

## CARTA DEL RISCHIO D'EROSIONE IDRICA E GRAVITATIVA DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA

### NOTE ILLUSTRATIVE



Marina Guermandi  
Francesca Staffilani

<b>Introduzione.....</b>	<b>3</b>
<b>Definizione .....</b>	<b>3</b>
<b>Struttura della classificazione .....</b>	<b>4</b>
<b>Materiali e metodi.....</b>	<b>5</b>
<b>Elaborazione spaziale .....</b>	<b>6</b>
<b>Conclusioni .....</b>	<b>7</b>
<b>Bibliografia .....</b>	<b>8</b>
<b>Approfondimenti dei fattori RUSLE .....</b>	<b>9</b>
<i>Fattore R</i> .....	9
<i>Fattore K</i> .....	12
<i>Fattore LS</i> .....	13
<i>Fattore C</i> .....	14

## Introduzione

La strategia tematica per la protezione del suolo (COM(2006)231) individua tra le minacce e i processi di degradazione del suolo il fenomeno dell'erosione superficiale e degli smottamenti. La stessa direttiva riconosce nei piani di sviluppo rurale uno strumento di attuazione di politiche atte alla protezione della risorsa suolo.

In questo contesto la "Carta del rischio d'erosione idrica e gravitativa della Regione Emilia-Romagna" è stata realizzata come cartografia di supporto all'applicazione e alla valutazione dell'efficacia del Programma di Sviluppo Rurale (PSR) 2007-2013.

Tale cartografia è diventata parte integrante del PSR 2007-2013 (Allegato 1) a partire dalla prima versione del 2007. (<http://www.ermesagricoltura.it/Programmazione-Regionale-dello-Sviluppo-Rurale/Programma-di-Sviluppo-rurale-2007-2013/Testo-del-PSR2>)

Successivamente con il programma operativo dell'asse 2 (DGR n.363 del 2008), ai fini dell'applicazione delle priorità territoriali, la carta è stata riclassificata individuando due zone a diversa priorità di intervento:

- CLASSE 1 : zone con rischio erosione molto basso o tollerabile
- CLASSE 2 : zone con rischio di erosione non tollerabile o rischio di franosità

Le zone con rischio di erosione non tollerabile o rischio di franosità costituiscono Aree preferenziali per le azioni a tutela del suolo e sono state inserite nelle Misure 211, 212, 214 e 221 del PSR 2007-2013.

La realizzazione della carta è il frutto della collaborazione tra più servizi della Regione Emilia-Romagna e l'Istituto di Ricerca per la protezione Idrogeologica – CNR di Firenze.

## Definizione

L'erosione idrica del suolo è un processo fisico che consiste nella perdita dello strato più superficiale del suolo a causa dell'azione dell'acqua piovana.

I fenomeni gravitativi o frane sono il movimento di roccia, detrito e/o terra lungo un versante, sotto l'influenza della gravità.

La carta del rischio di erosione idrica e gravitativa individua due ambiti territoriali a diverso grado di dissesto idrogeologico:

**1. ambito territoriale di collina e montagna instabile (aree a rischio di franosità prevalente)**, caratterizzato dalla presenza di fenomeni gravitativi attivi e quiescenti; il rischio di movimenti di massa prevale sul rischio d'erosione idrica superficiale; le pratiche conservative mireranno a ridurre il rischio di franosità; l'elaborazione si basa sull'esame degli indici di franosità dall'Archivio del dissesto idrogeologico del SGSS-RER e descrive la franosità delle formazioni geologiche.

**2. ambito territoriale di collina e montagna stabile (aree a rischio d'erosione idrica prevalente)**, dove i processi in atto sono riconducibili ad erosione idrica e movimenti gravitativi

superficiali, mentre la franosità osservata è nulla o medio-bassa; la pratiche conservative mireranno a ridurre l'erosione idrica superficiale; la valutazione dell'erosione si basa sull'applicazione del modello RUSLE (Renard ed al. 1997) calibrato e validato a livello regionale dall'istituto del CNR-IRPI di Firenze.

### Struttura della classificazione

Il territorio di collina e montagna viene descritto attraverso delle classi qualitative che evidenziano il fenomeno prevalente, franosità od erosione idrica superficiale. Quest'ultima viene poi ulteriormente descritta attraverso 4 classi d'intensità (Figura 1: CLASSI Allegato 1 al PSR).

I limiti che definiscono la classi sono tratte dalla proposta del CNR\_IRPI, definite in seguito all'analisi dei processi erosivi nel Bacino del Rio Casazza (Monzuno-BO) preso come area campione, e dal Soil Conservation Service (USDA). Quest'ultimo indica come valore massimo ammissibile di perdita del suolo 11,2 t/ha anno, considerando suoli profondi e a substrato rinnovabile, presupposto che si è ritenuto generalmente verificato nel territorio della collina e montagna regionale.

Con il programma operativo dell'asse 2 (DGR n.363 del 2008) la carta è stata semplificata individuando due sole zone al fine dell'applicazione delle priorità territoriali (Figura1: CLASSI Del. G.R. 363/2008 ).

