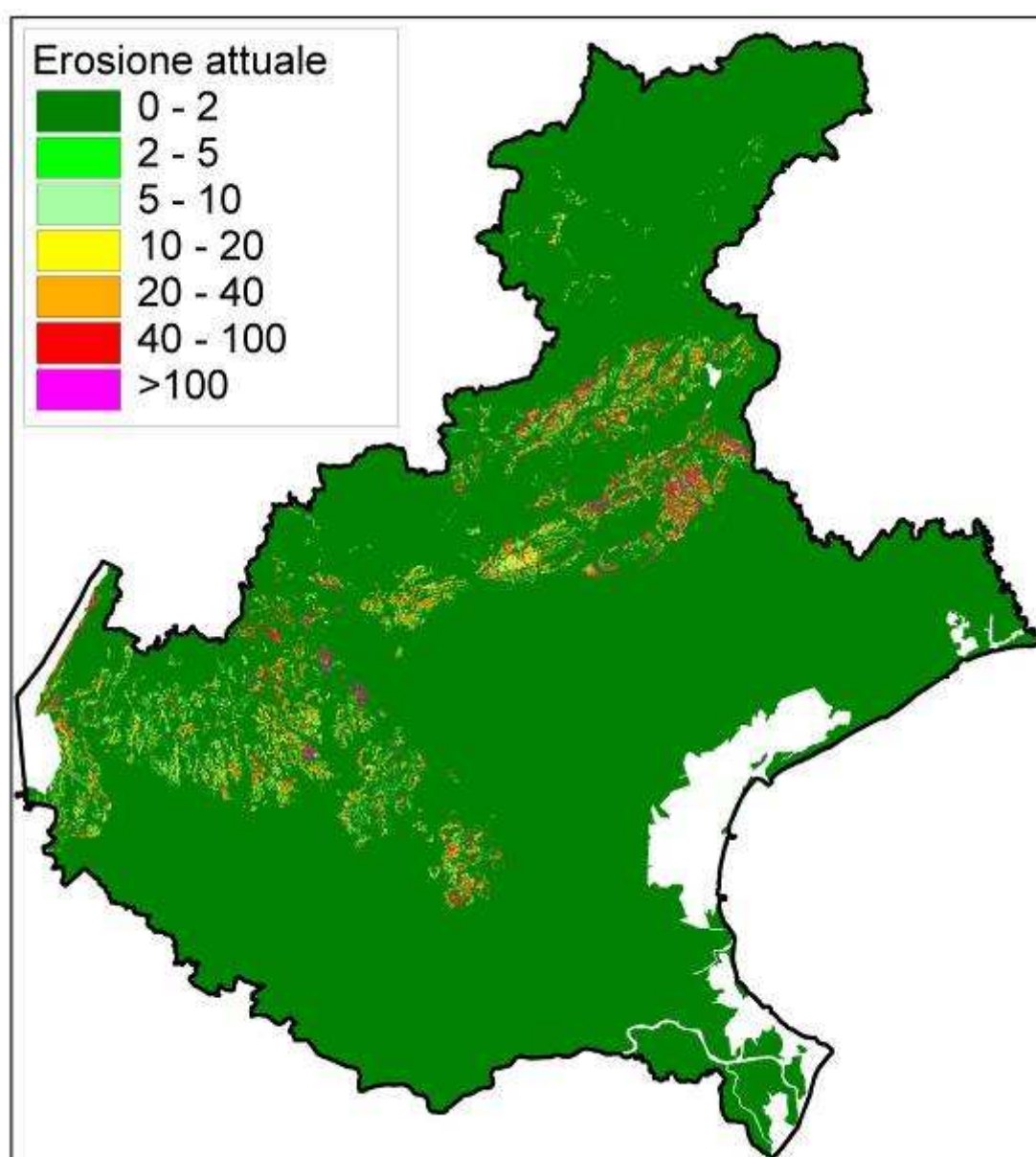


VALUTAZIONE DEL RISCHIO D'EROSIONE PER LA REGIONE VENETO



Gennaio 2008

VALUTAZIONE DEL RISCHIO D'EROSIONE PER LA REGIONE VENETO

Responsabile del progetto	Maurizio Dissegna ¹
Coordinamento progetto	Paolo Giandon ² , Ialina Vinci ²
Coordinamento tecnico-scientifico	Adriano Garlato ² , Silvia Obber ²
Elaborazione dei parametri climatici	Alberto Bonini Baraldi ³ , Francesco Rech ³ Maurizio Nicoletto ³ , Filippo Turetta ³ Matteo Vigolo ³ , Giacomo Sarego ³ Marco Dianin ³
Elaborazione dati	Ezio Rusco ⁴ , Adriano Garlato ² , Silvia Obber ²
<i>Elaborazione modellistica (CORINE)</i>	Ezio Rusco ⁴
<i>Elaborazione modellistica (USLE)</i>	Adriano Garlato ² , Silvia Obber ²
<i>Elaborazione modellistica (PESERA)</i>	S. Selvaradjou ⁵
Elaborazioni GIS	Luciano Fantinato ²

¹ Regione Veneto – Direzione Foreste ed Economia Montana

² ARPAV – Osservatorio Regionale Suolo

³ ARPAV – Centro Meteorologico di Teolo

⁴ Libero professionista

⁵ Joint Research Centre (ISPRA) – Ufficio Europeo dei Suoli

INDICE

1. INTRODUZIONE.....	4
2. L'EROSIONE DEL SUOLO	4
3. L'APPROCCIO MODELLISTICO	5
4. DESCRIZIONE DEI TRE MODELLI PRESCELTI	6
4.1. Corine Erosion	6
4.2. USLE (Universal Soil Loss Equation)	7
4.3. PESERA (Pan-European Soil Erosion Risk Assessment)	8
5. I DATI CLIMATICI	9
6. APPLICAZIONE DEL MODELLO CORINE EROSION	9
6.1. Clima – Indice di erosività	9
6.2. Suolo – Indice di erodibilità.....	13
6.3. Topografia.....	16
6.4. Rischio d'erosione potenziale	16
6.5. Copertura del suolo	17
6.6. Rischio d'erosione attuale	17
6.7. Considerazioni sui risultati dell'applicazione del modello	18
7. APPLICAZIONE DEL MODELLO USLE.....	19
7.1. Fattore R – erosività delle piogge	19
7.2. Fattore K – erodibilità del suolo	23
7.3. Fattore LS – lunghezza e pendenza.....	24
7.4. Rischio d'erosione potenziale	26
7.5. Fattore C – copertura del suolo	27
7.6. Rischio d'erosione attuale	29
7.7. Considerazioni sui risultati dell'applicazione del modello	29
7.8. Classificazione dei comuni in base al rischio di erosione.....	29
8. APPLICAZIONE DEL MODELLO PESERA.....	35
8.1. Valutazione dei dati disponibili	35
8.2. Dati climatici.....	35
8.3. Dati sul suolo	37
8.4. Dati morfometrici.....	37
8.5. Altri dataset.....	37
8.6. Rischio d'erosione attuale	39
8.7. Considerazioni sui risultati dell'applicazione del modello	42
9. CONCLUSIONI COMPARATIVE SUI MODELLI APPLICATI.....	42
BIBLIOGRAFIA	47
Bibliografia citata.....	42
Bibliografia consultata	42

1. INTRODUZIONE

Con deliberazione n. 3397 del 05.10.1999 la Giunta Regionale ha incaricato il Centro Agroambientale, ora Servizio Osservatorio Suolo e Rifiuti, di realizzare il progetto triennale “Carta dei suoli del Veneto in scala 1:250.000”, approvato dall’ARPAV con DDG n. 64 del 10.02.2000, che si è concluso in data 31.10.2003. Con deliberazione della Giunta Regionale n. 3303 del 31.10.03 è stato approvato un progetto di prosecuzione della cartografia pedologica che prevede tra altre attività, l’elaborazione di una carta dell’erodibilità del suolo. Con deliberazione n. 977 del 11.12.03 il Direttore Generale dell’ARPAV ha approvato la realizzazione del suddetto progetto ed ha approvato lo schema di convenzione con la Regione Veneto. Se inizialmente si era pensato all’elaborazione di una carta dell’erodibilità del suolo, in fase di avviamento dei lavori si è ritenuto opportuno non limitarsi alla valutazione dei soli aspetti riguardanti il suolo nel processo erosivo, ma di estendere l’indagine anche alle altre componenti coinvolte nel fenomeno e di elaborare quindi una carta del rischio di erosione attuale e potenziale.

L’erosione dei suoli è stata indicata tra le principali minacce di degrado del suolo nella Proposta di Direttiva del Parlamento Europeo e del Consiglio per l’istituzione di un quadro per la protezione del suolo (COM 232/2006) che rappresenta la posizione ufficiale dell’Unione Europea rispetto alla necessità di proteggere il suolo. Anche la riforma della Politica Agricola Comune (PAC) prende in considerazione l’erosione del suolo come un processo che deve essere limitato dagli agricoltori con l’adozione di buone pratiche agricole (condizionalità ambientale).

La modellizzazione del fenomeno erosivo è l’approccio più diffuso per la valutazione e l’individuazione del rischio. La calibrazione e validazione dei modelli adottati rimangono tuttavia dei nodi problematici per la stima dell’erosione a causa della carenza di dati sperimentali.

2. L’EROSIONE DEL SUOLO

Per erosione del suolo deve intendersi il distacco e il trasporto della parte superficiale del suolo per effetto dell’acqua, del vento, del ghiaccio o di altri agenti geologici, includendo tra di essi anche alcune manifestazioni della forza di gravità (Giordano, 2002). La perdita della parte superficiale di suolo porta ad una serie di danni che si verificano sia nel luogo in cui l’erosione ha avuto atto (*on-site*), che in località lontane (*off-site*), come riassunto in tabella 1.

Tabella 1: Effetti *on-site* e *off-site* del fenomeno erosivo (da Giordano, 2002)

Danni on-site	Danni off-site
• Perdita di sostanza organica • Distruzione della struttura e compattazione della sup. del suolo • Riduzione dell’infiltrazione • Diminuzione ricarica falde • Erosione superficiale • Rimozione sostanze nutritive • Aumento di elementi grossolani in sup. • Formazione di incisioni (rill, gully) • Sradicamento vegetale • Riduzione di produttività del suolo	• Alluvioni • Polluzione idrica • Interramento infrastrutture (strade, dighe, briglie ecc.) • Ostruzione della rete scolante • Cambiamento nell’assetto dei corsi d’acqua • Eutrofizzazione dell’acqua

Le principali componenti in cui viene scomposto il fenomeno erosivo sono:

Erodibilità: è la suscettibilità del suolo ad essere eroso; le proprietà del suolo che contrastano l’erosione sono quelle che facilitano l’infiltrazione dell’acqua e che ne determinano la stabilità

strutturale (Giordano, 1999). Per avere trasporto di materiale, infatti, la pioggia deve eccedere la capacità di infiltrazione del suolo;

Erosività: è l'abilità potenziale della pioggia a causare erosione ed è perciò funzione delle caratteristiche fisiche della pioggia (quantità totale, intensità, velocità e dimensione delle gocce, ecc.);

Topografia: pendenza, lunghezza e forma dei versanti influenzano la velocità di ruscellamento e quindi il rischio di erosione del suolo;

Copertura e uso delle terre: la vegetazione naturale mantiene il suolo coperto tutto l'anno tramite le foglie e la lettiera, al contrario dell'uso agricolo che lo lascia nudo e quindi esposto agli agenti erosivi per lunghi periodi.

3. L'APPROCCIO MODELLISTICO

Dato che nel territorio regionale non esiste una rete di monitoraggio dell'erosione, la valutazione del rischio d'erosione è stata ottenuta mediante modelli che consentono una definizione sia quantitativa che qualitativa del fenomeno. I risultati dell'applicazione dei modelli sono da considerare come un primo *screening* per l'identificazione di aree a rischio su cui si potrà operare in seguito, con un monitoraggio che preveda misure a terra.

La scelta dei modelli è stata guidata principalmente da due fattori:

- dati di input richiesti dal modello e loro disponibilità nelle banche dati regionali;
- diffusione dei modelli e possibilità di confronto con loro precedenti applicazioni.

Tabella 2: Sintesi delle caratteristiche dei principali modelli previsionali dell'erosione del suolo (Bazzoffi, 2007).

Modelli di erosione del suolo	Empirico/Fisicamente basato/Parametrico	Eventi Singoli/Continui	Scala di Campo/Bacino/ Regione	Richiesta dati Bassa/Media/Alta	Complessità Bassa/Media/Alta	Integrazione GIS Bassa/Media/Alta	Difficoltà d'uso Bassa/Media/Alta
USLE (Wischmeier & Smith 1978)	E	S/C	C/B	M	M/A	A	M
EPIC/apex/almanac (Sharpley & Williams 1990)	E	C	C	M	M	B	M
RUSLE (Renard et al. 1991)	E	C	C/B	M	B	M	B
AGNPS (Young, R.A. et al. 1989).	E	S/C	C/B	M	B	A	B
MUSLE (Williams, 1975)	E	S	C/B	M	B	B	M
USPED (Mitasova et al. 1996),	E	C	C/B	M	M	M	B
CREAMS (Knisel, 1980)	F	S/C	C	A	M	B	A
SWRRB (Arnold et al.1990)	F	C	W	M	M	B	B
PSIAC (1968)	E	C	L	B	B	M	A
SPUR (Hanson et al. 1992)	F	C	C/B	M	A	B	A
SWAT/HUMUS (Arnold et al. 1995)	F	C	B/L	M	M/A	A	M
GLEAMS 2.1 (Knisel, 1993)	F	C	C	A	M	M	A
CASC2D (Julien & Saghaian 1991).	F	S/C	B	M	M	A	B
MULTSED (Simons et al. 1980)	F	S	B	A	A	B	A
ARMSED (Riggins et al 1989)	F	S	B	A	A	B	A
WEPPprof/basin (Flanagan & Nearing 1995)	F	C	C/B	M	M	B	M
SIMWE (Mitas & Mitasova, 1998)	F	S	C/B	M	M	A	M
ANSWERS (Beasley et al., 1980)	F	S	C/B	M	M	A	M
KINEROS (Woolhiser et al., 1990)	F	S	C/B	A	M	B	M
EUROSEM (Morgan et al.1993)	F	S	C/B	A	A	B	M
SHE (Abbott et al.1986a,b)	F	S/C	C/B	A	A	M	M
SEMME (De Jong & Riezebos 1997).	F	S	B/L	A	M	M	A
CSEP (Kirkby and Cox, 1995)	F	C	B/R	B	M	M	M
MEDRUSH (Kirkby, 1998)	F	C	B	A	A	A	M
EROSION3D (Werner et al., 1997)	F	S	F/B	A	A	A	M
ACRU (New & Schulze 1996)	E	C	F/B	A	A	B	A
PISA (Bazzoffi,1993; Bazzoffi et al. 1998)	E	C	B	B	B	A	B
AGQA (Ciccacci et al. 1987)	E	C	B	B	B	A	B
CORINE erosion (EEA, 1995)	P	C	R	B	B	A	B
PESERA (Kirby et al., 2004)	E	C	R	A	A	A	A

I tre modelli scelti per la Regione Veneto, sulla base della disponibilità dei dati di input e della diffusione dei modelli stessi sono:

- CORINE erosion;
- USLE (Universal Soil Loss Equation);
- PESERA (Pan European Soil Erosion Risk Assessment).

La scelta di applicare tre modelli predittivi, anziché uno solo, se da un lato ha portato ad un aggravio del lavoro, dall'altro è stata vista come l'unica possibilità per fare dei confronti tra risultati diversi che potessero fornire un inquadramento generale del fenomeno erosivo; ciò ha permesso di mettere in evidenza eventuali zone critiche e di fornire spunti di riflessione per un futuro approfondimento del fenomeno e si auspica, per progetti finalizzati alla raccolta di dati sperimentali con cui validare i risultati forniti dai modelli.

4. DESCRIZIONE DEI TRE MODELLI PRESCELTI

4.1. Corine Erosion

Con il programma CORINE (Coordination of Information on the Environment) la Commissione Europea prima, e l'Agenzia Europea per l'Ambiente poi, hanno definito una serie di strati informativi da realizzare, tra cui quelli del rischio d'erosione potenziale ed attuale, attraverso un modello previsionale di tipo qualitativo e parametrico. Esso prevede la redazione di una serie di carte suddivise in aree omogenee rispetto alle variabili che influenzano l'erosione; la classe di rischio di erosione è ottenuta mediante l'incrocio (moltiplicazione del valore delle classi sovrapposte) delle diverse carte. Essendo stato ideato per l'intera Europa, i parametri considerati in questo un modello, dovevano essere a disposizione per l'intero continente. L'uso del suolo ad esempio, non esistendo ancora il Corine Land Cover per tutta Europa, è semplificato a due sole classi. In figura 1 sono rappresentati i risultati del modello Corine Erosion applicato al territorio dell'Europa mediterranea, mentre lo schema logico del modello è riportato in figura 2.

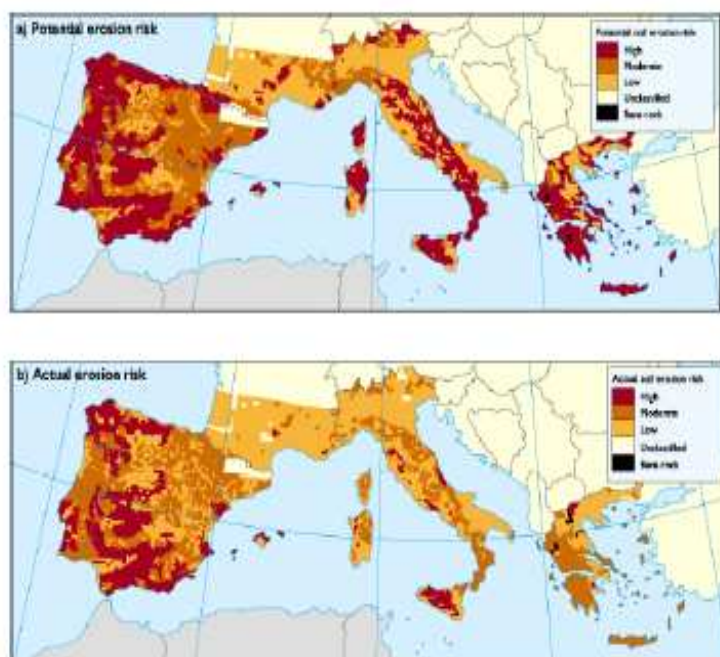


Figura 1: Applicazione del modello CORINE erosion all'Europa mediterranea.

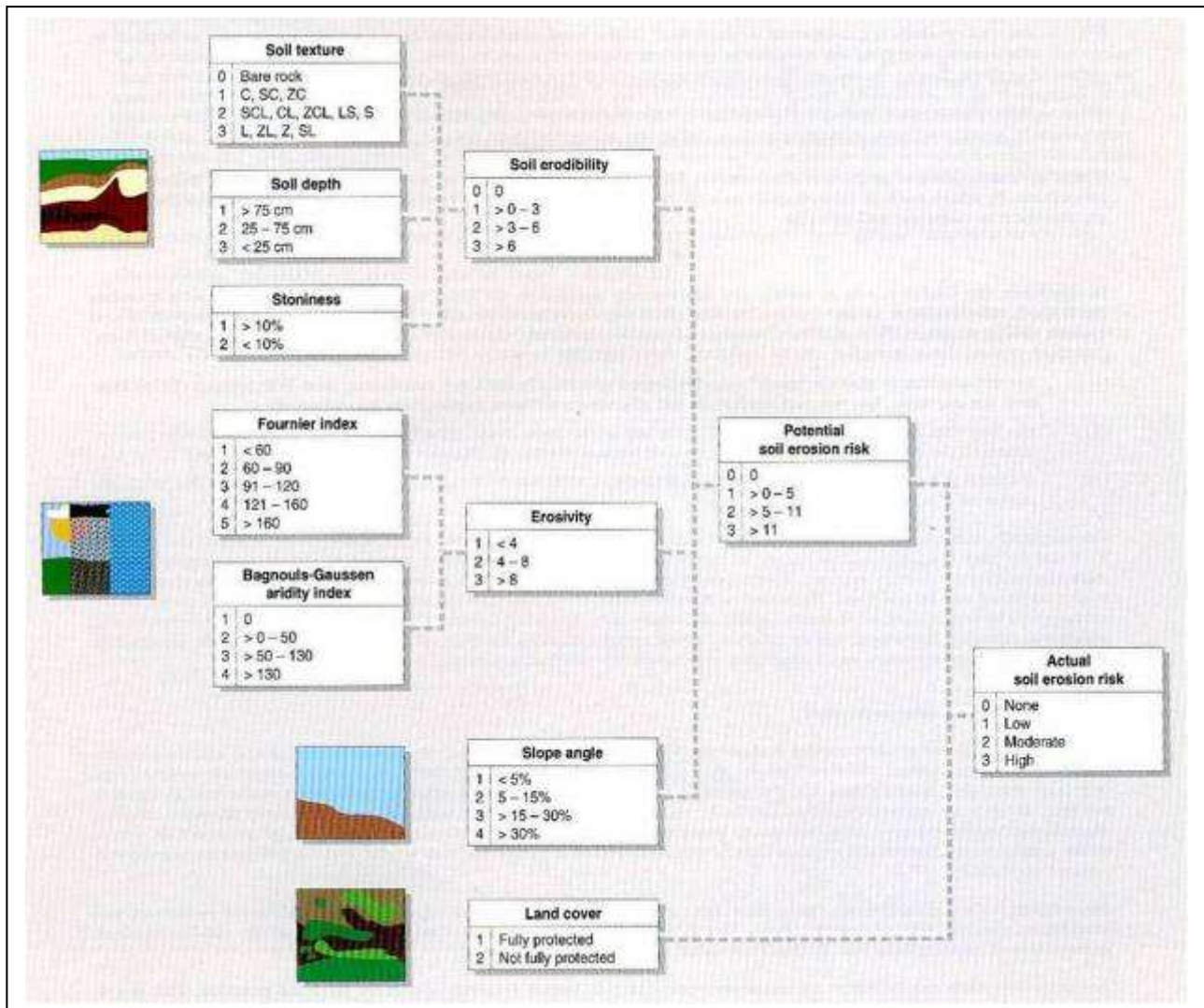


Figura 2: Schema del modello CORINE erosion.

