

HAZARDURI GEOMORFOLOGICE ȘI PEDOLOGICE – LUCRĂRI PRACTICE

1. EROZIUNEA SOLULUI

Eroziunea solului este un proces geomorfologic și factor limitativ în agricultură, deoarece scade productivitatea solului prin distrugerea fizică a orizonturilor fertile ale solului. Eroziunea solului de către apă se referă la eroziunea picăturilor de ploaie, a eroziunii în suprafață, a eroziunii lineare și a eroziunii ravenelor (Motoc et. al., 1975, Boardman și Poesen, 2006).

Metodologia românească de evaluare a terenurilor agricole (I.C.P.A., 1978, I.C.P.A., 1987a, I.C.P.A., 1987b, I.C.P.A., 1987c) utilizează estimarea eroziunii solului în determinarea pretabilității, ca factor limitativ, pe baza procentului de suprafață acoperită de eroziunea solului de către apă din suprafața totală a unității de cartografiere sol/teren. Florea și Munteanu (2003) definesc clasele de eroziune a solului folosind ca criterii adâncimea și tipul primului orizont al solului.

La scară regională, există mai multe modele de eroziune a solului, care sunt potrivite pentru estimarea ratelor de eroziune în scopul evaluării terenurilor agricole.

USLE (Universal Soil Loess Equation) este un model empirico-statistic, care estimează ratele anuale de eroziune în suprafață și lineară pe baza ratelor de eroziune a solului măsurate pe parcele experimentale și energia ploii (relație statistică) și a unor factori (relații empirice), astfel:

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P, \quad (1)$$

unde A este eroziunea medie multianuală (t/ha/an), R este factorul de energie a ploii, K este factorul de erodabilitate a solului, L este factorul lungimii pantei, S este factorul înclinării pantei, C este factorul acoperire a terenului și P este factorul de management al eroziunii solului.



Fig. 1 Parcele experimentale de eroziune

Pentru România, USLE a fost modificat de Motoc și al. (1979), prin specificarea factorilor pentru România, deși nu este foarte clară metodologia aplicată. RUSLE (Renard et. al., 1991, Renard et. al., 1997) este o îmbunătățire a USLE, printr-o mai bună specificare a factorilor (modul de calcul al factorului R a fost ușurat; factorul C a fost extins pentru mai multe tipuri de culturi; calculul factorului K pentru perioade mai mici de un an). RUSLE2 este ultima îmbunătățire a modelului, pe baza avansului din modelarea GIS, și deși rămâne empiric este bazat pe o modelare mai bună a proceselor de management și a subfactorilor factorului C, dar și a modelării zilnice, astfel încât să modeleze mai bine evenimentele pluviale extreme. Și modelarea topografică este îmbunătățită prin introducerea principiului conservării masei și a scurgerii hortoniene.

Erodabilitatea solului se referă la diferența de eroziune a solului, în aceleași condiții de mediu, datorită proprietăților solurilor (Wischmeier și Smith, 1965). Aceste proprietăți sunt legate de modul în care solul rezistă la forțele de eroziune în timpul precipitațiilor (dispersie, stropire și abraziune) și scurgerii (forțe de transport). Din punct de vedere conceptual, factorul de erodabilitate a solului reprezintă îndepărtarea solului pe unitate de forță externă aplicată (energie) în condițiile date de parcela unitară (22,1 m lungime, 9% pantă, 1,83 m lățime și 1/250 ha suprafață – Wischmeier și Smith, 1978; Renard et al., 1997). Din punct de vedere practic, factorul de erodabilitate a solului exprimă răspunsul mediu pe termen lung al solului la eroziunea la furtuni, prin impactul picăturilor de ploaie și curgerea ploii. Prin implementarea RUSLE2, pot fi modelate și transportul și depunerea induse de topografia locală a versantului (Renard et al., 1997).

Factorul de erodabilitate a solului (K) este calculat prin rezolvarea parametrilor ecuației (Wischmeier și Smith, 1978):

$$A = EI_{30} \times K, \quad (2)$$

atunci când considerăm că factorii L, S, C și P au o valoare de 1 (condițiile parcelei unitare standard, care este arată și păstrată fără vegetație cel puțin 2 ani, pentru a elimina efectul reziduurilor de cultură) și obținerea lui K ca:

$$K = \frac{E}{EI_{30}}, \quad (3)$$

unde A este pierderea solului și valorile EI_{30} sunt valorile medii anuale ale eroziunii precipitațiilor și scurgerii tuturor furtunilor dintr-o anumită zonă, dând un efect de sumare (E este energia totală a furtunii și I30 este intensitatea maximă de 30 de minute). Valorile K sunt, de asemenea, exprimate ca medii anuale, dar pot fi calculate în RUSLE2 pentru o singură zi, lună sau sezon.

