

# GEO MEDIA

www.rivistageomedia.it

Rivista bimestrale - anno 14 - Numero 2/2010  
Sped. in abb. postale 70% - Filiale di Roma

La prima rivista italiana di  
geomatich e geografia intelligente

N°2  
2010



## LE COSTE ITALIANE SONO VERAMENTE AL SICURO?

- ▶ Monitoraggio vulcanico, sismico e ambientale dallo spazio in tempo reale dall'INGV
- ▶ Il Geoportale Nazionale del Ministero dell'Ambiente
- ▶ Disponibilità di dati e informazioni pedologiche: analisi della situazione europea e italiana
- ▶ Focus+Glue+Context: le mappe come non le avete mai viste

# Valutare l'erosione del suolo mediante l'applicazione del modello RUSLE in ambiente GIS

di G. Fattoruso, S. Grauso, V. Verrubbi



Figura 1 – Erosione per solchi su suolo privo di copertura vegetale.

**Negli ultimi anni l'implementazione di modelli teorici di previsione dell'erosione dei suoli in ambiente GIS consente di effettuare, grazie alle funzionalità di analisi spaziale e di geostatistica, l'elaborazione di dati territoriali di diversa natura e su un ampio intervallo di scale spaziali, offrendo alla gestione sostenibile del territorio e delle risorse naturali un importante strumento di valutazione e di decisione. L'applicazione del modello RUSLE è segnalata in particolare per l'affidabilità anche nelle previsioni degli scenari di perdita di suolo in relazione a scenari climatici futuri.**

L'erosione del suolo è un tema sempre più in evidenza nelle problematiche legate alla gestione sostenibile del territorio e delle risorse naturali. Negli ultimi anni, in Italia, si è registrato un aumento tendenziale della durata e frequenza dei periodi di siccità e dell'incidenza di eventi piovosi di forte intensità, con effetti disastrosi sulle infrastrutture e sulla popolazione. In particolare, per quanto riguarda il suolo, tali fenomeni aumentano il rischio di erosione, ossia la possibilità di riduzione e perdita della risorsa, determinando, sul lungo periodo, la

graduale diminuzione del potenziale agricolo, la perdita della biodiversità associata ai suoli (figura 1) e – a causa del corrispondente aumento degli apporti sedimentari alla rete fluviale – l'aumento dei sedimenti trasportati in sospensione dai corsi d'acqua. Tale ultimo fenomeno, fra le varie conseguenze, determina l'interrimento degli invasi artificiali e la riduzione della capacità di accumulo idrico (figura 2) con ripercussioni negative anche sulle risorse idriche di superficie, mettendo in crisi il soddisfacimento dei fabbisogni soprattutto in regioni d'Italia, quali quelle del mezzogiorno, dove la disponibilità idrica è già critica. Appare evidente che la capacità di previsione dell'erosione del suolo rappresenta un elemento fondamentale nelle politiche di mitigazione degli impatti degli eventi climatici sul territorio e, in particolare, nelle azioni di conservazione della risorsa suolo mediante la scelta degli ordinamenti colturali più adatti e/o degli interventi agro-ingegneristici più efficaci.

## Il modello RUSLE

Nell'ambito della ricerca scientifica sono stati elaborati diversi tipi di modelli teorici di previsione, caratterizzati da diverse impostazioni e complessità nonché da diversi gradi di accuratezza. Generalmente, il passaggio dalla fase di ricerca e sperimentazione – operata in laboratorio o in aree di piccole dimensioni – a quella dell'applicazione nel mondo reale, implica oggettive difficoltà per il reperimento, l'acquisizione e l'elaborazione spaziale dei dati necessari ai modelli stessi, che ne limitano l'utilizzo su vasta scala.

Uno dei più utilizzati modelli teorici di previsione dell'erosione dei suoli è rappresentato dal modello USLE (*Universal*



Figura 2 – Interrimento di un bacino artificiale nei pressi di Gela (Sicilia). Particolare dei sedimenti affioranti a ridosso della diga.