4.2. USLE (Universal Soil Loss Equation)

Il modello USLE (Wischmeier e Smith, 1965, 1978) è uno dei modelli maggiormente applicati a livello mondiale ed è stato definito dall'USDA (United States Department of Agriculture). E' un modello quantitativo, fornisce quindi come output la stima (in tonnellate/ettaro/anno) della quantità di suolo che può essere asportata da fenomeni erosivi. Il modello è stato realizzato e definito attraverso misure dirette in campo (parcelle di Wischmeier) e gli algoritmi utilizzati sono stati individuati quindi per via empirica. Le misure in campo sono state effettuate nelle grandi pianure americane su circa 2000 parcelle in condizioni standard (pendenza 9%, lunghezza 22,6 m, suolo nudo). Quanto più ci si allontana da tali condizioni, tanto più il risultato del modello diventa inaffidabile. Questa può essere una limitazione nell'applicazione del modello nei territori collinari e/o montani, dove parametri quali la pendenza e la lunghezza del versante, molto diverse da quelle delle parcelle standard, influenzano notevolmente il risultato finale.

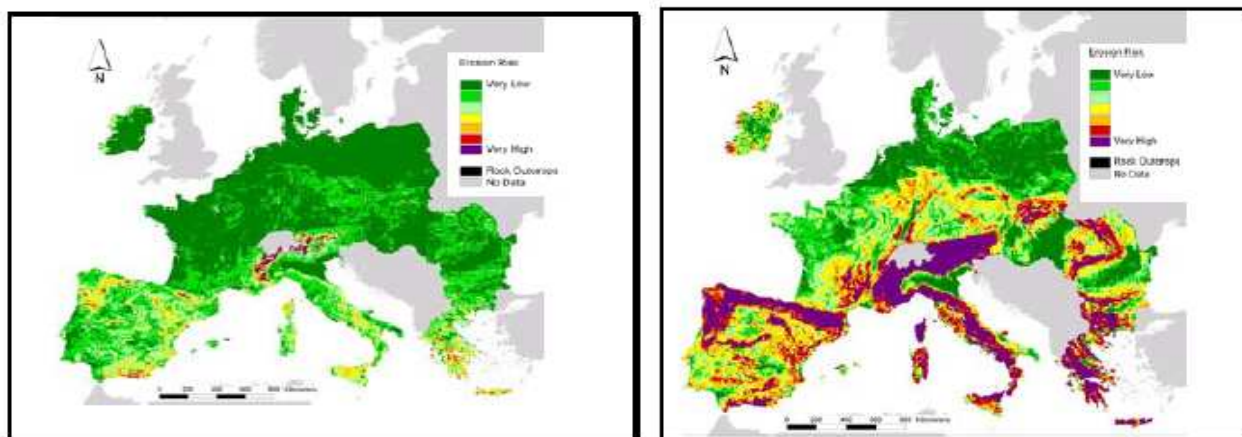


Figura 3: Applicazione del modello USLE a livello Europeo, (Van Der Knijff et al., 2002).

4.3. PESERA (Pan-European Soil Erosion Risk Assessment)

Il modello PESERA è stato definito nell'ambito di un progetto europeo. I parametri che esso considera sono sostanzialmente gli stessi del modello USLE, con alcuni approfondimenti legati principalmente agli aspetti idrologici del suolo (ritenzione idrica - AWC) i quali influenzano fortemente i fattori legati allo scorrimento superficiale delle acque (run-off). Una delle limitazioni principali di questo modello è la sua scarsa duttilità: nella sua attuale versione, infatti, esso funziona unicamente se tutti i parametri di input vengono forniti. Essendo il progetto definito a livello europeo, i dati di input sono stati identificati sulla base dei dati disponibili a questa scala. Per il suolo, ad esempio, tutti i dati provengono dalle voci presenti nel database dei suoli europei a scala 1:1.000.000 ed in parte derivano dall'applicazione di pedofunzioni. In figura 4 si riporta il risultato dell'applicazione del modello a livello europeo.

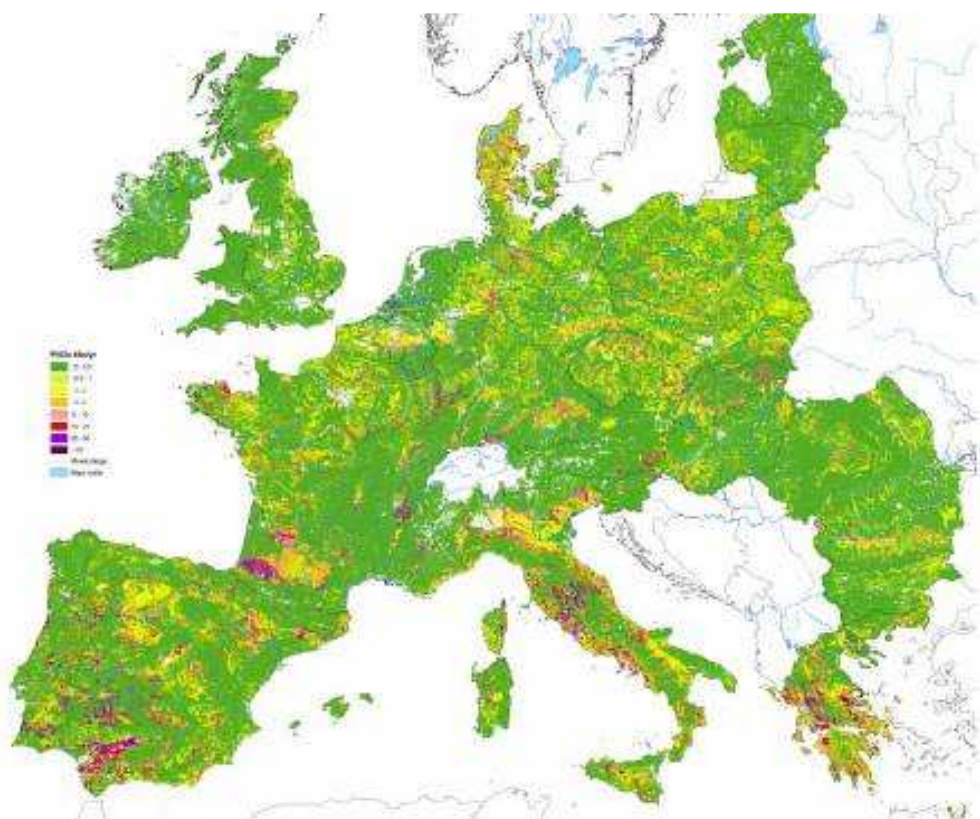


Figura 4: Applicazione del modello PESERA a livello europeo.

5. I DATI CLIMATICI

Nell'ambito dell'elaborazione dei dati climatici, è stata avviata una collaborazione con il Centro Meteorologico di Teolo dell'ARPAV, il quale ha fornito il proprio contributo, analizzando i fattori climatici che intervengono nei processi erosivi ed elaborando gli indici climatici richiesti dai modelli prescelti.

Sono stati, allo scopo, utilizzati i dati climatologici acquisiti da circa 130 stazioni agrometeorologiche dell'ARPAV distribuite sul territorio regionale, considerando il periodo di funzionamento 1992-2004. Tali dati, monitorati ad elevata scansione temporale, erano già stati oggetto, da parte dei tecnici dell'ARPAV, di un processo quotidiano di acquisizione, controllo ed archiviazione. E' stata effettuata l'analisi dei dati climatologici disponibili in Regione Veneto in termini di:

- tipo di parametri rilevati;
- frequenza d'acquisizione dati;
- dislocazione dei punti di misura;
- periodo di disponibilità delle misure e valutazione dei periodi di interruzione.

Si sono privilegiati i dati meteorologici rilevati a partire dal 1992 dalla rete di circa 150 stazioni automatiche agrometeorologiche dell'ARPAV, rispetto ai dati termopluviometrici rilevati dall'Ufficio Idrografico del Magistrato alle Acque di Venezia, pure digitalizzati dal Centro di Teolo e relativi al trentennio 1961-1990. Ciò in considerazione sia della migliore copertura spaziale da parte della prima rete di monitoraggio che della maggiore frequenza di acquisizione dei dati termopluviometrici.

6. APPLICAZIONE DEL MODELLO CORINE EROSION

6.1. *Clima – Indice di erosività*

Il modello Corine richiede la determinazione di due indici climatici: l'Indice di Fournier e l'Indice di Bagnouls Gaussen.

INDICE DI FOURNIER

Rispetto a quanto indicato nella metodica originale (Fournier, 1960) si è utilizzata una formula modificata (Arnoldus, 1977 e 1980) con calcolo dell'indice anno per anno e determinazione successiva della media pluriennale. Tale ipotesi consente una maggiore variabilità spaziale all'interno del territorio regionale e si è ritenuto che tale soluzione fosse più appropriata.

L' IMF tende a dare un'idea della distribuzione delle piogge all'interno di ciascun anno ed assume valori tanto più bassi quanto più è uniforme la distribuzione delle precipitazioni nell'arco dell'anno e viceversa, assume valori più elevati laddove le precipitazioni tendono ad essere concentrate solo in alcuni mesi. L'IMF è stato calcolato con la seguente formula:

$$\frac{\sum_{1=1993}^{n=2004} \sum_{i=1}^{12} \frac{P_i^2}{P_{tot}}}{n}$$

dove:

P_i : piovosità totale di ogni mese in ognuno degli anni presi in considerazione;

P_{tot} : piovosità totale di ogni singolo anno;

n : numero di anni presi in considerazione.

anziché con la più semplice espressione riportata nella metodologia originale:

$$\sum_{i=1}^{12} \frac{P_i^2}{\bar{P}}$$

dove:

P_i : piovosità media di ognuno dei 12 mesi dell'anno;

$\bar{P}$: piovosità media annua.

L'IMF è stato poi classificato secondo quanto previsto dalla metodologia Corine.

<i>Classi</i>	<i>Valori</i>
1	< 60
2	60-90
3	90-120
4	120-160
5	> 160

Per la determinazione dell'IMF si è provveduto ad utilizzare gli archivi delle piogge giornaliere di 124 stazioni gestite dal Centro Meteorologico dell'ARPAV. In prevalenza il periodo preso in considerazione è rappresentato da 13 anni (1992-2004), con alcune eccezioni: per 8 stazioni sono stati considerati 12 anni di dati; per 4 stazioni 11 anni, per 2 stazioni 10 anni. Altre 31 stazioni sono state scartate perché incomplete o con molti dati mancanti.

I dati mancanti giornalieri di ciascuna stazione sono stati ricostruiti con il metodo dell'inverso del quadrato della distanza delle 4 stazioni più vicine per ognuno dei 4 quadranti (NE, SE, SO, NO). Qualora non fosse stato possibile ricostruire i dati con 4 stazioni, ne sono state utilizzate 3 o 2 o al limite, una soltanto. Nei casi, rari ma comunque presenti, in cui mancassero i dati utili per la ricostruzione in ciascuna delle 4 stazioni più vicine, il dato giornaliero è stato dichiarato "non ricostruibile".

Per ogni stazione è stata prodotta una stampa di riepilogo mese per mese ed anno per anno dell'IMF con indicazione dell'indice medio definitivo, utilizzato per la spazializzazione, la classe di appartenenza di tale indice secondo la classificazione Corine, nonché l'indicazione del numero di dati mancanti nella colonna dei dati giornalieri, il numero di dati ricostruiti e l'eventuale numero di dati non ricostruibili al termine del procedimento di ricostruzione.

Di seguito si riporta un esempio di calcolo dell'IMF relativo alla stazione meteorologica di Castelfranco Veneto (TV).

Stazione:	Castelfranco Veneto (TV)				
Coordinate Gauss-Boaga X:	1729544	Y:	5064403	Quota:	50 m s.l.m.
N°anni osservazione:	13 (1992-2004)				

Indice Modificato di Fournier

Annilmesi	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	IMF anno
2004	0.8	31.0	6.5	4.4	16.7	17.7	1.3	7.0	8.1	23.9	6.0	6.6	130.0
2003	6.4	0.1	0.0	15.9	0.6	5.4	1.8	1.8	4.5	9.9	33.3	19.0	98.8
2002	0.9	4.9	0.2	17.5	39.0	9.9	37.1	11.8	6.6	11.4	18.6	3.9	161.8
2001	12.0	0.1	32.9	6.2	8.5	1.1	19.8	11.2	11.2	2.5	3.6	0.0	108.9
2000	0.0	0.0	6.3	4.1	4.7	6.2	7.7	6.1	14.0	31.3	47.3	3.9	131.6
1999	1.4	0.1	4.1	8.3	6.4	15.8	7.8	8.6	4.1	21.5	12.3	2.1	92.5
1998	1.6	0.5	0.0	36.1	2.0	24.6	1.6	3.7	33.0	45.5	0.3	0.0	148.9
1997	7.2	0.0	0.0	5.1	6.5	10.3	6.1	4.4	2.3	1.2	20.9	27.0	91.2
1996	8.3	1.5	0.2	10.8	8.9	3.0	7.1	29.9	3.4	25.0	8.8	8.1	115.0
1995	1.6	4.4	1.7	3.1	35.9	21.4	6.1	16.6	19.8	0.0	1.0	19.5	131.0
1994	5.1	1.5	0.0	18.7	8.7	3.6	3.2	5.0	38.8	7.6	5.4	0.8	98.3
1993	0.0	0.1	1.5	3.0	0.9	4.1	4.3	3.3	10.3	61.5	6.5	2.4	97.8
1992	0.0	0.2	1.1	8.8	1.7	20.3	27.0	5.1	2.6	57.9	3.4	12.8	140.7

IMF Medio	119.0
Classe Corine Land Resource	3

Di seguito viene riportata la distribuzione dell'IMF sul territorio regionale (fig. 5).

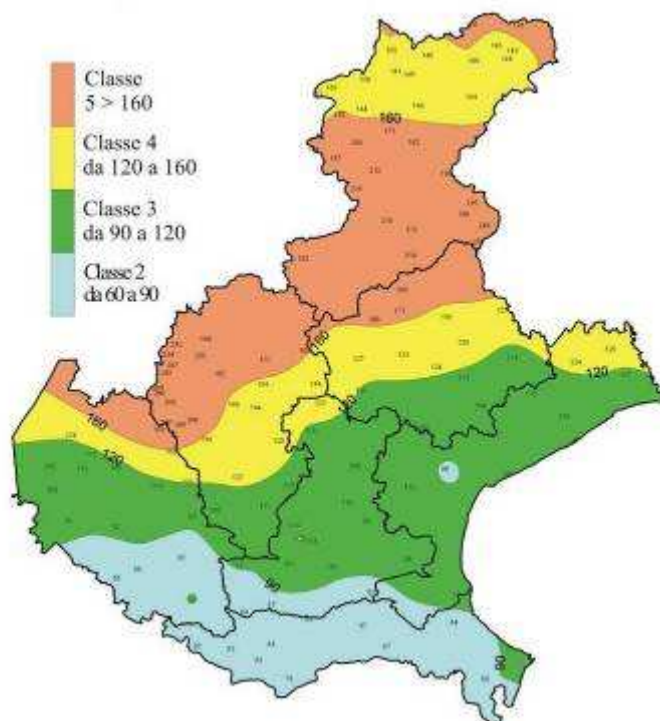


Figura 5: Indice Modificato di Fournier (IMF).

Si possono effettuare le seguenti considerazioni:

- Non vi sono stazioni in classe 1. Il metodo di calcolo dell'indice, considerando i valori mensili anno per anno, comporta una deriva significativa (generalmente almeno una classe) rispetto ai risultati ottenuti adottando valori medi pluriennali.
- Anche gli IMF delle stazioni classificate in classe 2 (bassa veronese, bassa padovana e provincia di Rovigo) sono vicini ai limiti della classe 3 collocandosi su valori compresi fra 80 e 90.
- Nella rappresentazione cartografica compaiono alcune "isole": la più evidente è quella di Mestre che si colloca in classe 2 in mezzo alla provincia di Venezia (tutta in classe 3). Le peculiarità di tale stazione (pluviometro collocato sul terrazzo del palazzo del Gazzettino a circa 30 metri dal suolo) potrebbero essere la causa di tale peculiarità. Altre due isole riguardano la stazione di Cerea (bassa veronese) con un IMF di 90,6 appena sopra il limite per l'appartenenza alla terza classe (90) e contornata da stazioni comunque con valori di poco al di sotto di tale limite; più interessante risulta, la stazione di Faedo, sui Colli Euganei, che assume valori che la collocano di poco in classe 4 (IMF medio pari a 122) ed è contornata da stazioni che invece si collocano in classe 3. Osservando però i valori delle stazioni più prossime dei Colli Euganei ed anche dei Berici si verifica che tali stazioni hanno valori dell'IMF relativamente più alti rispetto alle circostanti stazioni di pianura. In realtà, il regime pluviometrico degli Euganei e dei Berici non è del tutto assimilabile a quello della pianura circostante; l'IMF consente quindi di cogliere bene queste variazioni.
- L'andamento complessivo dell'indice ricalca abbastanza fedelmente la carta delle isoiete annuali del Veneto, con i valori più elevati nella zona Pasubio-Carega delle prealpi vicentine e nella zona del Cansiglio ai confini fra le province di Belluno e Treviso. Altrettanto corretta risulta la classificazione dell'alto bellunese in classe 4, che rispecchia una relativa minor piovosità complessiva sia rispetto alla prima linea displuviale delle prealpi, che rispetto alle estreme stazioni del bellunese ai confini col Friuli e con l'Austria.

INDICE DI BAGNOULS GAUSSEN

L'Indice Xerotermico di Bagnouls Gaussen (BGI - Bagnouls e Gaussen, 1953) è l'espressione di un numero proporzionale a due fattori:

- la lunghezza del periodo durante il quale la temperatura media mensile moltiplicata per due supera la precipitazione media mensile;
- la differenza tra questi valori.

