

APPLICAZIONE DEI DATI E DELLA CARTOGRAFIA PEDOLOGICA ALL'ANALISI TERRITORIALE: LA CARTA DEL RISCHIO POTENZIALE DI EROSIONE A CONFRONTO CON LA CAPACITA' D'USO DEI SUOLI IN SARDEGNA

* S. Fanni ⁽¹⁾, V. A. Marrone ⁽¹⁾, Rita Puddu ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Settore Suolo, Territorio e Ambiente, AGRIS, Regione Autonoma della Sardegna

*sfanni@agrisricerca.it

INTRODUCTION

Il Settore Suolo, Territorio e Ambiente di Agris Sardegna ha di recente avviato la progettazione dell'Osservatorio Regionale dei Suoli, con l'intento di costituire un servizio tecnico-scientifico di riferimento, con funzioni di coordinamento e di indirizzo tra i soggetti pubblici e privati che a vario titolo operano sul territorio regionale in tema di politiche del territorio e di difesa del suolo.

Grazie agli strumenti previsti nel Portale del Suolo dell'Osservatorio (dati pedologici, cartografia di base, tematica e derivata), sarà possibile fornire una visione generale e coordinata delle problematiche legate alla razionale gestione del suolo.

Il recente progetto cartografico "Carta delle Unità delle Terre e della Capacità d'uso dei suoli", realizzato al momento per quattro aree pilota dell'Isola alla scala 1:50.000, e la banca dati pedologica ad essa associata (DBSS), costituiscono già importanti strumenti di analisi e approfondimento utili alla quantificazione e spazializzazione dei principali processi di trasformazione d'uso del territorio.

La perdita di suolo per erosione idrica, come evidenziato dalla Commissione Europea per la Soil Thematic Strategy (2006), rappresenta una delle maggiori minacce ambientali in Europa, determinando un forte impatto negativo sugli ecosistemi, sulle produzioni agricole e sullo stoccaggio di carbonio.

Il modello RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) per la stima del rischio di erosione potenziale dei suoli è stato applicato nelle quattro aree campione succitate, rappresentative di realtà pedologiche ampiamente diffuse in Sardegna.

Per la determinazione delle aree a rischio, i cinque fattori della RUSLE sono stati calcolati utilizzando:

R (erosività delle piogge): i dati delle precipitazioni medie mensili e medie annuali del trentennio 1971-2001;

K (erodibilità del suolo): su oltre 1000 osservazioni pedologiche presenti nel DBSS;

LS (lunghezza e pendenza dei versanti): dal DTM a risoluzione 10*10;

C (uso e copertura del suolo): indicizzazione delle classi di CORINE Land Cover IV e V livello;

P (pratiche antierosive): a causa della mancanza di dati aggiornati è stato applicato il valore 1 a tutte le aree.

Il Rischio Potenziale di Erosione finale è stato classificato in cinque classi: trascurabile, basso, moderato, alto e molto alto.

L'obiettivo principale del lavoro, oltre che individuare il rischio di erosione potenziale delle aree considerate, è stato quello di metterle a confronto con la Carta di Capacità d'uso in modo da analizzare quali fossero quelle più sensibili al rischio di erosione, ottenendo uno strumento utile per la valutazione e la salvaguardia di quei territori che risultano essere più interessanti per l'economia agricola isolana.

MATERIALS AND METHODS

Metodologia RUSLE

Si è scelto di calcolare il rischio di erosione potenziale sulle quattro aree campione (Figura 1) in quanto i dati di partenza erano riferiti solo ad esse e la loro spazializzazione a tutta la Sardegna avrebbe generato un risultato fuorviante e poco significativo dal punto di vista scientifico.

La metodologia più adatta a tale scopo è ricaduta sul Modello RUSLE (Renard et al., 1997), ovvero la rivisitazione dell'Equazione Universale della Perdita di Suolo elaborata da Wischmeier e Smith (1978). L'applicazione del modello RUSLE, tra i più diffusi a livello scientifico, consente di stimare la perdita media annua di suolo dovuta all'erosione idrica (sheet e rill erosion) attraverso la relazione $A = R * K * LS * C * P$, dove A: perdita media annua di suolo espresso in $t ha^{-1} anno^{-1}$, R: fattore erosività delle piogge ($MJ mm ha^{-1} h^{-1} anno^{-1}$), K: fattore erodibilità del suolo ($t ha h ha^{-1} MJ^{-1} mm^{-1}$), LS: fattore lunghezza e pendenza del versante (adimensionale), C: fattore uso e copertura del suolo (adimensionale) e P: fattore pratiche antierosive (adimensionale).

