

LINEAMENTI DI GEOMORFOLOGIA COSTIERA

Giancarlo Bovina, Laura Sinapi

Studio Associato Geosphera; ISPRA

Indice

1. La costa
2. Classificazione delle coste
3. Le coste basse
4. Morfologia della spiaggia
5. Il bilancio costiero
6. Le dune costiere
7. Importanza e funzioni
8. Distribuzione e stato di conservazione
9. Le cause della scomparsa

La costa

La costa è il luogo fisico in cui terra e mare si incontrano, dando origine ad un'area di transizione tra ambiente continentale e marino caratterizzata e determinata da fenomeni estremamente complessi.

Al contempo, la costa, per ovvie ragioni geografiche ed economiche, è la tipologia di territorio che subisce le maggiori pressioni demografiche.

Pertanto, qualsiasi intervento si intenda effettuare in ambito costiero richiede la conoscenza approfondita di tutti i processi dinamici che vi hanno sede.

Questo soprattutto se l'intervento intende restaurare elementi naturali.

Classificazione delle coste (1/2)

In letteratura sono molteplici i criteri di classificazione delle coste, ma essenzialmente essi possono essere riportati a due categorie:

descrittivi, quindi essenzialmente basati su parametri morfologici e/o litologici

genetici, riferiti ai processi che hanno generato e modellato le coste

Classificazione delle coste (2/2)

Per costa alta si intende pertanto un tipo di costa morfologicamente articolata, caratterizzata da una certa pendenza ed altezza, a differenza delle coste basse, che con pendenze debolissime, assumono, in prossimità della linea di riva, quote topografiche nulle.

Le coste alte sono generalmente ambienti soggetti ad erosione, mentre le coste basse nascono in regime di deposizione. Associate alle coste alte sono le *pocket beach*, piccole spiagge isolate con bassissimo potenziale di conservazione geologica.



APAT, Atlante delle opere di sistemazione costiera, 2007

Le coste basse

Sono essenzialmente rappresentate dalle spiagge, accumuli di sedimenti sciolti di origini e dimensioni variabili.

I fattori che determinano le caratteristiche fisiografiche dell'ambiente costiero sono prevalentemente meccanici (maree, onde, correnti, vento) e subordinatamente climatici, biologici e chimici.

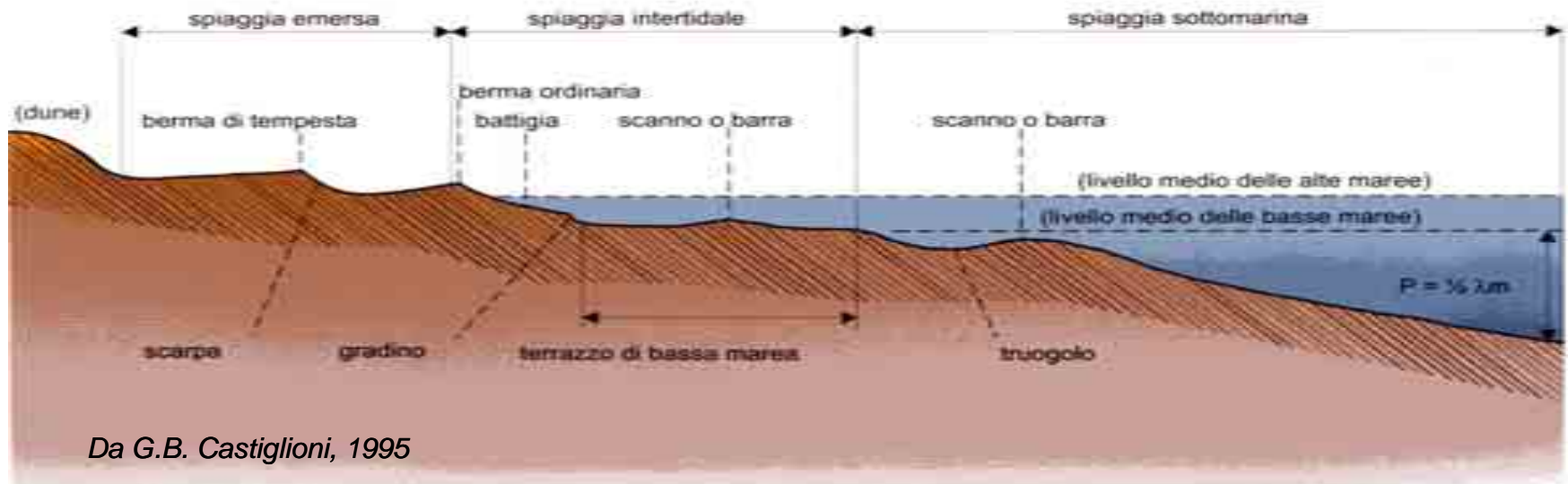
I sedimenti provengono:

- dall'alterazione superficiale delle rocce affioranti nel bacino idrografico di riferimento
- dall'erosione di depositi recenti poco consolidati situati in zone costiere, quali ad esempio formazioni conglomeratiche.