Si tratta di un metodo di calcolo che viene determinato graficamente attraverso la misura dell'area che deriva dall'intersezione delle due curve annuali di temperatura (considerando il doppio del suo valore) e di precipitazione.

$$BGI = \sum_{i=1}^{12} (2t_i - P_i) + k_i$$

dove:

t_i : temperatura media del mese considerato;

P_i : precipitazione totale del mese considerato;

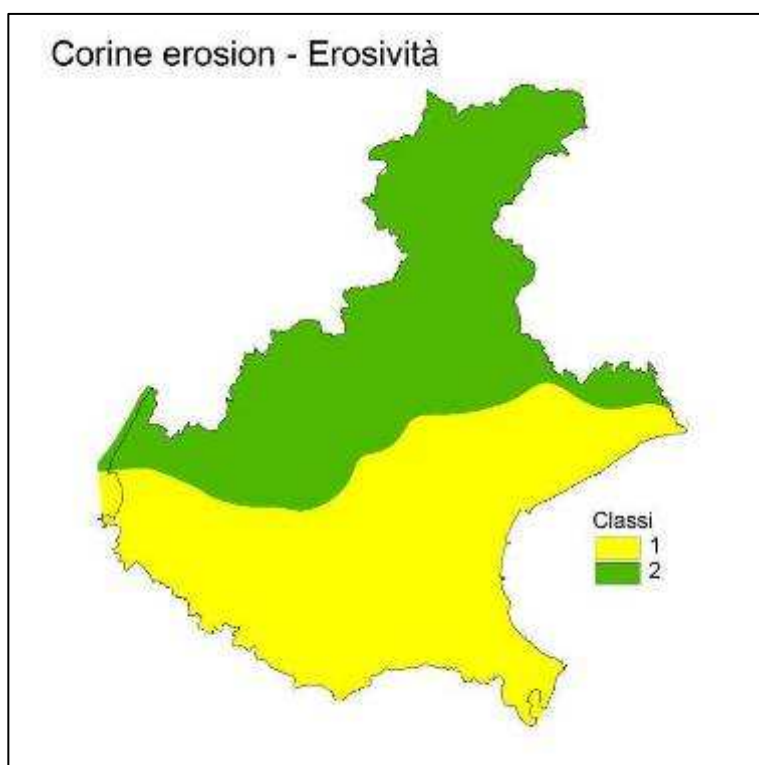
$K_i = 0$ se nel mese considerato $2t_i - P_i \leq 0$, $K_i = 1$ se nel mese considerato $2t_i - P_i > 0$.

Il BGI, secondo quanto previsto dalla metodologia Corine prevede la seguente classificazione.

<i>Classi</i>	<i>Valori</i>
1	0
2	0-50
3	50-130
4	> 130

Per quanto riguarda le stazioni del Veneto, si osserva che anche per le più "secche", cioè per quelle della provincia di Rovigo, l'indice risulta costantemente uguale a 0 ossia si verifica la condizione $2T - P < 0$ cioè $2T < P$ per tutti i mesi dell'anno. Non essendoci l'intersezione fra le due "curve", il BGI è pari a 0. E se tale è la condizione per le stazioni più secche, a maggior ragione ciò si verificherà per tutte le altre stazioni della Regione. Quindi tutto il territorio regionale rientra nella classe 1 che prevede appunto il BGI pari a 0.

In conclusione tale indice risulta non significativo per il Veneto essendo costante sull'intero territorio.



<i>Erosività</i>	
<i>Classi</i>	<i>Valori</i>
1	<4
2	4-8
3	>8

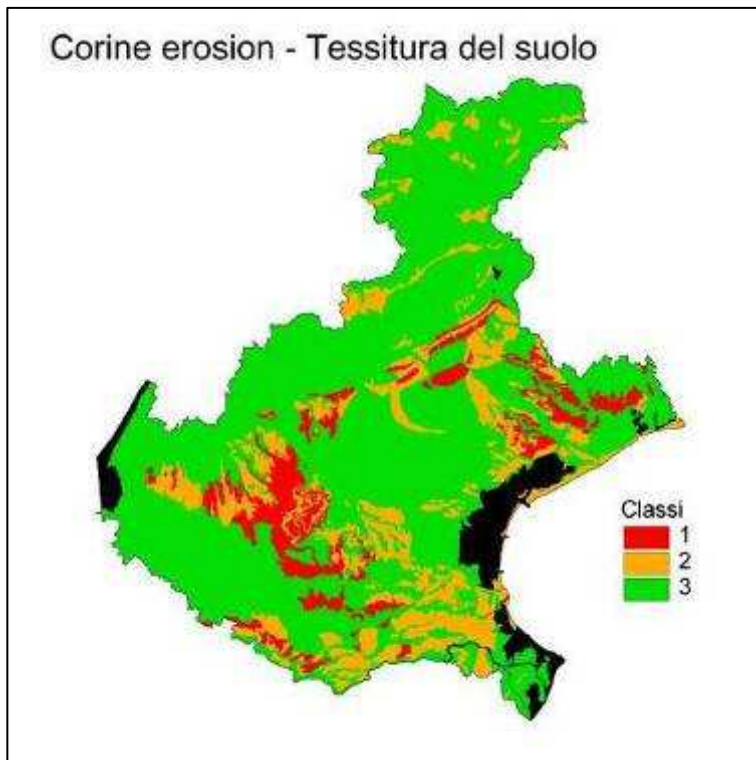
Figura 6: Erosività delle piogge, ottenuta dall'incrocio degli indici IMF e BGI.

Dall'incrocio (moltiplicazione dei rispettivi numeri di classe) delle carte dei due indici climatologici, si ottiene la carta dell'indice di erosività secondo le classi del modello Corine (fig. 6). Essendo la classe dell'Indice di Bagnouls e Gaussen pari a 1 per tutto il territorio regionale, l'indice di erosività è determinato esclusivamente dall'IMF. Risulta che le classi dell'indice di erosività sono la 1 (corrispondente alle classi 2 e 3 dell'IMF) e la 2 (corrispondente alle classi 4 e 5 dell'IMF).

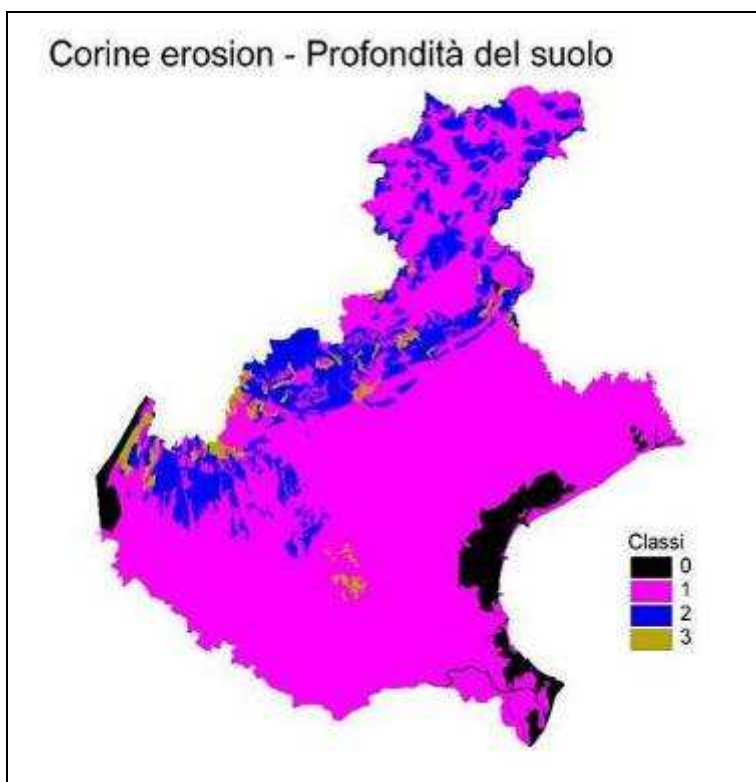
6.2. Suolo – Indice di erodibilità

I dati sul suolo necessari al modello come dati di input sono: la tessitura superficiale, la profondità del suolo e la pietrosità superficiale. Questi sono stati estratti dalla banca dati delle unità tipologiche di suolo e sono stati spazializzati in base alla distribuzione delle tipologie di suolo all'interno delle

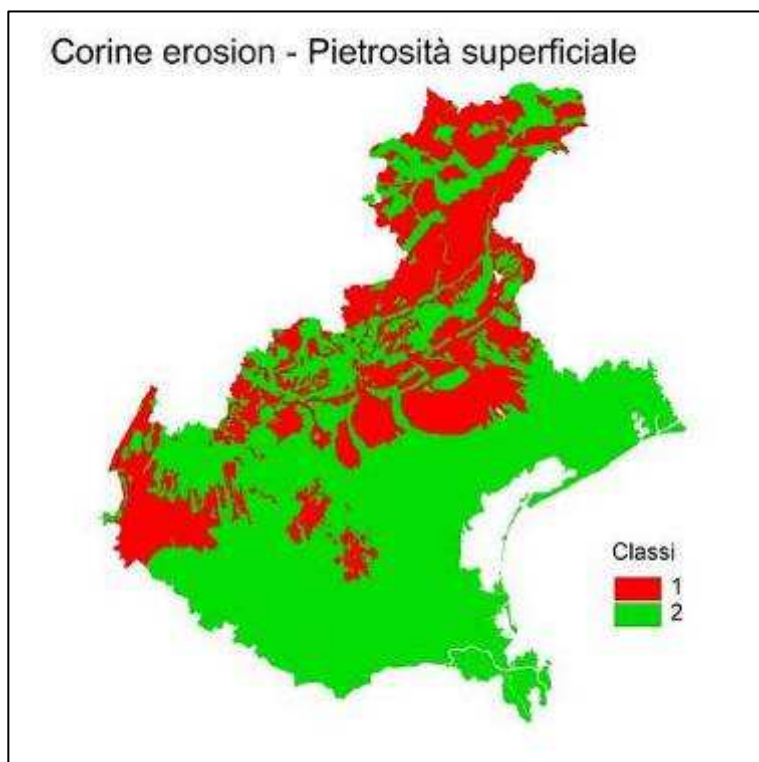
unità cartografiche della carta dei suoli in scala 1:250.000. Si sono ottenute quindi tre carte, classificate secondo la metodologia Corine. I tre strati sono riportati di seguito.



<i>Tessitura</i>	
<i>Classi</i>	<i>Classi tessiturali</i>
0	Roccia nuda
1	C, SC, ZC
2	SCL, CL, ZCL, LS, S
3	L, ZL,Z,SL

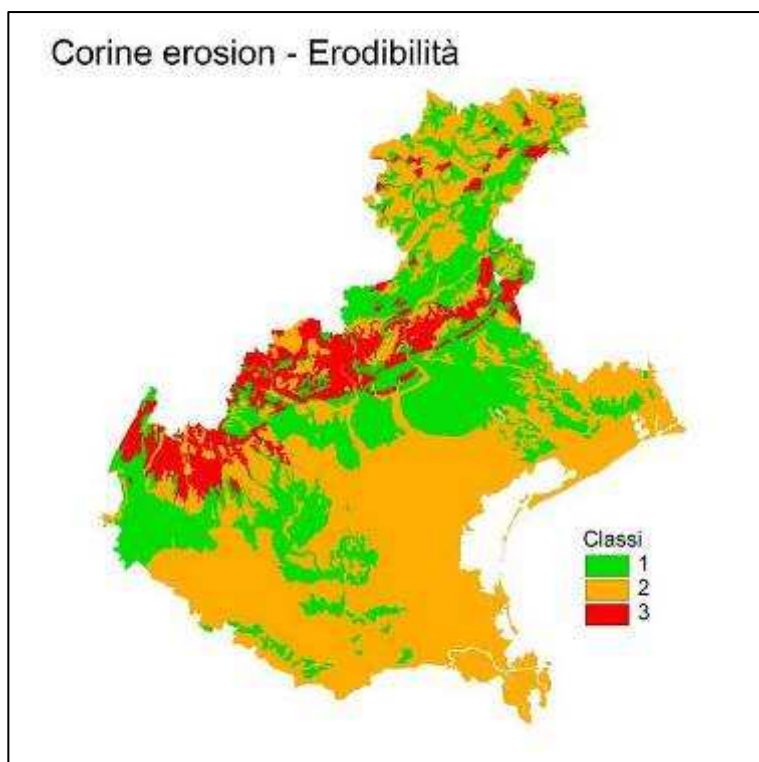


<i>Profondità del suolo</i>	
<i>Classi</i>	<i>Valori</i>
1	>75 cm
2	25-75 cm
3	<25 cm



Pietrosità superficiale	
Classi	Valori
1	>10%
2	<10%

Dall'incrocio delle tre precedenti carte si ottiene l'erosibilità del suolo, secondo le classi del modello Corine (fig 7).

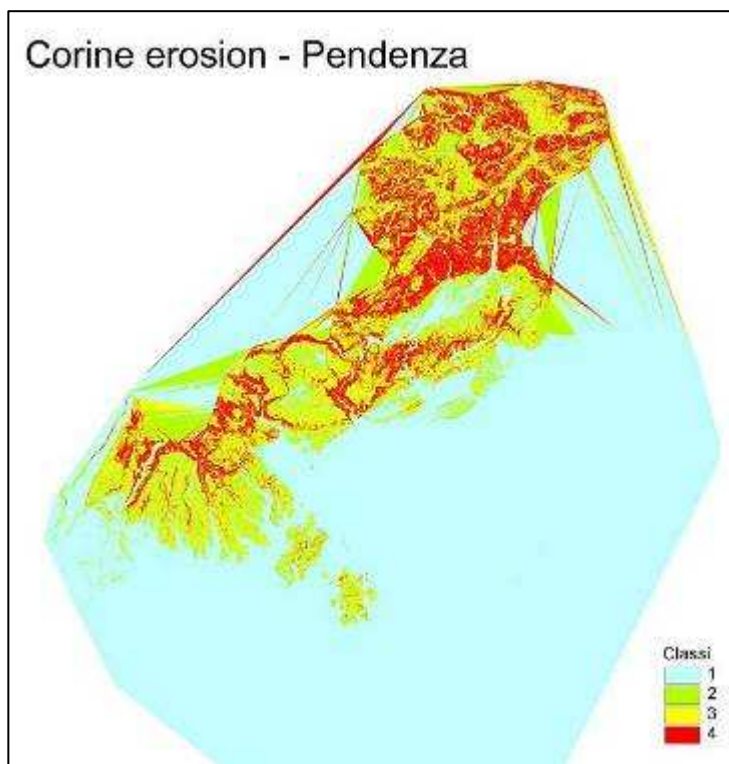


Erodibilità	
Classi	Valori
0	0
1	0-3
2	3-6
3	>6

Figura 7: Erodibilità del suolo, ottenuta dall'incrocio di tessitura, profondità e pietrosità superficiale.

6.3. Topografia

Per quanto riguarda il fattore topografico il modello Corine considera il fattore pendenza. Le classi di pendenza previste dal modello sono state ottenute utilizzando un modello digitale del terreno con risoluzione di 30 m e sono rappresentate in figura 8.



<i>Pendenza</i>	
<i>Classi</i>	<i>Valori</i>
1	<5%
2	5-15%
3	15-30%
4	>30%

Figura 8: Carta delle pendenze (DTM 30 m), riclassificata secondo il modello Corine erosion.

6.4. Rischio d'erosione potenziale

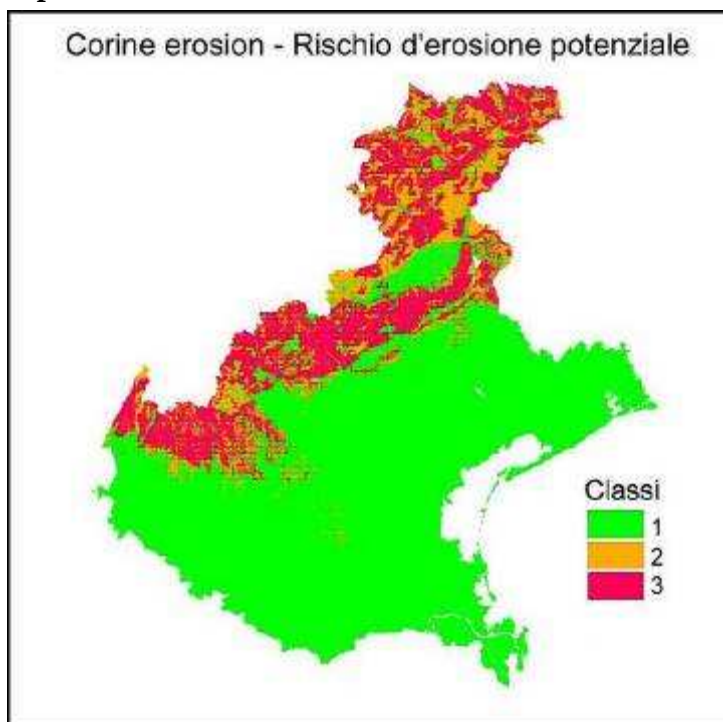


Figura 9: Rischio d'erosione potenziale, ottenuto dall'incrocio di erosività, erodibilità e pendenza.

Dall'incrocio degli strati di erosività, erodibilità e topografia (pendenza) si ottiene la carta del rischio di erosione potenziale (fig. 9), ossia il rischio erosivo che si avrebbe senza considerare l'azione attenuante della copertura del suolo. L'azione attenuante esercitata dalla copertura del suolo agisce sia sulla riduzione dell'azione battente della pioggia sulla superficie, sia impedendo lo scorrimento superficiale.

6.5. Copertura del suolo

La metodologia CORINE è stata definita all'inizio degli anni novanta quando non esisteva uno strato informativo sulla copertura del suolo per l'intera Europa. La classificazione per questo strato considera quindi due sole condizioni di copertura:

- suolo completamente protetto (prati, pascoli e vegetazione forestale), classe 0.5;
- suolo non completamente protetto (prevalentemente superfici coltivate), classe 1.

La classificazione del territorio regionale secondo queste due classi è stato ricavato dallo strato informativo Corine Land Cover 2000 (fig.10), dove le classi delle superfici artificiali (classe 1 del I° livello del CLC), della roccia nuda e delle acque, sono state considerate come classi di non suolo.

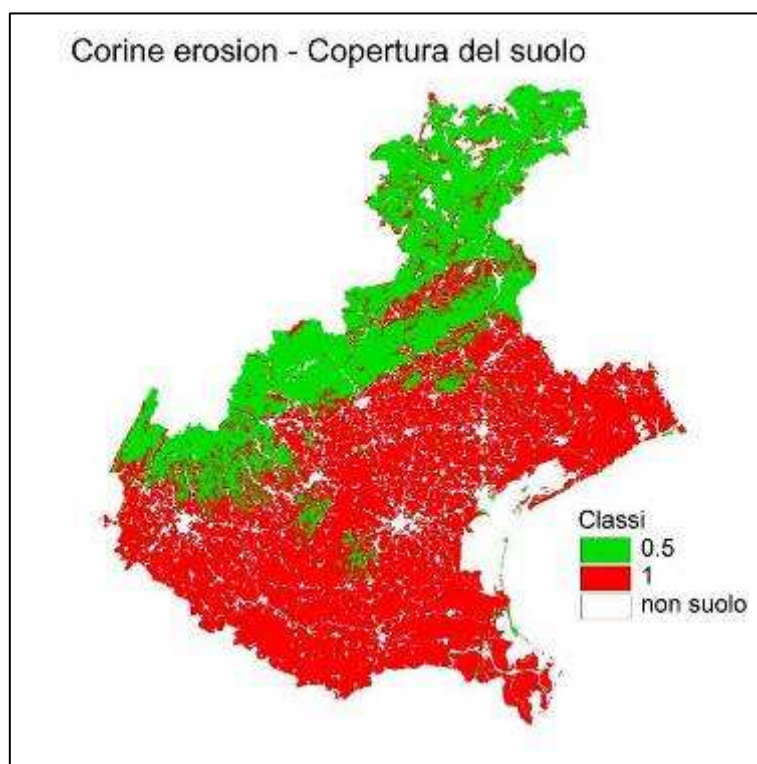


Figura 10: Copertura del suolo, riclassificata secondo il modello Corine erosion.

6.6. Rischio d'erosione attuale

Il rischio d'erosione potenziale, viene incrociato con lo strato relativo alla copertura del suolo. Ne risulta la carta del rischio d'erosione attuale (fig. 11), notevolmente attenuato rispetto a quello potenziale, dall'azione della copertura. Questo è particolarmente evidente nelle aree montane, penalizzate dall'elevata pendenza, ma allo stesso tempo protette da vegetazione arborea.

