

EROSIONE DEL SUOLO: IL MODELLO PARAMETRICO USLE

(Luigi Fanizzi – ECOACQUE®)

Il modello utilizzato, e studiato nel presente studio, è quello elaborato da Wischmeier e Smith, nel 1978, denominato **USLE** (*Universal Soil Loss Equation*), e adottato dall'U.S. Department of Agriculture. Si tratta di un modello parametrico su base empirica che fornisce una stima della perdita annua di suolo su un versante causata dall'erosione idrica laminare e dal ruscellamento. Tale modello è stato negli anni modificato dando origine alla cosiddetta Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) che si basa sugli stessi principi empirici dell'USLE, ma introduce alcuni nuovi parametri che permettono un migliore adattamento del modello anche su terreni morfologicamente complessi. L'equazione del modello USLE è la seguente:

$$E = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$$

In cui:

- 📄 **E**: perdita media annua di suolo, per unità di superficie [t/ha];
EROSIVITA' (ENERGIA PRECIPITAZIONE PIOVOSA)
- 📄 **R**: fattore di erosività dell'energia di caduta della pioggia e del suo deflusso, tiene conto dell'aggressività degli eventi meteorici.
[MJ · mm/(ha · h)];
EROBIBILITA' (CARATTERISTICHE FISICHE: SUOLO E MORFOLOGIA)
- 📄 **K**: fattore di erodibilità del suolo, esprime l'erodibilità del suolo dovuta alle proprietà fisico-chimiche dello stesso [t · h/(MJ · mm)];
- 📄 **L**: fattore morfologico del suolo, esprime l'effetto di erodibilità della lunghezza del pendio sulla quantità di materiale eroso [n.p.];
- 📄 **S**: fattore morfologico del suolo, esprime l'effetto di erodibilità della pendenza del versante sulla quantità di materiale eroso [n.p.];
EROBIBILITA' (GESTIONE TERRITORIO: LAVORAZIONI E SISTEMAZIONI/COLTURE ED USO DEL SUOLO)
- 📄 **C**: fattore di copertura vegetale e di uso del suolo, tiene conto del tipo di vegetazione o coltura, esistente e del tipo di interventi eseguiti sul suolo [n.p.], per contrastarne l'erodibilità;
- 📄 **P**: fattore tecniche sistematorie e di conservazione del suolo, considera le eventuali azioni messe in atto per contrastare la sua erodibilità [n.p.].

Nel modello USLE, tutti i fattori esposti sono stati calcolati, empiricamente, su un pendio sperimentale (*cd parcella standard*), lungo **22,13** m ed inclinato di **5°** e, su di esso, sono state ricavate le relazioni interpolanti per i fattori di interesse.

IL FATTORE DI EROSIVITÀ DI PIOGGIA E DEFLUSSO R

Il fattore di erosività di pioggia e deflusso **R** rappresenta una misura della forza erosiva della pioggia e del deflusso superficiale. E' influenzato da intensità e durata delle precipitazioni, ossia dall'energia cinetica della pioggia che può trasformarsi in energia meccanica all'impatto con la superficie. In generale il fattore R è definito come il prodotto dell'**energia cinetica totale della precipitazione piovosa** in esame (**E**) per l'intensità massima di durata **30** (trenta) minuti (**I₃₀**) che si è verificata durante lo stesso. Nel suo studio Diodato (2004) prende in considerazione **12** (dodici) stazioni pluviometriche italiane, per le quali si è registrato un regime di pioggia mediterraneo e **5** (cinque) stazioni addizionali, per validare i risultati ottenuti. Dagli studi effettuati, l'autore perviene alla formula seguente per il calcolo del valore di **EI₃₀** su base annuale:

$$EI_{30} = 12,1420 \cdot (A \cdot B \cdot C)^{0,6446}$$

In cui:

- EI₃₀** = indice erosivo annuale empirico [MJ mm/(ha · h)];
- A** = precipitazione totale annua [cm];
- B** = piovosità massima giornaliera nell'anno [cm];
- C** = massima precipitazione oraria nell'anno in [cm].

