

STIMA DELL'EROSIONE IDRICA IN BACINI DI MONTAGNA ED EFFETTI DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO

Francesca Berteni & Giovanna Grossi

DICATAM – Università degli Studi di Brescia

ASPETTI CHIAVE:

- *I metodi matematici empirici utilizzati per la stima del materiale asportato ad opera dell'erosione idrica di versante nel bacino del Torrente Guerna, una valle di media montagna in provincia di Bergamo, sono i seguenti: modello RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation; Renard et al., 1991) e metodo dell'erosione potenziale (Gavrilovic, 1988). L'utilizzo del Sistema Informativo Geografico QGIS ha consentito la stima di parametri utili al fine del calcolo, partendo da basi di dati elaborate ex novo o già disponibili per sovrapposizione di diversi livelli informativi.*
- *La risoluzione delle relazioni empiriche ha richiesto uno studio approfondito dell'area in esame (uso del suolo, livello di stabilità e pendenza del bacino, resistenza del suolo all'erosione, caratterizzazione litologica e composizione granulometrica del bacino), oltre che la conoscenza di parametri meteo-climatici (dati di precipitazione e temperatura).*
- *Si dimostra come, dal confronto dei risultati ottenuti dall'applicazione di entrambi i modelli empirici, il clima, l'uso del suolo e loro variazioni abbiano un impatto significativo sulla vegetazione (biosfera), sulla conservazione del suolo (litosfera), sulla qualità dei corpi idrici e sulla quantità di sedimenti trasportati a valle (idrosfera).*

1 INTRODUZIONE

Nel presente lavoro si propone l'applicazione in ambiente GIS del modello RUSLE (Renard et al., 1991) e del metodo dell'erosione potenziale secondo Gavrilovic (1988), entrambi metodi matematici empirici, aventi lo scopo di stimare il volume di materiale asportato dalla superficie del suolo, per effetto dell'erosione idrica di versante. Il fenomeno dell'erosione idrica è strettamente legato all'evoluzione del territorio e del clima e riveste una notevole importanza negli studi di programmazione e gestione territoriale.

L'obiettivo è quello di mostrare l'influenza del clima e dei suoi cambiamenti, in particolare variazione di temperatura e di precipitazione, sui servizi ecosistemici e soprattutto sulla produzione di sedimenti. La gestione non sostenibile del territorio unitamente agli eventi climatici estremi inducono sul suolo un processo di degradazione, legato principalmente all'erosione. I danni provocati dall'erosione idrica di versante non si manifestano solo nei luoghi in cui tale fenomeno fisico avviene, ovvero sulla superficie del suolo (litosfera), ma anche in luoghi più distanti nei quali si deposita il materiale asportato dal suolo come ad esempio nei corpi idrici, incrementando così il trasporto solido e l'inquinamento; in questo modo viene coinvolta anche l'idrosfera.

In ultima analisi, vengono confrontati i risultati ai quali si è pervenuti applicando due metodi empirici ben noti in letteratura, per capire quanto si discostino tra loro e quale si presti meglio al calcolo dell'erosione idrica di versante nell'area in esame.

2 AREA DI STUDIO

Il bacino idrografico scelto per valutare la perdita di suolo provocata dall'erosione idrica di versante è il bacino del Torrente Guerna, un'area di media montagna che si trova all'interno della provincia di Bergamo nelle Prealpi Orobie e che ha un'estensione di circa 31 km².

Il Torrente Guerna si immette a Sarnico nel Fiume Oglio, di cui è affluente destro e nel quale sfocia immediatamente a valle dello sbarramento del Lago d'Iseo, nel territorio del comune di Sarnico.

3 METODOLOGIA E STRUMENTI

La valutazione dell'erosione idrica di versante nel bacino del Torrente Guerna è stata svolta applicando, su supporto informatico tramite QGIS (<http://www.qgis.org/it/site/>), due differenti metodi matematici empirici: il modello RUSLE e il metodo di Gavrilovic.

3.1 Modello RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation)

Il modello empirico RUSLE (*Renard et al.*, 1991) prevede l'impiego di formule derivate da indagini di laboratorio e da sperimentazioni in pieno campo per la valutazione della perdita di suolo. Tale modello ha avuto numerose applicazioni anche in territori diversi da quelli della sua originaria deduzione, ovvero le circa 2000 parcelle dislocate in 37 stati degli USA.