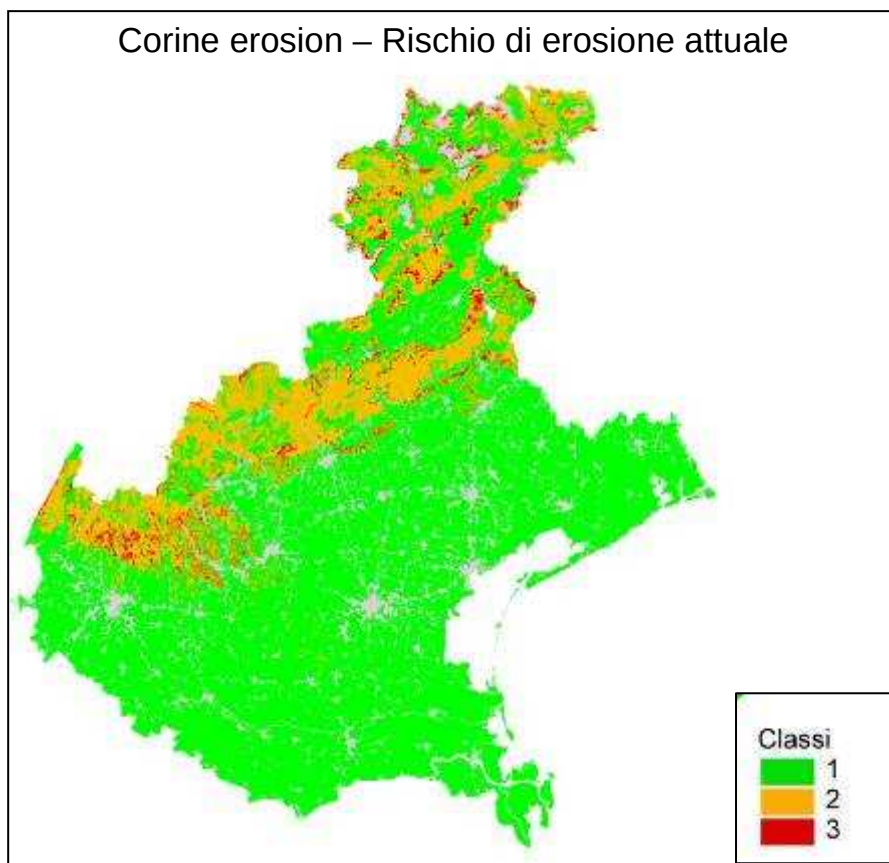


Figura 11: Rischio d'erosione attuale, ottenuto dall'incrocio del rischio d'erosione potenziale e della copertura del suolo.

6.7. Considerazioni sui risultati dell'applicazione del modello

Il modello CORINE-Erosion presenta tra i suoi principali vantaggi quello della facilità d'impiego e della bassa richiesta di dati di input, particolarmente per quanto riguarda i dati climatici. Va sottolineato che dei due indici, quello di Bagouls Gaussen, risulta poco sensibile a descrivere la situazione climatica del Veneto; questo è dovuto al fatto che il modello è stato sviluppato per essere applicato a paesi europei con climi mediterranei, dove l'indice di aridità risulta un aspetto molto significativo. Un altro aspetto debole del modello riguarda il fatto che il risultato è grossolano e puramente di tipo qualitativo e porta ad una netta sottoutilizzazione dei dati disponibili, relativamente a tutti gli strati informativi coinvolti (clima, suolo, topografia, copertura). Va d'altro canto sottolineato che il risultato di questa elaborazione risulta molto “leggibile” ed è adatto a scopi divulgativi o alla creazione di indici sintetici.

7. APPLICAZIONE DEL MODELLO USLE

Il modello USLE - Universal Soil Loss Equation (Wischmeier e Smith, 1965, 1978), è uno dei modelli predittivi sull'erosione dei suoli maggiormente utilizzati a livello mondiale. E' un modello quantitativo, ossia fornisce la quantità di suolo asportata dall'erosione idrica espressa in tonnellate/ettaro/anno. Tale quantità è espressa dal risultato della seguente equazione:

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

dove:

A: tonnellate/ettaro/anno di suolo asportato dall'erosione idrica;

R: erosività delle precipitazioni;

K: erodibilità del suolo;

L: lunghezza del versante,

S: pendenza del versante;

C: fattore di copertura del suolo.

Ognuno di questi fattori si ottiene applicando degli algoritmi elaborati, empiricamente sulla base dei dati ottenuti nelle parcelle sperimentali.

7.1. Fattore R – erosività delle piogge

I fattori considerati dalle equazioni variano considerevolmente al variare dei singoli eventi piovosi che sono alla base dell'erosione idrica superficiale; tuttavia gli effetti di tali variazioni casuali tendono a ridursi se le stime della perdita di suolo vengono protratte per periodi sufficientemente lunghi e considerando quindi l'insieme degli eventi piovosi verificatisi in tali periodi.

Il Centro Meteorologico di Teolo ha stimato il fattore R, attraverso un'approfondita analisi di tutti gli eventi piovosi succedutisi dal 1992 al 2004 nelle diverse stazioni pluviometriche.

I depositi di materiale eroso che sono facilmente osservabili in seguito agli eventi di precipitazione particolarmente violenti, fanno talvolta ritenere che l'erosione idrica del suolo sia associata principalmente a tali eventi e che quindi, in pratica, la quantità di materiale eroso segua semplicemente una funzione legata alle intensità di punta delle precipitazioni. In realtà, un fattore chiamato a stimare le perdite medie annuali di suolo deve tenere conto anche degli effetti cumulativi prodotti da eventi piovosi di media intensità oltre che di quelli più forti ma, per loro stessa natura, più occasionali.

Il potere erosivo di un evento piovoso, pertanto, risulta proporzionale ad un fattore detto "indice di erosività" (EI_{30}) che rappresenta il prodotto fra l'energia cinetica totale (E) dell'evento piovoso e l'intensità di pioggia (I_{30} – espressa in mm h^{-1}) calcolata nei 30 minuti durante i quali si è registrato il maggior afflusso di precipitazione.

L'energia cinetica di un certo ammontare di precipitazione dipende dalla dimensione e dalla velocità di impatto con il terreno delle gocce di pioggia: entrambi questi fattori sono direttamente correlabili all'intensità di precipitazione. Revisioni successive dell'USLE, operate da autori diversi (Renard *et al.*, 1997) che hanno prodotto appunto una versione rivista di tale equazione (RUSLE) riportano una relazione fra energia cinetica ed intensità della pioggia di questo tipo:

$$E = 0.29[1 - 0.72 \exp(-0.05i_m)]$$

dove:

E: energia cinetica espressa in MegaJoule per ettaro di superficie e per mm di precipitazione caduta;

i_m : intensità di pioggia espressa in mm h^{-1} .

Tale relazione si deve a Brown e Foster (1987) e meglio si adatta alle precipitazioni di debole intensità tipiche dell'ambiente Veneto, soprattutto nella stagione autunno-invernale. L'energia totale di un evento piovoso deriva pertanto dalla quantità di pioggia caduta ma anche dalla diversa intensità di precipitazione registrate nel corso del medesimo evento. L'“indice di erosività” (EI_{30}), rappresenta quindi una sintesi dei fattori “intensità” e “durata” che meglio esprime il potenziale erosivo di un evento piovoso: in pratica EI_{30} tende a mettere in evidenza come l'energia totale delle gocce di pioggia si combini con l'intensità di punta dello stesso evento. Si tratta quindi di una valutazione globale della capacità della pioggia di determinare da un lato il distacco delle particelle di terreno e, dall'altro, il loro trasporto lungo le linee di deflusso, in seguito allo scorrimento superficiale. La dimensione media delle gocce di pioggia tende ad aumentare al crescere dell'intensità di precipitazione e la velocità d'impatto con il terreno delle gocce tende ad aumentare al crescere delle dimensioni delle gocce stesse. Gli autori ritengono comunque che ad intensità superiori a 76 mm h^{-1} , la dimensione e la velocità di caduta delle gocce non subiscano ulteriori incrementi. Per il calcolo del fattore E si adotta quindi come limite massimo di i_m il valore di 76 mm h^{-1} , cioè, in pratica per tutte le intensità del limite indicato, si adotta un valore di E pari a quello ottenuto considerando intensità pari a 76 mm h^{-1} .

L'energia totale dell'evento piovoso, pertanto, può essere calcolata disponendo di un pluviometro registratore che consenta di determinare le intensità di precipitazione anche per periodi di tempo molto brevi, dell'ordine ad esempio, dei 5 minuti. In tal modo, suddividendo l'evento piovoso in porzioni di durata uniforme, all'interno delle quali si può ritenere che l'intensità di precipitazione rimanga pressoché costante, è possibile, tramite la relazione sopra indicata, calcolare la quantità di energia E per ognuna di tali porzioni in base alle quantità di precipitazione caduta. Se cioè in 5 minuti sono caduti 3 mm di pioggia (pari ad una intensità di 36 mm h^{-1}), l'energia di questa porzione di evento piovoso sarà pari a:

$$E = 0.29[1 - 0.72 \exp(-0.05 * 36)]$$

cioè a 0,26 MJ per ha di superficie per mm di precipitazione caduta.

Poiché in realtà la quantità di pioggia caduta in quei 5 minuti è stata pari a 3 mm l'energia effettiva risulta pari a $0,26 * 3$ cioè a 0,78 MJ per ha di superficie. Sommando le quantità di energia relative a tutti gli altri periodi di 5 minuti in cui può essere suddiviso l'evento piovoso, si perviene alla determinazione dell'energia totale E . Tale valore va poi moltiplicato per I_{30} (così come sopra definito) onde ottenere il valore di EI_{30} che costituisce quindi l'indice di erosività di quel particolare evento piovoso.

Qualora la precipitazione si protragga per un tempo inferiore ai 30 minuti, gli autori della metodologia suggeriscono di adottare al posto di I_{30} un valore pari al doppio della quantità totale della pioggia caduta in quell'episodio. Inoltre, come si è detto, la dimensione e la velocità di caduta delle gocce non crescono indefinitamente al crescere dell'intensità di pioggia, si è ritenuto di porre il limite per la determinazione di I_{30} , di $63,5 \text{ mm h}^{-1}$. Piogge con intensità maggiore sono comunque molto rare nella Regione Veneto, per cui l'adozione di tale limite dovrebbe influenzare scarsamente il computo finale.

Sommando i valori di EI_{30} determinati per ogni evento piovoso di ogni anno che si vuole prendere in considerazione e dividendo il totale per il numero di anni si ottiene il valore R che corrisponde all'erosività media annuale delle precipitazioni e risulta quindi pari a:

$$R = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \left[\sum_{k=1}^m (E)(I_{30})_k \right]$$

dove:

E ed I_{30} sono già stati definiti;

n : numero di anni presi in considerazione per calcolare la media;

k : numero di eventi piovosi presi in considerazione per ogni anno in esame.

Gli autori della metodologia suggeriscono di omettere dal calcolo del fattore R piogge di ammontare complessivo inferiore a 12,7 mm, a meno che non si registrino almeno 6,4 mm in 15 minuti. Per separare due eventi di precipitazione è necessario un periodo di 6 ore in cui cadono meno di 1,3 mm.

Determinazione del fattore R per le stazioni del Veneto.

I file predisposti per la determinazione dell'Indice Modificato di Fournier con i dati di precipitazione registrati ogni 5 minuti e ricostruiti con il metodo citato che fa riferimento all'inverso del quadrato della distanza dalla stazione da ricostruire, sono stati altresì utilizzati per il calcolo del fattore " R ". Con apposite procedure informatiche, si sono innanzitutto estrapolati tutti gli eventi rispondenti alle caratteristiche previste dalla metodologia di calcolo della RUSLE: in pratica quindi, come sopra descritto, sono stati considerati solamente gli eventi di precipitazione di ammontare superiore a 12,7 mm (a meno che non si siano registrati almeno 6,4 mm in 15 minuti), per individuare due eventi distinti, si sono considerati i periodi di tempo di almeno 6 ore durante i quali la precipitazione caduta non abbia superato gli 1,3 mm. Successivamente, per ogni evento individuato, sono stati determinati i parametri E ed I_{30} e, quindi, è stato calcolato il fattore R di ogni anno dividendo la somma degli EI_{30} , per il numero di eventi considerati nel medesimo anno.

Di seguito si riporta, a titolo esemplificativo una tabella relativa alla stazione di Castelfranco Veneto e agli eventi del solo anno 1992.

Stazione:	102	Castelfranco Veneto (TV)
Coordinate Gauss-Boaga X:	1729544	Y: 5064403
N°anni osservazione:	13	Quota: 50 m s.l.m. (1992-2004)

Anno	Evento		Cumulata	E	I30	EI30
	Inizio	fine				
1992	01/04/1992 13.20.01	01/04/1992 22.20.00	13,6	1,949	4,40	17,154
1992	05/04/1992 05.35.01	05/04/1992 16.00.00	18,0	2,074	2,80	11,612
1992	16/04/1992 15.25.01	16/04/1992 22.05.00	15,6	2,092	3,80	15,899
1992	30/05/1992 18.10.01	30/05/1992 18.45.00	23,2	6,232	22,80	284,167
1992	10/06/1992 13.55.01	10/06/1992 14.25.00	10,8	2,473	10,80	53,413
1992	19/06/1992 21.00.01	20/06/1992 02.40.00	70,8	16,895	31,60	1067,756
1992	25/06/1992 14.05.01	25/06/1992 14.55.00	12,4	2,922	11,20	65,459
1992	05/07/1992 16.10.01	05/07/1992 18.05.00	13,6	2,436	7,40	36,057
1992	11/07/1992 08.00.01	11/07/1992 20.15.00	69,8	16,002	22,20	710,511
1992	12/07/1992 22.25.01	13/07/1992 02.25.00	49,6	11,247	25,40	571,350
1992	04/08/1992 20.15.01	04/08/1992 20.45.00	27,6	7,506	27,60	414,357
1992	10/08/1992 10.40.01	10/08/1992 11.05.00	28,4	7,915	29,00	459,091
1992	15/08/1992 01.35.01	15/08/1992 02.50.00	19,8	4,746	15,20	144,278
1992	01/09/1992 03.25.01	01/09/1992 03.40.00	6,8	1,624	6,80	22,088
1992	23/09/1992 04.50.01	23/09/1992 05.25.00	16,4	3,934	14,80	116,442
1992	03/10/1992 02.55.01	03/10/1992 08.55.00	20,8	3,255	6,20	40,364
1992	03/10/1992 19.45.01	04/10/1992 15.00.00	92,6	14,042	6,60	185,350
1992	04/10/1992 23.40.01	05/10/1992 11.15.00	29,0	4,641	6,80	63,112
1992	17/10/1992 05.05.01	17/10/1992 15.35.00	26,0	3,419	5,00	34,189
1992	15/11/1992 20.25.01	16/11/1992 14.45.00	31,8	3,819	3,40	25,967
1992	05/12/1992 21.05.01	06/12/1992 02.00.00	19,6	2,544	3,40	17,302
1992	07/12/1992 20.30.01	08/12/1992 17.05.00	50,0	6,120	4,00	48,957
R relativo all'anno 1992						4405

Per ogni stazione, è stata prodotta una tabella di sintesi che riporta, per ciascun anno di osservazione, il calcolo del fattore “R”. La media pluriennale dei singoli valori, costituisce il valore utilizzato per la classificazione del fattore “R” in ambito regionale.

Di seguito si riporta a titolo esemplificativo, la tabella riepilogativa riguardante la stazione di Castelfranco Veneto.

Stazione:	102	Castelfranco Veneto (TV)	
Coordinate Gauss-Boaga X:	1729544	Y:	5064403
Quota:	50	m s.l.m.	
N°anni osservazione :	13	(1992-2004)	

anno	% funz. sensore	N° eventi	Precipitazione			R
			degli eventi	totale anno	% ⁽¹⁾	
1992	89,1	22	666,2	1073,2	62,1	4405
1993	100,0	18	386,4	636,2	60,7	1280
1994	100,0	25	535,4	842,4	63,6	2298
1995	100,0	29	743,8	1127,8	66,0	3568
1996	98,9	31	724,6	1110,0	65,3	2660
1997	100,0	20	521,0	777,6	67,0	1762
1998	100,0	21	628,0	948,0	66,2	3980
1999	99,7	21	555,8	896,8	62,0	1328
2000	99,2	24	719,2	1065,6	67,5	2167
2001	100,0	28	581,6	934,4	62,2	2496
2002	100,0	35	1111,2	1512,6	73,5	4839
2003	100,0	18	479,2	787,2	60,9	1076
2004	99,9	28	849,0	1287,4	65,9	2743
Media	99,0	25	654,0	999,9	64,8	2662

⁽¹⁾ Frazione della precipitazione annua che ha contribuito al calcolo del fattore R

Nella seguente cartografia viene riportata la distribuzione in ambito regionale del fattore “R” (fig. 12).

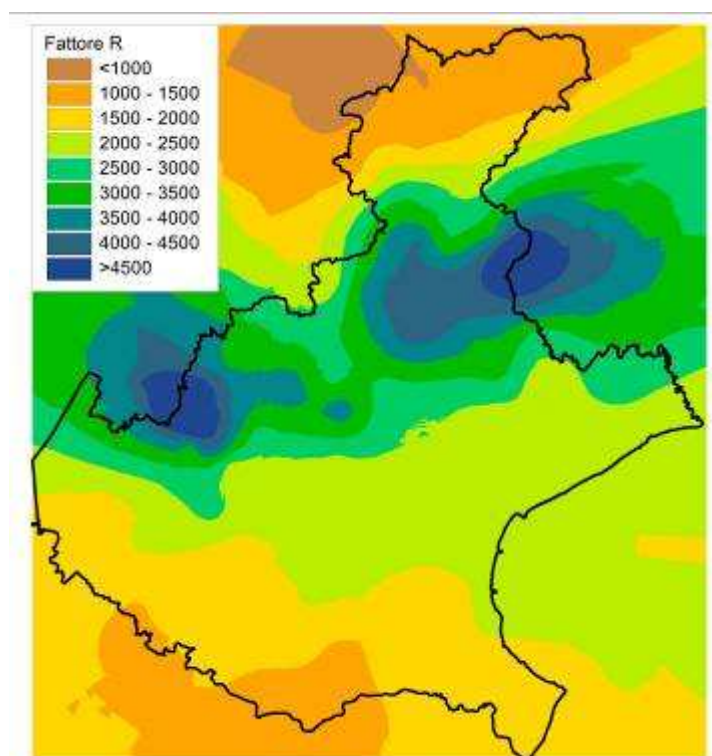


Figura 12: Fattore medio di erosività annuale (R).

7.2. Fattore K – erodibilità del suolo

Il fattore *K* rappresenta l’erodibilità dei suoli, ovvero la suscettibilità dei suoli ad essere erosi. Sulla base di quanto indicato dall’Handbook 703 “Predicting soil erosion by water: a guide to conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation” (Renard *et al.*, 1997) il fattore *K* dipende da diverse caratteristiche del suolo, considerate nella seguente equazione:

$$K=[2.1*10^{-4}(12-OM)*M^{1.14}+3.25(s-2)+2.5(p-3)]/100$$

dove:

OM: percentuale di sostanza organica dell’orizzonte superficiale;

M: percentuali tessiturali, parametro (sabbia, sabbia molto fine, argilla e limo);

s: classe di struttura;

p: classe di permeabilità.

Tutti i parametri del suolo sono stati estratti dalla banca dati delle Unità Tipologiche di Suolo (UTS) della carta dei suoli in scala 1:250.000 e adattati alla forma richiesta dall’equazione. Dato che ogni Unità Cartografica (UC) della carta è descritta in termini di più tipologie di suolo (fino a un massimo di sei), è stato attribuito ad ogni UC un valore *K* ottenuto dalla media ponderata sulla percentuale di presenza dei fattori *K* delle singole tipologie di suolo presenti, come evidenziato nelle figure 13 e 14.