L'intera procedura di calcolo è stata realizzata in ambiente GIS utilizzando diversi strati informativi in formato shapefile (ESRI), successivamente esportati in formato raster, ed elaborati per l'ottenimento della Carta del Rischio finale attraverso comandi di Map Algebra.

Calcolo dei fattori

R - erosività delle piogge

Per il calcolo del fattore R sono stati utilizzati i valori delle precipitazioni medie annue del periodo 1971-2001 e delle precipitazioni medie mensili dello stesso periodo, con i quali è stato possibile determinare l'indice di Fournier e successivamente procedere al calcolo dell'erosività di Arnoldus (1980). L'intero set di dati, in formato shapefile, è stato messo a disposizione dall'Agenzia ARPA Sardegna.

K - erodibilità dei suoli

Questo fattore è strettamente influenzato dalle caratteristiche intrinseche dei suoli, in particolare dalla tessitura, dalla struttura, dalla permeabilità e dalla quantità di sostanza organica. Tali informazioni sono state estrapolate con una query dal DBSS (DataBase Suoli Sardegna) su un totale di oltre 1000 osservazioni, tra profili, minipit e trivellate. La stima delle classi di permeabilità (Costantini E., 2006) è stata preceduta dal calcolo della conducibilità satura (<http://hydrolab.arsusda.gov/SPAW/SPAWDownload.html>) utilizzando sabbia, argilla e sostanza organica.

I valori dei parametri ottenuti sono stati inseriti in un apposito foglio di calcolo, disponibile on line, per calcolare il coefficiente K riferito a ciascuna osservazione (http://suoli.regione.marche.it/Portals/2/suoli/documenti-download/manuale_usle_calculator_it_ver03.pdf); questi valori sono stati successivamente mediati e associati allo shapefile delle Unità di Terre al fine di attribuire un unico valore ad ognuna.

LS - lunghezza e pendenza dei versanti

Le operazioni per il calcolo del fattore LS sono state realizzate su ArcMap 10.0 (ESRI) utilizzando il DTM (risoluzione 10*10) della Regione Sardegna. In particolare sono stati calcolati dapprima i raster intermedi del "Flow Direction", del "Flow Accumulation" e il raster "Slope" espresso in gradi; successivamente attraverso i raster precedentemente ottenuti ed il comando di Map Algebra "Raster calculator", è stata applicata la formula di Mitasova et al. (1996): $LS = \text{Power}(\text{FlowAccumulation}^{10/22.13, 0.4}) * \text{Power}(\text{Sin}(\text{Slope} * 0.001745) / 0.09, 1.4)^{1.4}$.

C - uso e copertura del suolo

Il raster del fattore copertura del suolo è stato ottenuto utilizzando lo shapefile della CORINE Land Cover IV e V livello (fonte <http://www.sardegnaeoportale.it/>). Partendo dalle valutazioni fatte da altre regioni italiane come Piemonte (Giovannozzi et al., 2007) e Veneto (ARPAV, 2008), sono state rielaborate le classi di attribuzione degli indici di copertura in base alla conoscenza della realtà isolana (tipologia della densità boschiva, effetto degli incendi, intensità del carico di bestiame, aree di cresta e di roccia affiorante prive di suolo, ecc.). Gli indici attribuiti sono compresi tra 0 per le aree antropiche e 0,80 per le aree ripetutamente percorse da incendi. In particolare, per queste ultime si è fatto riferimento ai dati del periodo 2005-2013 (fonte <http://www.sardegnaeoportale.it/>). Valori intermedi (0,55) sono stati assegnati alle aree con vegetazione rada e 0,70 a quelle fortemente pascolate.

P - pratiche antierosive

Il calcolo del fattore P presuppone la conoscenza di dati approfonditi ed estesi sulla gestione delle colture (tipo di aratura, terrazzamenti, drenaggi profondi ecc.); attualmente, a causa dell'estrema variabilità di tali pratiche, non vi sono dati utilizzabili a scala regionale, ragione per cui è stato assunto il valore pari ad 1, uniforme per tutte le aree investigate.