Classe di erosione	Criterio	Descrizione	CLASSI Allegato 1 al PSR	CLASSI Del. G.R. 363/2008	Descrizione
Erosione idrica molto bassa o tollerabile	Erosione $\leq 11,2$ t/(ha*anno)	La profondità del suolo, il substrato in prevalenza facilmente alterabile e la modesta pendenza (<10%) rendono <b>tollerabile</b> la perdita di suolo da queste unità, (limite da <i>McCormack et al.1982</i> )	1	1	Rischio erosione molto basso o tollerabile
Erosione idrica bassa	Erosione 11,2-20 t/(ha*anno)	La profondità del suolo, il substrato in prevalenza facilmente alterabile e la moderata pendenza (10-15%) comportano una perdita di suolo da queste unità che <b>richiede attenzione prioritaria</b>	2	2	Rischio erosione non tollerabile o rischio franosità
Erosione idrica moderata	Erosione 20-50 t/(ha*anno)	La profondità del suolo, il substrato facilmente alterabile e la pendenza (>15%) comportano una perdita di suolo da queste unità che <b>richiede attenzione prioritaria</b>	3		
Erosione idrica alta	Erosione >50 t/(ha*anno)	La profondità del suolo, il substrato facilmente alterabile e la pendenza (>15%) comportano una perdita di suolo da queste unità che <b>richiede attenzione prioritaria</b>	4		
Erosione gravitativa prevalente	Indice di franosità >23%	L'intensità dei fenomeni gravitativi che interessano queste aree <b>richiede attenzione prioritaria</b>	999		

Figura 1. Struttura della Legenda della Carta dell'erosione idrica e gravitativa

## Materiali e metodi

Sulla base delle caratteristiche geomeccaniche delle formazioni geologiche e più precisamente sulla loro tendenza a produrre movimenti gravitativi (franosità) si è suddiviso il territorio di montagna e collina in due classi che rappresentano i seguenti ambiti territoriali:

1. **aree a rischio di franosità**, dove prevalgono i processi gravitativi;
2. **aree a rischio di erosione idrica**, dove prevalgono i processi di erosione idrica superficiale.

Le informazioni di partenza provengono dalle Carte degli indici di franosità dove per indice di franosità si intende la % di superficie soggetta a frane. Questo dato proviene dall'Archivio del dissesto idrogeologico del SGSS-RER e descrive la franosità delle formazioni geologiche.

Le formazioni geologiche sono state riclassificate secondo quattro classi di indici da franosità:

- classe 1: indice di franosità 0-20
- classe 2: indice di franosità 20-23
- classe 3: indice di franosità 23-28
- classe 4: indice di franosità >28

La classe 1 rappresenta le aree più stabili, la classe 4 quelle più franose.

Per poter riportare tutto a due classi e ricondurre il territorio di collina e montagna ai due ambiti territoriali sopra descritti, si è proceduto alla riassegnazione delle classi intermedie alle sole due classi estreme.

Per la valutazione dell'erosione idrica è stata applicata l'Equazione Universale della Perdita di Suolo di Wischmeier e Smith (USLE), e più precisamente una versione revisionata da Renard et al. 1997 (RUSLE). Il CNR-IRPI di Firenze nell'ambito del progetto "Definizione ed utilizzo di strumenti di analisi, elaborazione e previsione di fenomeni erosivi in ambienti collinari e montani e dalla dotazione di materia organica in ambiente di pianura dell'Emilia Romagna" (del. G.R.2418/2000) ha contribuito a definire i valori dei singoli fattori che sono coinvolti nell'equazione RUSLE riferendoli alla realtà regionale.

E' stata quindi applicata la formula di Wischmeier e Smith:

$$A = R * K * LS * C * P$$

Dove:

**A** = **perdita di suolo per unità di superficie**; nel Sistema Internazionale (SI) è espressa in Mg/(ha\*anno).

**R** = **erosività delle piogge**. Indica la capacità delle piogge di disintegrare gli aggregati del suolo e di renderli disponibili al trasporto, dipende sia dall'intensità che dalla durata della precipitazioni, il valore è espresso in MJ \*mm\*ha<sup>-1</sup>\*h<sup>-1</sup>\*anno<sup>-1</sup> e si riferisce ad una media di lungo periodo;

**K** = **erodibilità del suolo**. Indica la facilità con cui il suolo viene staccato dall'azione battente delle piogge e dall'eventuale deflusso superficiale, viene espresso in t\*ha\*h\* MJ<sup>-1</sup> \*mm<sup>-1</sup>\*ha<sup>-1</sup>;

**LS** = **fattore morfologico**. Indica l'effetto della topografia, è una stima della capacità di trasporto di sedimento per scorrimento superficiale, è un fattore adimensionale in quanto rapporto tra la perdita di suolo della parcella in esame e quella della parcella standard avente lunghezza di 22,13 m e pendenza del 9%;

**C = fattore di copertura del suolo.** Valuta l'effetto della copertura vegetale e delle tecniche colturali sull'intensità dei processi erosivi, è un fattore adimensionale che varia tra 0 e 1 ed esprime il rapporto tra l'erosione di una data coltura e tecnica colturale con quello del suolo preparato per la semina;

**P = tecniche sistematorie.** Valuta l'effetto antierosivo delle opere di sistemazione del suolo, è un fattore adimensionale che varia tra 0 e 1 ed esprime il rapporto fra l'erosione ottenibile in presenza di una sistemazione idraulico-agraia e la parcella standard coltivata a rittochino. Nella contesto della RER pratiche di controllo dell'erosione, tipo terrazzamenti, lavorazioni a strisce livellari, drenaggi profondi o altro, non hanno un'ampia diffusione e quindi il fattore P è stato posto uguale a 1.