La situazione di riferimento utilizzata per definire i vari fattori dell'equazione è convenzionalmente quella di un campo piano, inclinato del 9%, con pendice lunga 22.1 m, completamente privo di vegetazione e continuamente arato a rittochino, cioè con solchi paralleli alle linee di massima pendenza.

Di seguito è riportata la relazione “universale” definita dal modello per il calcolo della perdita di suolo specifica per unità di superficie e di tempo:

$$A = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P \quad (1)$$

con:

- A: perdita specifica di suolo media annua, $\left[\frac{t}{ha \cdot anno}\right]$;
 R: indice di aggressività della pioggia, $\left[\frac{MJ \cdot mm}{ha \cdot h \cdot anno}\right]$;
 K: fattore che esprime l'erodibilità del suolo, $\left[\frac{t \cdot ha \cdot h}{ha \cdot MJ \cdot mm}\right]$;
 LS: fattore topografico relativo alla lunghezza e alla pendenza del pendio, [-];
 C: fattore colturale, [-];
 P: fattore di pratica antierosiva [-].

3.2 Metodo dell'erosione potenziale

Il metodo dell'erosione potenziale (*Gavrilovic*, 1988) è un metodo empirico per la stima del volume di sedimento prodotto in un bacino idrografico e della quantità di sedimento trasportato dal punto in cui si genera alla sezione di chiusura del bacino.

Tale modello è stato originariamente applicato su bacini di piccole dimensioni a carattere torrentizio nel Sud Est della ex Jugoslavia, nell'attuale Serbia; successivamente è stato studiato e modificato da altri autori per i bacini a carattere torrentizio in Slovenia, nei Balcani occidentali, in Svizzera ed infine è stato tarato in alcune regioni italiane. Pertanto il bacino del Torrente Guerna, grazie alle sue caratteristiche morfologiche e climatiche affini all'area di formulazione del modello, si presta bene alla sua applicazione e validazione.

Il metodo prevede il calcolo dei seguenti parametri, per poi stimare il volume medio annuo di materiale eroso W [$m^3/anno$], complessivamente sul bacino, ed il volume medio annuo del materiale (eroso) che si raccoglie alla sezione di chiusura, G [$m^3/anno$]:

$$Z = X_a \cdot Y \cdot (\phi + i^{1/2}) \quad (2)$$

$$W = T \cdot H \cdot \pi \cdot Z^{3/2} \cdot A \quad (3)$$

$$T = [(t/10) + 0,1]^{1/2} \quad (4)$$

$$R_u = 4 \cdot (O \cdot D)^{1/2} / (L + 10) \quad (5)$$

$$G = W \cdot R_u \quad (6)$$

dove:

- Z: coefficiente di erosione, [-];
 X_a : coefficiente dell'uso del suolo che indica il grado di protezione dall'erosione superficiale, [-];
 Y: coefficiente di resistenza del suolo all'erosione, [-];

- ϕ : livello di stabilità del bacino, tenendo conto dei fenomeni di erosione in atto sul terreno, [-];
- i : pendenza media percentuale della superficie del bacino, [m/m];
- W : volume medio annuo di materiale eroso, [m³/anno];
- T : coefficiente di temperatura, [-];
- H : altezza media della precipitazione annuale nel bacino, [mm/anno];
- A : area del bacino, [km²];
- t : temperatura media annua, [°C];
- R_u : coefficiente di ritenzione che esprime la quantità di materiale eroso e ridepositato nel bacino, [-];
- O : perimetro del bacino, [km];
- D : differenza tra la quota media del bacino e la quota di chiusura dello stesso, [km];
- L : lunghezza dell'asta principale del bacino, [km];
- G : volume medio annuo di materiale eroso e trasportato alla chiusura del bacino, [m³/anno].

3.3 Sistema Informativo Geografico QGIS

L'impiego di un Sistema Informativo Geografico si è rivelato indispensabile per poter gestire ampie basi di dati georeferenziati, visualizzare, interrogare e analizzare agevolmente i fattori che maggiormente influenzano i processi di erosione del suolo e creare mappe, quale ad esempio quella di uso del suolo. Il GIS scelto è il software QGIS, che è di tipo open-source.