Microsoft Access - [Q_Erosione_2: Query di selezione]

File Modifica Visualizza Inserisci Formato Record Strumenti Finestra

Main Sistema di decodifica Scheda Altro

ID_ARM	ID_UTS	ambiente	N_Oil	COD_U	soess_mod	tess_A_mod	tess_ST_mod	tess_SMF_mod	strutt_dinfor	carbonic	perm_or	K_si
RV3	ADE1	A	1	Ap	40	22	40	10	S3	1,6507	5	0,00522
RV3	ALN1	A	1	Ap	60	40	22	11	S3	0,84	3	0,03511
RV3	ALP1	P	1	A	30	16	27	5	S1	4,42	5	0,01334
RV3	ALR1	A	1	Ap	30	13	60	17	S3	2,03	4	0,04465
RV3	ALV1	A	1	Ap	60	30	10	5	S3	1,25	4	0,04587
RV3	ANN1	A	1	Ap	45	16	27	10	S5	1,0552	4	0,05348
RV3	ANZ1	P	1	Ap	40	30	18	6	S4	1,83	4	0,04161
RV3	ARD1	C	1	Ap	40	22	32	15	S2	1,1167	4	0,05196
RV3	AUN1	M	1	A	20	35	18	7	S3	4,17	4	0,01593
RV3	AUR1	M	1	A	10	23	44	0	S3	3,5	5	0,01596
RV3	BAN1	C	1	A	15	21	44	5	S3	2,16	4	0,03392
RV3	BAN1	A	1	Ap	65	10	66	6	S3	0,45	6	0,00922
RV3	BCC1	P	1	A	12	22	40	10	S1	2,93	4	0,02706
RV3	BDT1	M	1	A	15	32	38	0	S2	2,45	5	0,00346
RV3	BDV1	M	1	A	10	26	38	0	S3	6,42	4	0,01264
RV3	BDV2	P	1	A	13	17	43	0	S2	4,09	5	0,01385
RV3	BIS1	A	1	Ap	40	25	18	9	S4	1,0749	4	0,05429
RV3	BLD1	A	1	Ap	40	30	22	15	S2	4,8758	4	0,01548
RV3	BNL1	A	1	Ap	60	35	6	5	S4	1,18	4	0,04338
RV3	BOD1	A	1	Ap	45	20	45	25	S4	0,64	4	0,05590
RV3	BOR1	A	1	Ap	25	15	20	14	A2	1,3	4	0,05541
RV3	ERE1	C	1	Ap	35	34	29	10	S4	1,01	4	0,03570
RV3	ERH1	M	1	A	7	25	15	0	S3	9,45	4	0,00100
RV3	ERN1	P	1	A	10	34	25	5	S2	5,55	4	0,01596
RV3	ERO1	P	1	Ap	65	25	00	7	A2	2,34	5	0,02444
RV3	ESL1	A	1	Ap	40	16	60	0	S2	1,05	5	0,02548
RV3	EUL1	C	1	A	20	7	73	15	S4	1,74	5	0,03542
RV3	EUR1	A	1	An	45	25	42	0	S4	1,96	4	0,02760

Figura 13: Calcolo del fattore K nelle Unità Tipologiche di Suolo (UTS)

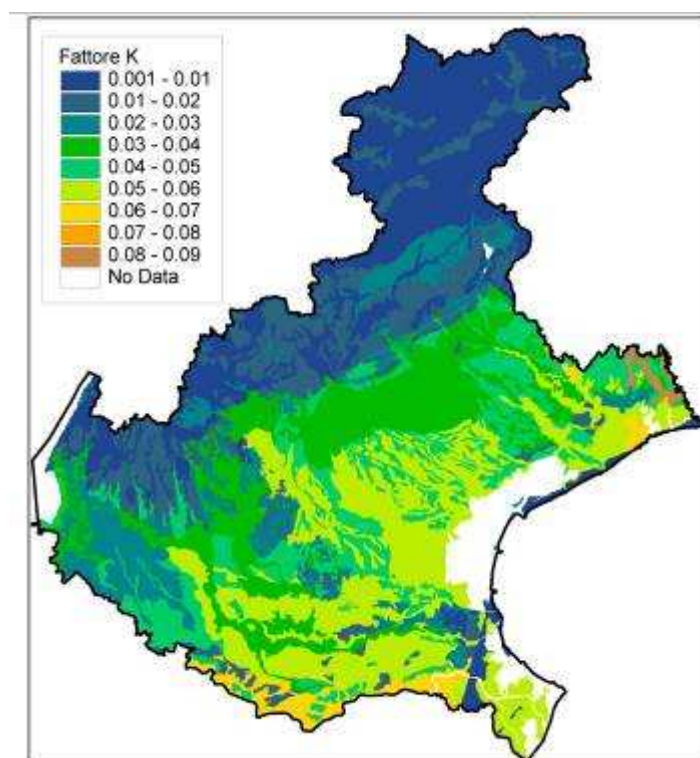


Figura 14: Fattore K per i suoli del Veneto.

7.3. Fattore LS –lunghezza e pendenza

Il fattore LS è funzione della lunghezza e della pendenza delle superfici. Se per un verso, grazie ad un preciso DTM, il fattore S è calcolabile abbastanza semplicemente (fig. 16), il fattore L è difficilmente quantificabile. Esso è un elemento importante in quanto incide sull'energia cinetica che l'acqua acquisisce scorrendo in superficie e quindi sulla sua capacità di asportazione del suolo;

una delle difficoltà nella sua determinazione sta nel dover considerare elementi quali strade, fossi e interruzioni di pendenza, che rappresentano punti di discontinuità nella lunghezza del versante e che incidono quindi sulle dinamiche di scorrimento dell'acqua.

Per ottenere valori di L il più vicini possibile alla situazione reale si è optato non per la formula prevista dalla metodica ufficiale (Wischmeier e Smith, 1965, 1978) ma per quella proposta da Moore e Burch (1986a e 1986b):

$$LS = (A_s/22,13)^m (\sin \beta / 0,0896)^n$$

con $m = 0,4$, $n = 1,3$ e $A_s = \text{specific catchment area}$ (A/b , vedi figura)

dove $L = (A_s/22,13)^m$ e $S = (\sin \beta / 0,0896)^n$

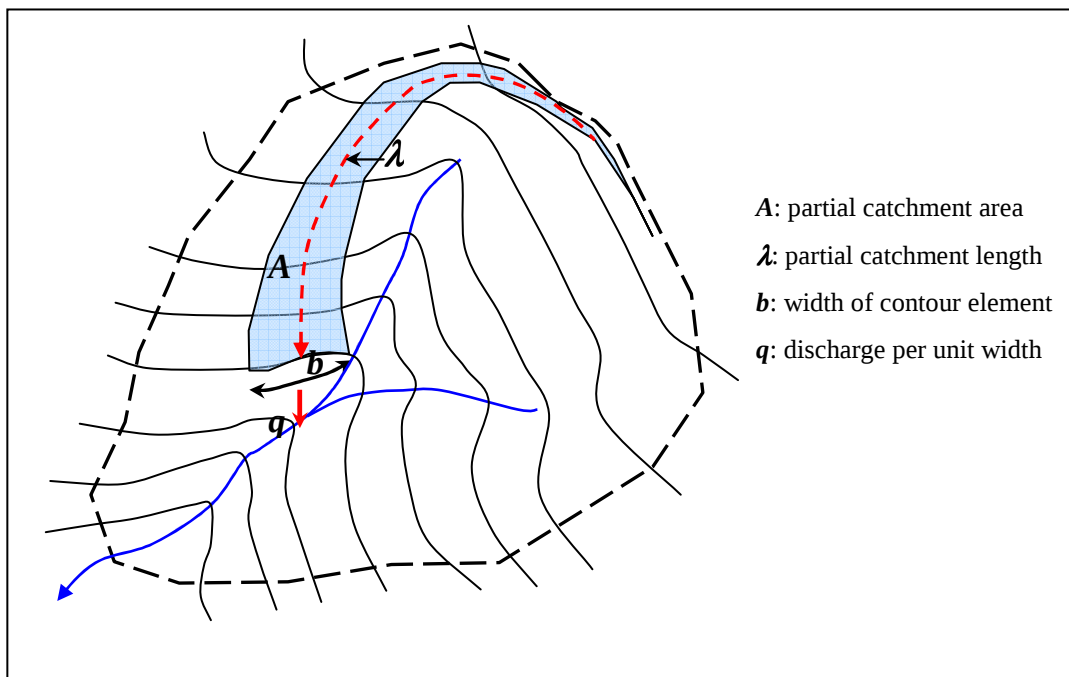


Figura 15: Identificazione della specific catchment area.

Moore e Burch (1986) non considerano la semplice lunghezza unidimensionale del versante ma ricorrono al concetto di *specific catchment area* (fig. 15), definita come rapporto tra l'area di un elemento del bacino, sottobacino (o versante o parte di esso) e la larghezza della sua parte terminale (dimensionalmente si tratta quindi di una lunghezza e non di un'area). L'area dell'elemento considerato è data dal prodotto tra la lunghezza di un elemento topografico del bacino (o del versante o di parte di esso) e la larghezza della sua parte terminale, moltiplicati per un fattore di forma maggiore, minore o pari a 1 a seconda che l'elemento considerato sia convergente, divergente o rettangolare.

Per il calcolo è stato utilizzato il DTM con risoluzione 30 m mentre la *specific catchment area* è stata determinata attraverso il tool *Hydrology* di ArcGis.

L'utilizzo di questo metodo per il calcolo del fattore L porta ad una sicura sovrastima del suo valore in quanto non tiene conto di eventuali "trappole di sedimenti" presenti lungo il versante. Questo è probabilmente il limite maggiore riscontrabile nell'applicazione del modello USLE su superfici di dimensioni molto diverse rispetto alle parcelle utilizzate da Wischmeier per tarare il modello (22,6 metri di lunghezza). Per ridurre alcuni vistosi fenomeni di sovrastima si è deciso di limitare la lunghezza massima del versante a 450m, valore comunque ancora probabilmente sovrastimato (fig. 17).

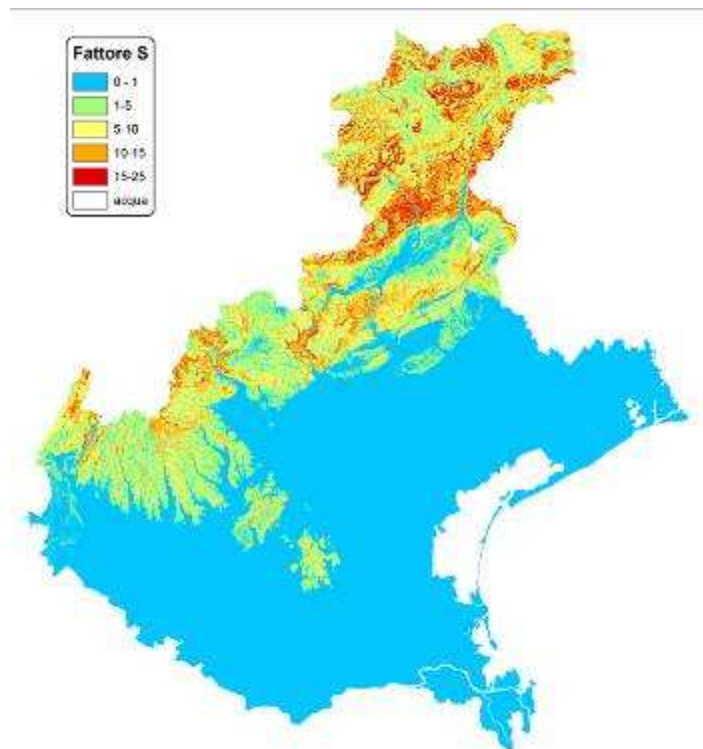


Figura 16: Fattore S per il Veneto.

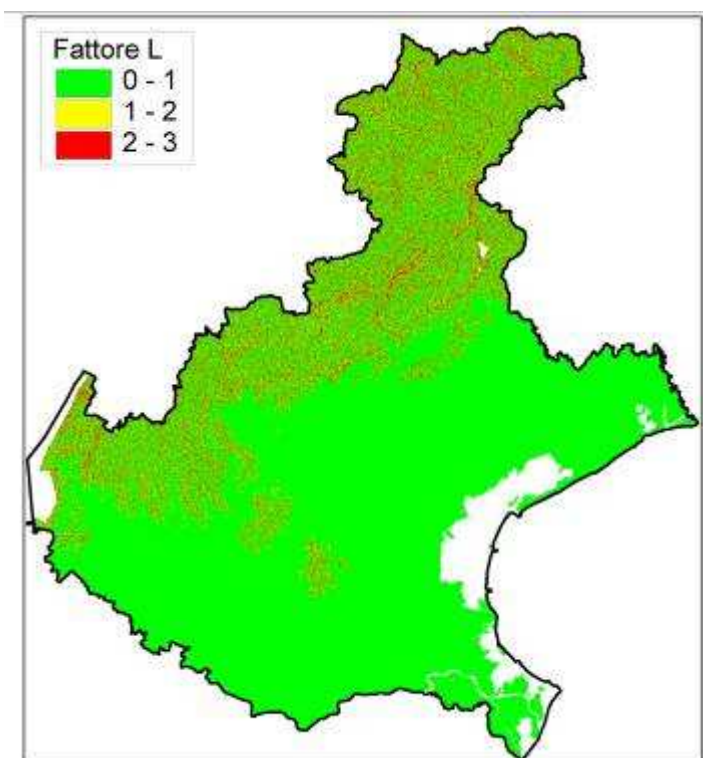


Figura 17: Fattore L per il Veneto.

7.4. Rischio d'erosione potenziale

Al pari del modello CORINE erosion anche con l'equazione universale, dalla moltiplicazione dei fattori precedentemente calcolati, si ottiene il rischio d'erosione potenziale, che non considera il fattore attenuante esercitato dalla copertura del suolo. Il risultato è rappresentato in figura 18.

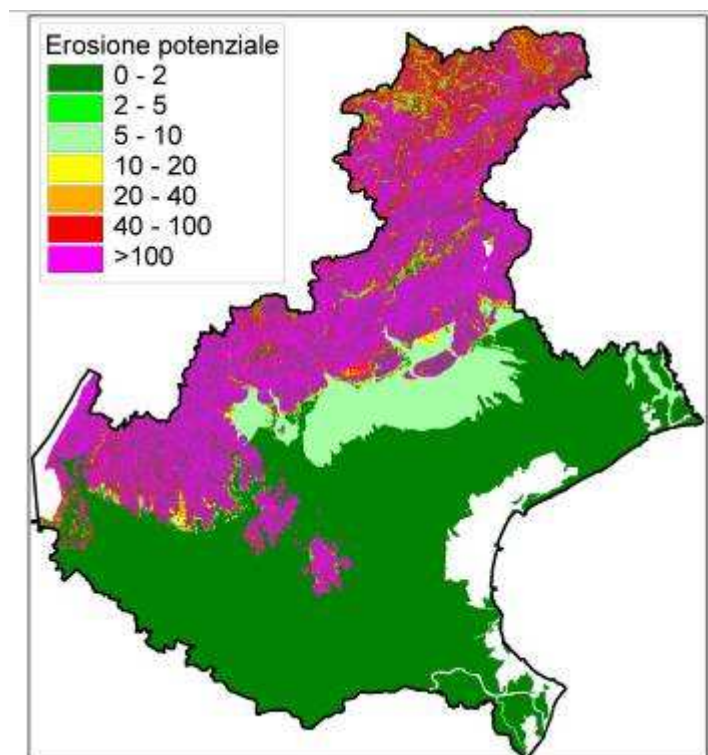


Figura 18: Rischio di erosione potenziale, secondo il modello USLE espresso in t/ha/anno.

7.5. Fattore C – copertura del suolo

Il fattore C è legato al tipo di copertura del suolo. E' un fattore dal calcolo complesso, variabile nel tempo e che richiede una grossa mole di informazioni sui parametri e sulle pratiche colturali. In questa applicazione del modello USLE, in assenza di una base dati riferibile all'uso del suolo e al suo variare nel tempo, si sono utilizzate le classi del Corine Land Cover 2000 correlabili a valori del fattore C, secondo relazioni ricavate da bibliografia (Bazzoffi, 2007, Bartolini *et al.*, 2004, Rousseva e Stefanova, 2006, Suri *et al.*, 2002, Wischmeier. e Smith, 1978). E' stato comunque calcolato con la metodica ufficiale il valore del fattore C per il mais, coltura molto diffusa sul territorio regionale, per verificare l'attendibilità della relazione utilizzata.

Il fattore C del territorio regionale ottenuto applicando la tabella 3 è rappresentato in figura 19.

Tabella 3: Correlazione tra classi del CLC 2000 e fattore C per il Veneto.

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

223	Oliveti	0,120
231	Prati stabili (foraggiere permanenti)	0,005
241	Colture 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

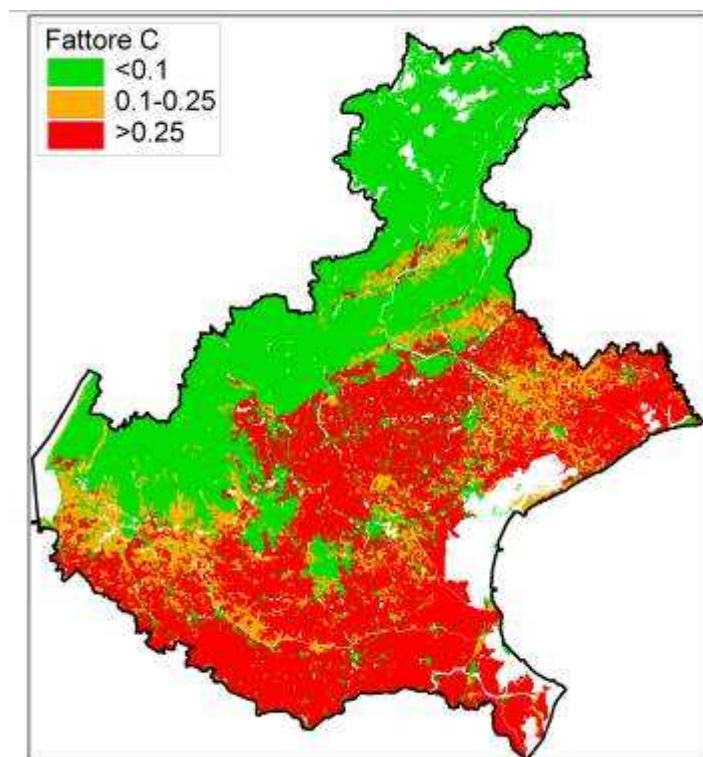


Figura 19: Fattore C per il Veneto.

7.6. Rischio d'erosione attuale

Il calcolo del rischio d'erosione attuale dei suoli (fig. 20) prende in considerazione il fattore attenuante della copertura che, come già detto, agisce sia riducendo l'energia cinetica delle precipitazioni sia quella derivante dallo scorrimento superficiale delle acque. Anche in questo caso, la forte azione attenuante si riscontra nelle zone montane, dove la copertura di vegetazione forestale ha un'altissima funzione protettiva nei confronti dell'erosione.

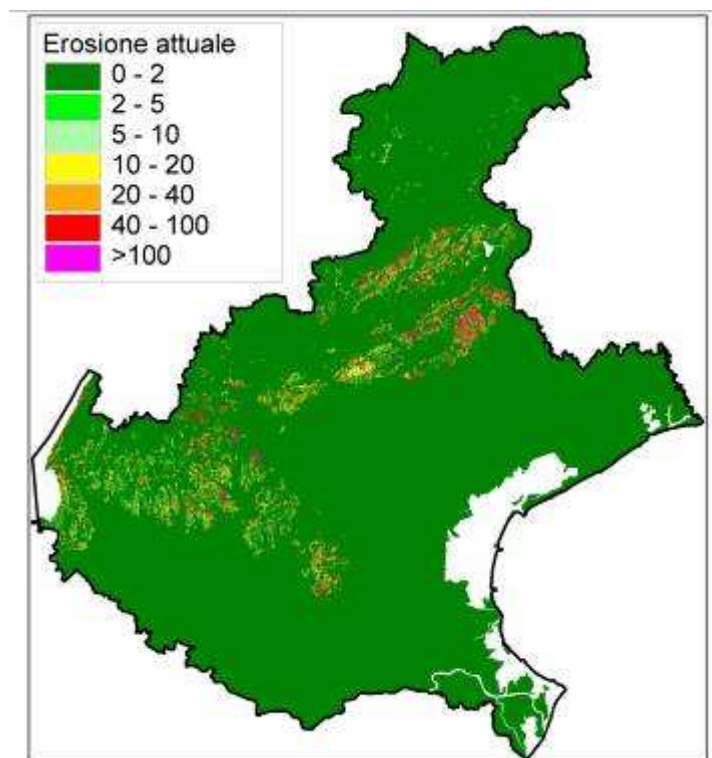


Figura 20: Rischio di erosione attuale secondo il modello USLE espresso in t/ha/anno.

7.7. Considerazioni sui risultati dell'applicazione del modello

I risultati ottenuti dall'applicazione del modello USLE sembrano corrispondere a quello che si riscontra nell'esperienza di campo. La perdita di suolo, che comunque mantiene valori limitati su tutto il territorio regionale, si concentra perlopiù nella fascia collinare pedemontana, dove le superfici, oltre ad avere pendenza non trascurabile, sono anche coltivate. L'entità del fenomeno risulta invece marginale sia in pianura che nelle zone di montagna protette da vegetazione forestale.

7.8. Classificazione dei comuni in base al rischio di erosione

Per avere una quantificazione del fenomeno si ritiene interessante determinare la percentuale di superficie interessata da erosione di ogni comune del Veneto, scegliendo un valore soglia da considerarsi tollerabile (t/ha/anno di suolo asportato). L'erosione infatti è da considerarsi anche un fenomeno naturale e sostenibile fino ad una certa intensità, sebbene sia fortemente influenzato dall'attività umana. In tale contesto si è considerata tollerabile una perdita di suolo pari a 6 t/ha secondo quanto definito dall'OCSE (2001 e 2004) per i suoli agricoli.

In tabella 4 sono elencati tutti i comuni del Veneto, divisi per province, che presentano superfici con quantità di erosione non tollerabile e la rispettiva percentuale sul totale comunale (in tabella sono riportati solo i comuni per i quali più del 2% della superficie è interessata da erosione non tollerabile) escludendo dalla superficie totale tutte le aree coperte da acqua (es. lago di Garda, laguna di Venezia, ecc.). Sono stati evidenziati in verde tutti i comuni con meno del 5% del territorio comunale soggetto a fenomeni di erosione non tollerabile, in giallo quelli con superficie

tra il 5 e il 10% e in arancione quelli con almeno il 10% di superficie con erosione superiore alle 6t/ha/anno.