Factorul LS, respectiv lungimea versantului și pantă este calculat în varianta standard prin formula (Moțoc și al., 1978):

$$LS = L^{0,3} \times (1,36 + 0,97 \times i + 0,138 \times i^2) \quad (4)$$

Limitările modelelor USLE/RUSLE sunt clar arătate de Renard et. al. (1991), în sensul că estimează pierderea medie anuală a solului prin eroziunea pentru zonele planare, similare cu forma suprafeței pe parcelele de scurgere, și mai puțin pe zonele convexe și concave de la baza pantei și de la partea ei superioară.

Materia organică reduce erodabilitatea solului, deoarece creează o structură de legare, reducând efectul de curgere a apei și crescând infiltrația. De asemenea, rădăcinile plantelor întăresc coezivitatea solului. Ambele efecte sunt modelate în factorul acoperirii cu vegetație (C), mai degrabă decât în erodabilitatea solului. S-a demonstrat că conținutul de rocă la suprafață influențează și eroziunea solului (Renard et al., 1997), prin protejerea solului, dar impactul său a fost separat într-o componentă de suprafață, estimată în factorul C, și una subterană care poate fi estimată în factorul K. Componenta subterană este controlată de clasa de permeabilitate, dar deoarece efectele sunt minore în comparație cu componenta de suprafață, factorului C rămâne cel mai important.

Este dovedit prin raportarea la măsurători directe ale eroziunii că subestimează ratele de eroziune măsurate (Waren et. al., 2005). USLE și RUSLE au fost văzute doar ca instrumente pentru estimarea eroziunii solului pentru planificarea utilizării terenurilor agricole. Cu toate acestea, simplitatea aplicării în mediu GIS face ca utilizarea RUSLE să fie mult mai extinsă, chiar dacă se ajunge dincolo de limitările metodei: utilizarea ratelor RUSLE ca producție de sedimente la nivel anual a proceselor geomorfologice. Principala critică ține de faptul că eroziunea RUSLE este o valoare multianuală, rezultat al variabilității spațiale și temporale a factorilor, mai ales a ploii, de fapt în fiecare an valorile pot fi foarte mici, iar valorile care contribuie la rată se întâmplă în doar câțiva ani critici. Următorul punct critic, este că în varianta inițială USLE se realiza pe TEO-uri (teritorii ecologic omogene) unde este

probabilă eroziunea, dar în implementarea pe date raster eroziunea este modelată pe toată suprafață reliefului, inclusiv în albiile și în areale unde este clară sedimentarea, cum ar fi albiile majore.

Există modificări ale RUSLE care reduc din limitările enunțate. Pentru problema subevaluării pierderii de sol, au fost utilizate mai multe metode de fixare, bazate în principal pe înlocuirea lungimii și gradientului pantei cu aria de drenaj amonte pe unitate de lungime a conturului (aria bazinului hidrografic) și prin introducerea unei ecuații a capacității de transport (Desmet și Govers, 1996; Van Oost et al., 2000; Mitasova et al., 1995; Mitasova et al., 1996; Mitas et al., 1998), care segmentează liniile lungi de curgere pe baza mecanismului de concentrație modelat de aria bazinului hidrografic și simulează depunerea materialului erodat.

Mitasova și al. (1996), Mitasova și Mitas (1999), Warren și al. (2005), au realizat modelele RUSLE3D și USPED (Unit Stream Power Erosion Deposition). RUSLE3D este un model derivat din USLE/RUSLE prin încorporarea ariei de drenaj specifice (SCA) în loc de lungimea pantei (SL). Deci, ecuația pentru calculul LS pentru RUSLE3D a devenit:

$$LS = \left(\frac{SCA}{22,134} \right)^m \times \left(\frac{\sin S}{0,09} \right)^n \quad (5)$$

unde, m și n sunt parametri care controlează cantitatea de eroziune a rillului/inter-rill (Moore și Burch, 1986, Mitasova et al., 1998) și au valorile de 1,6 și 1,3 pentru zone cu eroziune predominantă în rigole și 1 și 1 pentru zone cu eroziune predominantă în suprafață.