I raster ottenuti relativi a ciascun fattore della RUSLE sono stati inseriti nella formula finale ($A = R * K * LS * C * P$) e moltiplicati tra loro attraverso operazioni di Map Algebra con il software ArcMap 10.0 (ESRI).

Stima del rischio di erosione potenziale nelle differenti classi di capacità d'uso

Il raster della Carta delle aree a rischio potenziale di erosione è stato trasformato in shapefile e sovrapposto a quello della Capacità d'uso dei suoli della Sardegna realizzato nell'ambito del progetto Carta di Unità delle Terre - 1:50.000 (AA.VV., 2014).

Questa procedura ha permesso di stimare quantitativamente quali tra le aree arabili e non arabili siano maggiormente soggette a rischio di erosione.

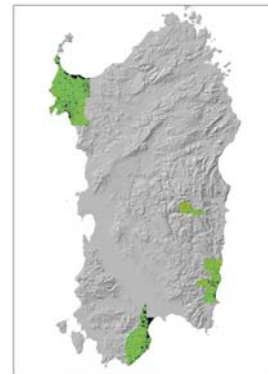


Figura 1. Ubicazione delle 4 aree campione

RESULTS AND DISCUSSION

I numerosi dati presenti nel DBSS e gli strati informativi già in possesso della Regione Sardegna, hanno reso possibile il calcolo dei quattro fattori che concorrono alla determinazione dell'equazione della RUSLE. In particolare:

- il DEM a risoluzione 10*10 ha consentito di discretizzare il territorio e di calcolare in modo dettagliato il fattore LS attraverso i parametri "Flow Direction", "Flow Accumulation" e "Slope";
- l'elevata quantità di stazioni meteo della Regione Sardegna ha permesso dapprima all'ARPAS di definire con accuratezza l'indice di Fournier e successivamente, agli scriventi, di calcolare il parametro dell'erosività di Arnoldus;
- lo strato informativo della CORINE Land Cover IV e V livello è stato aggiornato con i tematismi delle aree percorse da incendi e da quelle caratterizzate da roccia affiorante prive di suolo;
- il fattore K di erodibilità dei suoli è derivato da un'ingente quantità di dati misurati e pertanto reso più attendibile rispetto alle stime sinora effettuate per la regione Sardegna.

L'attribuzione finale delle classi del rischio di erosione potenziale è stata fatta attraverso valutazioni quali/quantitative, che hanno tenuto conto sia delle particolari condizioni di gestione del territorio sia delle condizioni pedo-climatiche locali, ovvero del fatto che l'alterazione del materiale parentale e i processi di formazione del suolo si realizzano, nell'ambiente isolano, in tempi molto lunghi (Aru et al., 1991). Pertanto la classificazione del rischio è stata basata sulla individuazione di 5 range di valori (Tabella 1), prendendo come soglia di riferimento per la classe di rischio più bassa (rischio trascurabile) il valore di $1,4 \text{ t ha}^{-1}\text{anno}^{-1}$, riconducibile al tasso medio annuo di formazione del suolo nella media dei suoli dell'EU (Panagos P. et al., 2015). Dai calcoli sono state escluse tutte le zone urbanizzate.

