

Erosione eolica

L'erosione eolica si verifica quando coincidono tre condizioni: alta velocità del vento, una superficie suscettibile con particelle disperse che possono essere facilmente prelevate e una protezione superficiale insufficiente da parte della vegetazione o residui vegetali

L'erosione eolica è un problema maggiore nelle regioni aride e semiaride dove la vegetazione è scarsa, le precipitazioni basse e la temperatura alta.

Infatti, l'alto tasso di evaporazione è elevato rispetto alle precipitazioni per la maggior parte dell'anno e questo causa l'impovertimento del suolo in termini di umidità, sostanza organica e, quindi, struttura.



Una cattiva gestione del territorio, come ad esempio il sovrapascolamento, la deforestazione e l'uso improprio delle risorse idriche, è responsabile per la perdita di copertura vegetale naturale e dell'erosione eolica accelerata.



Nel complesso, l'aumento dell'erosione eolica causata da fattori umani conta per circa il 78% dell'erosione eolica totale.

- La deforestazione aumenta l'erosione eolica di 23
- La coltivazione aumenta l'erosione eolica di 10 volte
- Il sovrapascolamento aumenta l'erosione eolica di 1,14 volte

In Europa l'erosione eolica è stata sottovalutata come processo di degrado del suolo. Storicamente ha ricevuto attenzione come processo lento di riduzione della fertilità del suolo e come fonte di inquinamento atmosferico.

L'erosione eolica è in genere un evento impercettibile. Tuttavia, eventi singoli importanti possono causare perdite di terreno superiori a 100 t/ha e causare notevoli danni on- e off-site.

In effetti il problema maggiore dell'erosione eolica è la sua percezione. Le pesanti tempeste di sabbia attraggono l'attenzione, mentre la maggior parte dei fenomeni passano perlopiù inosservati.

Perdite medie annuali del suolo fino a 40 t/ha possono anche non dar alcun segno tangibile di erosione.

Entrambi i processi di erosione e deposizione hanno luogo su vaste aree e sono quindi difficili da identificare. Rispetto all'erosione idrica, dove il materiale eroso segue percorsi determinati e visibili, quello eroso dal vento è disperso in maniera diffusa e la direzione del trasporto può essere soggetta a forti e repentine modifiche.

TABLE 2.7.1 Relationships between quantity of wind erosion, effects of erosion and annual soil loss. (Reproduced from Chepil WS, *Soil Sci. Soc. Am.* 1960, **24**: 143–145, with permission of the Soil Science Society of America)

Extent of erosion	Description of erosion	Annual soil loss (t ha ⁻¹)
None to insignificant	No distinct visible effects of soil movement	<40
Slight	Soil movement not sufficient to kill winter wheat in boot stage	40–125
Moderate	Removal and associated accumulations to about 2.5 cm depth, sufficient to kill wheat in boot stage	125–375
High	About 2.5–5 cm removal and associated accumulations	375–750
Very high	5–7.5 cm removal with small dune formations	750–1125
Exceedingly high	More than 7.5 cm removal with appreciable piling into drifts or dunes	>1125

Effetti dell'erosione eolica a livello locale/regionale

L'erosione eolica rimuove i costituenti del suolo più leggeri e meno densi come la sostanza organica, argille e limo, quindi la parte più fertile del suolo, riducendone la produttività.

L'impatto delle particelle di suolo in sospensione nel vento possono anche ridurre la sopravvivenza e la crescita delle piantine, ridurre la resa e la commerciabilità delle colture, aumentare la suscettibilità delle piante a determinati tipi di stress e contribuire alla trasmissione di alcuni patogeni

Le particelle di suolo erose oscurano la visibilità e inquinano l'aria, influenzano la qualità dell'acqua, causano incidenti automobilistici e danni alla salute animale e umana.



Effetti dell'erosione eolica a livello globale

L'emissione di particelle dovuta all'erosione eolica è la più grande fonte di aerosol mondiale, che influenza direttamente e indirettamente il bilancio della radiazione atmosferica e quindi il clima globale.

Si stima che le particelle erose dal suolo contribuiscano a circa $500 \cdot 10^6$ t di particolato in atmosfera ogni anno, influenzando attivamente il sistema climatico.

Alcuni calcoli basati su modelli hanno indicato che circa il 50% del totale delle particelle in atmosfera provengono da terreni disturbati, cioè interessati da coltivazione, deforestazione o sovrapascolamento.