Il valore di **R** in base ai dati ottenuti può, quindi, essere valutato come:

$$R = \frac{1}{N} \sum_1^N EI_{30}$$

dove **N** è il numero di anni di osservazione.

IL FATTORE ERODIBILITÀ DEL SUOLO **K**

Il fattore **K** riflette la facilità con cui il suolo è staccato dalle gocce di pioggia durante un evento meteorico e/o dal flusso superficiale. È dunque un fattore legato all'effetto integrato di pioggia, ruscellamento e infiltrazione e tiene conto dell'influenza delle **proprietà fisiche del suolo** sulla quantità di suolo perso su un versante durante un evento piovoso. L'erosibilità è dunque una specifica proprietà del suolo che è influenzata da fattori quali la tessitura del suolo, il contenuto di sostanza organica, la struttura e la permeabilità. L'erosibilità del suolo aumenta con l'incremento del contenuto di limo e sabbia fine del suolo, mentre decresce con l'aumento del contenuto di argilla e materiale organico (Renard et Al., 1997). La formula proposta, per **K**, da Renard et Al., che deriva da studi effettuati su 225 classi di suoli a scala globale, è la seguente:

$$K = \left\{ 0,0034 + 0,0405 \cdot e \left[-\frac{1}{2} \cdot \left(\frac{\log(D_g) + 1,659}{0,7101} \right)^2 \right] \right\}$$

con **K** espresso in $t \cdot h / (MJ \cdot mm)$ e la media geometrica delle dimensioni delle particelle (D_g) espresso dalla relazione:

$$D_g = e^{[0,01 \cdot \sum f_i \cdot \ln(m_i)]}$$

in cui:

D_g = media geometrica delle dimensioni delle particelle [mm];

f_i = valore percentuale della frazione di particelle di suolo comprese nell'*i*-esima classe;

m_i = media aritmetica del diametro delle particelle comprese nella *i*-esima classe. Tale ultimo fattore, quindi, vale:

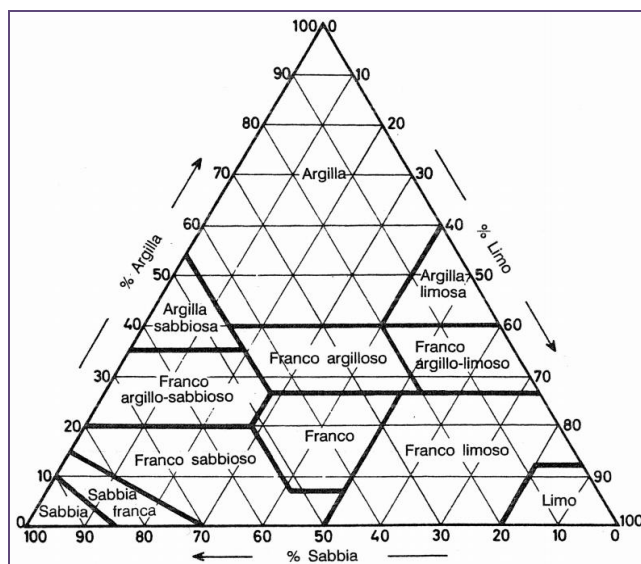
☞ per la sabbia: $m_i = (2+0.05)/2 = 1,025$;

☞ per il limo: $m_i = (0.05+0.002)/2 = 0,026$;

☞ per l'argilla: $m_i = (0.002+0.00005)/2 = 0,001$.

f_i Media Sabbie [%]	f_i Media Limo [%]	f_i Media Argilla [%]	C_{org} Medio [g/kg]	Fattore K (USLE)
49,6	36,4	14,0	5,7	0,0294
19,3	53,7	27,0	13,0	0,0439
32,0	22,0	46	8,5	0,0437

Valori percentuali della frazione **f_i** per varie particelle di suolo.