Folosind ratele de producție de sedimente calculate cu RUSLE3D, prin includerea capacității de transport a sedimentelor (T), modelul USPED estimează un indice de eroziune/depunere (EDI), prin diferențierea parțială a modificării lui T (Mitasova et al., 1996):

$$EDI = \frac{\delta(T \times \sin a)}{\delta x} + \frac{\delta(T \times \sin b)}{\delta y} \quad (6)$$

unde a = expunerea (expoziția). Valorile negative pentru EDI arată potențial de eroziune, în timp ce valorile pozitive arată potențial de depunere (acumulare) a sedimentelor.

Modul de calcul în SAGA GIS:

1. Se deschide modelul numeric al terenului: File / Open
2. Se afișează hartă 2D prin dublu-click pe numele rasterului în Manager / Data
3. Se realizează o hartă 3D prin apăsarea butonului 3D View (se alege Grid System-ul și la Elevation rasterul 1. dem)
4. Se calculează umbrirea cu metoda Combined Shading: Manager / Tools, apoi Terrain Analysis / Lighting, Visibility / Analytical Hillshading
5. Se calculează panta în procente: Manager / Tools, apoi Terrain Analysis / Morphometry / Slope, Aspect, Curvature
6. Se determină Sink Routes: Manager / Tools, apoi Terrain Analysis / Preprocessing / Sink Drainage Route Detection
7. Se elimină depresiunile: Manager / Tools, apoi Terrain Analysis / Preprocessing / Sink removal
8. Se calculează aria de drenaj: Manager / Tools, apoi Terrain Analysis / Hydrology / Flow Accumulation (Parallellizable)
9. Se calculează factorul LS: Manager / Tools, apoi Terrain Analysis / Hydrology / LS Factor, Filed based cu metoda Desmet and Govers, 1996
10. Se calculează eroziunea (A) USLE: Manager / Tools, apoi Grid / Calculus / Grid calculator, cu formula $g1 \cdot g2 \cdot g3 \cdot g4 \cdot g5$, unde g1-g5 sunt rastele R, C, K, P, LS Factor
11. Se calculează eroziunea/depunerea prin înmulțirea rasterului USLE cu Sediment Balance: Manager / Tools, apoi Grid / Calculus / Grid calculator, cu formula $g1 \cdot g2$