*Soil Loss Equation*), largamente utilizzato negli ultimi decenni in tutto il mondo, grazie soprattutto alla sua semplicità concettuale e facile applicabilità. Si tratta, infatti, di un modello empirico-parametrico sviluppato, a partire dagli anni '30-'40 del secolo scorso, nell'ambito di un progetto del Dipartimento per l'Agricoltura degli Stati Uniti (USDA) finalizzato alla previsione dell'erosione del suolo a scala di singolo appezzamento e con l'intento di fornire ai coltivatori indicazioni dirette sulle pratiche gestionali più idonee. Scopo ultimo di tale progetto era di riuscire a minimizzare l'impatto dell'uso agricolo sul suolo, problema molto sentito negli Stati Uniti già nei primi decenni del '900. Il modello USLE esprime la *perdita di suolo* (A), in tonnellate/ha/anno, come prodotto di due gruppi di fattori che costituiscono, rispettivamente, i fattori naturali che predispongono il suolo ai processi erosivi e quelli legati all'azione antropica. Tale prodotto è espresso mediante la nota formula:

$$A=(R \cdot K \cdot LS)(C \cdot P)$$

in cui il primo gruppo tra parentesi rappresenta il prodotto tra l'*erosività delle piogge* (espressa in  $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{anno}^{-1}$ ), l'*erodibilità del suolo* (espressa in  $\text{Mg h MJ}^{-1} \text{mm}^{-1}$ ) e la *morfologia del terreno* data dal prodotto combinato di lunghezza ed acclività del versante (adimensionale); mentre il secondo gruppo rappresenta l'influenza antropica sui fattori naturali, espressa dalla *tipologia delle colture* e delle *tecniche di conservazione e protezione del suolo*, entrambi fattori adimensionali.

Nel corso dei decenni, il modello è stato ulteriormente affinato, per giungere alla attuale forma *revised*, RUSLE, in concomitanza con lo sviluppo e la diffusione delle tecnologie di geo-informazione (*GIS, remote sensing e image processing*). Queste ultime hanno infatti introdotto la possibilità di determinare i parametri della RUSLE in maniera semi-automatica, avvalendosi degli strumenti e delle tecniche avanzate di acquisizione, elaborazione ed integrazione dei dati geospaziali. In particolare, grazie alla messa a punto di tecniche di spazializzazione delle variabili puntuali, come per esempio il *kriging*, è possibile estrapolare e distribuire nello spazio i valori di erosività della pioggia a partire dai dati relativi alle singole stazioni pluviometriche ubicate nell'area di interesse, determinando così i valori del fattore di erosività delle piogge anche in aree prive di informazione.

Altrettanto è possibile fare, in assenza di cartografia con classi ed associazioni pedologiche, con i dati pedologici relativi a singoli punti di campionamento riuscendo, anche in questo caso, ad attribuire il fattore di erodibilità del suolo ad aree in cui il dato diretto non è disponibile. Inoltre, sono stati sviluppati specifici metodi ed algoritmi spaziali per il calcolo del prodotto combinato di lunghezza ed acclività del versante sulla base di modelli digitali di elevazione, risolvendo il problema della misura della lunghezza e pendenza dei versanti su aree vaste.

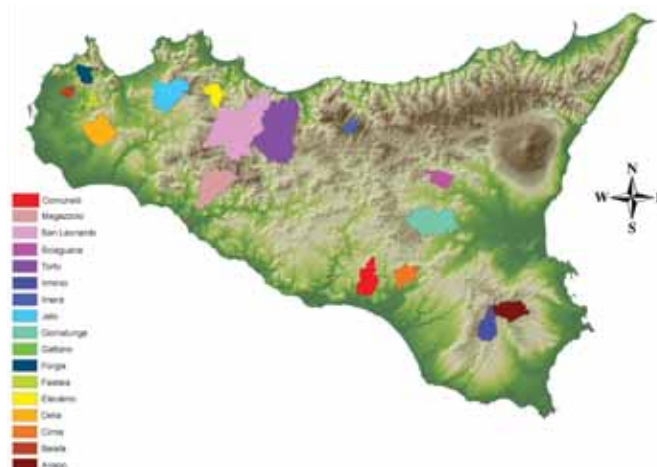


Figura 3 – Ubicazione di 17 bacini idrografici della Sicilia ai quali è stata applicata la RUSLE.