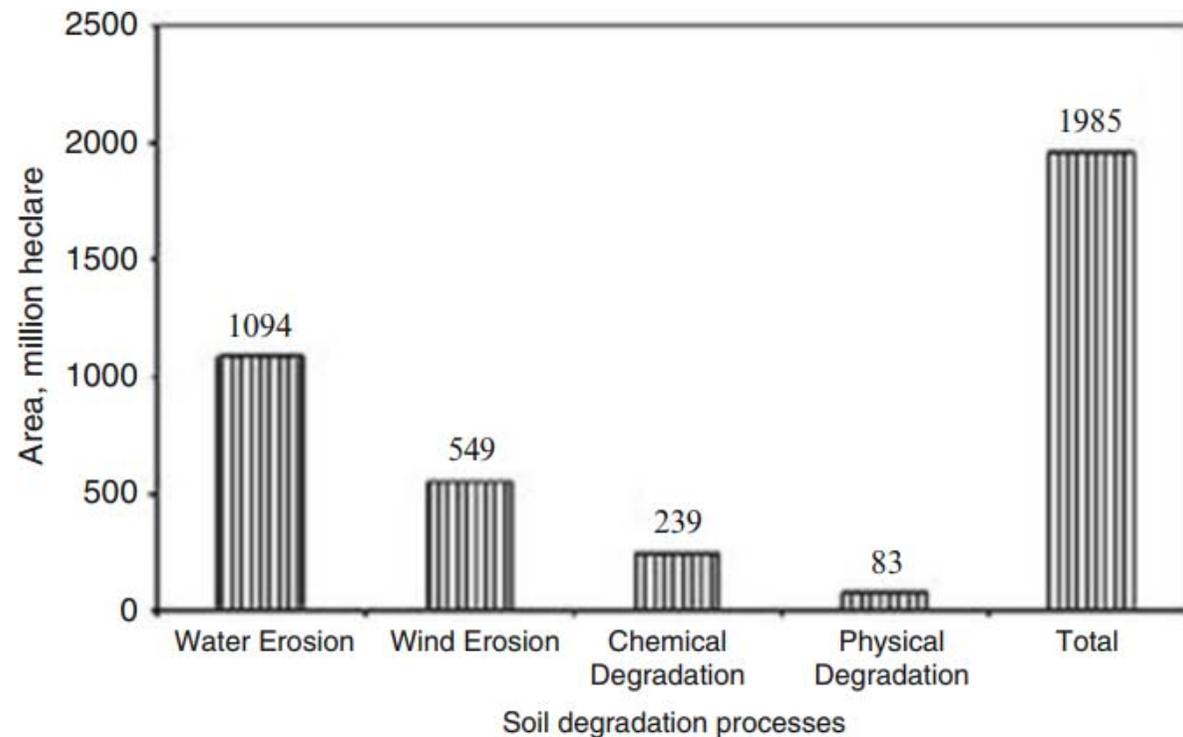


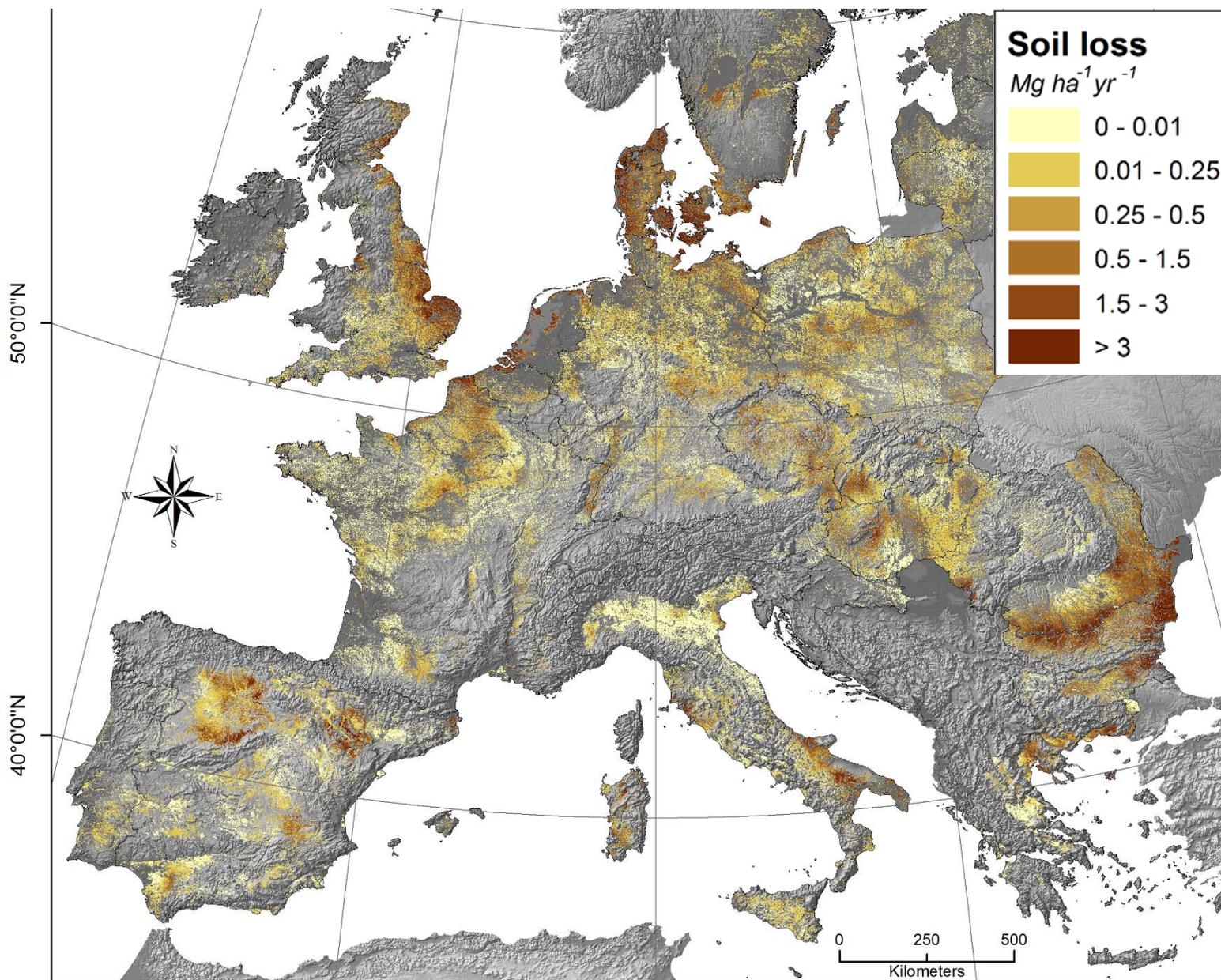
On-site effects	Off-site effects
<p>Soil degradation</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Fine material may be removed by sorting, leaving a coarse lag 2. Evacuation of organic matter 3. Evacuation of soil nutrients 4. Degrading water economy in the topsoil 5. Degrading soil structure 6. Stimulated acidification of the topsoil <p>Abrasion damage</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Direct abrasion of crop tissue, resulting in lower yields and lower quality 2. Infection of crops due to the penetration of pathogens 3. Stimulated dust emission due to sandblasting of the surface top layer <p>Other damage</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Infection, with pathogens or soil constituents, of adjacent uncontaminated fields and crops 2. Accumulation of low-quality wind-blown deposits on the fields 3. Building of sand accumulations at the field borders, covering of drainage ditches 4. Burial of plants 5. Loss of seeds and seedlings 	<p>Short-term effects</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Reduced visibility, affecting traffic safety 2. Deposition of sediment on roads, in ditches, hedges, etc. 3. Deposition of dust in houses, on cars, washing, etc. 4. Penetration of dust in machinery 5. Deposition of dust on agricultural and industrial crops, ruining their quality <p>Long-term effects</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Penetration of dust and its constituents in the lungs, causing lung diseases and other respiratory problems 2. Absorption of airborne particulates by plants and animals, leading to a general poisoning of the food chain 3. Deposition of heavy metals and other eroded chemical substances to the ground, infecting the soil 4. Contamination of surface and ground water via deposition of airborne particles 5. Increased eutrophication of surface and ground water 6. Infection of remote uncontaminated areas, transforming these into new potential sources

Erosione eolica nel mondo

Le aree più sensibili all'erosione eolica in tutto il mondo si trovano in Nord America, nelle parti più aride dell'Argentina, Bolivia e Perù in Sud America.

In Asia: in Cina, India, Pakistan e gran parte del Medio Oriente. Nell'Africa equatoriale e in Australia. Si stima che le aree degradate causate dall'erosione eolica siano pari al 46,4% del totale delle aree degradate.



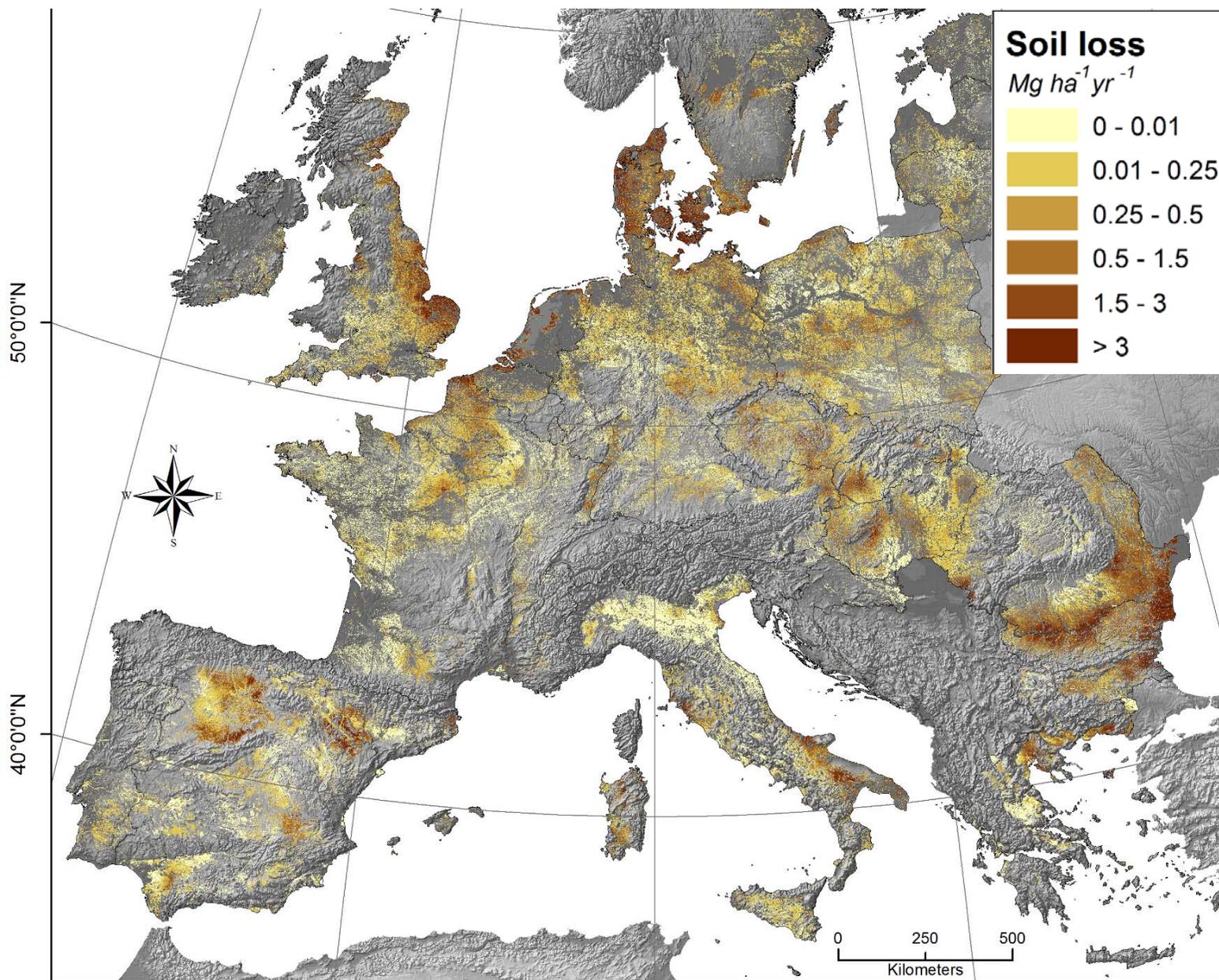


In Europa:

Le condizioni continentali secche nell'Europa orientale favoriscono l'erosione del vento su vaste aree.

Nel nord Europa, l'erosione eolica è elevata su terreni leggeri e sabbiosi del colluvio glaciale pleistocenico.

Vicino alle coste, l'erosione eolica è principalmente causata dall'alta velocità del vento, nonostante le condizioni climatiche umide.



il 4% del territorio europeo è interessato dall'erosione eolica

Fenomeni più importanti: lungo i sedimenti glaciali dal Regno Unito, Polonia e Danimarca.

Il rischio di erosione eolica nella regione mediterranea è considerato alto in una valutazione dell'USDA, mentre uno studio a livello europeo non ha mostrato alcun rischio in questo settore.