Triangolo tessiturale USDA

TESSITURA	CONTENUTO IN SOSTANZA ORGANICA		
	< 0,5%	2%	4%
<i>Sabbia</i>	0,05	0,03	0,02
<i>Sabbia fine</i>	0,16	0,14	0,10
<i>Sabbia molto fine</i>	0,42	0,36	0,28
<i>Franco sabbioso</i>	0,12	0,10	0,08
<i>Franco sabbioso fine</i>	0,24	0,20	0,16
<i>Franco sabbiosa molto fine</i>	0,44	0,38	0,30
<i>Sabbioso franco</i>	0,27	0,24	0,19
<i>Franco</i>	0,38	0,34	0,29
<i>Limoso franco</i>	0,48	0,42	0,33
<i>Limoso</i>	0,60	0,52	0,42
<i>Argilloso franco</i>	0,28	0,25	0,21
<i>Sabbioso argilloso</i>	0,14	0,13	0,12
<i>Limoso argilloso</i>	0,25	0,23	0,19
<i>Argilloso</i>	0,13-0,29		

Valori di **K** in unità anglosassoni (*ton acre hour/hundred of acre foot to inch*), in funzione della tessitura e della sostanza organica (ARS-USDA, 1975).

Dividendo i valori di Tabella per il numero: **7,594**; si ottiene il valore di **K** espresso in unità SI.

IL FATTORE DI ERODIBILITA' FISIOMORFOLOGICO LS

Il fattore topografico e morfologico del suolo, tiene conto degli effetti della lunghezza dei versanti (fattore **L**) e della pendenza degli stessi (fattore **S**) sull'entità dell'erosione che è proporzionale ad entrambi i fattori (Angima et Al., 2003). La lunghezza del versante è definita come la distanza orizzontale tra l'origine del flusso superficiale ed il punto in cui si verifica una diminuzione di pendenza del versante che provoca un deposito oppure il punto in cui il flusso è concentrato in una scanalatura definita.

La relazione proposta, per tale fattore fisiomorfologico adimensionale [n.p.], ricavata da prove effettuate sulla parcella di terreno standard è la seguente:

$$L = \left(\frac{\lambda}{22,13} \right)^m$$

in cui λ [m] rappresenta la lunghezza topografica media (corrispondente alla lunghezza inclinata proiettata sul piano orizzontale), dal punto di origine del deflusso al punto in cui la pendenza (s) decresce ed inizia l'attività di deposizione, il numero divisore **22,13**, rappresenta la lunghezza, in metri, della parcella standard ed m è un esponente che nel modello USLE assume valori in accordo alla seguente Tabella:

Esponente m [n.p.]	Pendenza s [%]
0,50	5
0,40	3 ÷ 4,99
0,30	1 ÷ 2,99
0,20	< 0,99

Il fattore pendenza del versante S è calcolato, invece, con la seguente relazione:

$$S = \frac{0,43 + 0,30 \cdot s + 0,04 \cdot s^2}{6,613}$$

IL FATTORE DI ERODIBILITA' COLTURE ED USO DEL SUOLO C

Il fattore di coltivazione ed uso del suolo C , è definito come il rapporto tra la quantità annua di suolo eroso da un terreno, su cui viene effettuata una specifica coltura e la quantità di suolo eroso (a parità di tutte le altre condizioni), dallo stesso terreno su cui non viene effettuata alcuna coltura ($C = 1,00$). In assenza di una base dati riferibile all'uso del suolo ed al suo variare nel tempo, si può utilizzare la Codificazione del **Corine Land Cover 2000** (Rete del SINAnet, ISPRA), correlabili a valori del fattore adimensionale C [n.p.], secondo relazioni ricavate da bibliografia (P. Bazzoffi, 2007).

CODICE CORINE	CLASSIFICAZIONE	FATTORE C
111	Zone residenziali a tessuto continuo	0,000
112	Zone residenziali a tessuto discontinuo	0,110
121	Aree industriali, commerciali e dei servizi pubblici e privati	0,000
122	Reti stradali, ferroviarie e infrastrutture tecniche	0,000
123	Aree portuali	0,000
124	Aeroporti	0,000
131	Aree estrattive	0,000
132	Discariche	0,000
133	Cantieri	0,000
141	Aree verdi urbane	0,006
142	Aree ricreative e sportive	0,006
211	Seminativi in aree non irrigue	0,300
213	Risaie	0,150
221	Vigneti	0,120
222	Frutteti e frutti minori	0,120




Valori del fattore C secondo la codifica CLC_2000.