4 RISULTATI E CONCLUSIONI

L'applicazione del modello RUSLE (Renard et al., 1991) e del metodo dell'erosione potenziale (Gavrilovic, 1988) al bacino del Torrente Guerna ha permesso di redigere le mappe di erodibilità riportate in Figura 1(a) e (c), evidenziando le zone più suscettibili all'erosione e fornendo anche una stima di massima della quantità di suolo eroso (v. tabella 1).

Per valutare poi l'effetto dei cambiamenti climatici sul fenomeno erosivo, sono stati nuovamente applicati i due metodi empirici considerando un incremento della temperatura media annua e dell'altezza di precipitazione rispettivamente pari a 2°C e al 15%. Anche in questo caso sono state realizzate le carte di erodibilità mostrate in Figura 1(b) e (d), mettendo in risalto le zone maggiormente soggette ad erosione idrica e fornendo un valore indicativo della perdita di suolo media annua (v. tabella 1).

Metodo empirico	Cambiamento climatico	Perdita di suolo media annua	Perdita di suolo media annua
Modello RUSLE	No	160.202 t/anno	1,9 mm/anno
Modello RUSLE	Sì	220.553 t/anno	2,6 mm/anno
Metodo di Gavrilovic	No	23.132 m ³ /anno	0,75 mm/anno
Metodo di Gavrilovic	Sì	29.409 m ³ /anno	0,95 mm/anno

Tabella 1. Valori della perdita di suolo media annua nel bacino del Torrente Guerna, stimata sia col modello RUSLE sia col metodo di Gavrilovic, considerando anche uno scenario caratterizzato da cambiamenti climatici.

I risultati ai quali si è pervenuti mostrano il significativo impatto dei cambiamenti climatici sul fenomeno fisico dell'erosione idrica di versante, e quindi sulla porzione esterna della litosfera. In particolare i cambiamenti climatici imposti hanno provocato un incremento dell'asportazione di suolo ad opera dell'acqua pari al 37% e al 27%, rispettivamente applicando il modello RUSLE e il metodo di Gavrilovic.