Per quanto riguarda il fattore tipologia delle colture, sono state messe a punto formule di correlazione che utilizzano, ad esempio, l'indice NDVI (*Normalised Difference Vegetation Index*) derivabile dall'elaborazione delle immagini satellitari. In alternativa, ove possibile, il fattore tipologia delle colture può essere attribuito alle diverse classi di uso del suolo sulla base dei valori medi annui valutati per i diversi tipi di colture secondo la procedura originale della USLE.

Nella maggior parte dei casi, la sostanziale assenza di pratiche conservative e la diffusione di pratiche colturali che favoriscono i processi erosivi consentono di trascurare il fattore delle tecniche di conservazione e protezione del suolo, attribuendo ad esso il valore 1. In genere, infatti, sia questo fattore sia il fattore culturale assumono valori inferiori all'unità in quanto tendono a ridurre l'entità della perdita di suolo risultante dal prodotto dei fattori naturali. Se si trascura anche il fattore culturale, attribuendo ad entrambi i fattori antropici il valore 1, il prodotto resta invariato esprimendo, quindi, il valore massimo di perdita di suolo (la cosiddetta 'erosione potenziale massima').

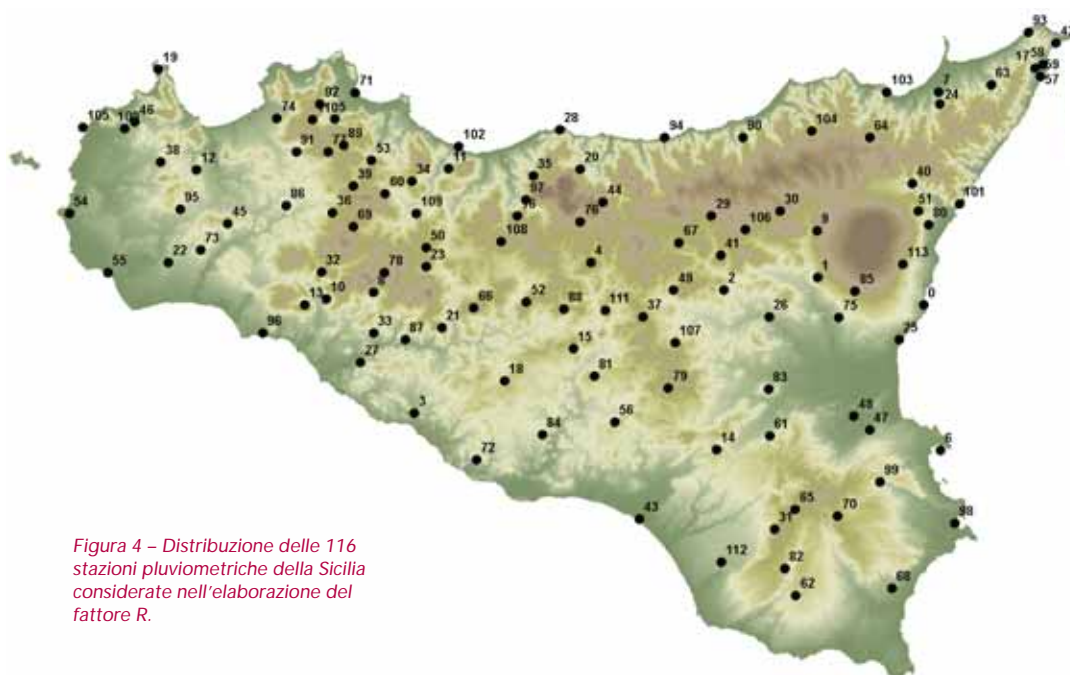


Figura 4 – Distribuzione delle 116 stazioni pluviometriche della Sicilia considerate nell'elaborazione del fattore R.