I più alti valori del rischio di erosione potenziale (Figura 2) sono stati ottenuti nell'area montuosa di Arzana (Sardegna centro-orientale), caratterizzata da una morfologia molto accidentata, con forme aspre e versanti acclivi privi di vegetazione. In questo contesto ambientale, aggravato anche da un'intensa attività agro-pastorale, da pratiche agricole irrazionali sui versanti acclivi e cicli decennali di incendi atti alla pulizia dei pascoli, circa il 24% dell'area presenta un rischio di erosione potenziale da moderato a molto alto (classi 3, 4 e 5). L'area di Muravera - Villaputzu (Sardegna sud-orientale) mostra, invece, una morfologia molto varia con versanti ripidi che bordano la pianura alluvionale lungo la costa, ad eccezione della parte settentrionale dove i rilievi giungono al mare. Il fattore R presenta valori molto simili nonostante la vicinanza del mare, mentre l'elemento discordante rispetto all'area di Arzana è il fattore C, ovvero la copertura del suolo, rappresentata generalmente da macchia mediterranea che appare uniforme sulla maggior parte dei rilievi. In questo ambito, i valori del rischio di erosione potenziale da moderato a molto alto per l'area è pari al 13% del territorio. Non molto diverso è il discorso per l'area di Pula - Capoterra (Sardegna meridionale), in cui il contesto morfologico e geologico è molto simile all'area di Muravera-Villaputzu, ma dove il risultato ottenuto (5,3% del territorio a rischio di erosione potenziale da moderato a molto alto) è decisamente inferiore. Le cause sono da ricercarsi non tanto nei parametri R e K (i valori sono simili a quelli dell'area Muravera-Villaputzu) ma anche qui nella copertura del suolo. Infatti, sui rilievi montuosi di Pula - Capoterra dominano i boschi di leccio che assicurano una protezione all'erosione maggiore rispetto alla macchia mediterranea. Infine, l'area della regione della Nurra (Sardegna nord-occidentale) è quella che presenta una minore incidenza del rischio di erosione potenziale da moderato a molto alto, ovvero il 2,6% dell'intera superficie; la limitata estensione dei rilievi e la maggiore omogeneità del fattore LS, l'uniformità della copertura del suolo e i valori inferiori dell'indice di erosività R contribuiscono a rendere il rischio di erosione potenziale così basso. In definitiva, da un'attenta analisi dei dati e dal confronto tra le aree caratterizzate da una marcata variabilità ambientale, si può affermare che il fattore C è quello che ha la maggiore incidenza sul tasso di erosione annuale.

Infine, un altro importante risultato, ottenuto dalla sovrapposizione della Carta del Rischio con la Carta di Capacità d'uso dei suoli, è stato quello di evidenziare in quali classi di capacità d'uso ricadessero i suoli maggiormente interessati dal rischio di erosione. Dalla tabella 2 si può osservare come solo l'1,2% delle aree arabili (I, II, III e IV) è a rischio di erosione potenziale da moderato a molto alto; mentre lo stesso rischio per le aree "agricole" di V e VI classe interessa il 13,6% della superficie. Tali aree, seppur non rientrando tra i suoli arabili in senso stretto, rappresentano nella realtà isolana territori intensamente utilizzati a fini agro-pastorali e perciò da considerare altamente sensibili e meritevoli di particolari attenzioni nella gestione e nelle eventuali trasformazioni d'uso. Le superfici a più elevato rischio di erosione (19,1%) sono quelle che ricadono tra le aree non arabili (VII e VIII), caratterizzate oltre che da elevate pendenze anche da una copertura arbustiva rada.

Tabella 1. Classi di rischio di erosione potenziale

Grado di Erosione	Classe di erosione	Quantità (t ha ⁻¹ anno ⁻¹)
1	Trascurabile	< 1,4
2	Bassa	1,4 - 2
3	<i>Moderata</i>	2 - 5
4	<i>Alta</i>	5 - 10
5	<i>Molto alta</i>	> 10

Tabella 2. Superfici a rischio di erosione potenziale nella Piana di Muravera - Villaputzu

Classi di capacità d'uso	Superficie (Ha) del territorio di Muravera	Superficie (Ha) del territorio di Muravera a rischio di erosione	% del territorio di Muravera a rischio di erosione
I	0	0	0
II	2.899,77	43,7	1,5
III	695,01	1,2	0,2
IV	5.124,68	59,9	1,2
<i>Totale sup. classi arabili</i>	<i>8.719,46</i>	<i>104,8</i>	<i>1,2</i>
V	766,28	39,8	5,2
VI	2.876,87	455,4	15,8
<i>Totale sup. aree "agricole"</i>	<i>3.643,15</i>	<i>495,2</i>	<i>13,6</i>
VII	2.970,51	714,1	24,0
VIII	16.972,76	3.090,2	18,2
<i>Totale sup. classi non arabili</i>	<i>19.943,27</i>	<i>3.804,3</i>	<i>19,1</i>