L'estensione spaziale dell'erosione eolica è aumentata negli ultimi decenni. I fattori che influenzano l'aumento dell'erosione eolica in Europa sono:

- Il livello più alto di meccanizzazione ha portato a campi più grandi e, di conseguenza, alla rimozione di siepi e di altre strutture paesaggistiche.
- Il drenaggio dei terreni arabili causa un essiccamento più rapido della superficie del suolo, causando la decomposizione della sostanza organica e la diminuzione della stabilità degli aggregati del suolo.
- Il sovrapascolamento è un fattore causale significativo nelle regioni semi-aride e aride, dove nessun altro tipo di uso del suolo è possibile.

I dati sull'estensione dell'erosione eolica in Europa sono molto limitati e, se disponibili, sono il risultato di diverse metodologie di valutazione, usate su scala nazionale o locale, non comparabili fra loro. Di conseguenza, non esiste una mappa uniforme del verificarsi dell'erosione eolica in Europa.

TABLE 2.7.3 Extent of wind erosion in some European countries

Country ^a	Total (1000 ha)	Light	Medium	Severe
Bulgaria ¹	13			13
Czech Republic ²	963	397	475	91
Denmark ³	1000			
Estonia ⁴	77			
France ⁵	500			
Germany	4154			
Lower Saxony ⁶	2000			
Mecklenburg ⁷	1004	67	543	394
Brandenburg ⁸	1150	533	327	290
Hungary ⁹	1400			
Latvia ¹⁰	230			
The Netherlands ¹¹	97			
Poland ¹²	8843	5447	3077	318
Russia ¹³	7138	2014	4599	525
Slovakia ¹⁴	154			
Sweden ¹⁵	35			
UK ¹¹	260			
Ukraine ¹⁶	2200			

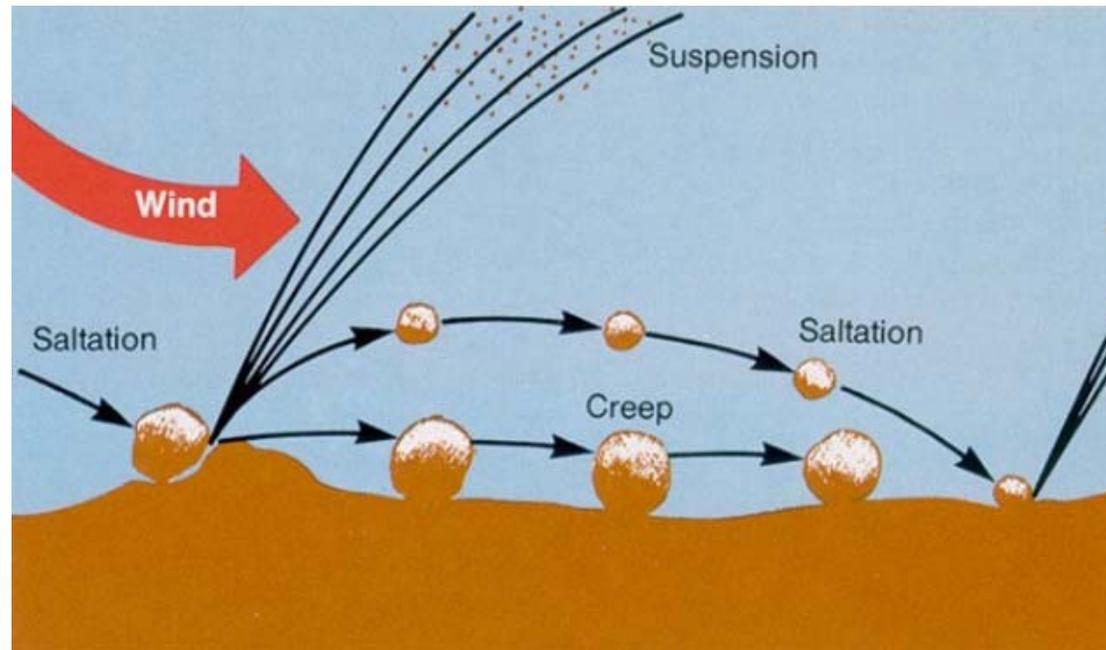
^aReferences: ¹Ivanov, 1997; ²Janecek *et al.*, 2000; ³Gross and Barring, 2003; ⁴Reintam *et al.*, 2001; ⁵Montanarella, 2002; ⁶Thiermann *et al.*, 2000; ⁷Funk *et al.*, 1996; ⁸Funk *et al.*, 2001; ⁹Fenyö, 1997; ¹⁰FAO, 1997; ¹¹Riksen and de Graaff., 2001; ¹²CNT, 2000; ¹³Larionov *et al.*, 1997; ¹⁴SSCRI, 2003; ¹⁵Barring *et al.*, 2003, ¹⁶Dolgilevich, 1997.

Il moto delle particelle

Le modalità con cui si muovono le particelle sono soprattutto correlate alla loro dimensione. Secondariamente anche alla loro densità e forma.

Ci sono tre modalità tipiche del movimento delle particelle del suolo sottoposte ad erosione eolica.

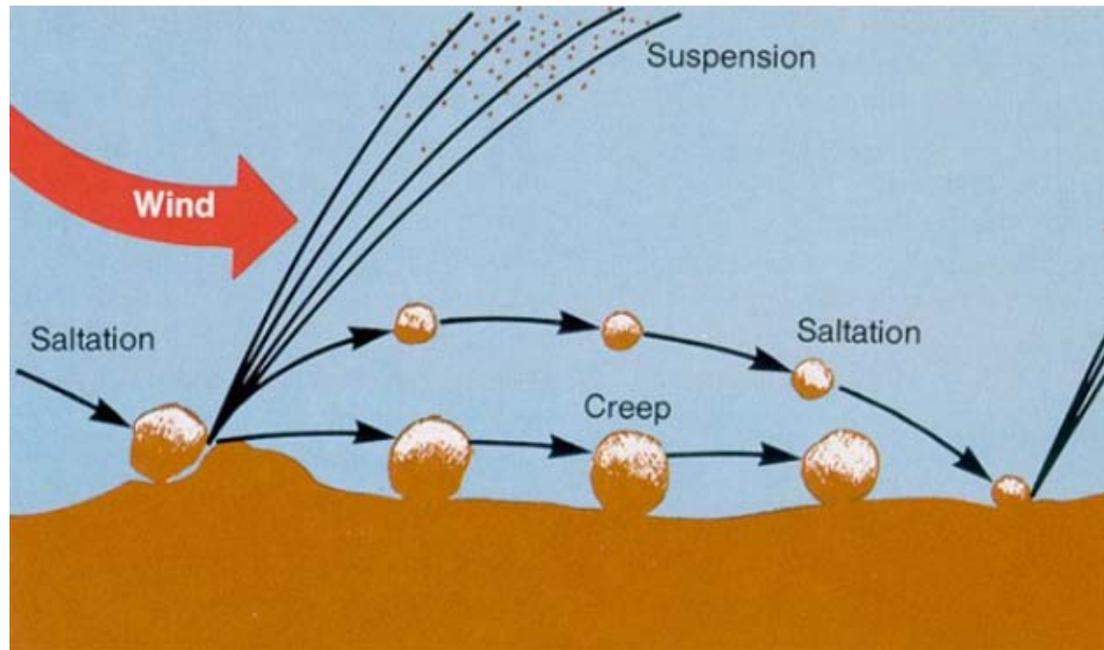
Queste sono **saltation**, **suspension** e **surface creep**, che si verificano contemporaneamente.



Saltation

Il movimento di rimbalzo delle particelle sulla superficie è chiamato saltation.

Particelle di terreno delle dimensioni di 70-500 μm rotolano sulla superficie del suolo sotto la spinta diretta del vento. Improvvisamente saltano in verticale ad altezze inferiori al metro con un angolo elevato (55°). Le particelle sollevate guadagnano in velocità e poi scendono quasi in linea retta con un angolo di $5-12^\circ$ rispetto al piano orizzontale. La distanza orizzontale percorsa da una particella è quattro a volte l'altezza del suo salto.



Saltation

Il movimento di rimbalzo delle particelle sulla superficie è chiamato saltation.

Particelle di terreno delle dimensioni di 70-500 μm rotolano sulla superficie del suolo sotto la spinta diretta del vento. Improvvisamente saltano in verticale ad altezze inferiori al metro con un angolo elevato (55°). Le particelle sollevate guadagnano in velocità e poi scendono quasi in linea retta con un angolo di $5-12^\circ$ rispetto al piano orizzontale. La distanza orizzontale percorsa da una particella è quattro a volte l'altezza del suo salto.

Le particelle saltate si schiantano sulla superficie colpendo altre particelle che a loro volta rimbalzano sulla superficie. Questo bombardamento della superficie provoca un'effetto valanga che si diffonde a forma di ventaglio, con sempre più particelle di terreno mobilitate sottovento, fino a quando è raggiunta la saturazione della capacità di trasporto del vento.

Al di sotto del valore di saturazione, l'energia in eccesso delle particelle rimbalzanti viene dissipata per abradere croste o aggregati.