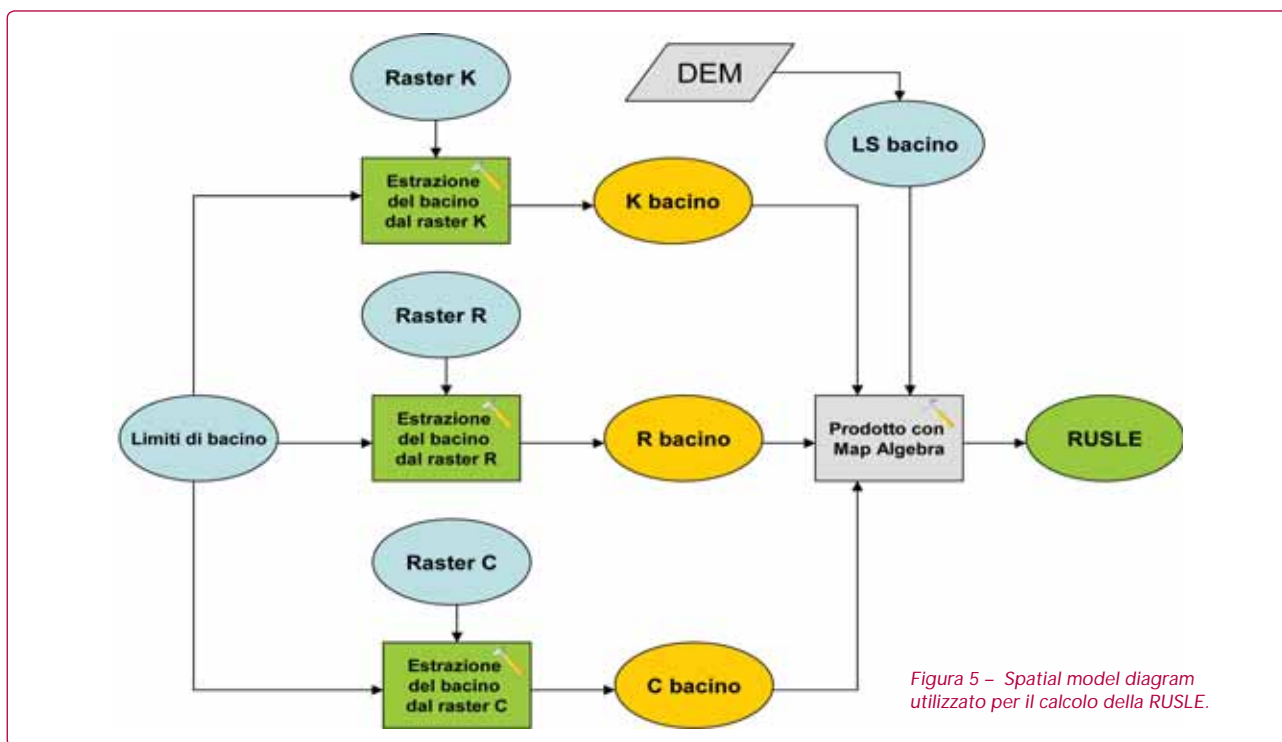


Figura 5 – Spatial model diagram utilizzato per il calcolo della RUSLE.

### Applicazioni in ambiente GIS

In ambiente GIS, ciascuno dei fattori della formula rappresenta un *layer* o strato informativo. Questi, organizzati in uno *spatial model diagram* definito *ad hoc* con l'ausilio di uno *spatial model builder* e combinati secondo la formula della RUSLE per il calcolo della perdita di suolo. Al fine di verificare l'attendibilità delle valutazioni ottenibili mediante la RUSLE, in assenza di dati diretti e basandosi solo su dati disponibili in letteratura, si è provato ad applicare la RUSLE ad una serie di aree-campione.

