

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI NAPOLI

"FEDERICO II"



**CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA PER
L'AMBIENTE E IL TERRITORIO**

Classe delle Lauree In Ingegneria Civile ed Ambientale, Classe N.L-7

TESI DI LAUREA

**VALUTAZIONE QUALI-QUANTITATIVA
DELL'EROSIONE DEL SUOLO**

RELATORE

Prof. Paolo Budetta

CANDIDATA

Irene Cianci

MATRICOLA

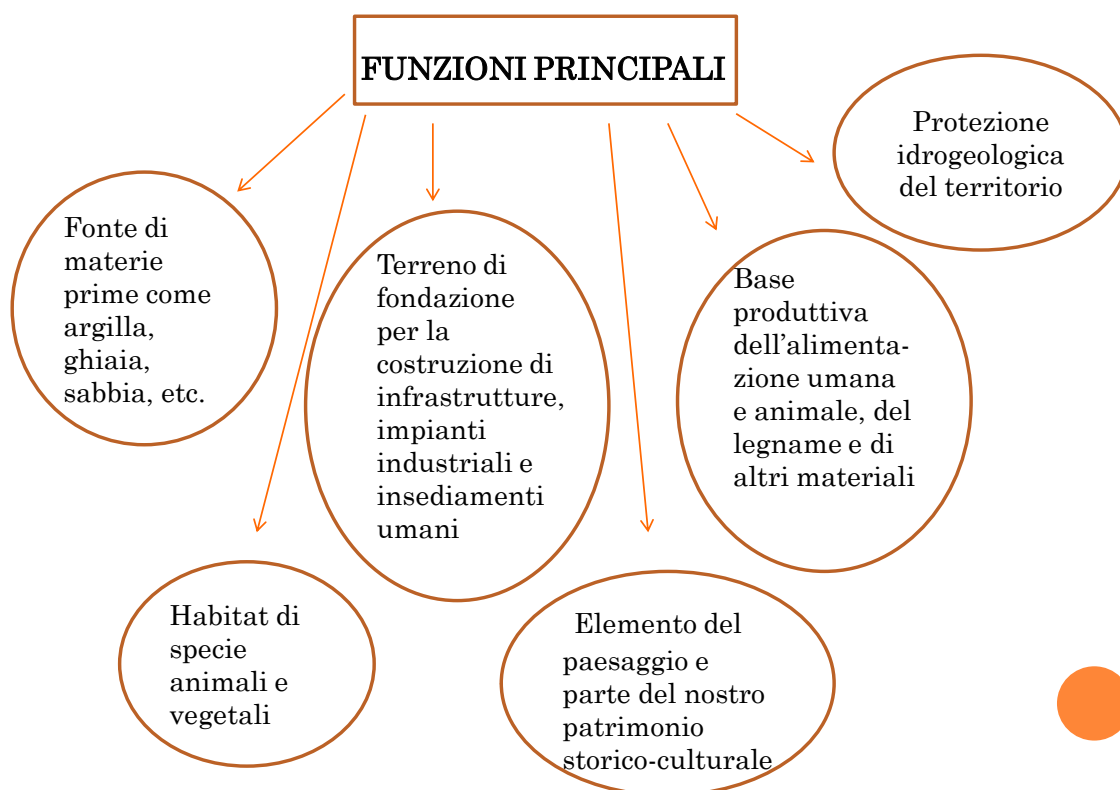
N49/077

ANNO ACCADEMICO 2013/2014

OBIETTIVI DELL'ELABORATO:

- Presentare una panoramica delle diverse funzioni della risorsa suolo, in modo da chiarire l'importanza che essa ha per l'umanità.
- Analizzarne le caratteristiche distintive.
- Descrivere i principali processi "pedogenetici" fisico-chimici e biologici di disgregazione della roccia madre che determinano la formazione del suolo e i fattori di influenza degli stessi.
- Affrontare la problematica del processo erosivo dal punto di vista qualitativo (cause; fattori di condizionamento; tipologie di manifestazioni) e quantitativo (classificazione e analisi dei principali modelli di quantificazione dei sedimenti e di identificazione delle aree a rischio).