In alcuni casi può essere significativa la componente organogena (frammenti di conchiglie, gusci di foraminiferi).

Le dimensioni sono comprese tra quelle tipiche delle sabbie (0,063-2mm) fino a comprendere le ghiaie (2-128 mm) e oltre.

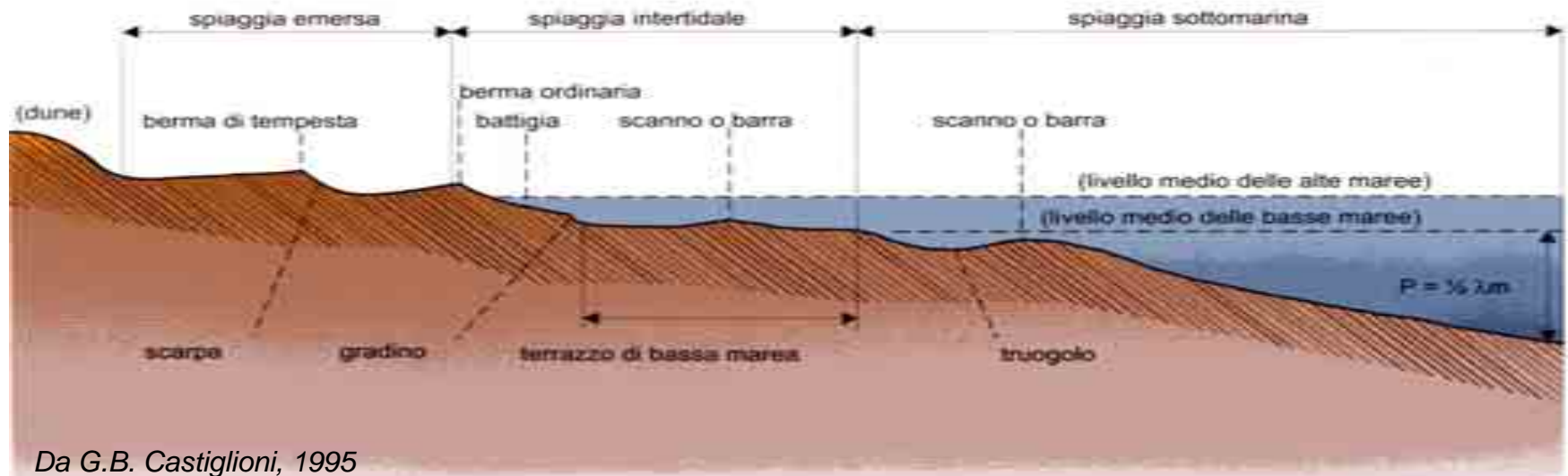
Morfologia della spiaggia (profilo cross-shore, 1/5)



Sono individuabili tre unità principali:

- la spiaggia emersa o retrospiaggia (*backshore*, il cui limite interno è collocato al piede di eventuali sistemi dunali presenti),
- la spiaggia intertidale o *foreshore* (alternativamente inondata ed esposta all'atmosfera ad opera del moto ondoso e delle maree),
- la spiaggia sommersa o esterna (*shoreface*).

Morfologia della spiaggia (profilo cross-shore, 2/5)



Da G.B. Castiglioni, 1995

Il limite verso largo della spiaggia sommersa deve essere considerato quello della profondità di chiusura, oltre la quale si considerano trascurabili, per un dato tempo di ritorno, le variazioni di morfologia del fondale. In altre parole, la profondità di chiusura è la profondità oltre la quale l'energia del moto ondoso non è più in grado di determinare spostamenti significativi di sedimento.

Il limite interno è collocato in corrispondenza delle dune poiché si tratta delle aree in cui non si risente più (in un certo periodo, a meno di mareggiate eccezionali) del moto ondoso, ed il vento è in grado di movimentare la sabbia asciutta della spiaggia emersa.