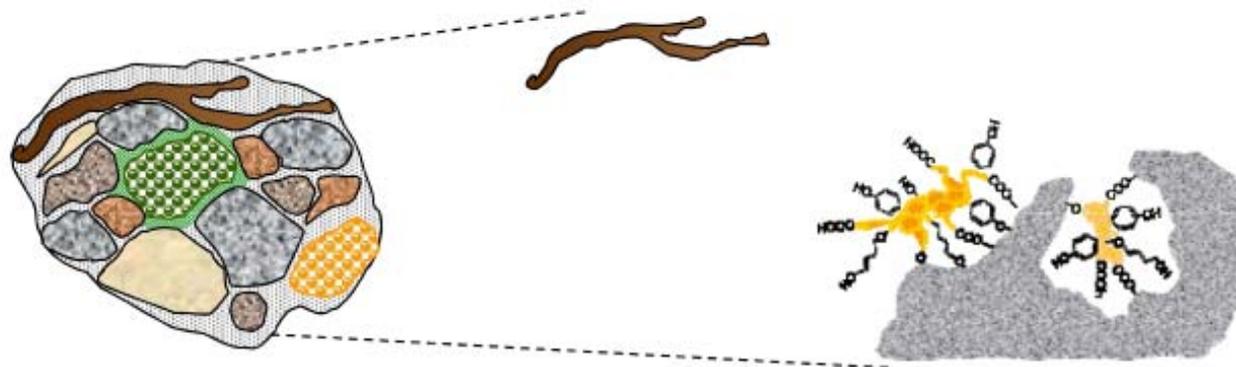
Questo è il principale meccanismo di trasporto delle particelle di terreno ad opera del vento, pari al 50-80% del trasporto totale.

Suspension

Le particelle molto piccole che si sono sollevate rimangono in sospensione nel vento e vengono generalmente rimosse dall'area di origine locale, a metri o addirittura a centinaia di chilometri di distanza.

Le particelle che permangono in sospensione hanno dimensioni di circa 2-100 μm . Tuttavia, solo le particelle con diametro $<20 \mu\text{m}$ vengono trasportate a lunghe distanze (centinaia di km) rimanendo in sospensione per lunghi periodi di tempo (giorni), mentre le particelle più grandi tendono a sedimentarsi prima (poche ore).

Poiché alle particelle delle dimensioni più fini sono spesso legati nutrienti e sostanza organica del suolo, si verifica una rimozione selettiva di particelle fini e fertili e un accumulo di quelle più grossolane e meno fertili

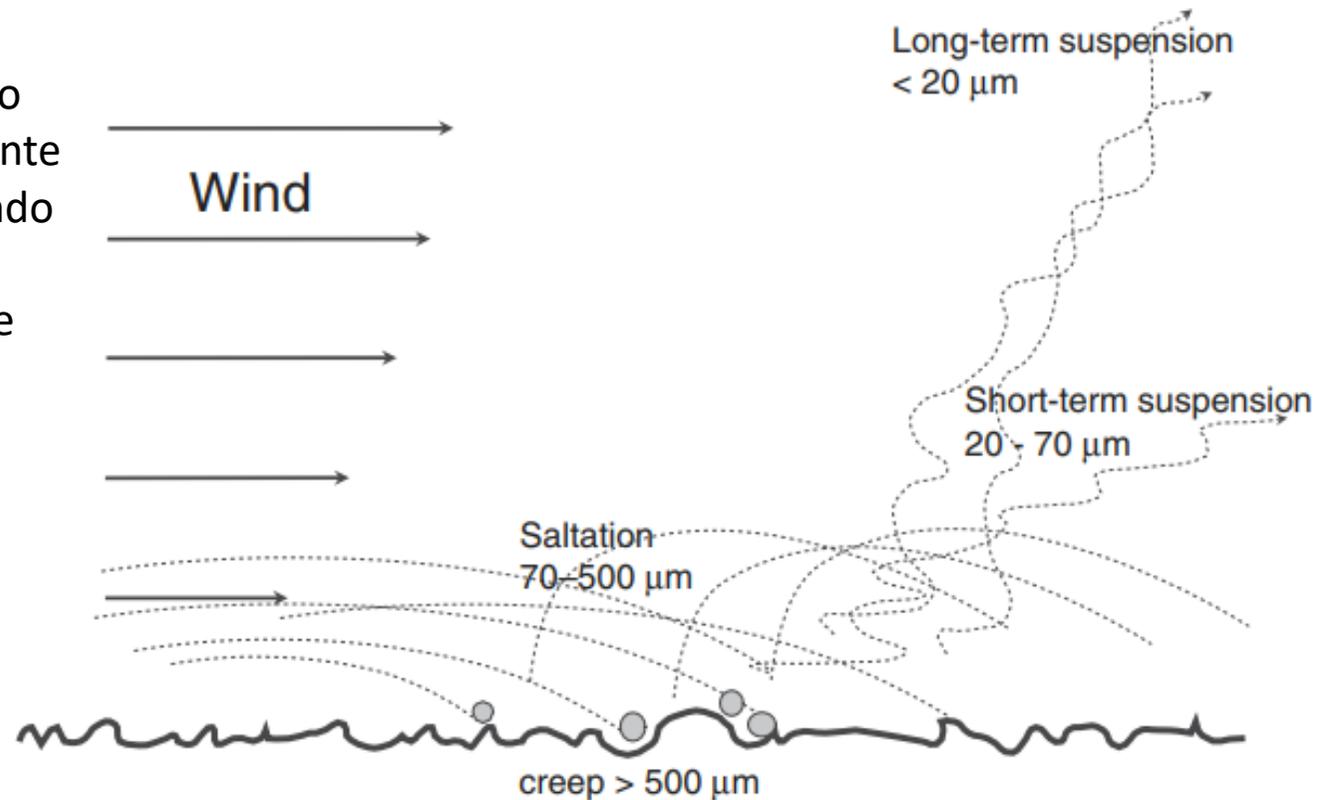


Surface creep

Le particelle più grandi di $500\ \mu\text{m}$ (coarse sand o aggregati) sono troppo pesanti per essere sollevate da fenomeni erosivi eolici di normale intensità. Queste particelle vengono spinte e rotolano guidate dal vento e dagli impatti delle particelle in saltation.

Gli aggregati sottoposti a questo processo raramente si allontanano significativamente dai loro punti di origine. Tuttavia, rotolando possono disgregarsi per abrasione con la superficie e liberare particelle più fini che ricadono nell'erosione tipo saltation e suspension.

Il surface creep costituisce il 7-25% del trasporto eolico totale



La connessione fra i moti di particelle

Il saltation può essere definito come il processo guida dell'erosione eolica.

Le particelle di suolo che sono state sollevate dalle forze fluidodinamiche, accelerano negli strati più alti e ritornano al suolo. A causa della quantità di moto guadagnato, queste particelle rimbalzano di nuovo e continuano il loro movimento, aumentando la velocità di trasporto sottovento, e/o colpiscono altri grani.

Il processo di saltation determina la distruzione degli aggregati o delle croste, il rapido aumento dell'intensità del trasporto e la produzione di particelle delle dimensioni adatte ad andare in sospensione.

È necessario superare una certa soglia di attrito per poter instaurare il movimento delle particelle. Questo valore è indicato come velocità di soglia. Per particelle sparse e non consolidate esiste una stretta relazione tra la dimensione delle particelle e questo valore di soglia. Dopo aver superato il valore di soglia, la capacità di trasporto del vento aumenta rapidamente in maniera esponenziale

Fattori che influiscono sull'erosione eolica

L'equazione dell'erosione eolica (WEQ) è un modello designato per prevedere nel medio-lungo periodo l'erosione eolica annuale di un determinato territorio con caratteristiche specifiche.

$$E = f (IKCLV)$$

E = perdita media annua stimata di suolo
(t ha⁻¹ anno⁻¹)

I = indice di erodibilità del suolo

K = fattore di rugosità della superficie

C = fattore climatico (erosività)

L = distanza di campo sgombra da ostacoli
lungo la direzione prevalente del vento

V = copertura vegetativa



Le due principali componenti che determinano l'entità dell'erosione eolica sono l'**erosività** del clima e l'**erodibilità** del suolo. Entrambi sono influenzati dalle interazioni di vari altri fattori, con una conseguente elevata variabilità temporale dell'effettiva erodibilità di un particolare sito.



Erosività

L'erosività del clima dipende dalla velocità del vento, dalla quantità e dalla distribuzione delle precipitazioni e dell'evaporazione. Le interazioni fra questi fattori determinano l'intensità, la frequenza e la durata degli eventi erosivi eolici

Il vento (lo spostamento di masse d'aria) è causato dalle differenze di pressione nell'atmosfera che a loro volta sono dovute alle differenze della temperatura sulla superficie terrestre. Il vento è formato da una «componente media» e una «turbolenta» o perturbata.

La turbolenza è generata dalla resistenza per attrito dell'aria che si muove su superfici ruvide. Si traduce in un movimento irregolare vorticoso con vortici (eddies) turbolenti che si muovono su e giù.