LA RISORSA SUOLO



CARATTERISTICHE FISICHE

GRANULOMETRIA

POROSITA' (n)

AGGREGAZIONE

COLORE

SOSTANZA ORGANICA

SCAMBIO CATIONICO

CONCENTRAZIONE IDROGENICA (PH)

PROCESSI DI WEATHERING

GELIVAZIONE

PROCESSI TERMOCLASTICI

CRISTALLIZZAZIONE DEI SALI DISCIOLTI

AZIONE SOLVENTE DELL'ACQUA

DISSOLUZIONE DELLE ROCCE CARBONATICHE

IDRATAZIONE, IMBIBIZIONE, DISSECCAMENTO

PROCESSI DI OSSIDAZIONE

IDROLISI DEI SILICATI

INFLUENZA DEGLI ORGANISMI VIVENTI

I FATTORI DELLA PEDOGENESI: EQUAZIONE DI JENNY

$$S = f(\text{cl}, \text{o}, \text{r}, \text{p}, \text{t} \dots)$$

Clima: la temperatura accelera le reazioni chimiche; le precipitazioni contribuiscono a ridistribuire la materia nel suolo.

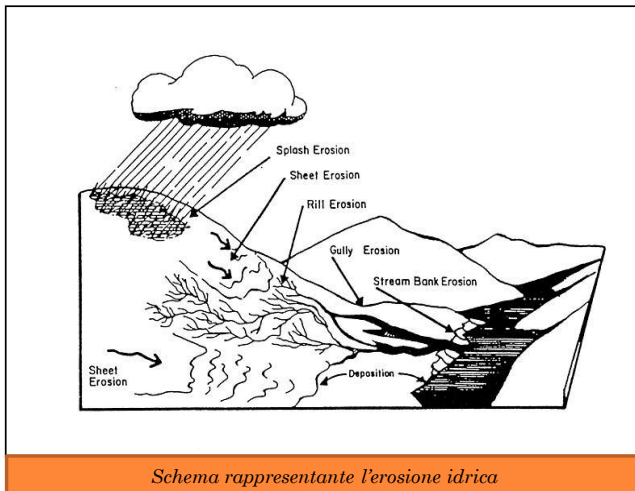
Organismi viventi: i batteri intervengono nelle reazioni; i vegetali fissano l'energia solare; gli animali trasformano i residui organici in humus; l'uomo interviene con agricoltura, allevamento etc.

Rilievo: influisce in maniera indiretta (su clima e vegetazione) e diretta (sul ruscellamento, infiltrazione dell'acqua, frane e accumulo di materiale).

Roccia madre: le differenze litologiche, il grado di fratturazione e i minerali condizionano la tipologia e la velocità di svolgimento dei processi.

Tempo: la durata del processo pedogenetic o condiziona la influenza sul suolo e sulle sue evoluzioni degli altri fattori.

INQUADRAMENTO DEL FENOMENO DELL'EROSIONE



A differenza delle frane, i processi erosivi interessano il suolo asportandolo “granello dopo granello”. Manca una superficie di scivolamento ed il fenomeno di asportazione dello strato di humus può avvenire più o meno velocemente per effetto di diversi agenti. Le conseguenze sono: processi di desertificazione, depauperamento della risorsa, riduzione della capacità degli invasi, etc.

Sono il risultato dell'interazione di diversi fattori, sia antropici che naturali; i principali dei quali sono:

- *Clima (temperature, precipitazioni)*
- *Esposizione dei versanti*
- *Inclinazione dei versanti*
- *Processi fisici e chimici*
- *Fattori antropici (tecniche colturali)*

EROSIONE IDRICA:

E' causata dalle acque superficiali; provoca fenomeni di distacco dei sedimenti, di trasporto e di deposito degli stessi; distinguiamo:

*erosione per fossi
(gully erosion)*



*erosione da impatto
(splash erosion)*



*erosione laminare
(inter-rill erosion)*

*erosione ruscellare
(rill erosion)*



MODELLI DI VALUTAZIONE QUANTITATIVA

A partire dagli anni '30 del XX secolo, nasce l'interesse per lo sviluppo di metodologie atte a :

- **Perimetrare** le aree a diversa pericolosità;
- **Quantizzare** il processo erosivo e quello deposizionale;
- **Proteggere** i suoli agricoli.