Tabella 4: Comuni interessati da erosione non tollerabile e rispettiva percentuale di superficie.

BELLUNO			
Codice ISTAT	Comune	Provincia	% superficie comunale con erosione non tollerabile
25002	Alano di Piave	BL	7,9
25004	Arsie'	BL	6,4
25006	Belluno	BL	21,4
25010	Cencenighe Agordino	BL	10,1
25011	Cesiomaggiore	BL	13,2
25012	Chies d'Alpago	BL	6,9
25020	Farra d'Alpago	BL	6,4
25021	Feltre	BL	18,8
25022	Fonzaso	BL	8,1
25028	Lentiai	BL	9,0
25029	Limana	BL	18,4
25034	Mel	BL	19,2
25036	Pedavena	BL	23,7
25038	Pieve d'Alpago	BL	9,3
25040	Ponte nelle Alpi	BL	17,6
25041	Puos d'Alpago	BL	15,0
25042	Quero	BL	5,3
25045	San Gregorio nelle Alpi	BL	18,1
25049	San Tomaso Agordino	BL	11,7
25048	Santa Giustina	BL	24,3
25053	Sedico	BL	11,1
25055	Seren del Grappa	BL	5,4
25056	Sospirolo	BL	3,4
25058	Sovramonte	BL	4,6
25060	Tambre	BL	5,4
25061	Trichiana	BL	14,5
25067	Voltago Agordino	BL	3,3
PADOVA			
Codice ISTAT	Comune	Provincia	% superficie comunale con erosione non tollerabile
28005	Arqua' Petrarca	PD	36,0
28009	Baone	PD	36,3
28011	Battaglia Terme	PD	5,7
28031	Cinto Euganeo	PD	29,3
28037	Este	PD	3,8
28040	Galzignano Terme	PD	13,6
28047	Lozzo Atestino	PD	7,0
28057	Montegrotto Terme	PD	8,7
28071	Rovolon	PD	10,0
28089	Teolo	PD	20,2
28092	Torreglia	PD	23,7
28105	Vo'	PD	31,7

Segue Tabella 4

TREVISO			
Codice ISTAT	Comune	Provincia	% superficie comunale con erosione non tollerabile
26003	Asoło	TV	26,7
26004	Borso del Grappa	TV	23,6
26006	Caerano di San Marco	TV	10,7
26007	Cappella Maggiore	TV	52,2
26011	Castelcucco	TV	45,6
26014	Cavaso del Tomba	TV	25,3
26018	Cison di Valmarino	TV	21,0
26020	Colle Umberto	TV	41,5
26021	Conegliano	TV	41,1
26022	Cordignano	TV	23,6
26023	Cornuda	TV	17,7
26024	Crespano del Grappa	TV	39,0
26025	Crocetta del Montello	TV	7,7
26026	Farra di Soligo	TV	41,9
26027	Follina	TV	21,4
26029	Fonte	TV	48,7
26030	Fregona	TV	13,0
26032	Giavera del Montello	TV	4,3
26039	Maser	TV	13,5
26042	Miane	TV	19,0
26045	Monfumo	TV	25,4
26046	Montebelluna	TV	10,1
26050	Nervesa della Battaglia	TV	27,8
26054	Paderno del Grappa	TV	23,8
26056	Pederobba	TV	16,8
26057	Pieve di Soligo	TV	17,2
26061	Possagno	TV	8,8
26065	Refrontolo	TV	45,8
26067	Revine Lago	TV	14,4
26072	San Fior	TV	10,2
26073	San Pietro di Feletto	TV	61,4
26076	San Vendemiano	TV	5,2
26077	San Zenone degli Ezzelini	TV	35,1
26078	Sarmede	TV	38,8
26079	Segusino	TV	9,6
26083	Susegana	TV	41,7
26084	Tarzo	TV	31,4
26087	Valdobbiadene	TV	16,1
26090	Vidor	TV	39,6
26092	Vittorio Veneto	TV	23,0
26093	Volpago del Montello	TV	3,7

Segue Tabella 4

VICENZA			
Codice ISTAT	Comune	Provincia	% superficie comunale con erosione non tollerabile
24002	Albettone	VI	10,4
24003	Alonte	VI	19,1
24004	Altavilla Vicentina	VI	18,5
24005	Altissimo	VI	21,1
24006	Arcugnano	VI	16,5
24008	Arzignano	VI	27,6
24011	Barbarano Vicentino	VI	9,5
24012	Bassano del Grappa	VI	18,0
24014	Breganze	VI	28,0
24015	Brendola	VI	18,4
24017	Brogliano	VI	15,7
24020	Calvene	VI	5,6
24024	Carre'	VI	21,4
24027	Castegnero	VI	9,8
24028	Castelgomberto	VI	10,0
24029	Chiampo	VI	33,5
24030	Chiuppano	VI	5,7
24031	Cismon del Grappa	VI	2,9
24032	Cogollo del Cengio	VI	5,1
24033	Conco	VI	10,6
24034	Cornedo Vicentino	VI	9,4
24035	Costabissara	VI	8,3
24036	Creazzo	VI	20,7
24037	Crespadoro	VI	15,6
24039	Enego	VI	4,1
24040	Fara Vicentino	VI	38,6
24043	Gambellara	VI	20,9
24044	Gambugliano	VI	27,6
24045	Grancona	VI	20,4
24048	Isola Vicentina	VI	9,7
24049	Laghi	VI	4,0
24051	Longare	VI	9,9
24052	Lonigo	VI	6,4
24053	Lugo di Vicenza	VI	13,1
24054	Lusiana	VI	10,8
24057	Marostica	VI	27,6
24058	Mason Vicentino	VI	16,4
24059	Molvena	VI	41,2
24063	Monte di Malo	VI	26,8
24060	Montebello Vicentino	VI	17,8
24061	Montecchio Maggiore	VI	13,5
24062	Montecchio Precalcino	VI	31,4
24064	Montegalda	VI	2,8
24066	Monteviale	VI	18,0
24068	Montorso Vicentino	VI	25,6
24069	Mossano	VI	10,9
24070	Mussolente	VI	32,4
24071	Nanto	VI	7,2
24072	Nogarole Vicentino	VI	29,9

Segue Tabella 4

24075	Orgiano	VI	6,4
24076	Pedemonte	VI	5,3
24077	Pianezze	VI	24,9
24081	Pove del Grappa	VI	9,7
24084	Recoaro Terme	VI	14,0
24086	Romano d'Ezzelino	VI	24,0
24090	Salcedo	VI	39,9
24092	San Germano dei Berici	VI	14,6
24094	San Pietro Mussolino	VI	6,8
24096	San Vito di Leguzzano	VI	38,9
24095	Santorso	VI	19,1
24097	Sarcedo	VI	23,5
24098	Sarego	VI	22,4
24100	Schio	VI	20,9
24101	Solagna	VI	4,8
24102	Sossano	VI	5,7
24103	Sovizzo	VI	24,5
24107	Torrebelvicino	VI	12,0
24110	Trissino	VI	29,0
24111	Valdagno	VI	21,3
24113	Valli del Pasubio	VI	9,8
24115	Velo d'Astico	VI	17,2
24116	Vicenza	VI	2,9
24117	Villaga	VI	12,1
24120	Zermeghedo	VI	14,9
24121	Zovencedo	VI	19,2
24122	Zugliano	VI	24,3
VERONA			
Codice ISTAT	Comune	Provincia	% superficie comunale con erosione non tollerabile
23001	Affi	VR	16,2
23005	Badia Calavena	VR	12,5
23006	Bardolino	VR	46,3
23011	Bosco Chiesanuova	VR	4,4
23013	Brentino Belluno	VR	11,9
23014	Brenzzone	VR	9,8
23015	Bussolengo	VR	9,9
23017	Caldiero	VR	10,7
23018	Caprino Veronese	VR	16,6
23022	Castelnuovo del Garda	VR	16,9
23023	Cavaion Veronese	VR	21,6
23024	Cazzano di Tramigna	VR	32,9
23026	Cerro Veronese	VR	17,6
23028	Colognola ai Colli	VR	14,9
23030	Costermano	VR	22,2
23031	Dolce'	VR	8,0
23033	Erbezzo	VR	3,2
23035	Fumane	VR	13,1
23036	Garda	VR	28,7
23038	Grezzana	VR	20,6
23039	Illasi	VR	42,6
23042	Lavagno	VR	28,8

Segue Tabella 4

23043	Lazise	VR	27,9
23045	Malcesine	VR	7,1
23046	Marano di Valpolicella	VR	28,1
23047	Mezzane di Sotto	VR	37,4
23049	Montecchia di Crosara	VR	24,3
23050	Monteforte d'Alpone	VR	26,3
23052	Negrar	VR	21,7
23057	Pastrengo	VR	21,9
23059	Peschiera del Garda	VR	15,9
23062	Rivoli Veronese	VR	12,9
23063	Ronca'	VR	28,3
23067	Rovere' Veronese	VR	10,4
23070	San Giovanni Ilarione	VR	31,1
23073	San Martino Buon Albergo	VR	10,7
23074	San Mauro di Saline	VR	11,0
23076	San Pietro in Cariano	VR	15,8
23079	San Zeno di Montagna	VR	5,5
23077	Sant'Ambrogio di Valpolicella	VR	18,9
23078	Sant'Anna d'Alfaedo	VR	7,9
23080	Selva di Progno	VR	7,3
23081	Soave	VR	27,8
23082	Sommacampagna	VR	14,9
23083	Sona	VR	20,3
23086	Torri del Benaco	VR	28,6
23087	Tregnago	VR	14,5
23089	Valeggio sul Mincio	VR	9,3
23090	Velo Veronese	VR	15,0
23091	Verona	VR	9,1
23093	Vestenanova	VR	24,1

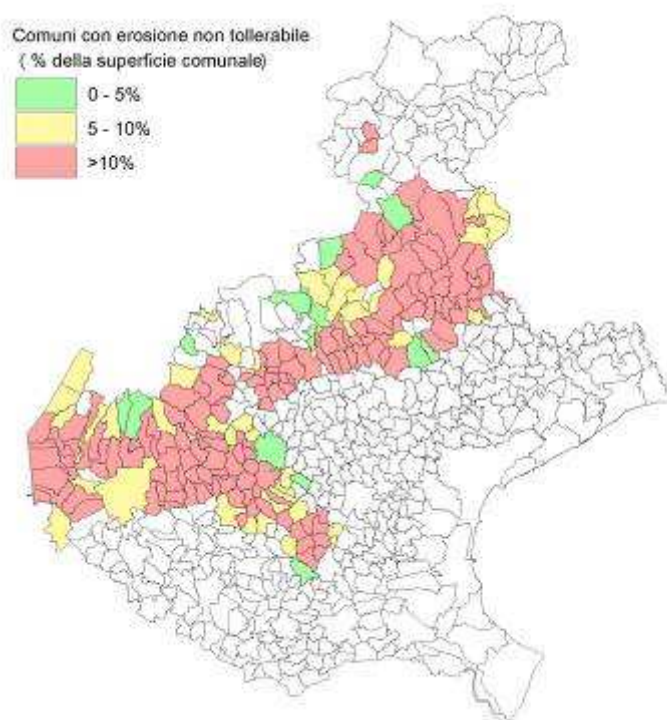


Figura 21: Comuni con erosione non tollerabile

8. APPLICAZIONE DEL MODELLO PESERA

Il modello PESERA (Pan-European Soil Erosion Risk Assessment) è un modello predittivo-quantitativo. Il linguaggio utilizzato per la sua programmazione non è complesso mentre risulta corposa la mole di dati di input e il livello delle elaborazioni che vengono eseguite. Si pensi che tra i requisiti richiesti per l'esecuzione del modello vi sono 60Gb di spazio disco dedicati. Le elaborazioni sono state effettuate in collaborazione con gli esperti dell'Ufficio europeo dei Suoli (JRC) di Ispra.

8.1. Valutazione dei dati disponibili

Il principale problema del modello PESERA è rappresentato dal fatto che il modello stesso è stato costruito sulla base della disponibilità di dati a livello europeo. Si è creata quindi la condizione in cui alcuni dati che sono disponibili a livello europeo non lo sono a livello regionale, mentre per altre tipologie di dati, quelli regionali risultano decisamente di maggior dettaglio.

8.2. Dati climatici

Per le 128 stazioni per le quali si sono calcolati l'IMF e il valore di "R" si è proceduto altresì alla determinazione dei valori dei parametri richiesti dal modello PESERA. Tale modello gode di una relativamente facile applicabilità, anche perché tiene conto di eventuali mancanze di dati che si dovessero verificare nella serie storica.

Dal modello vengono richiesti valori su base mensile. Per ottenere tali dati, peraltro, ci si è avvalsi degli archivi giornalieri dei diversi parametri registrati presso il Centro Meteorologico di Teolo. Anche in questo caso il periodo preso in considerazione per la stragrande maggioranza delle stazioni è costituito dagli anni 1992-2004.

I parametri richiesti dal modello sono i seguenti (per ciascuno di essi viene riportato un esempio relativo alla stazione di Castelfranco Veneto):

1. media per ogni mese dell'evapotraspirazione potenziale giornaliera calcolata con il metodo Penmann e numero totale di osservazioni giornaliere registrate.

EVAPOTRASPIRAZIONE PENMAN																							
NBPET (numero)												MEANPET (mm)											
GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
341	311	335	284	348	357	366	367	358	367	360	368	0,42	0,83	1,69	2,55	3,69	4,29	4,56	4,02	2,49	1,20	0,57	0,34

2. media per ogni mese della precipitazione giornaliera e numero totale di osservazioni giornaliere registrate.

PRECIPITAZIONE																							
NBRF1 (numero)												MEANRF1 (mm)											
GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
368	364	403	390	402	390	402	398	389	403	389	401	1,62	1,38	1,40	3,23	2,97	3,28	2,93	2,86	3,32	4,22	3,27	2,43

3. media per ogni mese della temperatura minima giornaliera e numero totale di osservazioni giornaliere registrate.

TEMPERATURA MINIMA																							
NBTMIN (numero)												MEANTMIN (° C)											
GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
372	364	398	388	398	390	402	399	389	403	390	403	-1,99	-2,03	1,919	6,269	11,71	14,7	16,02	16,34	11,66	8,252	3,323	-0,9

4. media per ogni mese della temperatura massima giornaliera e numero totale di osservazioni giornaliere registrate.

TEMPERATURA MASSIMA																							
NBTMAX (numero)												MEANTMAX (° C)											
GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
372	364	398	388	398	390	402	399	389	403	390	403	8,0	10,1	14,5	18,2	24,8	28,2	30,4	31,1	25,2	19,3	13,1	8,5

5. media per ogni mese dell'escursione termica giornaliera e numero totale di osservazioni giornaliere registrate.

ESCURSIONE TERMICA																							
NBTRANGE (numero)												MEANTRANGE (° C)											
GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
372	364	398	388	398	390	402	399	389	403	390	403	9,99	12,13	12,60	11,91	13,06	13,51	14,36	14,72	13,57	11,03	9,81	9,45

6. media per ogni mese della temperatura media giornaliera e numero totale di osservazioni giornaliere registrate.

TEMPERATURA MEDIA																							
NBT (numero)												MEANT (° C)											
GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
372	364	398	388	398	390	402	399	389	403	390	403	3,01	4,03	8,22	12,22	18,24	21,45	23,20	23,70	18,44	13,77	8,23	3,82

7. numero totale per ogni mese del numero dei giorni con temperatura media giornaliera inferiore a 0 °C nella serie storica utilizzata (1992-2004)..

NUMERO DI GIORNI CON TMEDIA SOTTOZERO											
NBFRZ (numero totale)											
GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
56	27	0	0	0	0	0	0	0	0	6	49

8. media per ogni mese del periodo di gelo giornaliero e numero totale di giorni in cui la temperatura minima risulta minore o al massimo uguale alla temperatura massima.

PERIODO DI GELO GIORNALIERO																							
NBPROPFRZ (numero di giorni considerati)												MEANPROPFRZ (proporzione) 0 = no gelo; 1 = tutto gelo											
GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
372	364	398	388	398	390	402	399	389	403	390	403	0,222	0,178	0,037	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,048	0,185

9. numero totale mensile di giorni piovosi, cioè con precipitazione maggiore di 0 mm nella serie storica utilizzata (1992-2004).

NUMERO GIORNI PIOVOSI											
NBRF2 (numero totale)											
GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
93	72	95	181	171	171	145	145	177	179	157	128

10. precipitazione media giornaliera per giorno piovoso calcolata su base mensile.

PRECIPITAZIONE MEDIA PER GIORNO PIOVOSO											
MEANRF2 (mm)											
GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
6,413	7,000	5,931	6,97	6,974	7,477	8,116	7,843	7,303	9,507	8,111	7,614

11. deviazione standard dei valori di precipitazione relativa ai giorni piovosi.

DEVIATION STANDARD DELLA PRECIPITAZIONE DEI GIORNI PIOVOSI											
MEANRF2 (mm)											
GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
7,838	9,622	7,853	8,677	10,98	11,63	13,04	10,94	11,42	14,44	11,34	10,41

8.3. Dati sul suolo

Il modello PESERA prende in considerazione i dati sul suolo considerando principalmente quelli disponibili nella banca dati europea dei suoli in scala 1:1.000.000. Questa banca dati contiene numerosi campi calcolati con pedofunzioni che non sono disponibili sotto forma di dato misurato, nel database regionale. E' da considerare inoltre che le pedofunzioni utilizzate sono state costruite *ad hoc* per la situazione europea, e non sono automaticamente applicabili ad una situazione regionale; per il loro adattamento sarebbe stato necessario un lavoro specifico che esula dal presente progetto. I dati estratti dal database regionale ed utilizzati come input al modello, con le limitazioni sopra descritte, sono indicati nella seguente tabella.

Tabella 5: Grids elaborati a partire dai dati pedologici estratti dalla banca dati regionale.

Strato informativo	Grid di riferimento per il modello
Suscettività all'erosione	ERODIBILITY
Profondità utile alle radici	ROO
AWC – capacità d'acqua disponibile	AWC_SUB2S AND AWC_SUB2MM

8.4. Dati morfometrici

Per quanto concerne i dati morfometrici è stato utilizzato un DTM a 100 m, disponibile a livello europeo. Questa scelta si è resa necessaria per le difficoltà di trasferimento di proiezione del DTM a 30 m disponibile in Regione. Il modello PESERA, infatti, lavora nel sistema di riferimento europeo (Lambert Azimuthal).

8.5. Altri dataset

Per quanto concerne alcune tipologie di dati non disponibili, sono stati utilizzati gli strati informativi precedentemente elaborati in occasione per la valutazione del rischio d'erosione a

livello europeo. I principali strati informativi utilizzati sono elencati nelle tabelle 6 e 7 e per i dettagli si rimanda al documento “PESERA – User’s Manual”

http://eusoils.jrc.it/ESDB_Archive/pesera/pesera_cd/pdf/DL15Manual.pdf.

Tabella 6: Grid relativi a uso delle terre, colture e fasi fenologiche (25 grids).

Model Parameter	Range of values	Units	Source	Description/Source
use	-	-	<i>CORINE</i> ^d	Land cover type/management option
eu12crop1	-	-	<i>CORINE/FSS</i>	Dominant Arable Crop
maize_210c	-	-	<i>CORINE</i>	Maize Crop
eu12crop2	-	-	<i>CORINE/FSS</i>	2 nd Dominant Arable Crop
itill_crop1	1-12	-	<i>FSS/PDD</i>	Planting month: Dominant Arable Crop
itill_maize	1-12	-	<i>FSS/PDD</i>	Planting month: maize
itill_crop2	1-12	-	<i>FSS/PDD</i>	Planting month: 2 nd Dominant Arable Crop
mitill_1	0/1	-	<i>FSS/PDD</i>	Planting marker: Dominant Arable Crop
mitill_m	0/1	-	<i>FSS/PDD</i>	Planting marker: maize
mitill_2	0/1	-	<i>FSS/PDD</i>	Planting marker: 2 nd Dominant Arable Crop
cov_	0-100	%	<i>CORINE</i>	Initial ground cover Cover is updated for arable crops with reference to planting date
rough0	0,5,10	mm	<i>CORINE</i>	Initial surface storage
rough_red	0,50	%	<i>CORINE</i>	Surface roughness reduction per month
rootdepth	10-1000	mm	<i>CORINE</i>	Rootdepth

Tabella 7: Grid relativi a parametri del suolo (6 grids).