L'analisi dell'erosione è stata eseguita nei territori collinari e di montagna, non è stata fatta la valutazione in ambito di pianura in quanto nel contesto regionale è stata valutata poco o per niente interessata da questo fenomeno.

La rappresentazione territoriale avviene attraverso l'uso di una griglia elaborata dal SGSS. Si tratta di una griglia di riferimento che permette di suddividere il territorio regionale in una maglia georeferenziata (UTM32 ED50) di quadrati/celle di 100 m di lato, ogni cella quindi rappresenta una porzione di territorio di 1 ha. La sovrapposizione di tutti gli strati informativi legati ai fattori del modello RUSLE con la griglia ha consentito di attribuire ad ogni cella un valore per ciascun fattore e quindi un valore di erosione.

L'elaborazione avviene in formato raster/grid, ogni fattore quindi è stato rasterizzato basandosi su una maglia di celle che coincide con la griglia regionale e il valore attribuito a ciascuna cella segue la regola dell'area prevalente, ossia viene attribuito il valore della porzione areale maggiore che vi ricade.

## **Elaborazione spaziale**

Il modello RUSLE è stato implementato all'interno dell'ambiente di Geoprocessing di ArcGIS 9.1 utilizzando il "Model Builder" come strumento di sviluppo che opera con livelli informativi in formato Grid.

Il modello creato è stato suddiviso in sottomodelli, ovvero in singole unità dedicate alla risoluzione di passaggi elementari al fine di renderne la lettura più agevole e di semplificarne l'utilizzo. Risulta in tal modo possibile far girare solo le parti necessarie in seguito, ad esempio, ad un aggiornamento dei dati di base o ad una variazione degli algoritmi implementati.

In una prima fase i livelli informativi vettoriali sono stati rasterizzati nel formato Grid mantenendo l'aggancio con la griglia regionale, nelle fasi successive vengono applicate le funzioni di gestione ed analisi proprie della Extension "Spatial Analyst" per ArcGIS 9.1. Il formato dati Grid consente un notevole incremento nella velocità di calcolo dei singoli fattori e limita i problemi legati alla sovrapposizione di geometrie di diversa provenienza.

## Conclusioni

Con riferimento alla cartografia dell'Allegato 1 al PRS, gli ambiti instabili, a rischio di franosità prevalente, rappresentano il 37 % del territorio di collina e montagna e sono maggiormente diffusi nella media montagna e nella collina emiliana, nonché in Val Marecchia in Romagna, ambienti dove prevalgono le così dette "Argille Scagliose". La restante parte del territorio che comprende le vette centro orientali, la fascia del medio Appennino dominata dalle arenarie plioceniche ed epiliguri, la Marnosa-Arenacea della Romagna e tutta la prima fascia collinare e di margine appenninico, è meno soggette ai fenomeni franosi mentre l'intensità dell'erosione dipende fortemente dalla pendenza dei versanti e dalla protezione del suolo esercitata dalle coperture vegetali.

Ambito territoriale	Superficie in Ha	% sul territorio indagato
Collina e montagna instabile	402.494	37%
Collina e montagna stabile	672.249	63%
<b>Totale superficie regionale indagata</b>	<b>1.074.743</b>	

Tabella 1. Ripartizione del territorio di collina e montagna secondo il prevalere dei fenomeni franosi o di erosione idrica superficiale

La tabella 2 descrive la ripartizione del territorio appartenente alla collina e montagna stabile nelle 4 classi di erosione; le superficie riportate in tabella 2 escludono le aree urbanizzate, che costituiscono circa il 3% di tale territorio (indicazione derivante dalla Carta dell'uso reale del suolo in scala 1:25.000 anno 2003), e le percentuali si riferiscono all'intero territorio regionale oggetto di indagine (superficie totale della Tabella 1).

Ambito territoriale	Classe di erosione	erosione t/(ha*anno)	Superficie (ha)	Percentuale sulla sup. totale indagata (1.074.743 ha)
Collina e montagna stabile	molto bassa o tollerabile	$\leq 11,2$	424.362	39,48
	bassa	11,2-20	25.561	2,38
	moderata	20-50	74.819	6,96
	alta	$> 50$	120.280	11,19

Tabella 2. Valutazione quali-quantitativa dell'erosione idrica superficiale per gli ambiti di collina e montagna stabile per le aree non urbanizzate

La classe ad erosione idrica molto bassa o tollerabile che rappresenta circa il 39% del territorio della montagna e collina della Regione Emilia-Romagna si estende soprattutto nelle aree di media e alta montagna dove, nonostante le pendenze possono essere fortemente limitanti, l'uso del suolo conservativo quali boschi, prati-pascoli e prati permanenti garantisce la protezione del suolo; il margine Appenninico è invece caratterizzato da superfici dolcemente degradanti verso la pianura con pendenze tali da non compromettere la stabilità del suolo nonostante l'uso agricolo.

Un buon 20% del territorio è invece sottoposto a rischio di erosione idrica superiore al 11,2 t/ha\*anno; queste aree sono presenti nel medio Appennino e in particolare nella fascia collinare (basso Appennino) dove, nonostante le pendenze assumono spesso valori limitanti (oltre il 15%), l'uso del suolo è rivolto a colture poco protettive ossia seminativi, frutteti e vigneti spesso non inerbiti. Questo fenomeno è particolarmente diffuso in Romagna.