I modelli sono distinguibili in:

- **Modelli stocastici:** i valori di perdita del suolo sono stimati mediante il concetto di probabilità che un determinato evento possa aver luogo in uno specifico intervallo di tempo.
- **Modelli deterministico-stocastici:** le grandezze idrologiche sono generate stocasticamente; si utilizza una relazione deterministica tra la produzione del deposito e una variabile indipendente.
- **Modelli deterministici:** i processi erosivi sono analizzati per mezzo di algoritmi matematici e sono ulteriormente distinguibili in:
 - modelli empirici: che utilizzano correlazioni qualitative tra i diversi fattori
 - modelli fisicamente basati: che utilizzano formulazioni analitiche di tipo quantitativo.

MODELLI FISICAMENTE BASATI

WEPP (Water Erosion Prediction Project)

- Diviso in due versioni : *profile* ; *watershed*.
- Tiene conto delle modificazioni spaziali e temporali di alcune proprietà del suolo (vegetazione; struttura fisica; erosione idrica).
- **Vantaggi:** utilizzato per interpretare sia un singolo che più eventi di pioggia; permette di valutare separatamente il quantitativo di sedimenti dove il distacco è provocato dallo sforzo di taglio della corrente .
- **Svantaggi:** non utilizzato nelle zone calanchive e nei canali di grandi dimensioni ; difficoltà di reperimento dei dati d'ingresso per le aree geografiche di nostro interesse.

CREAMS (Chemical, Runoff, Erosion from Agricultural Management)

- Diversificato in tre analisi: idrologica, di erosione/sedimentazione; chimica.
- Permette la valutazione qualitativa delle acque presenti superficiali e percolanti.
- **Vantaggi:** il sottomodello chimico valuta la concentrazione degli elementi nutritivi presenti e dei pesticidi ; permette di analizzare la mobilità degli inquinanti nelle aree delle radici delle piante.
- **Svantaggi:** non è utilizzato a scala di bacino; non fornisce informazioni relative al deflusso durante le precipitazioni.

ANSWERS (*Areal Nonpoint Source Watershed Environment Response Simulation*)

- Diviso in due sottomodelli: idrologico; erosivo.
- Prevede la simulazione del comportamento del bacino durante e dopo ogni evento piovoso.
- **Vantaggi:** analisi accurata data la suddivisione del bacino in cells (maglie), a cui vengono applicate le relazioni matematiche.
- **Svantaggi:** non tiene conto dei processi erosivi che avvengono nei canali.

EPIC (*Erosion Productivity Impact Calculator*)

- A scala di campo: finalizzato alla determinazione delle relazioni tra l'erosione del suolo e la produzione di prodotti agricoli negli Stati Uniti d'America.
- Tiene conto di numerose variabili: l'idrologia, la meteorologia, il ciclo dei nutrienti, l'influenza delle attività antropiche, la vegetazione, etc.
- **Vantaggi:** sfrutta un intervallo di simulazione giornaliero ma può far riferimento anche a intervalli più lunghi.
- **Svantaggi:** limitato ad aree di modesta estensione (1 ha) e uniformi dal punto di vista delle finalità d'utilizzo.

EUROSEM (*European Soil Erosion Model*)

- **Vantaggi:** mette in relazione la capacità di trasporto dei flussi d'acqua con il quantitativo di sedimenti erosi.
- **Svantaggi:** applicato a piccoli bacini; non è dotato di una interfaccia che lo renda operativo.

MODELLI EMPIRICI

U.S.L.E/ R.U.S.L.E. (*Revised Universal Soil Loss Equation*)

- Si basano sulla relazione (Wischmeier e Smith del 1958):

$$A = RKLSCP$$

- A= media annuale, sul lungo periodo, di materiale erodibile per unità di superficie ($t/ha*anno$);
 - R= fattore di erosività;
 - K= fattore di erodibilità del suolo;
 - L= lunghezza del pendio;
 - S= pendenza del pendio;
 - C= tipologia di copertura vegetale;
 - P= pratica culturale (funzione delle tecniche di lavorazione e/o sistemazione)
- **Differenze:** differente valutazione e adattamento dei parametri; Il RUSLE è basato su una quantità maggiore di dati campionari relativi ai campi agricoli USA.
 - **Svantaggi:** la natura empirica del modello ne limita molto l'applicabilità, in quanto i dati di base sui fattori possono mancare per la maggior parte delle aree geografiche; non sono applicabili a tutti i climi e ai grandi bacini; non si considera l'erosione per fossi e calanchiva; nell'erosione laminare si trascura il materiale ridepositato.