Erosività

Il regime del vento in Europa è determinato da tre fattori:

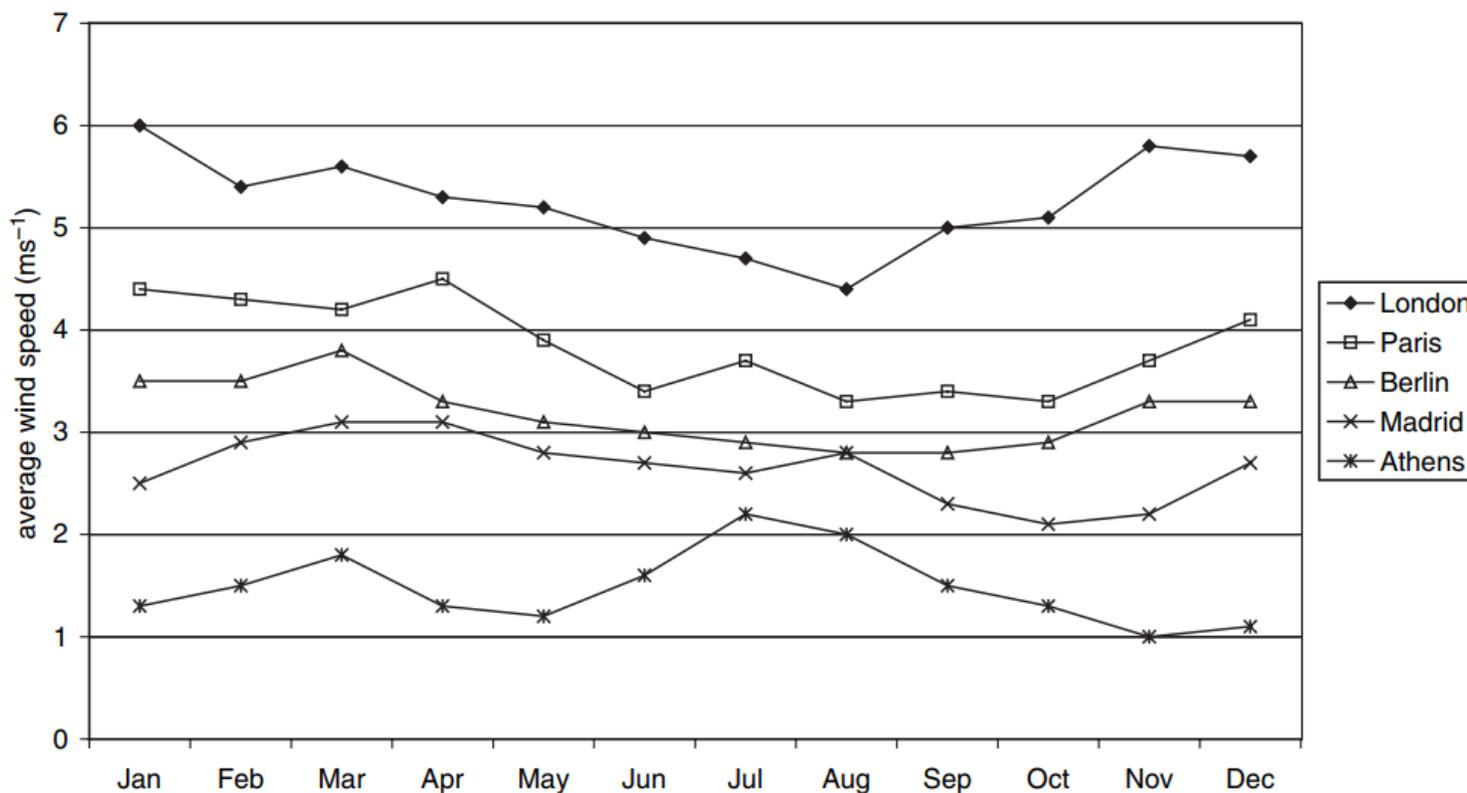
- la grande differenza di temperatura tra l'aria Polare del nord e l'aria sub-tropicale del sud;
- la distribuzione delle terre e del mare
- Principali barriere orografiche – Alpi, Pirenei e catena montuosa scandinava.

La maggior parte del territorio Europeo è influenzata da venti di superficie che si spostano verso est. La velocità media del vento in Europa è più alta nel nord-ovest (Irlanda, Scozia) e diminuisce in direzione sud-est.

Altri sistemi eolici locali sono diffusi in tutta l'area del Mar Mediterraneo. Sono caratterizzati da una costanza di forza e direzione per lunghi periodi (come ad esempio il maestrale o scirocco)

La velocità del vento ha: i) una rotta giornaliera, causata da effetti termici, con un massimo nel primo pomeriggio e un minimo di notte; ii) una variazione annuale, per esempio con un massimo durante l'inverno nell'Europa nord-orientale

Nel caso Europeo tuttavia, a causa di un bilancio idrico positivo, le superfici umide del suolo possono resistere al vento. Ne deriva che l'erosività è maggiore in primavera (interazione fra velocità del vento ed evaporazione)



Indice di erosività

Qui, l'erosività è principalmente determinata dalla velocità del vento (m s^{-1}) e dalle condizioni di umidità del suolo (evaporazione potenziale/precipitazione).

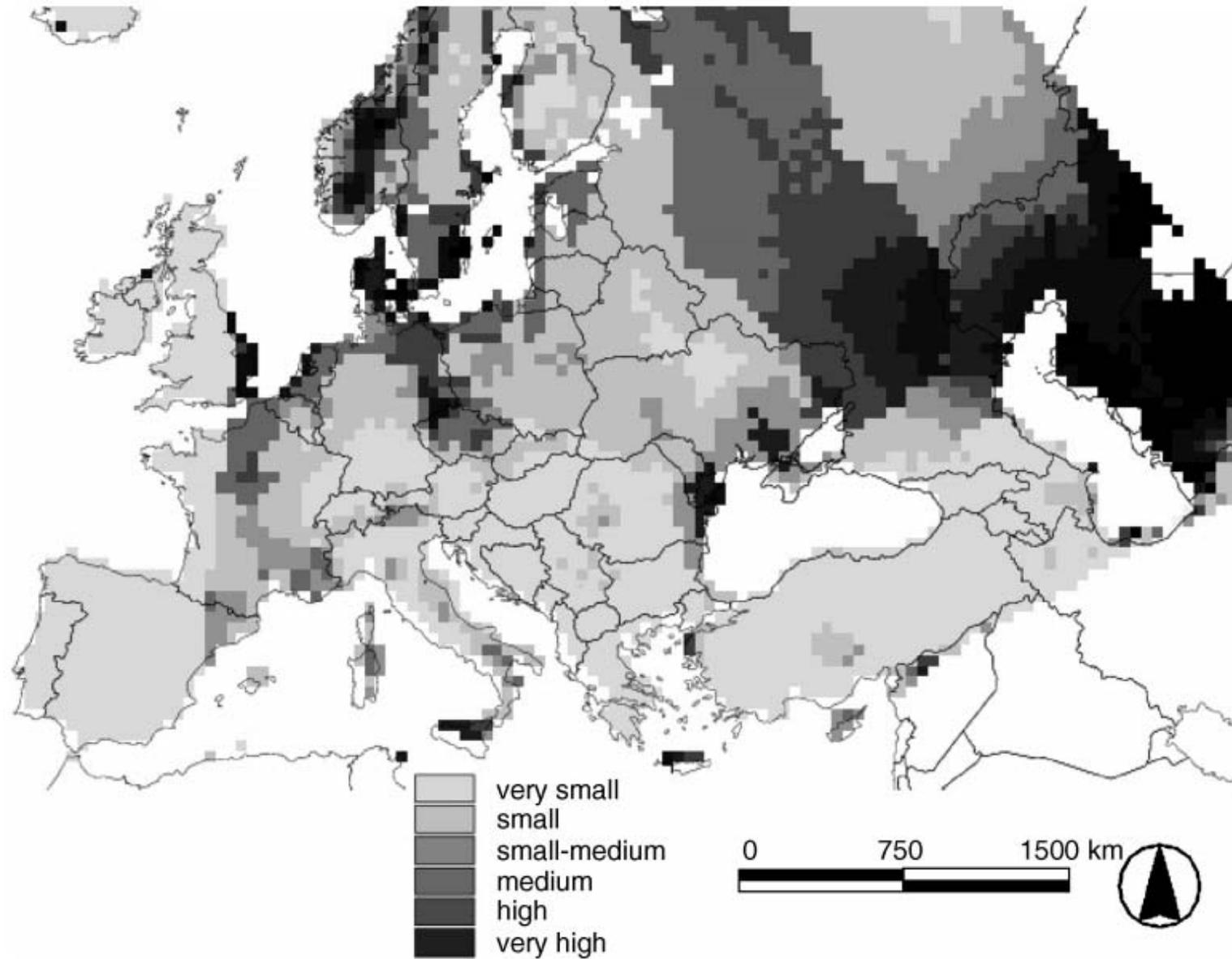


Figure 2.7.2 Wind erosivity of the climate in Europe based on CRU data

Erodibilità

L'erodibilità descrive il potenziale di un suolo di essere eroso o, al contrario, la sua capacità di resistere al vento. I fattori che influiscono sono principalmente la tessitura e il contenuto di sostanza organica.