Referințe bibliografice

- Ballabio, C., Borrelli, P., Spinoni, J., Meusburger, K., Michaelides, S., Beguería, S., Klik, A., Petan, S., Janecek, M., Olsen, P., Aalto, J., Lakatos, M., Rymaszewicz, A., Dumitrescu, A., Tadić, M.P., Nazzareno, D., Kostalova, J., Rousseva, S., Banasik, K., L., Alewell, C., Panagos, P. 2017. Mapping monthly rainfall erosivity in Europe. *Science of the Total Environment* 579: 1298-1315
- Bezak, N., Ballabio, C., Mikoš, M., Petan, S., Borrelli, P., Panagos, P. 2020. Reconstruction of past rainfall erosivity and trend detection based on the REDES database and reanalysis rainfall. *Journal of Hydrology*. Article number 125372.
- Borrelli, P., Diodato, N., Panagos, P. 2016. Rainfall erosivity in Italy: a national scale spatio-temporal assessment. *International Journal of Digital Earth*, 9(9): 835-850
- Bezak, N., Mikoš, M., Borrelli, P., Liakos, L. and Panagos, P., 2021. An in-depth statistical analysis of the rainstorms erosivity in Europe. *Catena*, 206, art.no 105577
- Borrelli, P.; Panagos, P. 2020. An indicator to reflect the mitigating effect of Common Agricultural Policy on soil erosion. *Land Use Policy*. 92, 104467.
- Boardman, J. and J. Poesen (2006). Soil erosion in Europe: major processes, causes and consequences. in Boardman J. and Poesen J. eds. *Soil erosion in Europe*. Wiley.
- Cerdan, O., J. Poesen, G. Govers, N. Saby, Y. le Bissonnais, A. Gobin, A. Vacca, J. Quitin, K. Auerswald, A. Klik, F.F.P.M. Kwaad and M.J. Roxo (2006). Sheet and rill erosion. In Boardman J. and Poesen J. eds. *Soil erosion in Europe*. Wiley.
- Costa-Cabral, M. and S.J. Burges (1994). Digital Elevation Model Networks (DEMON): a model of flow over hillslopes for computation of contributing and dispersal areas. *W. Resour. Res.* 30:1681-1692.
- Florea, N. and L. Munteanu (2003). *Romanian Soil Taxonomy System*. Estfalia Press, Bucharest, 183 p.
- GRASS Development Team. (2011). *Geographic Resources Analysis Support System (GRASS) Software*. Version 6.4.1 Open Source Geospatial Foundation. <http://grass.osgeo.org>
- European Soil Data Centre (ESDAC), esdac.jrc.ec.europa.eu, European Commission, Joint Research Centre
- Hengl, T. (2006). Finding the right pixel size. *Comp. & Geosci.* 32:1283-1298.
- Huang, C., B.Wylie, L. Yang, C. Homer and G. Zylstra (2002). Derivation of a tasseled cap transformation based on landsat 7 at-satellite reflectance. *USGS Report*, 10 p.
- Huete, A.R. (1988). A soil-adjusted vegetation index (SAVI). *Rem. Sens. Environ.* 25:295-309.
- Ihaka, R. and R.R. Gentleman (1996). A language for data analysis and graphics. *J. Comp. Graph. Stat.* 5:299-314.
- Institute for Soil Science and Agrochemistry (1978). *Work instructions for agricultural land evaluation with elements of pedologic fundamentation and technologic characterization*, Bucharest, 145 p.
- Institute for Soil Science and Agrochemistry (1987a). *Methodology of pedologic studies elaboration. Part I - Colectionation and systematization of pedologic data*. Center for Didactic Material and Agricultural Propaganda, Bucharest, 191 p.
- Institute for Soil Science and Agrochemistry (1987b). *Methodology of pedologic studies elaboration. Part II - Elaboration of pedological studies for various scopes*. Bucharest, 349 p.
- Institute for Soil Science and Agrochemistry (1987c). *Methodology of pedologic studies elaboration. Part III - Bucharest*, 145 p.
- Meusburger, K., Steel, A., Panagos, P., Montanarella, L., Alewell, C. Spatial and temporal variability of rainfall erosivity factor for Switzerland. *Hydrology and Earth System Sciences*, 16, 167-177, 2012.
- Mitasova, H., J. Hofierka, M. Zlocha and R.L. Iverson (1996). Modelling topographic potential for erosion and deposition using GIS. *Int. J. GIS.* 10:629-641.
- Mitasova, H., L. Mitas (1999). *Erosion/deposition modeling with USPED using GIS*. Report of Geographic Modeling Systems Laboratory, University of Illinois at Urbana-Champaign. <http://skagit.meas.ncsu.edu/~helena/gmslab/erosion/usped.html> (accessed 30.06.2011)
- Moore, I.D. and G.J. Burch (1986). Physical basis of the length-slope factor in the Universal Soil Loss Equation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 50:1294-1298.
- Motoc, M., S. Munteanu, V. Baloiu, P. Stanescu and Gh. Mihai (1975). *Soil erosion and control methods*, Ceres Publishing, Bucharest.
- Motoc, M., P. Stanescu and I. Taloescu (1979). *Actual conceptions regarding erosional phenomenon and its control*. Institute for Soil Science and Agrochemistry. Agriculture Library. Bucharest. 40 p.