- FATTORE DI EROSIVITA' R

$$[\Sigma (12.13 + 8.90 \cdot \log(I_i) \cdot (I_i \cdot T_j))] \cdot I_{30}$$

E' ottenuto sommando il contributo dei singoli eventi meteorici ottenuto in un intervallo; la pioggia è suddivisa in n classi di uguale intensità; di esse si stimano i valori di altezza di pioggia e si moltiplicano per l'energia cinetica unitaria della stessa. Sommando gli n prodotti si ottiene l'energia cinetica totale della precipitazione poi moltiplicata per la massima intensità di pioggia rilevata in 30 minuti ed espressa in mm/h. T_j = intervallo di tempo relativo alla classe d'intensità definita.

- FATTORE DI ERODIBILITA' K

Esprime l'attitudine intrinseca del terreno a farsi erodere. A seconda dei tipi di suolo si è realizzato un nomogramma che stimasse il fattore K in funzione di una serie di parametri: percentuale di limo + sabbia molto fine; percentuale di sabbia; contenuto di materia organica; struttura; drenaggio interno.

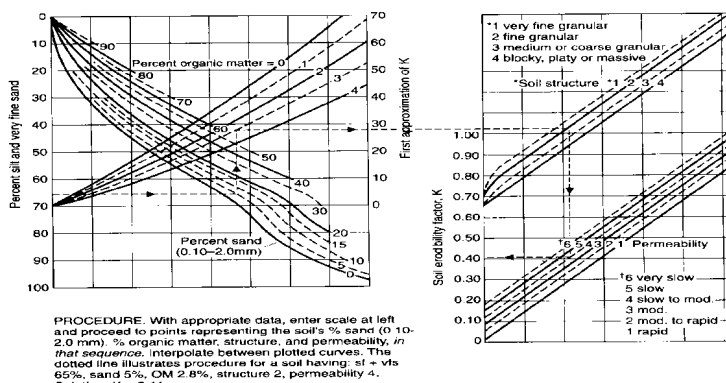


Figure 3.1. Nomograph for computing the K value (metric units) of soil erodibility for use in the Universal Soil Loss Equation (after Wischmeier, Johnson and Cross, 1971). Divide values by 1.3 to obtain K values in the original American units.

- FATTORE TOPOGRAFICO DEL VERSANTE LS

Mette in relazione l'entità dell'erosione con la lunghezza (L) la pendenza (S) del versante:

$$S = (0.43 + 0.30G + 0.043G^2) / 6.613$$

$$L = (\lambda / 22.13)^m$$

G = pendenza in percentuale; λ = la lunghezza massima del pendio; m = funzione di G.

- FATTORE COPERTURA VEGETALE (C) E PRATICHE CONSERVATIVE (P)

I valori di C sono tabellati tenendo conto di : sviluppo della copertura vegetale, colture prodotte; quelli di P in base a: tecniche di sistemazione del suolo; pratiche colturali etc.

Tipo di copertura	C
Terreno nudo	1.0
Granturco in permanenza, residui asportati, resa 4.4 tonn/ha	0.43
Pascolo cespugliato	0.012
Bosco, copertura arborea 30%, lettiera 50%	0.05
Bosco, copertura arborea 60%, lettiera 80%	0.003
Seminativo a rotazione	0.119

MODELLI A SCALA DI BACINO

- Indagano la quantità di sedimenti che transitano dalla zona di erosione fino alla sezione di chiusura del bacino in un intervallo di tempo.
- I principali modelli di valutazioni dell'erosione e del quantitativo di sedimenti sono due: *USPED (Unit Stream Power - based Erosion Deposition)*; *LISEM (Limburg Soil Erosion Model)*.
- I processi sono spazializzati con software di simulazione G.I.S. (Sistemi Informativi Geografici). Essi consentono di:
 - ridurre l'affidamento a concetti puramente empirici;
 - sfruttare metodi numerici robusti per sostenere le simulazioni;
 - tenere conto delle varieguate influenze tra i differenti fattori (variabilità spaziale e degli apporti meteorici; differente copertura vegetale; tipologia di suolo, etc.).