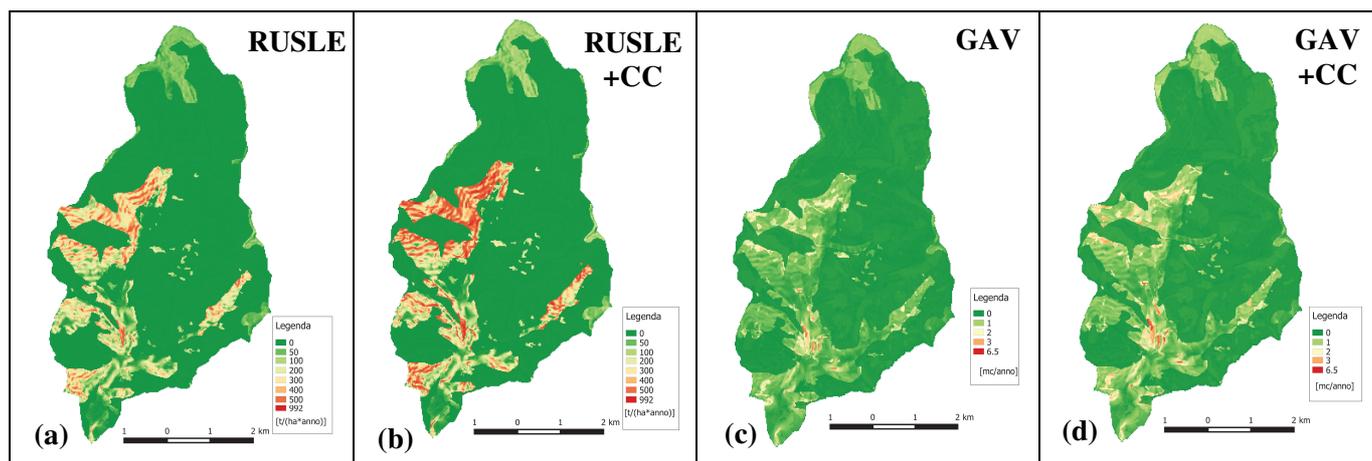


Figura 1. Nel pannello (a) è riportata la carta della perdita specifica di suolo media annua [$t/(ha \cdot anno)$] stimata col modello RUSLE, il pannello (b) illustra la carta della perdita specifica di suolo media annua [$t/(ha \cdot anno)$] stimata col modello RUSLE considerando il cambiamento climatico, il pannello (c) rappresenta la carta della perdita di suolo media annua [$m^3/anno$] stimata col metodo di Gavrilovic, il pannello (d) raffigura la carta della perdita di suolo media annua [$m^3/anno$] stimata col metodo di Gavrilovic considerando il cambiamento climatico.

Si è potuto constatare che il modello RUSLE, costruito per la stima dell'erosione del suolo in aree agricole, concettualmente mal si adatta alla valutazione dei processi di erosione a scala di bacino per aree come quella del bacino del Torrente Guerna. Questa criticità viene evidenziata confrontando il valore di erosione del suolo elaborato dal metodo RUSLE per l'area in esame con la stima calcolata sulla stessa servendosi del metodo di Gavrilovic. Infatti, ipotizzando un peso specifico del suolo pari a $2,7 t/m^3$ (Efthimiou et al., 2016), il valore di erosione ricavato tramite il modello RUSLE risulta essere circa 2,6 volte superiore alla stima secondo Gavrilovic.

A tale proposito, si fa presente che la sovrastima ottenuta col modello RUSLE trova conferma anche nello studio del bacino idrografico della Fiumara Sfalassà in Calabria, avente area e caratteristiche orografiche simili a quelle della zona oggetto di studio (Dominici et al., 2015).

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Ferro V. La sistemazione dei bacini idrografici, McGraw-Hill, 2002.
- Bagarello V., Ferro V., Erosione e conservazione del suolo, McGraw-Hill, 2006.
- Berteni F. Sistema combinato di valutazione dell'erosione di versante e del trasporto solido nella rete idrografica, Tesi di laurea specialistica in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio, Università degli Studi di Brescia, Facoltà di Ingegneria, 2010-2011.
- Castiglioni S., Aldighieri B., Bersezio R. & Testa B. Utilizzo di un sistema informativo geografico per la stima dell'erosione in una valle di media montagna: il bacino del Torrente Guerna (Sudalpino Lombardo, Bergamo), Geol. Insubr. 5/2, 2000.
- Milanesi L., Pilotti M., Clerici A. & Gavrilovic Z. Application of an improved version of the erosion potential method in alpine areas, Italian Journal of Engineering Geology and Environment, I, 2015.
- Efthimiou N., Likoudi E., Panagoulia D. & Karavitis C., Comparative analysis of soil erosion estimation between the EPM and the RUSLE model using GIS techniques assessment of soil susceptibility to erosion using the EPM and RUSLE models: the case of Venetikos River catchment, Global NEST Journal, Vol 18, 2016.
- Dominici R., Campolo F., Ferrari P. & Modaffari D., Il progetto SIGIEC: Tecniche per lo studio dell'analisi dell'erosione costiera con metodologie fotogrammetriche e telerilevate, Conferenza ASITA (Lecco), 2015.
- Vacca C., Casuscelli F.A., Di Bello A. & Dominici R., Calcolo della produzione di sedimenti nei bacini idrografici della F.ra Saraceno, T.te Pagliara e Avena, mediante il metodo di Gavrilovic in ambiente GIS, GIS Day Calabria, 2015;
- Auddino M., Dominici R. & Viscomi A., Evaluation of yield sediment in the Sfalassà Fiumara (south-western, Calabria) by using Gavrilovic method in GIS environment, Rend. Online Soc. Geol. It., Vol. 33, pp. 3-7, 2015, doi:10.33.01/ROL.2015.01.
- Frasconi A., Plebani F., Pierazzini S., Valutazione delle caratteristiche morfologiche ed idrauliche del Torrente Guerna nel tratto tra Adrara S. Rocco e la confluenza nel Fiume Oglio, Comunità Montana del Monte Bronzone e del Basso Sebino, Ottobre 2003.