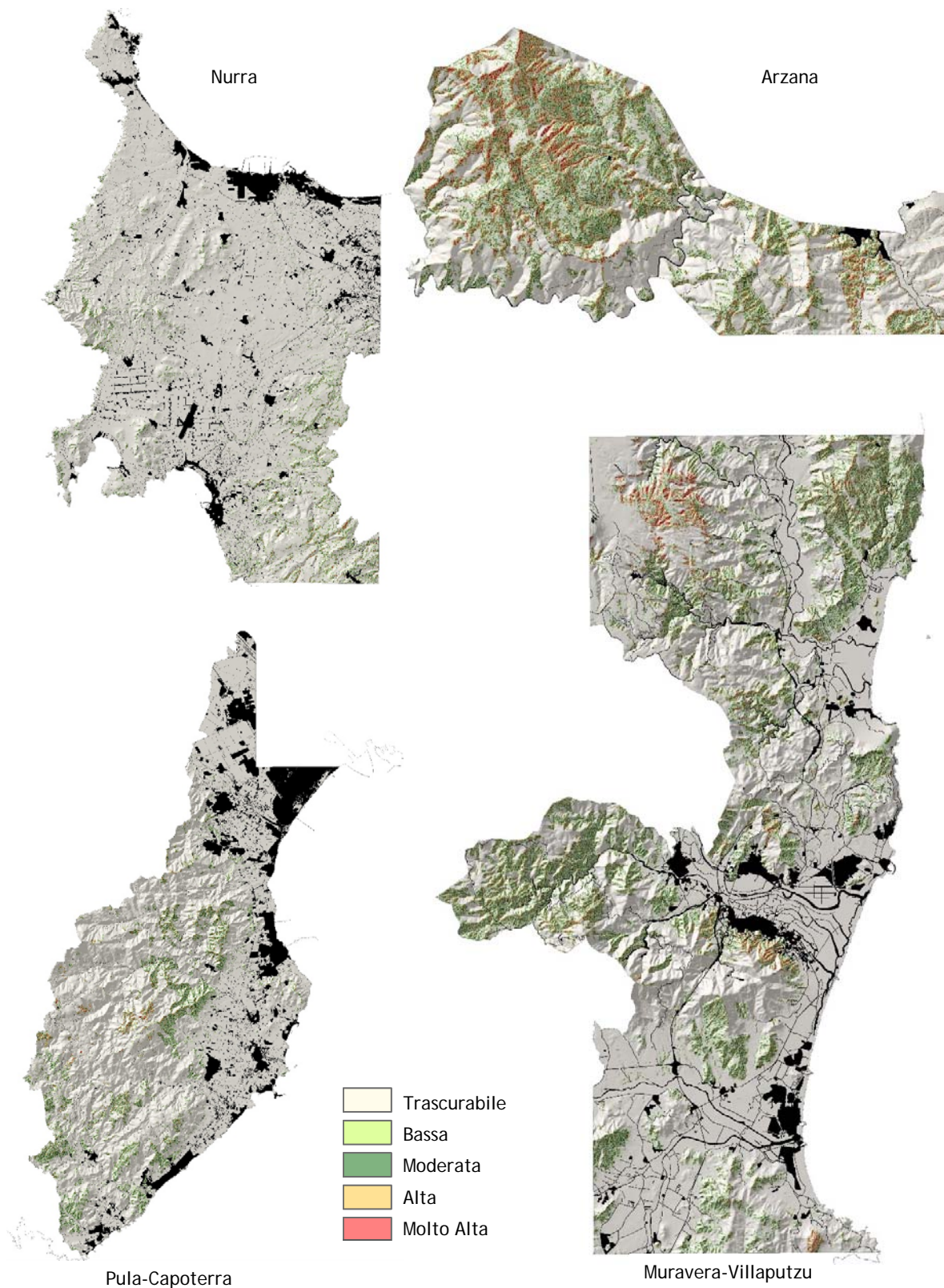


Figura 2. Rischio di erosione potenziale nelle 4 aree campione

CONCLUSIONS

Questo lavoro descrive l'applicazione del modello RUSLE per la valutazione del rischio di erosione potenziale in alcune aree campione, attraverso l'utilizzo dei più recenti strati informativi a disposizione della Regione Sardegna. La sovrapposizione della Carta del rischio potenziale con la Carta di capacità d'uso ha consentito di mettere a punto uno strumento di valutazione delle aree maggiormente sensibili all'erosione, utile alla pianificazione di eventuali strategie di tutela per queste aree, che risultano essere di estremo interesse per l'economia agricola isolana sebbene marginali. L'utilizzo dei risultati raggiunti può infatti diventare un criterio fondamentale per programmare le pratiche di gestione conservativa del suolo, ma soprattutto per incentivare, anche attraverso contributi mirati, gli operatori che si impegnano a realizzare opere e pratiche antierosive (riduzione delle lavorazioni, attenuazione e regolamentazione del carico di bestiame, incremento della copertura vegetale, ecc.).