Il modello è stato applicato a 17 bacini idrografici della Sicilia, di dimensioni variabili dai 30 ai 500 Km<sup>2</sup> circa (figura 3). I singoli fattori utilizzati nel modello sono stati determinati sulla base dei dati pluviometrici, pedologici, di uso del suolo e del modello digitale di elevazione riguardanti il territorio regionale siciliano. Sono state quindi elaborate preliminarmente le singole mappe *raster* a copertura di tutto il territorio della Sicilia. In particolare, lo strato relativo all'erosività della pioggia è stato elaborato a partire dai dati pluviometrici relativi a 116 stazioni sparse nel territorio siciliano (figura 4), mediante lo strumento di interpolazione geostatistica (*Universal Kriging*) disponibile nel GIS utilizzato. Il fattore erodibilità del suolo è stato invece attribuito alle diverse classi ed associazioni pedologiche riportate sulla *Carta dei Suoli della Sicilia* sulla base delle osservazioni effettuate su singoli campioni di suolo. Il valore del fattore colturale è stato attribuito alle diverse classi di uso del suolo sulla base dei valori medi annui per i diversi tipi di colture in Sicilia. Queste mappe sono state ritagliate con i confini idrografici del bacino del S. Leonardo, per ottenere i *layer* relativi all'area d'interesse. Il *layer* relativo al fattore topografico di morfologia del terreno è stato determinato sulla base del modello digitale del terreno con risoluzione di 20 metri. La combinazione di questi *layer* attraverso specifici operatori spaziali (*map algebra*) ha consentito infine il calcolo della RUSLE, restituendo, per ogni singolo bacino selezionato, la mappa della perdita di suolo (figura 5). Nella figura 6 viene riportato, come esempio, il calcolo della perdita di suolo dei bacini selezionati.

Il risultato è stato confrontato con la *Carta dell'Erosione Massima* del territorio siciliano, elaborata da altri autori. Dal raffronto risulta una buona corrispondenza tra le due elaborazioni, sebbene le due siano basate su dati di diversa origine e scala di dettaglio nonché su diversi algoritmi. Con l'ausilio delle tecnologie geospaziali descritte, la RUSLE può ormai essere utilizzata come modello multi-scala. Essa può quindi trovare applicazione a scala di bacino o di regione. Alcune applicazioni hanno finanche consentito, con alcune approssimazioni, l'elaborazione e la previsione della perdita di suolo a scala nazionale e continentale. Con le stesse tecnologie, oltre che alla scala spaziale, il modello RUSLE può essere adattato alla scala temporale ed essere quindi utilizzato per ipotetici scenari futuri, considerata la sua riconosciuta affidabilità nella valutazione della perdita media di suolo sul lungo periodo. In particolare, attribuendo al fattore erosività della pioggia valori che possono scaturire da proiezioni statistiche dei dati storici di precipitazione e con l'ausilio di specifici modelli climatici, è possibile effettuare delle proiezioni sui futuri valori medi di perdita di suolo potenziale relativamente agli scenari climatici dei prossimi 10-50-100 anni, nell'ipotesi che sia le caratteristiche di erodibilità del suolo sia le caratteristiche morfologiche rimangano sostanzialmente invariate. Ovviamente, il risultato finale, soprattutto nel caso di ipotetici scenari, soffre delle incertezze e delle limitazioni insite nel modo stesso con cui vengono elaborati i singoli fattori del modello, in quanto vengono utilizzate formule di correlazione. Bisogna considerare, inoltre, l'ampia variabilità spaziale e temporale che caratterizza soprattutto il fattore pioggia e quello pedologico.

Tuttavia, l'aver a disposizione una procedura *GIS-based* semi-automatica consente di aggiornare la qualità del dato e di applicare il modello a diverse scale spazio-temporali per la valutazione quantitativa di un processo, legato sia a fattori fisici che antropici, in grado di esercitare una forte influenza sugli aspetti economici e sulla sostenibilità ambientale delle attività umane, soprattutto in agricoltura. Il modello illustrato non è ovviamente l'unico disponibile

nella letteratura scientifica. Altri modelli parametrici hanno tratto origine da esso e molti altri sono stati creati su basi fisico-matematiche, aumentandone la complessità e le difficoltà di applicazione. Ad oggi, tuttavia, la RUSLE resta un modello insuperato nel coniugare affidabilità e facilità di applicazione. **G**