## Bibliografia

- C.Alessandrini, W.Pratizzoli, F.Zinoni, N.Laruccia, M.Guermandi 2003. Heat summation and water balance climatological map of Emilia-Romagna “FOURTH SEMINAR FOR HOMOGENIZATION AND QUALITY CONTROL IN CLIMATOLOGICAL DATABASES” Budapest.
- Bazzoffi Paolo. Erosione del suolo e sviluppo rurale. Fondamenti e manualistica per la valutazione agroambientale. 2007 Edagricole
- Brown L.C. and Foster, G.R., 1987. Storm erosivity using idealised intensity distribution. Trans. ASAE 30, 379-386.
- 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.
- Richardson, C. W., Foster, G.W. and Wright, D.A., 1983. Estimation of rainfall index from daily rainfall amount. Transactions of the ASAE, 153-160.
- Servizio Geologico Sismico e dei Suoli, Regione Emilia-Romagna, 2005. Carta dei suoli a scala 1:50.000 di pianura, versione digitale.
- Servizio Geologico Sismico e dei Suoli, Regione Emilia-Romagna, 1994 Carta dei suoli dell'Emilia-Romagna scala 1: 250.000, versione digitale 2010.
- Regione Emilia-Romagna – *Guida alla descrizione delle unità tipologiche di suolo*. Bologna, Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli. 2002
- Williams, R.G. and Sheridan, J.M., 1991. Effect of rainfall measurement time and depth resolution on Ei calculation. Transactions of the ASAE, 34(2), 403-406.

## Approfondimenti dei fattori RUSLE

### Fattore R

I valori di R utilizzati nella stima dell'erosione idrica dei suoli dell'Emilia Romagna derivano anch'essi da un'analisi condotta dal CNR-IRPI di Firenze (2001-2003). Nel 2001, anno a cui risale l'impostazione metodologica seguita dal CNR-IRPI, i dati pluviometrici, resi disponibili da ARPA-SIM con la maggiore risoluzione temporale allora disponibile, risultavano essere dati con cadenza oraria relativi a poche e mal distribuite stazioni meteorologiche. Serie storiche di lungo periodo (1961-2000) di precipitazione e temperatura giornaliera erano invece disponibili per le stazioni rappresentative delle unità della Carta dei Tipi Climatici (Figura 2).

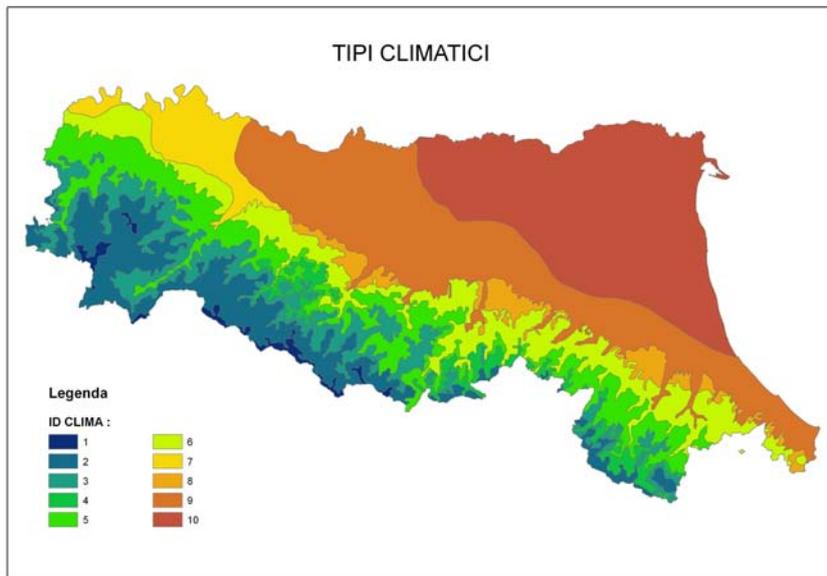


Figura 2

L'approccio seguito dal CNR-IRPI è sintetizzabile nelle seguenti fasi:

1. Il fattore R, erosività delle piogge, per le 4 stazioni per cui erano disponibili i dati orari è stato calcolato come descritto in Renard et al. (1997). L'R è definito come la media di lungo periodo (22 anni nella definizione originaria di Wischmeier) della sommatoria annuale degli storm erosion index (EI). L'EI di un evento viene calcolato come il prodotto fra l'energia,  $E$ , di un evento e la massima intensità di pioggia nella mezz'ora ( $I_{30}$ ) durante l'evento, ovvero:

$$EI = E * I_{30} \quad [1]$$

L'energia  $E$  di un evento è data dalla sommatoria del prodotto dell'energia cinetica di un dato intervallo  $i$ -esimo ( $e_i$ ) per l'ammontare di precipitazione dello stesso intervallo ( $p_i$ ):

$$E = \sum_i e_i p_i \quad [2]$$

ed è espressa in MJ/ha.

L'energia cinetica della pioggia,  $e_i$ , è legata all'intensità  $I_i$ , dalla relazione (Brown e Foster, 1987):

$$e_i = 0.29*(1-0.72*exp(-0.05*I_i)) \quad [3]$$

dove  $I_i$  è l'intensità di pioggia nell'intervallo  $i$  ed è espressa in mm/h (con  $I$  viene designata l'intensità, con  $i$  l'intervallo temporale), ed  $e_i$  è espressa in MJ/ha\*mm.