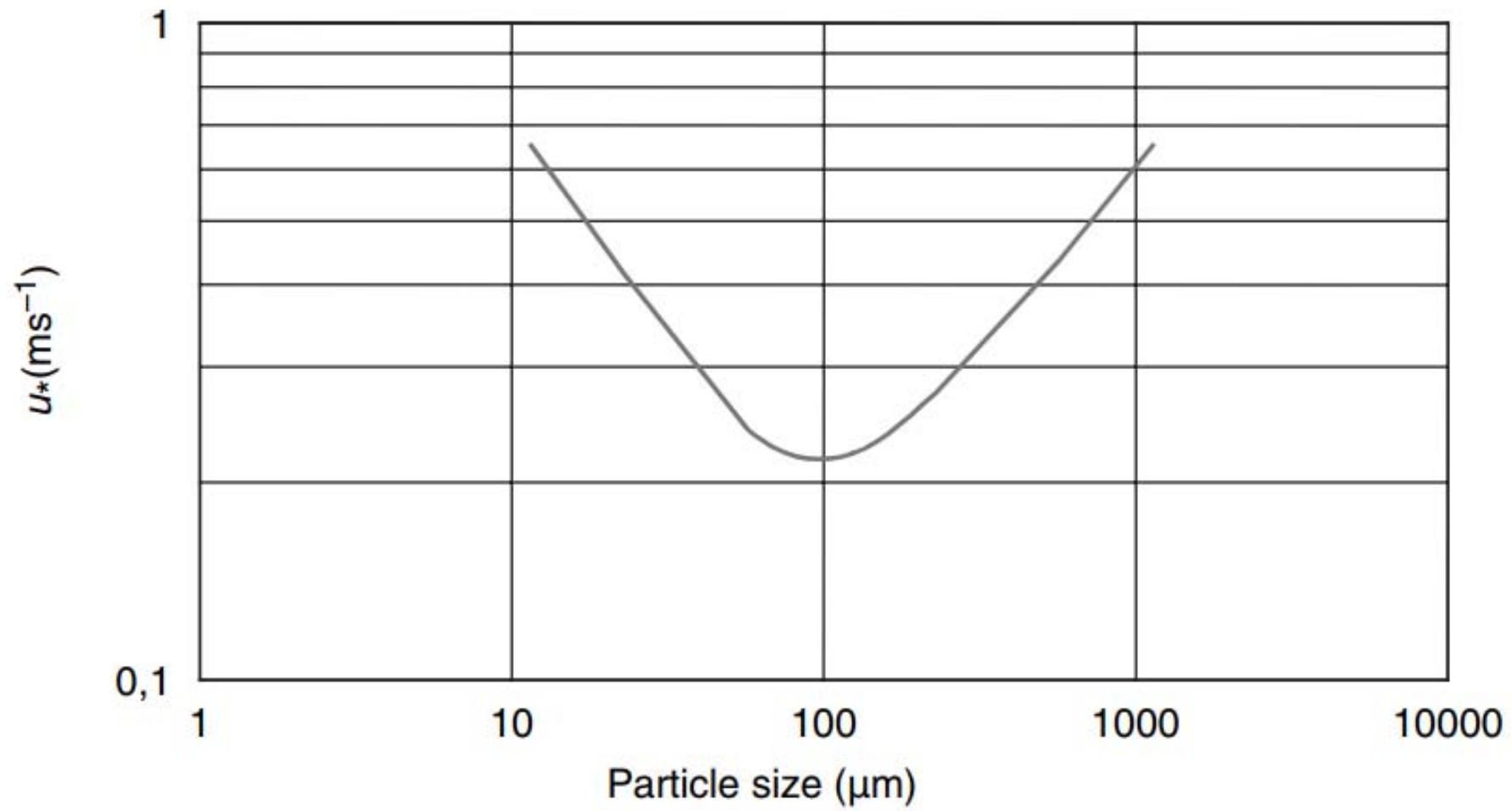
In generale, i terreni sabbiosi sono altamente erodibili perché si asciugano rapidamente, formano solo pochi aggregati deboli e contengono una grande percentuale di particelle nella frazione più erodibile (tra gli 80 e i 200 μm). Il diametro medio dei singoli grani o aggregati che possono essere considerati non erodibili è $> 840 \mu\text{m}$. Questi grani sono solitamente troppo pesanti per essere dispersi dal vento.

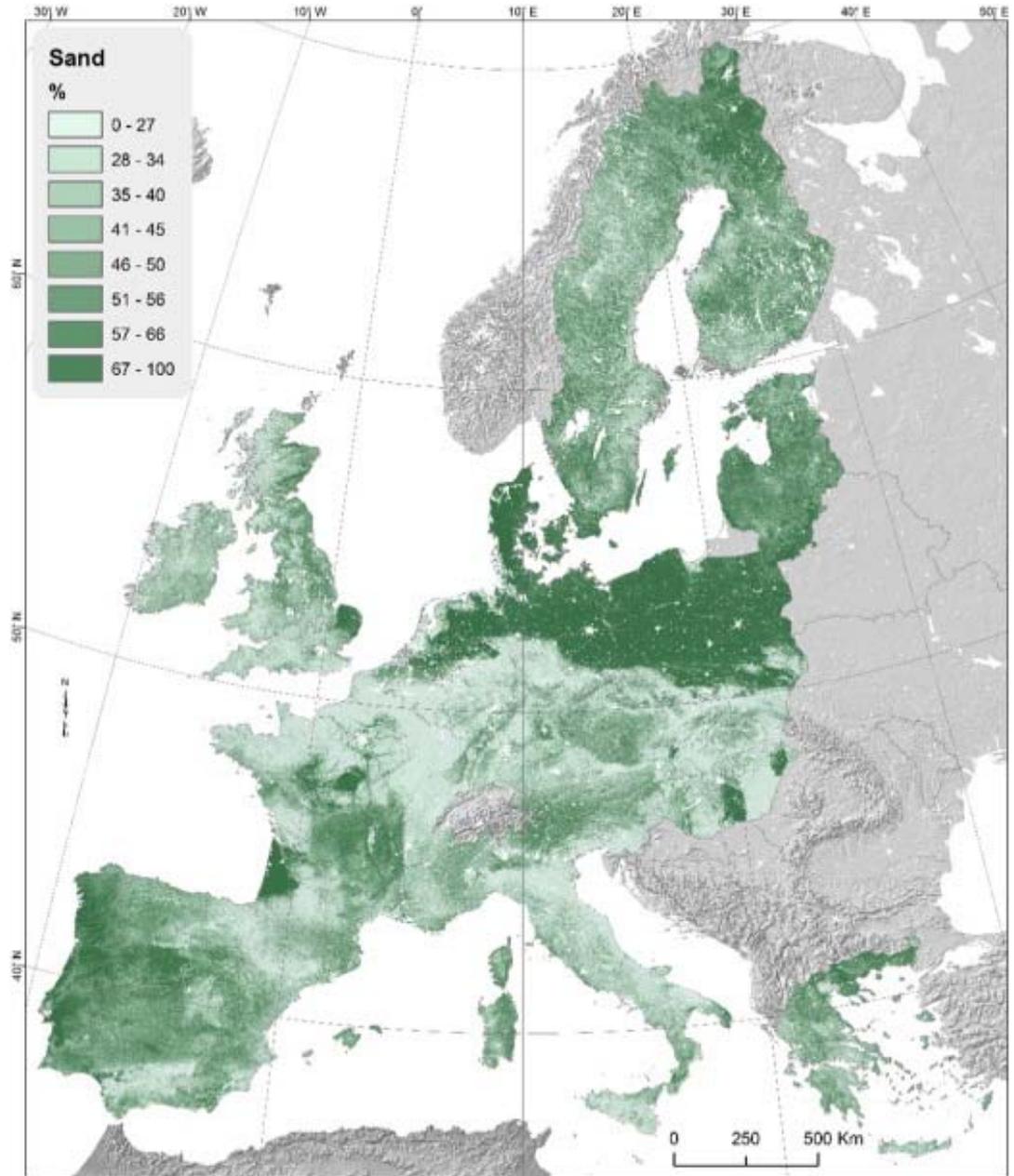
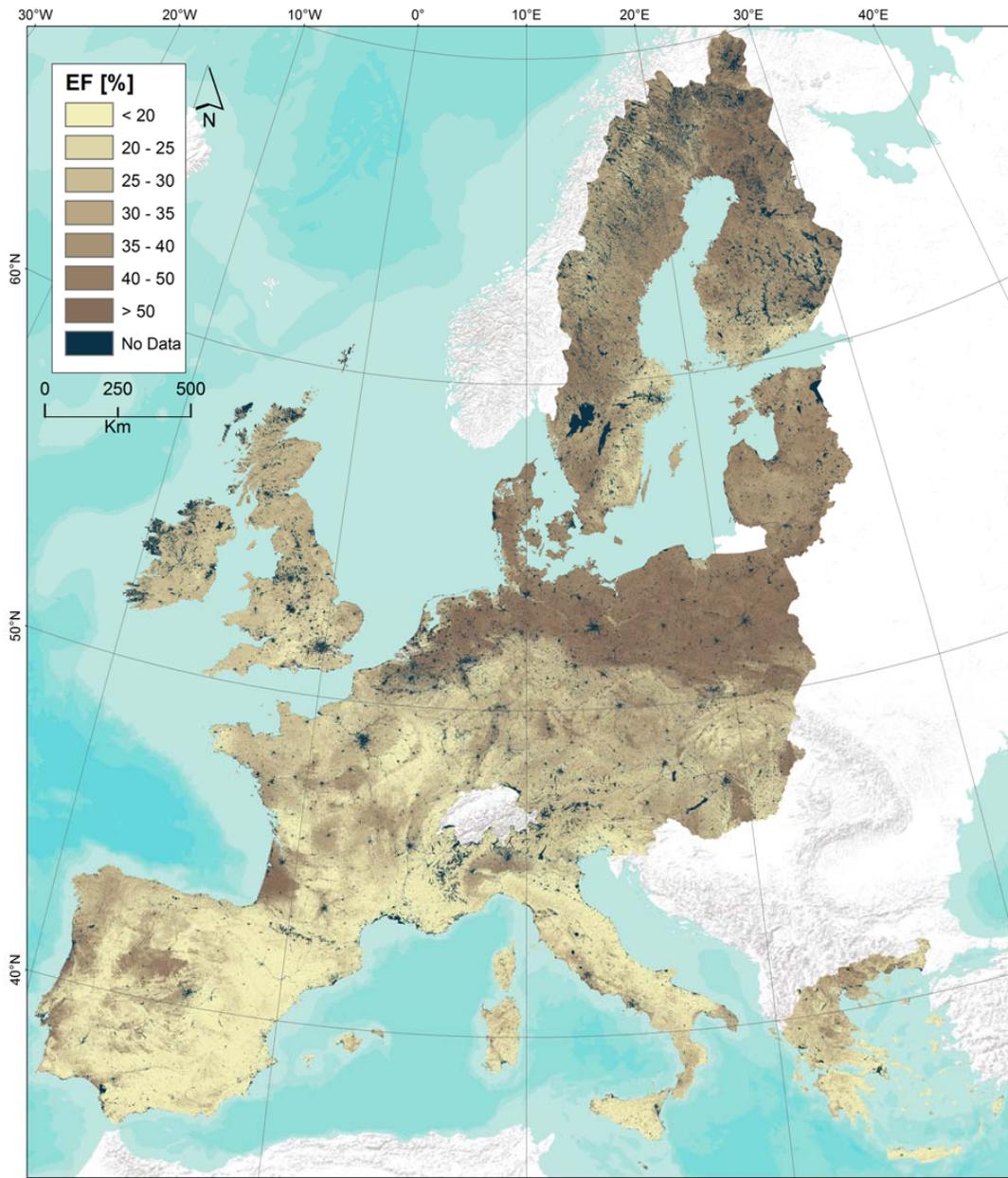
Name of soil separate	Diameter limits (μm) (USDA classification)	Diameter limits (μm) (WRB classification)
Clay	less than 2	less than 2
Silt	2 - 50	2 - 63
Very fine sand	50 - 100	63 - 125
Fine sand	100 - 250	125 - 200
Medium sand	250 - 500	200 - 630
Coarse sand	500 - 1000	630 - 1250
Very coarse sand	1000 - 2000	1250 - 2000