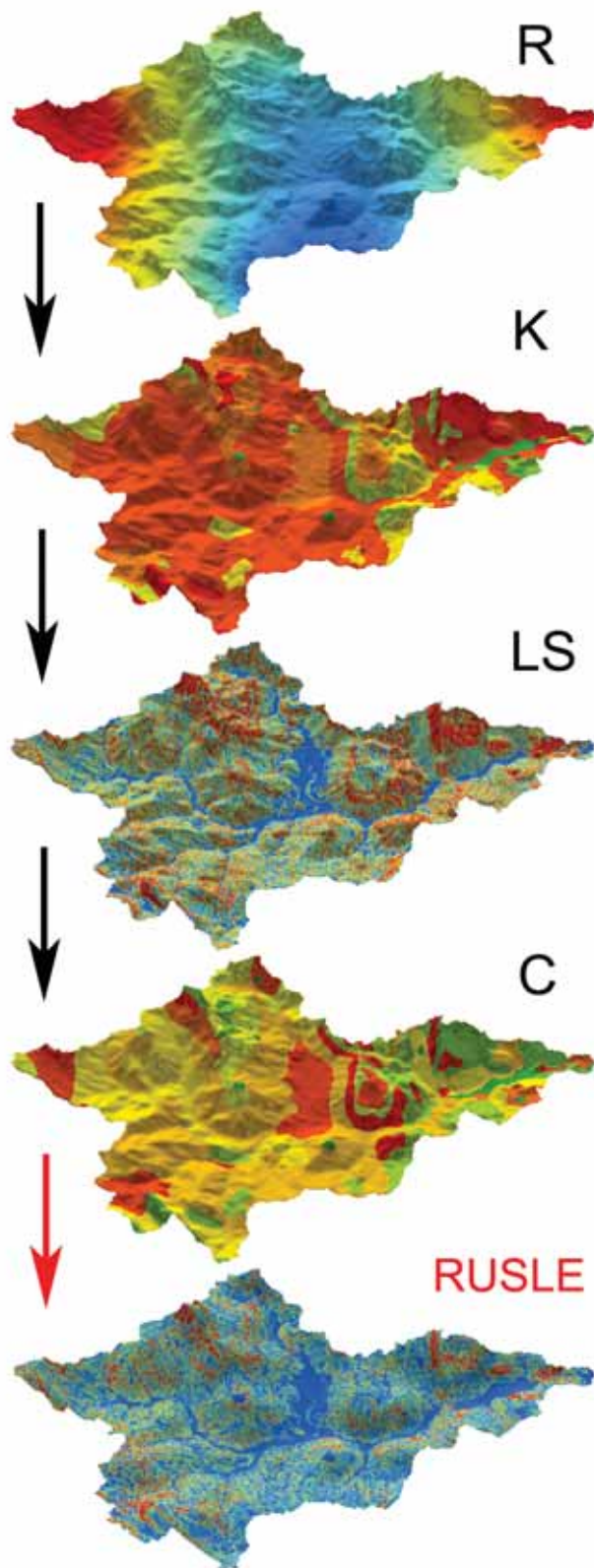


Figura 6 – Layer relativi ai fattori R, K, LS, C e mappa della perdita di suolo nel bacino del torrente S. Leonardo (Sicilia).