Avendo a disposizione dati orari e non semiorari, è stata applicata la seguente relazione proposta da Williams e Sheridan (1991), che lega l'EI di un evento per il quale si disponga di registrazioni su base oraria,  $EI_{60}$ , con l'EI calcolato secondo la definizione di Wischmeir ( $EI_{30}$ ):

$$EI_{30}=1.83*EI_{60} \quad [4]$$

La relazione è stata validata dal CNR-IRPI su dati rilevati in Toscana nella stazione di Baccanello (SI).

2. Per generalizzare il calcolo dell'R alle stazioni rappresentative della Carta dei Tipi Climatici, dotate solo di dati pluviometrici giornalieri, si è reso necessario utilizzare un approccio che consentisse di calcolare l'indice di erosività anche per stazioni meteorologiche che non disponessero di dati registrati su base oraria. A tal fine è stato adottato il seguente approccio:

*Calcolo dell'EI del totale giornaliero di precipitazione attraverso una relazione generale con l'EI<sub>30</sub>;*

Dalle serie di dati delle 4 stazioni con dati orari sono stati estratti tutti gli eventi piovosi, escluse cioè le precipitazioni nevose<sup>1</sup>, e i relativi EI calcolati. Nel caso di dati giornalieri, si può verificare che in un giorno possano esserci stati più di un evento, un evento solo o solo parte di un evento. Nell'approccio seguito, ogni evento è stato trattato come precipitazione giornaliera, attribuendolo al giorno di inizio dell'evento, e controllando che l'EI calcolato ricadesse all'interno dei suoi limiti fisici. Tali limiti sono costituiti da un valore di EI massimo, nel caso in cui l'intero ammontare di  $P$  cadesse in mezz'ora, e da un EI minimo, nel caso in cui la pioggia cadesse con intensità costante per l'intera giornata. La relazione statistica generale che lega tutti gli eventi di precipitazione all'EI calcolato per questi ha, per le stazioni di riferimento, la seguente forma

$$EI= 0.11*P^{1.82} \quad r^2= 0.97 \quad [5]$$

dove  $P$  è la precipitazione giornaliera.

Tale relazione ha una forma molto simile a quella trovata dal CNR IRPI in Toscana nella stazione di Beccanello ( $EI= 0.11*P^{1.85}$ ), dove  $P$  è la precipitazione di un singolo evento.

Essa è stata applicata ai dati delle 10 stazioni rappresentative dei Tipi Climatici regionali.

Da un punto di vista geografico la spazializzazione del fattore R si basa sulla Carta dei Tipi Climatici, elaborata in collaborazione con ARPA-SIM sulla base di 59 stazioni meteorologiche. Questo documento cartografico individua nella regione Emilia-Romagna 10 zone climatiche a ciascuna delle quali è attribuita una stazione meteorologica di riferimento. Tutte le elaborazioni relative alle zone climatiche vengono effettuate a partire dai dati della relativa stazione di riferimento.

---

<sup>1</sup> Eventi di pioggia nei giorni in cui la temperatura media è  $\leq 0,5^\circ$  C, in cui si suppone che le precipitazioni abbiano carattere nevoso

Si riportano nella tabella seguente (Tabella 3) i valori pluviometrici medi (precipitazioni con temperatura > 0,5°C), il valore del fattore R calcolato mediante l'applicazione della [6] e il periodo di disponibilità dei dati per le 10 stazioni rappresentative.

Tabella 3: caratteristiche principali e risultati per le stazioni di riferimento

ID_CLIMA	STAZIONE	P	R	data inizio	data fine
1	OZOLA-DIGA	1407,54	2778,48	12/01/1990	26/12/2000
2	BOSCHI D'AVETO - D.	1323,45	2526,54	01/01/1961	29/12/2000
3	BEDONIA	1271,08	2221,50	01/01/1961	31/12/2000
4	BAGNO ROMAGNA	DI 1151,34	1675,37	01/01/1961	31/12/2000
5	MONTEOMBRARO	873,17	1239,67	01/01/1961	31/12/2000
6	S.LAZZARO ALBERONI	794,14	1066,88	02/01/1961	31/12/2000
7	FIORENZUOLA D'ARDA	777,29	1034,90	04/01/1961	31/12/2000
8	CESENA	782,87	1088,45	02/01/1961	31/12/2004
9	MODENA BURANA	774,70	941,70	02/01/1961	31/12/2000
10	FERRARA	603,63	679,81	02/01/1961	31/12/2000

La carta dell'erosività delle piogge che risulta dalla spazializzazione dei dati della Tabella 3 in base alla Carta dei Tipi Climatici è rappresentata nella Figura 3