Comunemente particelle inferiori a 0,25 mm e superiori a 0,08 mm sono più facilmente erose dal vento. Suoli caratterizzati da una tessitura con sabbie fini prevalenti, con un basso contenuto di SO, con consistenza friabile e non appiccicosa, ecc. sono più facilmente soggetti all'erosione del vento.

L'erodibilità eolica della sabbia in funzione della sua granulometria ha una funzione discontinua:
L'erodibilità eolica della sabbia può essere quindi suddivisa in 3 categorie:

- difficile da erodere > 700 e $< 50 \mu\text{m}$
- moderatamente erodibile $700-400 \mu\text{m}$ e $75-50 \mu\text{m}$
- Molto erodibile $400-75 \mu\text{m}$.





Indice di erodibilità

Chepil (1950) ha correlato l'erodibilità di un suolo (in condizioni standard di umidità e contenuto di SO) con aggregati secchi di varie dimensioni. Aggregati più grandi di 0.84 mm di diametro erano non-erodibili nei test. Da allora la frazione del suolo non-erodibile maggiore di 0,84 mm è stata utilizzata per misurare l'indice di erodibilità del suolo (adimensionale):

$$I = \frac{X_2}{X_1}$$

X_1 è la quantità di particelle erosa da un suolo di riferimento contenente il 60% di aggregati maggiori di 0,84 mm e X_2 è la quantità di suolo, nelle stesse condizioni, contenete una qualsiasi altra proporzione di aggregati superiori a 0,84 mm. Quando un campo è liscio, nudo, lungo, non protetto e privo di croste, la sua erodibilità potenziale è l'equivalente dell'indice di erodibilità del suolo come definito dall'equazione di sopra.

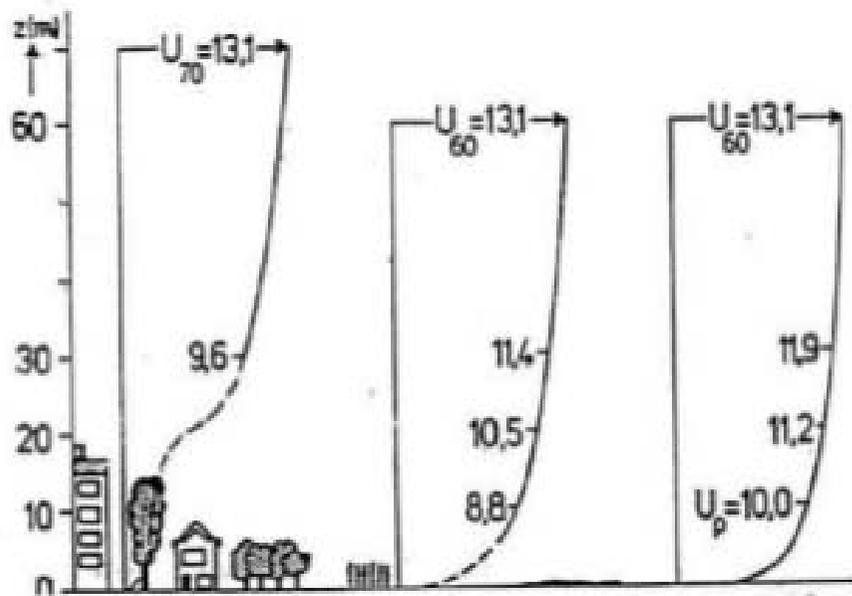
Fattore di rugosità della superficie

Il termine rugosità viene utilizzato per descrivere le proprietà delle superfici a diverse scale, dalla micro a quella macro, rappresentando quindi gli effetti dei singoli grani e della topografia.

La rugosità di una superficie del suolo influisce sull'erosione eolica in due modi. In primo luogo, una superficie non liscia aumenta la turbolenza e quindi la dissipazione dell'energia cinetica del vento che quindi si rallenta. In secondo luogo, il lato sottovento, a livello micro e macro, è protetto dall'azione del vento e dall'impatto delle particelle. Inoltre, il materiale in movimento può essere intrappolato e quindi l'effetto valanga dovuto al trasporto delle particelle è impedito.