### Riferimenti

- Bagarello V., Di Stefano C., Ferro V. (2008). *I fattori topografici della USLE e la carta dell'erosione massima*, in: *Linee guida per l'applicazione della Universal Soil Loss Equation (USLE) in ambiente mediterraneo*. Quaderni di Idronomia Montana, 28/1 (a cura di Vito Ferro), Nuova Editoriale Bios, Castrolibero (Cs), p. 231.
- Bagarello V. e Ferro (2008). *Valutazione del fattore culturale per le coperture agrarie*. In: *Linee guida per l'applicazione della Universal Soil Loss Equation (USLE) in ambiente mediterraneo*. Quaderni di Idronomia Montana, 28/1 (a cura di Vito Ferro), Nuova Editoriale Bios, Castrolibero (Cs), p. 231.
- Fierotti G., Dazzi C., Raimondi S. (1988). *Carta dei suoli della Sicilia*, Regione Sicilia, Assessorato Territorio e Ambiente, Palermo.
- Bagarello V., Dazzi C., Ferro V., Fierotti G., Giordano G., Santoro M. (1992). *Indagine sull'erosione idrica potenziale del bacino del fiume Belice (Evaluating potential erosion in the Belice watershed)*. Boll. A.I.C., n. 86, p. 105-110.
- Fierotti G., Dazzi C., Lombardo V. (1996). *Sensibilità dei suoli all'erosione (Soils sensitivity to erosion)*. Agricoltura Ricerca n. 164-165-166: 25-32.
- Grauso S., Lo Curzio S., Pollino M. (2007). *Previsione dell'erosione del suolo in funzione di cambiamenti climatici mediante il modello RUSLE*, Conferenza Nazionale sui Cambiamenti Climatici, Workshop "Cambiamenti climatici e dissesto idrogeologico: scenari futuri per un programma nazionale di adattamento" sessione poster, Napoli, 9-10 luglio 2007.
- Grauso S., Diodato N., Verrubbi V. (2009). *Calibrating a Rainfall Erosivity assessment model at regional scale in Mediterranean area*, Environmental Earth Sciences. DOI: 10.1007/s12665-009-0294-z.
- Grimm M., Jones R.J.A., Rusco E. & Montanarella L. (2003). *Soil Erosion Risk in Italy: a revised USLE approach*, European Commission, JRC Space Applications Institute, European Soil Bureau, EUR 20677 EN.
- Hickey R., Smith A. and Jankowski P. (1994). *Slope length calculations from a DEM within ARC/INFO GRID: Computers, Environment and Urban Systems*, v. 18, no. 5, pp. 365 - 380.
- Hickey R. (2000). *Slope Angle and Slope Length Solutions for GIS*, Cartography, v. 29/1: 1 - 8.
- Kirkby M.J., Jones R.J., Irvine B., Gobin A., Govers G., Cerdan O., Van Rompaey A.J., Le Bissonnais Y., Daroussin J., King D., Montanarella L., Grimm M., Viellefont V., Puigdefabregas J., Boer M., Kosmas C., Yassoglou N., Tsara M., Mantel S., Van Lynden G.J. and Huting J. (2004). *Pan-European Soil Erosion Risk Assessment: The Pesera Map*, European Commission, JRC Institute for Environment and Sustainability, EUR 21176 EN.
- Renard K.G., Foster G.R., Weesies G.A., McCool D.K., Yoder D.C. (1997). *Predicting soil erosion by water. A guide to conservation planning with the revised universal soil loss equation (RUSLE)*. United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service (USDA-ARS) Handbook no. 703. United States Government Printing Office, Washington, DC.
- Van der Knijff J.M., Jones R.J.A., Montanarella L. (1999). *Soil Erosion Risk Assessment in Italy*, European Commission, JRC Space Applications Institute, European Soil Bureau. EUR 19022EN.
- Van der Knijff, J.M., Jones, R.J.A., Montanarella, L. (2000). *Soil Erosion Risk Assessment in Europe*, EUR 19044 EN. European Soil Bureau.
- Van Remortel, R., Hamilton M. and Hickey R. (2001). *Estimating the LS factor for RUSLE through iterative slope length processing of digital elevation data*, Cartography, v. 30, no. 1: 27-35.
- Van Remortel R.D., Maichle R.W., Hickey R.J. (2004). *Computing the LS factor for the Revised Universal Soil Loss Equation through array-based slope processing of digital elevation data using a C++ executable*, Computers & Geosciences 30: 1043-1053.
- Wischmeier W.H., Smith D.D. (1978). *Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning*, United States Department of Agriculture-Handbook no. 537. United States Government Printing Office, Washington, DC.

### Abstract

#### Predicting GIS erosion by the application of RUSLE model in a GIS environment

The increase in soil erosion risk due to the current climate change is a focal point in sustainable land management. Being able to predict this risk is fundamental for impact mitigation and soil resource conservation. The state-of-the-art in geo-information technologies (GIS, remote sensing and image analysis) allows to perform, in semi-automatic way, assessments and predictions based on the integration of theoretical models with advanced techniques of geospatial and geostatistical analysis. One of the most successful models worldwide utilised, such as the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE), can be now easily applied at multiple spatial and temporal scales, i.e. from the single catchment up to the regional scale and from inter-annual to long-term scenarios, by using GIS-based tools.

### Autori

GRAZIA FATTORUSO  
 ENEA, C.R. PORTICI (PORTICI, NA)  
 GRAZIA.FATTORUSO@ENEA.IT  
 SERGIO GRAUSO  
 ENEA, C.R. CASACCIA (ROMA)  
 SERGIO.GRAUSO@ENEA.IT  
 VLADIMIRO VERRUBBI  
 ENEA, C.R. CASACCIA (ROMA)  
 VLADIMIRO.VERRUBBI@ENEA.IT