- Niculita, M., B. Rosca, R. Pirnau and I.C. Niculita (2010) - Estimation of soil properties based on geomorphometrical parameters approach using regression kriging modeling for DSM in Iasi County. Proceedings of 4th International Workshop on Digital Soil Mapping, Rome, May. 24-26. 2010.
- Ouyang, D and J. Bartholic (2001). Web-based GIS application for soil erosion prediction. Proceedings of an international symposium - soil erosion research for the 21st century. Honolulu. Jan. 3-5. 2001.
- Panagos, P., Borrelli, P., Spinoni, J., Ballabio, C., Meusburger, K., Beguería, S., Klik, A., Michaelides, S., Petan, S., Hrabalíková, M., Olsen, P., Aalto, J., Lakatos, M., Rymaszewicz, A., Dumitrescu, A., Tadic, M.P., Diodato, N., Kostalova, J., Rousseva, S., Banasik, K. Alewell, C. 2016. Monthly rainfall erosivity: conversion factors for different time resolutions and regional assessments. *Water*, 8(4), No 119.
- Panagos, P., Meusburger K., Ballabio C., Borrelli P., Begueria S., Klik A., Rymaszewicz A., Michaelides, S., Olsen, P., Tadic, M.P., P., Aalto, J., Lakatos, M., Dumitrescu, Rousseva, S., Montanarella, L., Alewell C. 2015. Reply to the comment on "Rainfall erosivity in Europe" by Auerswald et al. 2015. *Science of the Total Environment*, 532: 853-857.
- Panagos, P., Meusburger, K., Ballabio, C., Borrelli, P., Alewell, C. (2014) Soil erodibility in Europe: A high-resolution dataset based on LUCAS, *Science of Total Environment*, 479–480 (2014) pp. 189–200, 10.1016/j.scitotenv.2014.02.010
- Panagos, P., Van Liedekerke, M., Borrelli, P., Köninger, J., Ballabio, C., Orgiazzi, A., Lugato, E., Liakos, L., Hervas, J., Jones, A. Montanarella, L. 2022. European Soil Data Centre 2.0: Soil data and knowledge in support of the EU policies. *European Journal of Soil Science*, 73(6), e13315. DOI: 10.1111/ejss.13315
- Panagos P., Van Liedekerke M., Jones A., Montanarella L., "European Soil Data Centre: Response to European policy support and public data requirements"; (2012) *Land Use Policy*, 29 (2), pp. 329-338. doi:10.1016/j.landusepol.2011.07.003
- Panagos, P., Borrelli, P., Meusburger, K., van der Zanden, E.H., Poesen, J., Alewell, C. 2015. Modelling the effect of support practices (P-factor) on the reduction of soil erosion by water at European Scale. . *Environmental Science & Policy*, 51: 23-34.
- Panagos, P., Ballabio, C., Poesen, J., Lugato, E., Scarpa, S., Montanarella, L., Borrelli, P. 2020. A Soil Erosion Indicator for Supporting Agricultural, Environmental and Climate Policies in the European Union. *Remote Sensing*. 12: 1365. DOI: 10.3390/rs12091365
- Panagos, P., Meusburger, K., Alewell, C., Montanarella, L. Soil erodibility estimation using LUCAS point survey data of Europe, *Environmental Modelling & Software*, Volume 30, April 2012, Pages 143-145, doi:10.1016/j.envsoft.2011.11.002
- Panagos, P., Ballabio, C., Borrelli, P., Meusburger, K., Klik, A., Rousseva, S., Tadic, M.P., Michaelides, S., Hrabalíkova, M., Olsen, P., Aalto, J., Lakatos, M., Rymaszewicz, A., Dumitrescu, A., Begueria, S., Alewell, C. Rainfall erosivity in Europe. *Science of the Total Environment* 511: 801-814. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2015.01.008
- Panagos, P., Ballabio, C., Meusburger, K., Spinoni, J., Alewell, C., Borrelli, P. 2017. Towards estimates of future rainfall erosivity in Europe based on REDES and WorldClim datasets. *Journal of Hydrology*, 548: 251-262.
- Panagos, P., Borrelli, P., Meusburger, C., Alewell, C., Lugato, E., Montanarella, L., 2015. Estimating the soil erosion cover-management factor at European scale. *Land Use policy journal*. 48C, 38-50. doi:10.1016/j.landusepol.2015.05.021
- Panagos, P., Ballabio, C., Borrelli, P., Meusburger, K. 2016. Spatio-temporal analysis of rainfall erosivity and erosivity density in Greece. *Catena*, 137, 2603, pp. 161-172.
- Renard, G.K., G.R. Foster, G.A. Weesies and J.P. Porter (1991). RUSLE – Revised universal soil loss equation. *J. Soil Water Conservat.* 46:30-33.
- Renard, G.K., G.R. Foster, G.A. Weesies, D.K. Mc Cool and D.C. Yoder (1997). Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). USDA Agriculture handbook No. 703. 384 p.
- Tanasa, I.C., M. Niculita, B. Rosca and R. Pirnau (2010). Pedometric techniques in spatialisation of soil properties for agricultural land evaluation. *Bull. UASVM Agric.* 67:274-278.
- Tarboton, D.G. (1997). A new method for the determination of flow directions and upslope areas in grid digital elevation models. *W. Resour. Res.* 33:309-319.
- Warren, S.D., H. Mitsova, M.G. Hohmann, S. Landsberger, F.Y. Iskander, T.S. Ruzyccki and G.M. Senseman (2005). Validation of a 3-D enhancement of the Universal Soil Loss Equation for prediction of soil erosion and sediment deposition. *Catena* 64:281-296.

- Zhang, J.C., D.L. DeAngelis and J.Y. Zhuang (2011). Theory and practice of soil loss control in eastern China. Springer, 281 p.
- Zhou, Q. (2004). Analysis of errors of derived slope and aspect related to DEM data properties. *Comp. & Geosci.* 30:369-378.