Fattore di rugosità della superficie

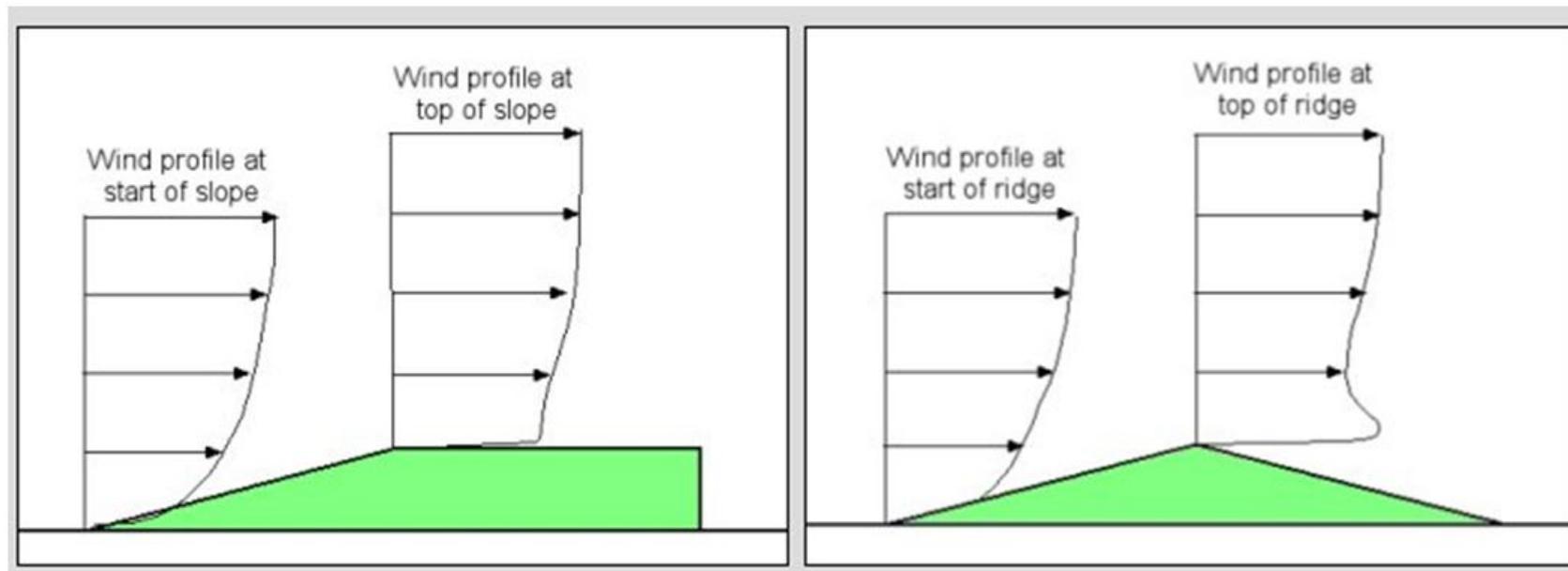
Determinare la rugosità a scale più piccole è difficile. Si utilizza il dato sul profilo del vento per ricavare informazioni sulla ruvidità della superficie.



A scala di paesaggio, la rugosità di un paesaggio è determinata dalla dimensione e dalla distribuzione della rugosità degli elementi che esso contiene. Si tratta principalmente della vegetazione e delle aree urbanizzate

Effetto della pendenza

Ci sono due effetti principali di un pendio sul vento. La velocità di quest'ultimo aumenta all'aumentare della pendenza, verso l'alto, aumentando l'erosività eolica lungo la pendenza e, però, la velocità soglia per muovere le particelle aumenta con la pendenza



Vegetazione

Una copertura permanente della vegetazione è la misura migliore per proteggere i terreni dall'erosione eolica ed anche i residui vegetali sono utili a questo scopo.

L'effetto delle piante sull'erosione del vento può essere espresso dalla percentuale della superficie coperta con materiale vegetale non-erodibile o da parametri morfometrici come l'indice di area fogliare (LAI).

L'equazione che esprime il tasso di perdita del suolo in funzione della sua copertura è questa:

$$SLR = 1.81e^{-0.072\%SC}$$

SRL Tasso di perdita del suolo

%SC Percentuale di copertura del suolo

L'equazione è limitata a coperture del suolo tra l'8 e l'80%.

Una copertura del suolo minore del 10% incrementano molto l'erosione eolica. Appena si passa questa soglia il tasso di erosione diminuisce rapidamente. La perdita di suolo è ridotta a circa il 50% con una copertura del 20% rispetto a una superficie nuda, ed è praticamente pari a 0 per una copertura maggiore 40%.

Le barriere frangivento sono utilizzate per prevenire l'erosione del vento. Le barriere influiscono sul campo eolico locale e su molti altri componenti del micro e macroclima. Sono disposte perpendicolarmente alla direzione prevalente del vento.

Le barriere riducono l'erosione del vento i) riducendo la lunghezza del campo, ii) riducendo il distanza che il vento percorre attraversando strisce di campo non protette, iii) diminuzione della velocità del vento, e iv) intrappolando le particelle del suolo sollevate dal vento.

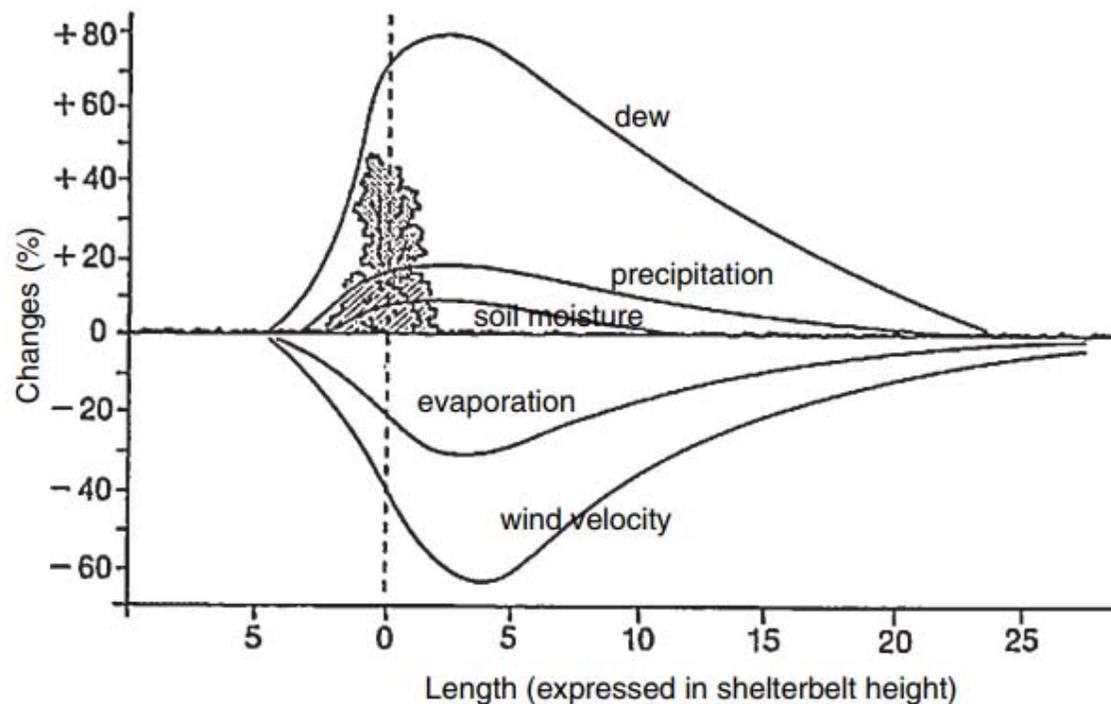


Figure 2.7.7 Effects of shelterbelt height on wind velocity, evaporation, soil moisture precipitation and dew

Le cinture frangivento proteggono sottovento per una distanza di circa 25 volte la loro altezza (a seconda di porosità, tipo di alberi e numero di file). L'azione più efficace la svolgono le file triple, con una fila di alberi al centro fiancheggiata da arbusti (sezione trasversale triangolare)

Le distanze tra le barriere dipende dall'erosione del suolo. Suoli altamente erodibili richiedono una fitta rete di siepi.

L'installazione di shelterbelts è abbastanza costosa, necessita di un lungo periodo di supporto e diventa efficace solo dopo un certo numero di anni. Pertanto, le barriere frangivento possono essere solo una misura di supporto per prevenire l'erosione del vento in combinazione con altre misure sul campo.

Stabilizzazione dei suoli

Vari stabilizzatori del suolo sono stati impiegati per il controllo dell'erosione eolica. Molti di questi prodotti controllano con successo l'erosione del vento per un breve periodo.

Un buon stabilizzatore del suolo avrà le seguenti caratteristiche:

- Deve coprire il 100% del suolo;
- Non deve influenzare negativamente la crescita o l'emergenza delle piante,
- L'erosione deve essere inizialmente prevenuta e poi ridotta per tutta la durata del rischio di erosione
- Dovrebbe applicarsi facilmente e senza attrezzature speciali,
- Il costo deve essere sufficientemente basso per un utilizzo proficuo.



Ci sono polimeri ed emulsioni di resina-in-acqua che soddisfano (quasi) tutti questi requisiti. Questi stabilizzatori possono impedire l'erosione del vento se applicati sulla superficie totale del suolo, ma i loro costi sono proibitivi se utilizzati su grandi superfici.

Misure per limitare l'erosione eolica

Principi generali:

- Stabilire e mantenere la copertura della vegetazione e/o dei residui vegetativi.
- Produrre o portare in superficie aggregati o zolle non erodibili.
- Ridurre la lunghezza del campo lungo la direzione del vento prevalente.
- Aumentare le asperità della superficie del terreno