In quest'ottica, lo studio presentato costituisce un esempio dimostrativo dei servizi che l'Osservatorio Regionale dei Suoli, ancora in fase di progettazione, potrà fornire alle politiche regionali nell'attuare programmi di salvaguardia e corretta gestione della risorsa suolo.

REFERENCES

- AA.VV., 2014. "Carta delle unità delle terre e della capacità d'uso dei suoli - Primo Lotto", Agris Sardegna, Laore Sardegna, Università di Cagliari, Università di Sassari, Assessorato EE.LL. Finanze e Urbanistica della Regione Autonoma della Sardegna
Available online:
<http://www.sardegnaeoportale.it/index.php?xsl=1594&s=40&v=9&c=12475&n=10&ni=1>
- Arnoldus H., 1980. An approximation of the rainfall factor in the Universal Soil Loss Equation. Ed. Assessment of erosion, John Wiley & Sons, Chichester, 127-132.
- ARPAV, 2008. Valutazione del rischio d'erosione per la regione Veneto.
Available online:
http://www.arpa.veneto.it/temi-ambientali/suolo/file-e-allegati/documenti/minacce-di-degradazione/Rapporto%20finale_erosione_ARPAV3.pdf
- Aru A., Baldaccini P., Vacca A., 1991. Nota illustrativa alla carta dei suoli della Sardegna. Dip. Scienze della Terra, Univ. di Cagliari, Regione Autonoma della Sardegna, 83 p.
- Bazzoffi P., 2007. Erosione del suolo e sviluppo rurale. Fondamenti e manualistica per la valutazione agroambientale. Edagricole
- Costantini, E. A. C., 2006. Metodi di valutazione dei suoli e delle terre. Collana di metodi analitici per l'agricoltura, Vol. 7, 121-122.
- Giovannozzi, M.; Martalò, P.F.; Mensio, F. Carta dell'erosione reale del suolo a scala 1:250 000 Regione Piemonte. Available online:
http://www.regione.piemonte.it/agri/psr2007_13/dwd/servizi/note_carta_erosione_reale_suoli.pdf
- Mitasova H., J. Hofierka, Zlocha M., Iverson R. L., 1996. Modeling topographic potential for erosion and deposition using GIS. Int. Journal of Geographical Information Science, 10(5), 629-641.
- Renard, K.G., Foster, G.R., Weesies, G.A. McCool, D.K. and Yoder, D.C. (Coordinators), 1997. Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the revised universal soil loss equation (RUSLE). United States Department of Agriculture, Agriculture Research Service, Agriculture Handbook No 703, 384 pp.
- Panagos P., Borrelli P., J. Poesen J., Ballabio C., Lugato E., Meusburger K., Montanarella L., Alewell C., 2015. The new assessment of soil loss by water erosion in Europe. Environ. Sci. Pol., 54 (2015), pp. 438-447
Available online:
<http://www.globalagriculture.org/fileadmin/files/weltagrabericht/GlobalAgriculture/14Soils/2015JRCWatererosion.pdf>
- Wischmeier W. H., Smith D. D., 1978. Predicting rainfall simulator with improved characteristics for field erosion studies. USDA, Agricultural Handbook 537.
Available online:
<http://www.scribd.com/doc/26639388/WISCHMEIER-e-SMITH-1978-Predicting-Rainfall-Erosion-Losses-a-Guide-to-Conservation-Planning#scribd>

ACKNOWLEDGEMENTS

Si desidera ringraziare: la dott.ssa Canu Simona dell'ARPAS per la fornitura degli strati informativi dei dati meteo; il dott. Loddo Stefano per gli aspetti metodologici e cartografici; il dott. Serra Gianluca ed il P.A. Manca Daniele per gli aspetti di uso e copertura del suolo.