však zmenila limitnú hodnotu odnosu pôdy ako pre vodnú tak aj pre veternú eróziu, a to môže spôsobiť, že farmári začnú klásť väčší dôraz na ochrany pôdy aj pred týmto spôsobom degradácie. V meniacich sa podmienkach globálnej klímy, sa aj tento efekt na pôdy môže stať devastačným, keďže výskyt období sucha je v posledných rokoch markantnejší ako tomu bolo v histórii na našom území.

SÚHRN

Veterná erózia pôdy rozrušuje pôdny povrch mechanickou silou vetra (abrázia), odnáša častice pôdy (deflácia) a ukladá ich na inom mieste (akumulácia). Na Slovensku nespôsobuje také veľké odnosy pôdy ako rozšírenejšia vodná erózia, ale jej vplyv na niektorých častiach nášho územia je evidentný. U veternej erózie je limitná hodnota pre odnos pôdy podľa Zákona č.220/2004 o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy 15 t/ha/rok. V našom príspevku sa zaoberáme určením intenzity veternej erózie pomocou rovnice WEQ, tak ako uvádza vyhláška ministerstva. Vypočítané hodnoty sme zatriedili do tried stupňa eróznej ohrozenosti a porovnali hodnoty pre platné limitné hodnoty. Na záver sme porovnali výmeru v jednotlivých triedach.

Kľúčové slová: veterná erózia, WEQ, modelovanie

LITERATÚRA

GREŠOVÁ, L. – STREĎANSKÝ, J. 2011. Veterná erózia v krajine – súčasné trendy, metódy a spôsoby

GREŠOVÁ, L. – STREĎANSKÝ, J. 2011. Modelové riešenie rovnice veternej erózie v GIS. In Acta horticulturae et geotecturae. Nitra: SPU Nitra. 2011. 24-28 s. ISSN 1338-5259

Chepil WS, Siddoway FH, Armbrust DV. 1962. Climatic factor for estimating wind erodibility of farm fields. Journal of Soil and Water Conservation 17: 162–165.

MUCHOVÁ, Z – VANEK, J. 2009. Metodické štandardy projektovania pozemkových úprav. Nitra: SPU v spolupráci s Ministerstvom pôdohospodárstva, 2009. 397s. ISBN 978-8-552-0267-9.

- PASÁK, V. 1964. Ochrana pôdy proti větrné erozi., Praha: ÚVTI - MZLVH, 1964. 13s.
- SCHWAB, G. – FANGMEIER, W. – ELIOT, W. – FREVERT, K. et. al., 1993. Soil and water conservation engineering. Wind erosion and control practices. Fourth edition. 1993. New York: John Wiley & Sons., 1993, 683 p. ISBN 0471574902
- STN 75 4501: 2000, Hydromeliorácie. Protierózna ochrana poľnohospodárskej pôdy.
- STREĎANSKÝ, J. 1993. Veterná erózia pôdy. Nitra: VŠP, 1993. 66 s. ISBN 80-7137-094-0.
- TÓTH, Attila. 2012. Krajinárske úpravy vidieckeho sídla Tvrdošovce : diplomová práca [Landscape Architectural Design of the Rural Settlement Tvrdošovce : master thesis]. Nitra: SUA, 2012. 67 A3 p.
- ZÁKON 220/2004 Z.z. o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy a o zmene zákona 245/2003 o integrovanej prevencii a kontrole znečisťovania životného prostredia a o zmene a doplnení niektorých zákonov.

PodĎakovanie

Tento príspevok vznikol za finančnej podpory VEGA 1/0050/12 “Wind erosion determination with mathematic modelation”.

Kontaktná adresa:

Ing. Viktor Varga, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Fakulta záhradníctva a krajinného inžinierstva, Katedra krajinného plánovania a pozemkových úprav, Hospodárska 7, 949 76 Nitra, email: viki.varg@gmail.com