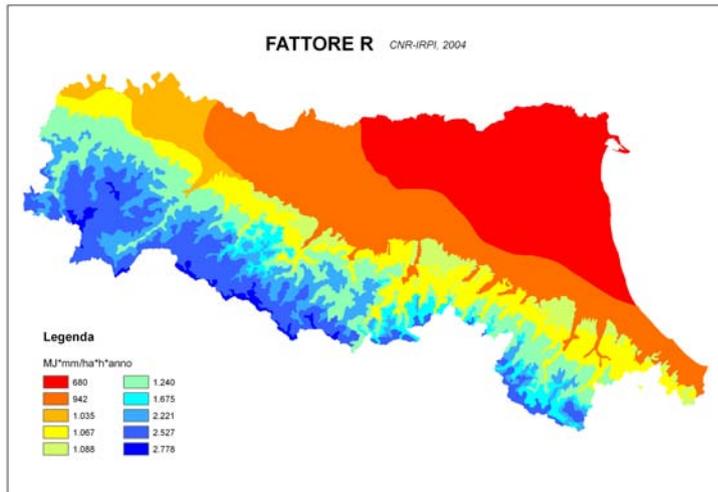


Figura 3

Dalla rasterizzazione della carta Carta dei Tipi Climatici, dimensionata secondo la griglia-SGSS è stato ottenuto il grid del fattore R, ad ogni cella è stato attribuito il valore R relativo alla zona climatica in cui ricade.

## Fattore K

Il fattore K è stato calcolato secondo la pedofunzione di Renard et al. 1997, calibrata su data set globale che prende in considerazione i soli valori di tessitura.

$$K=7.594[0.0034+0.0405 \exp[-0.5((\log(Dg)+1.659)/0.7101)^2]]$$

dove Dg è il diametro medio geometrico delle particelle (mm), calcolato come segue (Shirazi e Boersma, 1984):

$$Dg = \exp[0.01\Sigma(fi \ln mi)]$$

con fi la percentuale della iesima frazione granulometrica e mi il rispettivo diametro medio.

Nel sistema internazionale K è espresso in Mg ha<sup>-1</sup> MJ<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup> ed i valori di K si riferiscono a medie annuali di lunga durata.

Il valore di K per ogni Unità Tipologica di Suolo (UTS) è stato calcolato in funzione di un profilo di riferimento. Il fattore K è tipico di ogni suolo, la distribuzione dei tipi di suolo a livello regionale diventa quindi il criterio di spazializzazione del fattore.

Si è scelto di operare a livello di Unità Cartografica (UC), per ciascuna delle quali è descritta la frequenza dei suoli che la caratterizzano. Ogni cella della *griglia-SGSS* è stata caratterizzata dalla prevalenza di una UC, per poter poi assegnare il valore di K è stato fatto un confronto tra pendenza della cella e pendenza media della/e UTS che caratterizzano l'UC assegnata alla cella. E' stato così attribuito il valore di K relativo alla UTS la cui pendenza tipica si avvicina di più alla pendenza della cella; a parità di pendenza tipica quello della UTS la cui frequenza è maggiore; nel caso di parità di frequenza, è stata attribuita alla cella la media dei valori dei K delle UTS parimenti presenti.

In definitiva, i dati necessari per l'attribuzione del fattore K a ciascuna cella sono stati: frequenza dei suoli che descrivono ciascuna UC; pendenze tipiche delle UTS presenti; individuazione di un profilo rappresentativo di ciascuna UTS sulla base del quale calcolare il fattore K; pendenza di ciascuna cella.

La pendenza della cella deriva da elaborazione, a partire da un grid di 10 m di lato, delle pendenze espresse in gradi elaborato dal SGSS in ambiente ArcGis 9.0 con il "Neighborhood Method" (ESRI, 1995) che interpola sulla cella un piano (polinomio di 1°) che utilizza tutte le 8 celle che stanno intorno alla cella in esame ma non la cella stessa.

Il grid a 10 m è stato prima convertito da gradi a percentuale e poi è stato aggregato a 100 m utilizzando il valore mediano. E' stato così in ottenuto il grid a 100 m utilizzato per l'attribuzione del fattore K.

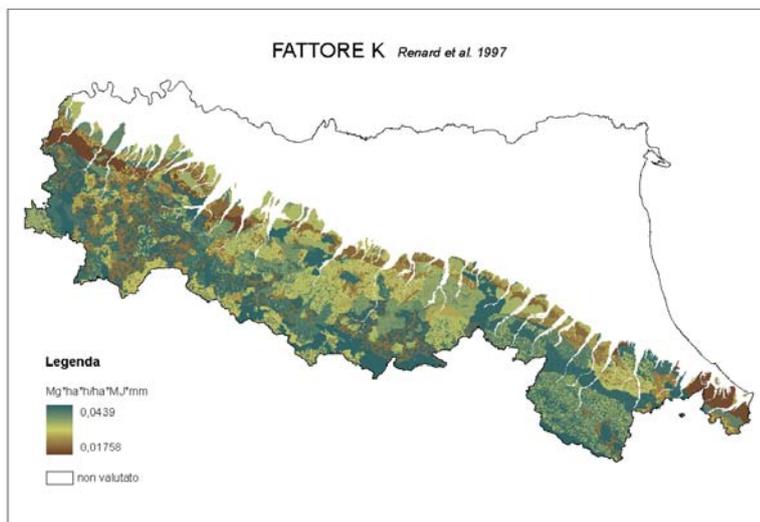


Figura 4

## Fattore LS

Il calcolo delle pendenze e del fattore morfologico, nonché la modalità di attribuzione di questi valori alla cella di 100 m, è stato oggetto di elaborazione da parte del CNR-IRPI di Firenze nell'ambito del progetto "Carta dei suoli 1:250.000: realizzazione di strumenti di supporto per la corretta gestione del suolo nell'ambito dell'attuale politica agricola comunitaria con specifico riferimento al controllo dell'erosione idrica e dell'inquinamento delle acque" e da parte di Roberto Bertozzi del SGSS secondo quanto descritto di seguito.