Model Parameter	Range of values	Units	Source	Description/Source
crusting	1-5	mm	<i>SOIL DB</i>	Crust storage
erodibility	1-5	mm	<i>SOIL DB</i>	Sensitivity to erosion
swsc_eff_2	0-205	mm	<i>SOIL DB</i>	Effective soil water storage capacity
p1xswap1	0-90	mm	<i>SOIL DB</i>	Soil water available to plants in top 300mm
p2xswap2	0-154	mm	<i>SOIL DB</i>	Soil water available to plants : (300mm and 1000mm depth)
zm	5,10,15,20,30	mm	<i>SOIL DB</i>	Scale depth (TOPMODEL): f(texture)

8.6. *Rischio d'erosione attuale*

Il modello fornisce oltre alla stima dell'erosione annuale (fig. 22) anche il rischio d'erosione attuale per singolo mese (fig. 23 e 24).

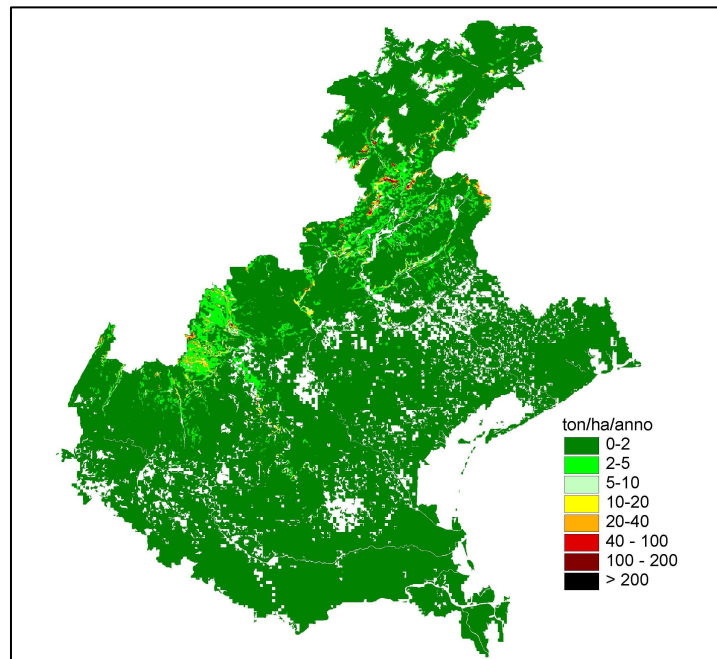


Figura 22: Rischio attuale di erosione annuale, secondo il modello PESERA.

Le immagini che seguono forniscono l'andamento del rischio d'erosione attuale per la regione Veneto nei diversi mesi dell'anno. La legenda è espressa comunque in ton/ha/anno, per cui l'erosione mensile va interpretata come l'erosione che si avrebbe annualmente se le condizioni climatiche fossero quelle di quel mese.

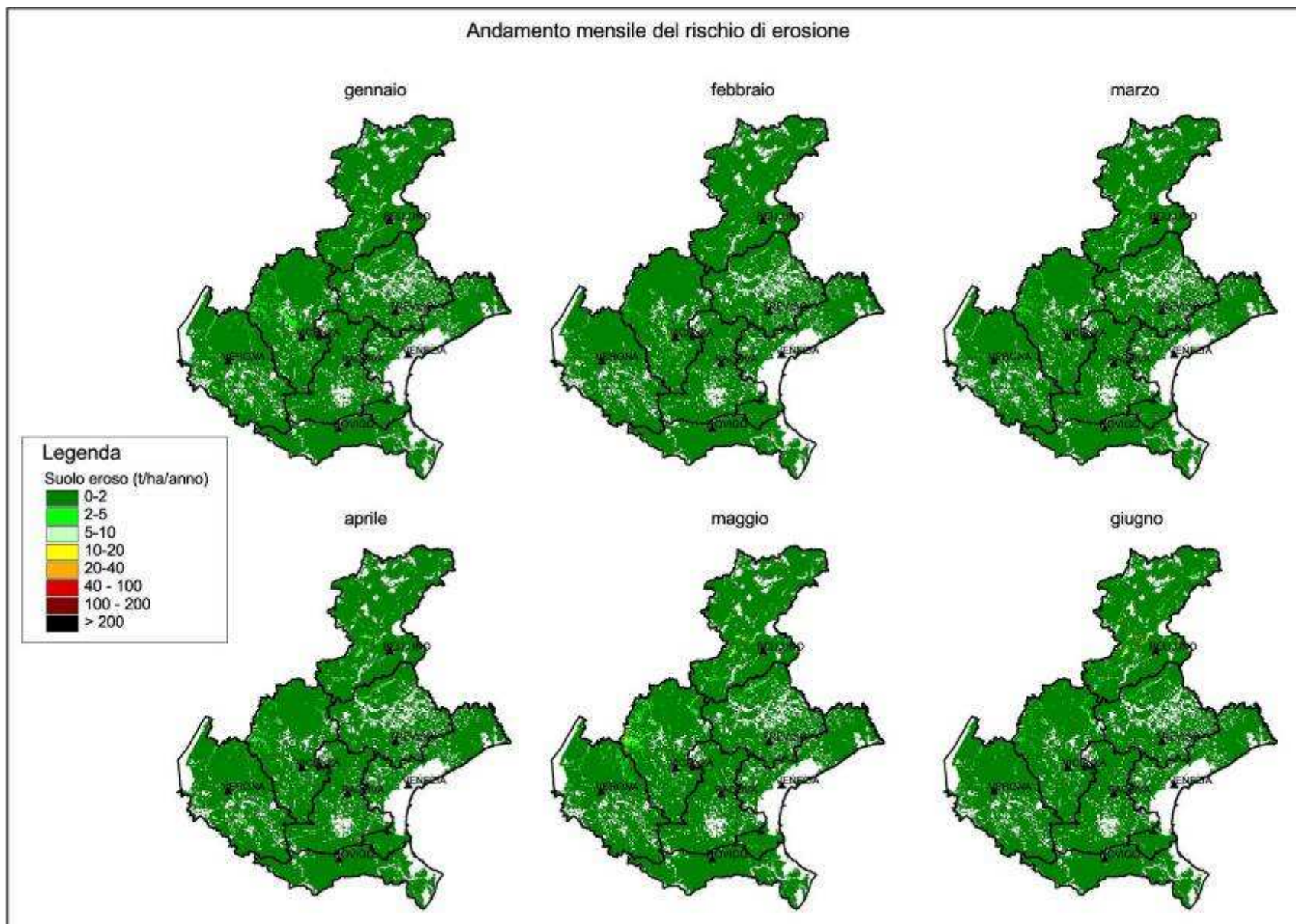


Figura 23: Rischio attuale di erosione mensile, secondo il modello PESERA nei primi sei mesi dell'anno (gennaio-giugno).

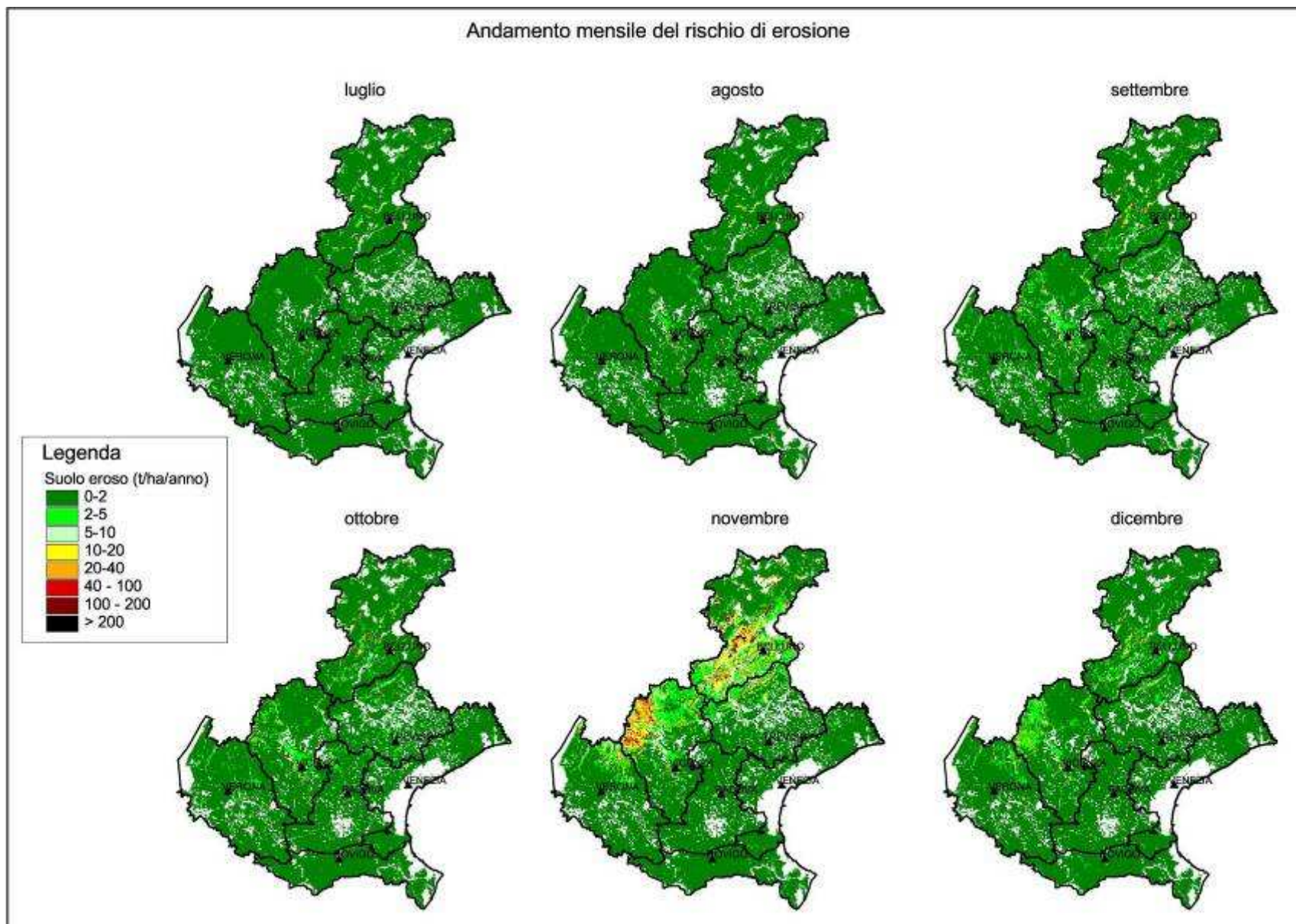


Figura 24: Rischio attuale di erosione mensile, secondo il modello PESERA nel secondo semestre dell'anno (luglio-dicembre).

8.7. Considerazioni sui risultati dell'applicazione del modello

Alcune principali debolezze legate all'applicazione del modello PESERA sono descritte nei punti seguenti:

- il modello non è ancora giunto ad una versione definitiva ma è ancora in fase di elaborazione e di modifica;
- il funzionamento del modello non è ancora trasparente all'utente per cui non è ancora possibile una sua applicazione che prescinda da contatti diretti con il personale addetto del Joint Research Centre (JRC) di Ispra;
- il modello restituisce un'elaborazione con molti "vuoti" caratterizzati da "no data" dovuti a zone urbane e di "non suolo", ma anche al fatto che sono necessari tutti gli strati informativi richiesti per avere una risposta in termini di dato di erosione;
- molti strati informativi richiesti riguardano elaborazioni dello strato dell'uso del suolo; nell'elaborazione effettuata lo strato utilizzato è stato il Corine Land Cover 2000 che però non è sufficientemente dettagliato per tali elaborazioni a livello regionale. Manca a scala regionale uno strato di uso del suolo adeguato;
- nell'elaborazione effettuata sono stati combinati dati disponibili a livello regionale con altri a livello anche continentale; la procedura ha previsto un ricampionamento di tutti gli strati, per ottenere griglie a 100 m.
- per avere tutti gli strati nello stesso sistema di riferimento, si sono georiferiti gli strati derivanti dai dati regionali nel sistema europeo. Il risultato finale viene quindi espresso con una proiezione in Lambert Azimuthal.
- è inoltre da segnalare un certo grado di "rigidità" del modello che si basa su un set di dati predefiniti. Per ovviare a tale inconveniente e rendere il modello applicabile a qualsiasi set di dati sarebbe necessario riprogrammare alcune parti del modello stesso, legate alla banca dei suoli europea in scala 1:1.000.000.

9. CONCLUSIONI COMPARATIVE SUI MODELLI APPLICATI

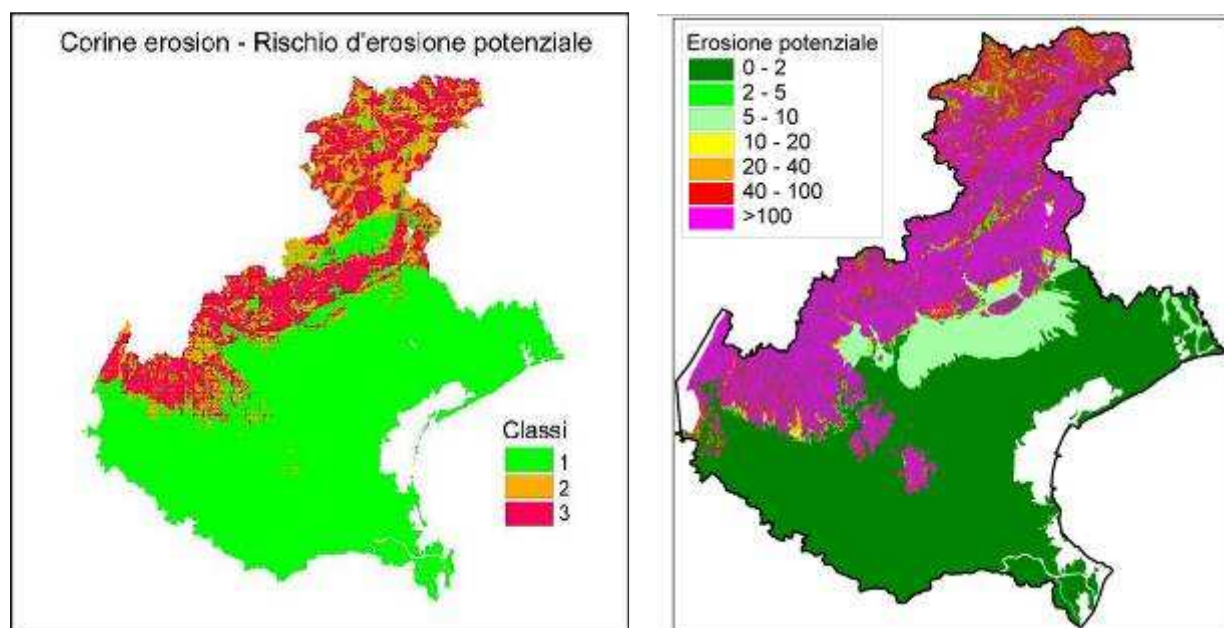


Figura 25: Confronto tra i risultati del rischio d'erosione potenziale ottenuti con i modelli CORINE e USLE.

Dalla comparazione dei risultati ottenuti applicando i tre modelli (fig. 25 e 26), si ricavano alcune osservazioni, di seguito elencate:

- ✓ Per quanto riguarda l'erosione potenziale il confronto tra il modello CORINE e USLE (il modello PESERA non fornisce tale informazione) mostra a grandi linee una concordanza nell'identificazione delle aree soggette a rischio d'erosione anche se si osserva una certa variabilità nell'entità del fenomeno. Il modello CORINE sembra dare un peso maggiore al fattore pendenza rispetto al suolo e questo è evidente in aree a bassa pendenza in contesto prealpino-montano (es. Valbelluna) dove invece il modello USLE assegna valori di erosione ancora notevoli;

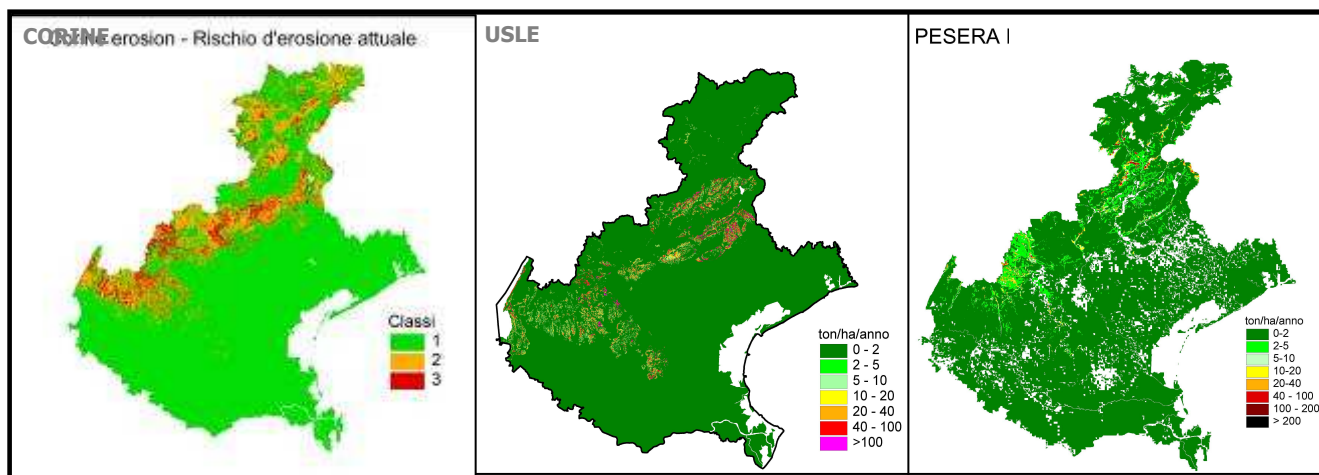


Figura 26: Confronto tra i risultati del rischio d'erosione attuale ottenuti con i tre modelli (CORINE, USLE, PESERA).

- ✓ per quanto riguarda l'erosione attuale, i tre modelli applicati mostrano una notevole discordanza nell'identificazione delle aree soggette a rischio d'erosione. Anche in questo caso il modello CORINE sembra dare maggior peso al fattore pendenza mentre sia USLE che PESERA, anche in aree molto pendenti ma ben protette (copertura forestale), attribuiscono dei valori di erosione relativamente bassi;
- ✓ il CORINE fornisce un inquadramento di massima del fenomeno erosivo che, anche se grossolano, può essere utile per descrizioni sintetiche e per certi versi può essere adeguato rispetto alla mancanza di dati con cui validare i risultati teoricamente più precisi di modelli più sofisticati;
- ✓ dall'esperienza di campagna, unico "strumento di validazione" disponibile al momento attuale, risulta che il modello USLE fornisce i risultati più convincenti: bassa o nulla erosione nelle zone di montagna coperte da boschi e una certa entità del fenomeno nella fascia collinare pedemontana, caratterizzata da superfici allo stesso tempo pendenti e coltivate; in alcuni casi il fenomeno è comunque con buona probabilità sovrastimato in relazione a quanto accennato nel capitolo 7.3 (fattore L);
- ✓ i risultati del modello PESERA, oltre ai problemi legati alla struttura del programma, descritti nel paragrafo precedente, presenta alcune "anomalie" rispetto all'esperienza di campagna e rispetto ai risultati del modello USLE (fig. 27):
 - un'elevata erosione nella zona delle prealpi vicentine (Piccole Dolomiti), probabilmente dovuta all'abbondanza delle precipitazioni in questa zona, ma non evidenziata in zone con caratteristiche simili (es: zona del Cansiglio);
 - ridotta o completa assenza di erosione nella fascia collinare pedemontana legata ad una diversa valutazione del fattore copertura.