223	Oliveti	0,120
231	Prati stabili (foraggiere permanenti)	0,005
241	Culture temporanee associate a colture permanenti	0,150
242	Sistemi colturali e particellari complessi	0,150
243	Aree prevalentemente occupate da colture agrarie con presenza di spazi naturali importanti	0,042
311	Boschi di latifoglie	0,001
312	Boschi di conifere	0,001
313	Boschi misti di latifoglie e conifere	0,001
321	Aree a pascolo naturale e praterie	0,004
322	Brughiere e cespuglieti	0,003
324	Aree a vegetazione boschiva ed arbustiva in evoluzione	0,003
331	Spiagge, dune e sabbie	0,000
332	Rocce nude, falesie, rupi, affioramenti	0,000
333	Aree con vegetazione rada	0,003
334	Aree percorse da incendi	0,450
335	Ghiacciai e nevi perenni	0,000
411	Paludi interne	0,000
421	Paludi salmastre	0,000
422	Saline	0,000
511	Corsi d'acqua, canali e idrovie	0,000
512	Bacini d'acqua	0,000
521	Lagune	0,000
523	Mari e oceani	0,000

Valori del fattore **C** secondo la codifica CLC_2000.

IL FATTORE DI ERODIBILITA' LAVORAZIONI COLTURALI E SISTEMAZIONI DEL SUOLO P

Il fattore adimensionale di pratica colturale (cd *p. antierodibilità*) **P** [n.p.], è definito dal rapporto tra la quantità annua di suolo eroso da un terreno su cui si è effettuato un tipo ben definito di coltura (di solito ci si riferisce al prato) con una certa pratica colturale e la quantità di suolo eroso (a parità di tutte le altre condizioni) dallo stesso terreno con la stessa coltura effettuata con la pratica "up and down hill" (lavorazione nella direzione di massima pendenza), per la quale **P = 1,00**. Le **lavorazioni colturali** e **sistemazioni del suolo**, come gestione d'antierodibilità del territorio, contemplate nell'USLE, sono (Kirkby et Al., 1980):

-  La coltivazione a terrazze;
-  La coltivazione secondo le linee di livello (girapoggio);
-  La coltivazione a strisce interrotte (ciglioni).

Pendenza [%]	Girapoggio	Ciglioni	Terrazze
1 ÷ 2	0,50	0,25	0,10
3 ÷ 8	0,60	0,30	0,12
9 ÷ 12	0,65	0,32	0,13
13 ÷ 16	0,70	0,35	0,14
17 ÷ 20	0,80	0,40	0,16
20 ÷ 25	0,90	0,45	0,18

Valori di **P** per vari tipi di pratiche colturali e pendenze.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- [1] W.H. Wischmeier & D.D. Smith (1978): "*Predicting rainfall erosion losses – A guide for conservation planning*"; U.S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook N° 537, Washington.
- [2] N. Diodato (2004): "*Estimating RUSLE's rainfall factor in the part of Italy with a Mediterranean rainfall regime*", Hydrology and Earth Sciences, European Geosciences Union, Monaco.
- [3] K.G. Renard, G.R. Foster, G.A. Weesies, D.K. McCool, D.C. Yoder (eds)(1997): "*Predicting Soil Erosion by Water: A guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)*", U.S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook N° 703, Washington.
- [4] S. Angima, D. Stott, M. O'Neill, C.K. Ong, C.K & G.A. Weesies (2003): "*Soil Erosion Prediction Using RUSLE for Central Kenya Highland Conditions*". Agriculture, Ecosystems & Environment, Ed. Elsevier, London.
- [5] P. Bazzoffi (2007): "*Erosione del suolo e sviluppo rurale*", Ed. Edagricole, Bologna.
- [6] M.J. Kirkby, R.P.C. Morgan (1980): "*Soil Erosion*", Chichester: John Wiley, New York