USPED (Unit Stream Power Erosion and Deposition model)

- Consente di predire la distribuzione spaziale dei tassi di erosione e di deposito relativamente ad uno stato di flusso superficiale caratterizzato da condizioni uniformi di eccesso di pioggia.
- E' basato sulla teoria proposta da Moore e Burch nel 1986 (Unit Stream Power).
- Ipotizza che il processo di erosione sia limitato alla capacità di trasporto.
- Utilizza come parametri di ingresso quelli di RUSLE (R, K, C, P).
- Il modello assume la portata di sedimenti $|q_s(r)|$ pari alla capacità di trasporto $T(r)$:

$$|q_s(r)| = T(r) = K_t(r) |A(r) i|^m \sin b(r)^n$$

$b(r)$ [gradi sessagesimali] = pendenza; $q(r)$ = portata; $K_t(r)$ = coefficiente di trasportabilità (dipende dal tipo di suolo e dal tipo di copertura del suolo stesso); $A(r)$ = area contribuyente immediatamente a monte; i = intensità media ed uniforme di pioggia; m, n = costanti (variano in accordo al tipo di flusso e alle caratteristiche del suolo).
Portata di sedimenti in relazione alla capacità di trasporto:

$$T = R K C P A^m (\sin b)^n$$

$R \sim i^m$, $K C P \sim K_t$ e $LS = A^m \sin b^n$.

Erosione o il deposito netto :stimato in base alla variazione della portata solida, espressa mediante la *divergenza* della portata dei sedimenti:

$$ED = \text{div}(T \cdot s) = d(T \cos a)/dx + d(T \sin a)/dy$$

a = "aspetto" della superficie

LISEM (LIMBURG SOIL EROSION MODEL)

- Permette prevedere i processi di perdita e trasporto delle particelle determinati da un singolo evento di pioggia.
- **Vantaggi:** uno dei primi modelli completamente integrati con un GIS (Sistema Informativo Geografico) denominato PCRaster; è molto versatile e adattabile a un'ampia casistica di situazioni territoriali; l'utente può intervenire singolarmente sulla valutazione di ognuno dei fattori di influenza:
 - *Pioggia*
 - *Infiltrazione*
 - *Immagazzinamento nelle micro-depressioni superficiali*
 - *Portate di tipo diffuso e concentrato nei piccoli canali*
- **Svantaggi:** lo si può utilizzare solo in aree comprese tra 10 e 100 ettari; la rigidità del PCRaster è tale da non renderlo compatibile con GIS e software commerciali.

Il modello LISEM è basato su relazioni analitiche per valutare:

- *Processi di erosione*
- *Condizione iniziale per la concentrazione dei sedimenti*
- *Capacità di trasporto del deflusso*
- *Erosione superficiale del versante*

CONCLUSIONI

- Il 77 % del territorio italiano è a rischio di erosione accelerata determinata da:
 - *Naturale predisposizione al fenomeno del territorio: dovuta soprattutto agli eventi pluviometrici di notevoli intensità connessi alle variazioni climatiche globali.*
 - *Azione antropica: pratiche agricole (spesso compiute con macchinari inadatti alle caratteristiche dei suoli); allevamento; disboscamento; incendi boschivi, etc.*
- La valutazione delle procedure applicabili per la stima dell'erosione nei bacini idrografici ha mostrato che:
 - *I modelli a scala di versante necessitano di un gran numero di dati d'ingresso se fisicamente basati; se empirici forniscono risultati soddisfacenti limitatamente alle aree in cui sono stati stimati i parametri.*
 - *I modelli a scala di bacino rappresentano un utile strumento di pianificazione territoriale quando sono opportunamente supportati da strumenti informatici di simulazione (quali ad esempio i GIS) dei modelli fisicamente basati. Essi permettono di fornire mappe che spazializzano e perimetrano le aree a rischio.*