L'equazione generale per il calcolo del fattore LS si basa sulla seguente relazione (da Mitsova et al., 1996) :

$$LS = (\text{FlowAccumulation} * \text{CellSize} / 22.13)^{0.4} * ((\sin(\text{Slope} * 0.001745) / 0.09)^{1.4}) * 1.4$$

Dove:

**FlowAccumulation** = Rappresenta la Flow Accumulation calcolata col metodo "d8" in ArcGis 9.0 ed esprime la quantità di acqua raccolta da monte che raggiunge (e attraversa) la cella in esame. E' anche chiamata "Catchment Area" ovvero "Area del Bacino sotteso"

**Slope** = Rappresenta l'inclinazione della cella espressa in gradi. Viene calcolato in ArcGis 9.0 con il "Neighborhood Method" (ESRI, 1995) e interpola sulla cella un piano (polinomio di 1°) che utilizza tutte le 8 celle che stanno intorno alla cella in esame ma non la cella stessa.

**CellSize** = 10. Indica la dimensione, in metri, della cella dei grid utilizzati nell'equazione.

Dal calcolo sono state escluse tutte le celle con valori di bacino contribuyente, definiti in base alla *flowaccumulation*, superiore ad 1 ha. In sostanza è stata creata una "maschera" che escludeva dall'analisi tali celle.

Il grid LS con risoluzione 10 m è stato infine aggregato a 100 m usando come valore statistico la mediana e, come riferimento spaziale al quale riferirsi, la *griglia-SGSS*. In tal modo si è ottenuta la griglia **fat\_LS** utilizzata nell'applicazione della formula generale RUSLE.

Analogamente, il grid Slope a 10 m è stato prima convertito da gradi a percentuale e poi è stato aggregato a 100 m utilizzando il valore mediano. E' stato così in ottenuto il grid **slope** utilizzato per l'attribuzione del fattore LS.

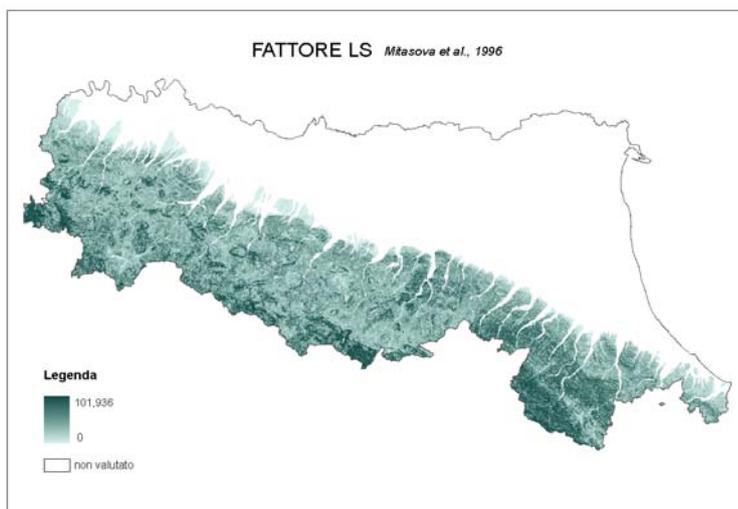


Figura 5

## **Fattore C**

Il fattore C è stato oggetto di un lavoro di approfondimento da parte del SGSS in collaborazione con ARPA-SMR della Regione Emilia-Romagna e con il CNR-IRPI di Firenze, allo scopo di arrivare a definire valori di C che fossero maggiormente aderenti alla realtà regionale.

La valutazione dei valori C è avvenuta attraverso il seguente schema:

1. **INDIVIDUAZIONE DELLE ZONE AGRONOMICAMENTE OMOGENEE:** in prima approssimazione ed in carenza di studi specifici sull'argomento, le zone agronomicamente omogenee sono state delineate in maniera da coincidere con i macro ambienti altitudinali (montagna, collina, pianura, definiti in base alla Carta dei suoli 1:250.000 versione 1994), suddivisi per Provincia amministrativa di appartenenza. Esempi di zone agronomicamente omogenee sono la Pianura piacentina e la Collina riminese.(Figura 6)
2. **INDIVIDUAZIONE DEGLI ORDINAMENTI COLTURALI PREVALENTI IN OGNI SINGOLA ZONA AGRONOMICAMENTE OMOGENEA:** sulla base dell'utilizzazione agronomica dei terreni desunta dai dati del 5° Censimento dell'Agricoltura dell'anno 2000 , che fornisce, per ogni Comune, la superficie occupata dalle diverse colture, sono stati ricostruiti i principali ordinamenti colturali (colture erbacee in rotazione, prati e pascoli permanenti e colture legnose da frutto) nonché la loro diffusione areale percentuale. Le rotazioni colturali sono state stimate in base alle indicazioni delle buone pratiche agricole desunte dai disciplinari di Produzione Integrata della Regione e confermate da interviste telefoniche con tecnici operanti nelle diverse aree. Le percentuali di diffusione dei singoli ordinamenti colturali sono stati calcolati in modo che venisse rispettata la distribuzione percentuale delle superfici delle diverse colture così come riportata nel citato 5° Censimento dell'Agricoltura dell'anno 2000. Per ogni ordinamento colturale presente in ciascuna zona agronomicamente omogenea, sulla base delle conoscenze dei tecnici operanti localmente, è stato ricostruito un "calendario" delle operazioni colturali, valido per un'annata climatologicamente modale.
3. **CALCOLO DEL FATTORE C:** per ognuno degli ordinamenti colturali presenti nelle zone agronomicamente omogenee, il CNR-IRPI, sulla base dei calendari di cui sopra, ha calcolato i valori di C in corrispondenza degli specifici momenti del ciclo colturale (aratura, preparazione del letto di semina, insediamento della coltura, sviluppo, maturazione piena e raccolta), utilizzando valori medi per la rugosità superficiale, la copertura dovuta alla chioma, la copertura della superficie e per la frazione di Indice di Erosività (EI) corrispondente a ciascun momento del ciclo colturale. Con questi dati è stato possibile, basandosi sulle tabelle esistenti in letteratura e in parte contenute nel database di accompagnamento del programma RUSLE2, calcolare, per ogni fascia fitoclimatica, il fattore C, copertura del suolo, medio nell'anno. Il calcolo del "C medio" non è la semplice media del valore dei C corrispondenti ai vari momenti specifici del ciclo colturale (aratura, erpicatura...); dapprima bisogna moltiplicare il C corrispondente ad ogni operazione per il corrispettivo EI, fare la somma di tutti gli EI (somma dei valori di "EI, frazione") e la somma dei "C\*EI". Il valore medio utilizzato è il rapporto tra queste 2 somme: **Somma\_ "C\*EI" / Somma\_ "EI, frazione"**. Si noti come un ordinamento colturale presente in più zone agronomicamente omogenee possa assumere diversi valori del fattore C in quanto caratterizzato da diversi calendari di interventi colturali e da una diversa distribuzione dell'EI nel corso dell'anno (ad esempio la successione ERBA MEDICA 4 anni, GRANO TENERO ha valore del fattore C uguale a 0.14 nella collina Parmense, 0.13 nella collina Reggiana; per quanto riguarda gli usi forestali e gli incolti sono stati adottati valori costanti, derivati dalle tabelle originali di Wischmeier (riportate in varie pubblicazioni, fra cui Haan et al., 1994).
4. **ATTRIBUZIONE DEL FATTORE C ALLE CLASSI DELLA CARTA DELL'USO REALE DEL SUOLO IN SCALA 1:25.000, ed. 2003.** La Carta dell'uso reale del suolo in

scala 1:25.000 ha un notevole dettaglio cartografico ma non permette di distinguere l'ordinamento colturale e il tipo specifico di coltura presente; ad esempio individua e raggruppa in un'unica classe tutti i seminativi, non distinguendo il tipo di coltura né, tanto meno, il tipo di rotazione in cui essa si colloca. D'altro canto, la carta delle Zone agronomicamente omogenee descrive con elevato contenuto informativo i singoli ordinamenti, ma ha una bassissima risoluzione cartografica. Ci si è dunque posto il problema di come ottenere il massimo dell'informazione dall'insieme di questi due documenti. Si è così pensato di attribuire per ogni combinazione di classe di uso del suolo e di zona agronomicamente omogenea (ad esempio ai seminativi nella collina piacentina) la **media dei fattori C di tutti gli ordinamenti colturali rientranti in quella classe di uso del suolo e presenti in quella zona agronomicamente omogenea** (ad esempio, per i seminativi della collina piacentina, la media dei fattori C dei seguenti ordinamenti colturali: ERBA MEDICA x 3, GRANO TENERO, ORZO; GRANO TENERO, SOIA).

Per la spazializzazione del fattore C è stata utilizzata la Carta dell'uso reale del suolo in scala 1:25.000, ed. 2003 della Regione Emilia-Romagna - Servizio Sistemi Informativi Geografici. La carta è stata rasterizzata sulla base della *griglia-SGSS*, ad ogni cella è stato attribuito l'uso del suolo prevalente e dall'incrocio con le zone agronomicamente omogenee è stata dato il valore di C relativo. (Figura 7)



Figura 6

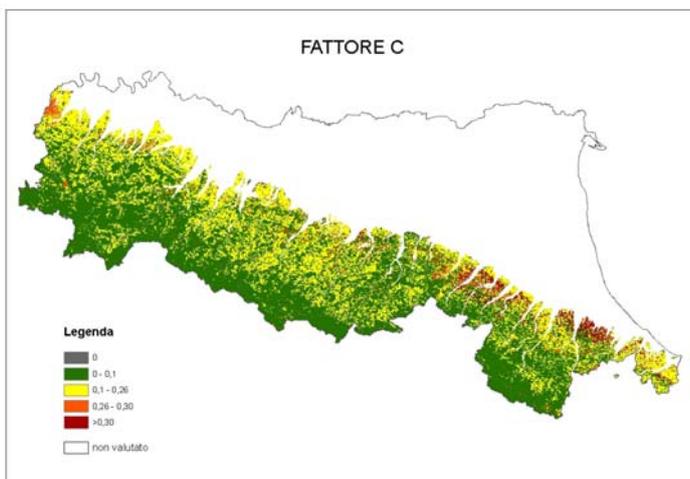


Figura 7