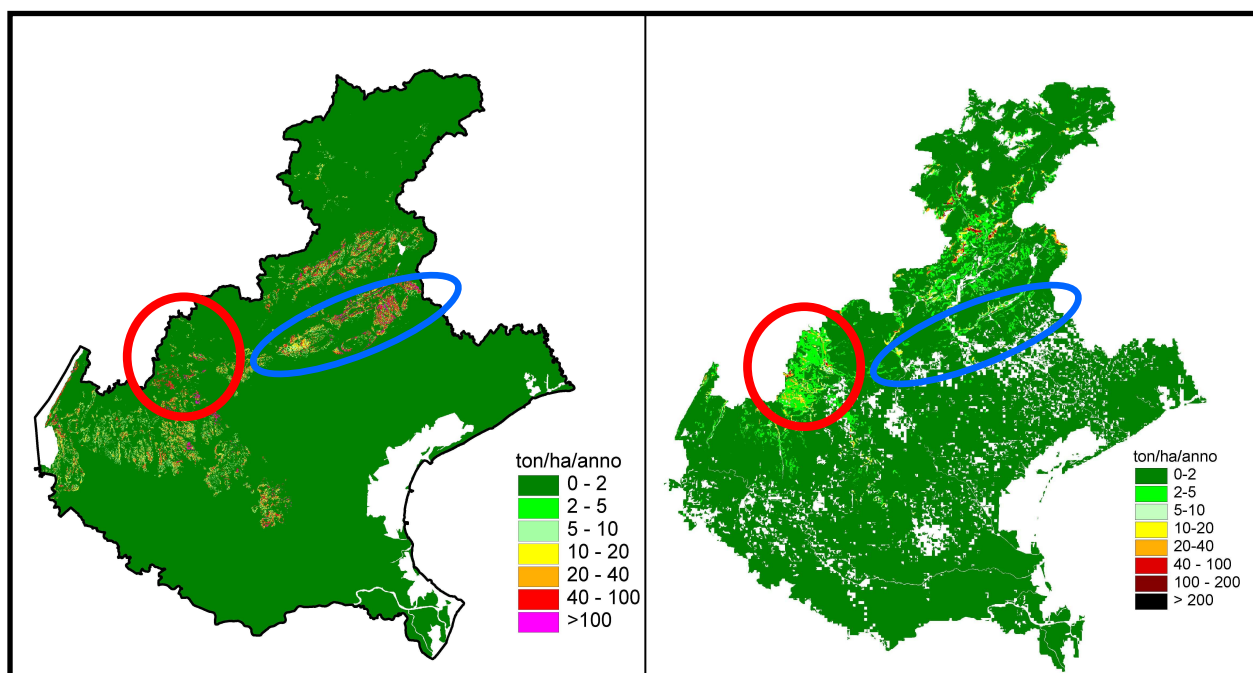


Figura 27: Confronto tra il modello USLE e PESERA. Cerchiate le aree in cui la previsione dei modelli è molto diversa

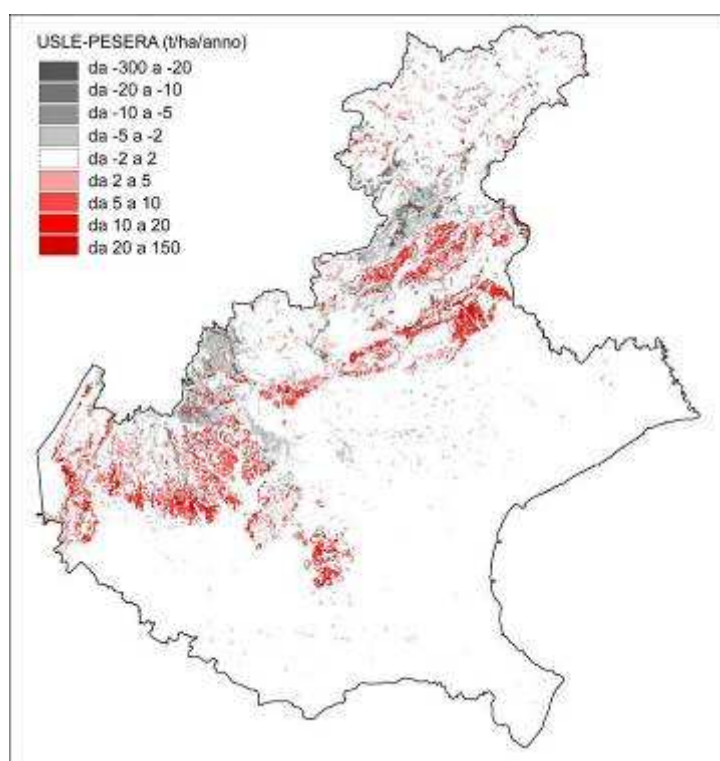


Figura 28: Differenza tra il risultato di erosione attuale ottenuto con il modello USLE e quello ottenuto con il modello PESERA. La differenza è espressa in classi di tonnellate/ha/anno. I colori rossi indicano le aree in cui il rischio di erosione risulta maggiore con il modello USLE, quelle con colori grigi, le aree dove è il modello PESERA ad assegnare maggior erosione.

Queste differenze vengono ulteriormente chiarite dalla figura 28 che visualizza la differenza (in t/ha/anno) tra i risultati ottenuti con il modello USLE e quelli ottenuti con il modello PESERA. Si nota inoltre in (fig. 29) come quasi il 90% della superficie regionale cada nella classe con la minor differenza tra i due risultati (classe 5, corrispondente ad un massimo 2 t/ha/anno di differenza), mentre le maggiori differenze ricadano, come già sottolineato, nella fascia pedemontana (differenza

USLE-PESERA positiva, ossia valori più alti di erosione dati dal modello USLE) e nella zona delle prealpi vicentine e delle Dolomiti Bellunesi (differenza USLE-PESERA negativa, ossia valori di erosione più alti attribuiti dal modello PESERA).

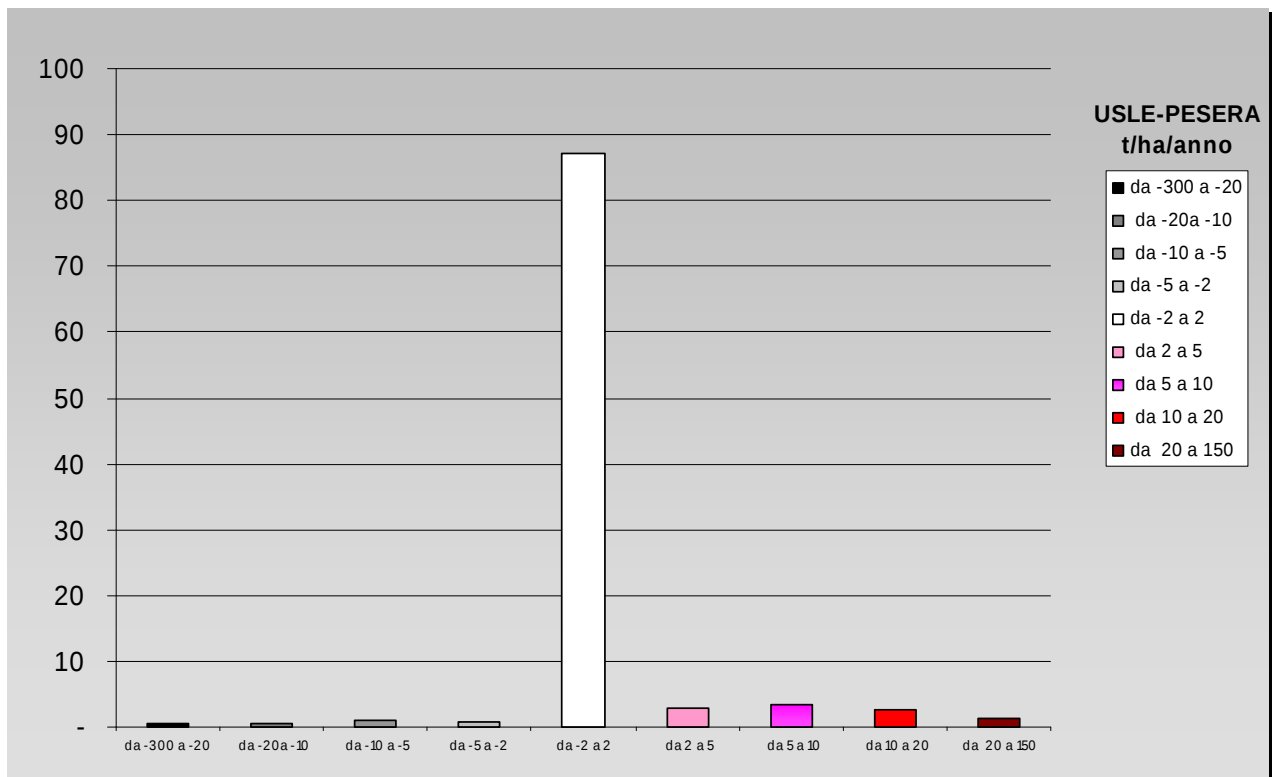


Figura 29: Classi di differenza tra il rischio di erosione attuale ottenuti con il modello USLE e con il PESERA.

Più difficile risulta la comparazione tra i risultati del modello USLE con il CORINE in quanto quest'ultimo fornisce dei risultati di tipo qualitativo. Per tentare comunque un confronto oggettivo si è deciso di trasformare la carta del rischio di erosione attuale, ottenuta con l'USLE, in una carta di tipo qualitativo. Si è attribuito a tutti i pixel con valori di erosione inferiori a 6t/ha/anno, che l'OCSE (2001 e 2004) definisce soglia di erosione sostenibile, la classe di rischio "bassa", ai pixel con valori compresi tra 6 e 40 la classe di rischio "moderata" e ai pixel con valori superiori la classe "alta". La figura 30 evidenzia le aree in cui il modello USLE, modificato come descritto nei paragrafi precedenti, è in accordo con il modello CORINE (grigio) e le aree dove i due modelli differiscono (rosso e blu).

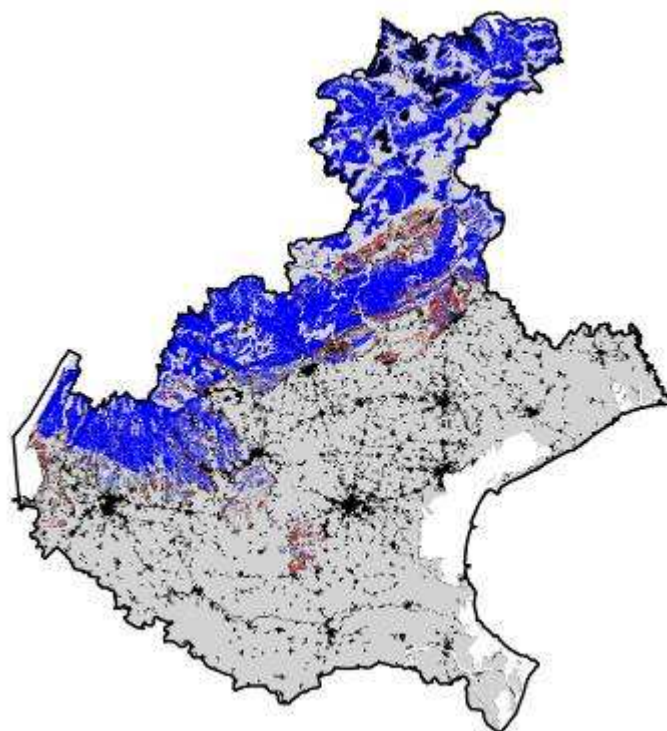


Figura 30: Differenza tra il risultato di erosione attuale ottenuto con il modello USLE, modificato in classi qualitative, e quello ottenuto con il modello CORINE. In grigio le aree dove i due modelli concordano sulla classe di erosione, in blu le aree dove il CORINE indica un'erosione maggiore e in rosso viceversa.

Un'ultima osservazione riguarda il confronto tra il rischio di erosione potenziale e quello attuale. L'erosione potenziale rappresenta ciò che si potrebbe verificare in seguito a determinati cambiamenti d'uso delle superfici ed è quindi un documento da tenere presente nelle politiche di gestione del territorio. A questo proposito va sottolineato che il modello PESERA non prevede, nella versione attuale, l'elaborazione di tale informazione.

Al di là della comparazione tra i modelli adottati, è fondamentale sottolineare che, qualunque sia il risultato ottenibile con un modello predittivo, la sua utilizzazione dovrebbe seguire la validazione con misure dirette del fenomeno. Anche nella fase di calibrazione dei modelli la possibilità di avvalersi di dati direttamente misurati può fornire utili chiavi di lettura e consentire l'aggiustamento dei parametri richiesti. I risultati ottenuti in questo progetto, quindi, rappresentano solo una prima valutazione ed applicazione dei principali modelli predittivi sul fenomeno dell'erosione dei suoli della Regione Veneto anche se, sulla spinta di alcuni documenti programmatici e della futura legislazione comunitaria, tali strati informativi possono rappresentare un utile strumento per la pianificazione degli interventi mirati alla lotta all'erosione. A questo proposito va sottolineato che un aspetto positivo del modello PESERA è rappresentato dalla possibilità di ottenere un andamento mensile del fenomeno erosivo, cosa che consente di evidenziare i periodi di maggiore "criticità" del fenomeno e permette l'utilizzo di tali risultati nella valutazione delle misure volte alla conservazione del suolo, come ad esempio quelle previste nei Piani di Sviluppo Rurale (PSR) regionali.

BIBLIOGRAFIA

Bibliografia citata

- Arnoldus, H. M. J., 1977. Methodology used to determine the maximum potential average annual soil loss due to sheet and rill erosion in Morocco. *FAO Soils Bull.*, 34, pp. 39-51.
- Arnoldus, H. M. J., 1980. An approximation of the rainfall factor in the Universal Soil Loss Equation. In: De Boodt, M. and Gabriels, D. (Eds.), *Assessment of erosion*, John Wiley and Sons, pp. 127-132.
- Bagnouls, F. e Gaussen, H., (1953). *Saison sèche et indice xérothermique*. *Bul. Soc. Hist. Nat. De Toulouse* Tome 88, Fasc. 3/4.
- Bartolini, D., Borselli, L., Calzolari, M.C., Salvador Sanchiz, P., Torri, D.B., Ungaro, F., Zandomenoghi, M. (a cura di), (2004). *Applicazione della USLE/RUSLE ai suoli di collina e montagna della Regione Emilia Romagna. Definizione dei parametri R, erosività delle piogge, e C, copertura del suolo*. Regione Emilia-Romagna, Documento interno.
- Bazzoffi, P., (2007). *Erosione del suolo e sviluppo rurale*. Ed agricole, Bologna, 250 pp.
- Brown, L.C. e Foster, G.R., (1987). *Storm erosivity using idealized intensity distribution*. *ASAE* 30, pp. 379-386.
- Calzolari M.C. (Responsabile), Bartolini D., Borselli L., de Alba S., Salvador Sanchiz P., Torri D.B., Ungaro F. (2004) - *Utilizzo di strumenti di analisi, elaborazione e previsione di fenomeni erosivi nel bacino del Torrente Samoggia. Rapporto 4.1*. CNR ISE.
- CORINE (1992) - *Soil Erosion Risk and Important Land Resources in the Southern Regions of the European Community*. EUR 13233, Luxembourg
- De Ploey, J. (1989) - *A Soil Erosion Map for Western Europe*. Catena Verlag.
- Fournier, F., 1960. *Climat et erosion*. Presses Universitaires de France.
- Giordano, A. (2002) - *Pedologia forestale e conservazione del suolo*. UTET.
- Giordano, A. (1999) - *Pedologia*. UTET.
- Grimm, M., Jones, R. , Rusco, E., Montanarella, L., (2003) - *Soil Erosion Risk in Italy: a revised USLE approach*. EUR 20677 EN, 23 pp.
- Irvine, B. and Cosmas, C. (2003) - *PESERA User's Manual*. PESERA PROJECT DELIVERABLES n° 15.
- Jäger, S. (1994) - *Modelling Regional Soil Erosion Susceptibility Using the Universal Soil Loss Equation and GIS*. In: Rickson, R.J (ed). *Conserving Soil Resources. European Perspectives*, pp. 161-177. CAB International.
- Moore, I.D. & Burch, G.J. (1986a) - *Modeling erosion and deposition: Topographic effects*. *Transactions ASAE* 29, p. 1624-1640.
- Moore, I.D. e Burch, G.J., (1986b). *Physical basis of the length-slope factor in the universal soil loss equation*. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 50, 1294-1298.

- Morgan, R.P.C. (1992) - *Soil Erosion in the Northern Countries of the European Community*. EIW Workshop: Elaboration of a Framework of a Code of Good Agricultural Practices, Brussels, 21-22 May 1992.
- Morgan, R.P.C. (1995) - *Soil Erosion and Conservation. Second Edition*. Longman, Essex.
- Morgan, R.P.C, Morgan, D.D.V. & Finney, H.J. (1984) - *A predictive model for the assessment of soil erosion risk*. Journal of agricultural engineering research 30, p. 245-253.
- Montier, C., Daroussin, J., King, D. & Le Bissonnais, Y. (1998) - *Cartographie vde l'aléa "Erosion des Sols" en France*. INRA, Orléans.
- OCSE, (2001). *Environmnetal indicators for Agriculture*. <http://webdomino1.oecd.org/comnet/agr/>.
- OCSE, MIPAF, MATT, (2004) - *Agricultural impacts on soil erosion and soil biodiversity: developing indicators for policy analisis*.
- Renard, K.G., Foster, G.R., Weessies, G.A., McCool, D.K., Yoder, D.C. (eds) (1997) - *Predicting Soil Erosion by Water: A guide to to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)*. U.S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook 703.
- Rousseva S., Stefanova, V. (2006). *Assessment and mapping of soil erodibility and rainfall erosivity in Bulgaria*. In: Proc. BALWOIS 2006. (This issue)
- Soil Survey Division Staff (1993) - *Soil Survey Manual*. United States Department of Agriculture, Handbook n°18. Washington.
- Šúri M., Cebecauer T., Hofierka J., Fulajtár E. (2002) - *Soil erosion assessment of Slovakia at a regional scale using GIS*. Ekoloógia (Bratislava), 2002, Vol. 21, No. 4, 404-422.
- Torri, D., Poesen, J. & Borselli, L. (1997) - *Predictability and uncertainty of the soil erodibility factor using a global dataset*. Catena 31, p. 1-22.
- Van der Knijff, J.M., Jones, R.J.A., Montanarella, L. (1999) - *Soil erosion risk assessment in Italy*. European Soil Bureau. EUR 19044 EN, 52pp.
- Van der Knijff, J.M., Jones, R.J.A. and Montanarella, L. (1999) - *Estimation du risque d'érosion en Italie*. Traduit de l'anglais par S. Christophe. EUR 19044 FR, 45pp.
- Wischmeier, W.H. & Smith, D.D. (1978) - *Predicting rainfall erosion losses – a guide for conservation planning*. U.S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook 537.
- Wischmeier, W.H. & Smith, D.D. (1965) - *Predicting rainfall erosion losses from cropland east of the Rocky Mountains - guide for selection of practices for soil and water conservation*. Agriculture handbook No 282, USDA, Washington.
- Yassoglou, N., Montanarella, L., Govers, G., Van Lynden, G., Jones, R.J.A., Zdruli, P., Kirkby, M., Giordano, A., Le Bissonnais, Y., Daroussin, J. & King, D. (1998) - *Soil Erosion in Europe*. European Soil Bureau.

Bibliografia consultata

- FAO, UNEP, UNESCO, (1987). *A provisional methodology for soil degradation assessment*. FAO, Rome.
- Foster, G.R., Lane, L.J., Nowlin J.D., (1981). *Estimating erosion and sediment yield on field sized areas*. Trans. ASAE 24, pp.1253-1262.

- Gregori E., Andrenelli M.C., Zorn G., (2005). *Una procedura per stimare HSG (CN) e l'erodibilità (RUSLE) per suoli naturali ed agrari*. Convegno AISSA "Il pianeta nel continente agricoltura", Reggio Emilia, 7-7 dicembre 2005 (91-92).
- Liu, B.Y., Nearing, M.A. e Risse, L.M., (1994). *Slope gradient effects on soil loss for steep slopes*. Transaction of the ASAE, 37(6), 1835-1840.
- Lo, A., El-Swaify, S.A., Dangler, E.W. e Shinshiro, L., (1985). *Effectiveness of EI30 as an erosivity index in Hawaii*. In: S. A. El-Swaify, W.C. Moldenhauer and A. Lo (Editors), Soil erosion and conservation. Soil Conservation Society of America, Ankeny, pp. 384-392.
- Mitasova, H., J. Hofierka, M. Zlocha, e R. L. Iverson, (1996). *Modeling topographic potential for erosion and deposition using GIS*. Int. Journal of Geographical Information Science, 10(5), 629-641.(reply to a comment to this paper appears in 1997 in Int. Journal of Geographical Information Science, Vol. 11, No. 6).
- Shirazi, M.A., Boersma, L. e Hart, J.W., (1988). *A unifying quantitative analysis of soil texture: improvement of precision and extension of scale*. Soil Sci. Soc. Am. J., 52, 181-190.
- Shirazi, M.A. e Boersma, L., (1984). *A unifying quantitative analysis of soil texture*. Soil Sci. Soc. Am. J., 48, 142-147.
- Torri, D. Pousen, J. and Borselli, L., (1997). *Predictability and uncertainty of the soil erodibility factor using a global data set*. Catena, 31, 1-22.
- Williams, J.R., (1995). *The EPIC model*. In : V.P. Singh (Ed), Computer Models of Watershed Hydrology. 25: 909-1000. Water resources Publications, Littleton, CO.
- Yu, B. e Rosewell, C.J., (1996). *A robust estimator of the R-factor for the universal soil loss equation*. Transactions of the ASAE, 39(2), 559-561.