Morfologia della spiaggia (profilo cross-shore, 3/5)

Dalla duna verso il mare possono rinvenirsi una o più creste a sezione triangolare che individuano le berme, strutture che si generano in corrispondenza di zone a forte deposizione (causata dall'infiltrazione dell'acqua nella sabbia insatura). In seguito a forti mareggiate, è possibile individuare, oltre a quella ordinaria, altre berme più interne, delle quali la più alta è detta di "tempesta", generatesi nel momento in cui le onde, caratterizzate da un maggiore *run-up* (risalita delle onde), spingono l'acqua al di sopra della berma ordinaria, determinandone l'erosione e generandone altre più arretrate e di maggiore altezza.

La pendenza del profilo dipende fundamentalmente dall'intensità del moto ondoso e dalla granulometria del sedimento: essa aumenta con l'altezza media delle onde, e, tenendo costante questo parametro, all'aumentare della granulometria.

Morfologia della spiaggia (profilo cross-shore, 4/5)

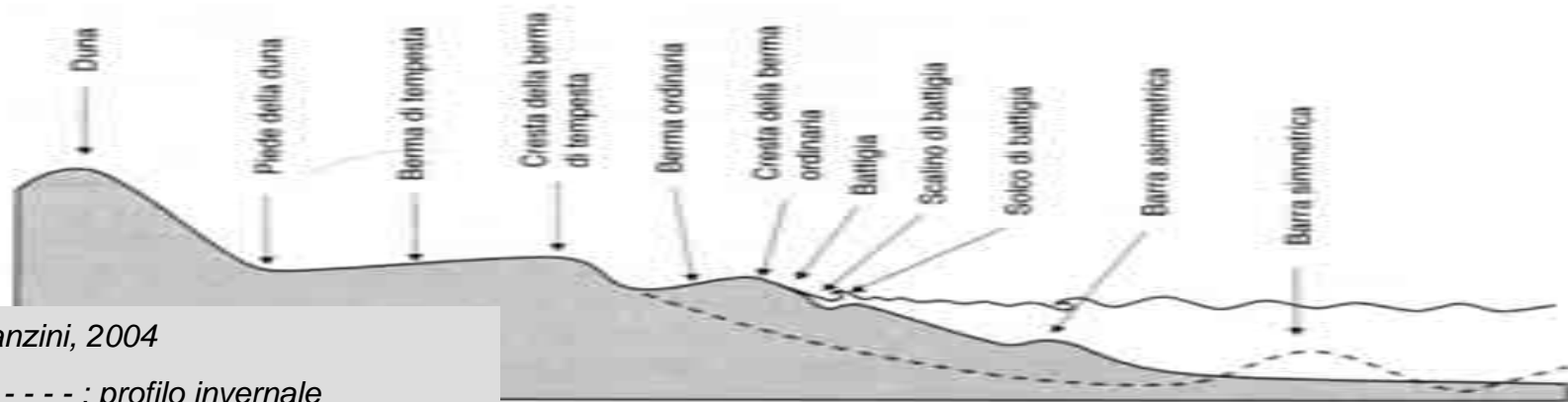
Nella porzione sommersa della spiaggia possono essere presenti una o più barre, cordoni di sabbia ad andamento grossomodo subparallelo alla spiaggia, eventualmente separati da solchi o truogoli, che si originano in corrispondenza della linea dei frangenti.

E' questa la zona in cui le onde, a causa dell'interazione col fondale, aumentano la loro ripidità, superando il limite di stabilità: si verifica così il frangimento.

In questa fase le onde cominciano a mobilizzare ingenti quantità di sedimento; questo flusso di acqua e materiale verso riva (*on-shore*) si incontra con quello in direzione opposta (*off-shore*), innescato dall'innalzamento del livello del mare (associato al flusso di massa verso terra), che si verifica nei pressi della riva. Questa circolazione si chiude in corrispondenza della linea dei frangenti, dove il flusso *off-shore* perde capacità di trasporto ed abbandona il sedimento, che va a costituire la barra.

Morfologia della spiaggia (profilo cross-shore, 5/5)

Vista la forte interazione tra profilo di spiaggia e clima ondoso, *Shepard* (1950) definì un “profilo estivo” ed uno “invernale”, generalizzando le modifiche che una stessa spiaggia può subire in funzione delle condizioni meteorologiche. Superando questo approccio eccessivamente semplicistico, è pur vero che, come evidenzia *Pranzini* (2004), si possono individuare e caratterizzare un profilo di tempesta (*storm profile*, tratteggiato), contraddistinto da numerose barre e maggiori pendenze determinate dalle intense mareggiate, ed un profilo di mare lungo (*swell profile*), in cui le barre sono utilizzate dal moto ondoso per l'accrescimento della spiaggia, diminuendo le loro dimensioni e la distanza dalla riva.

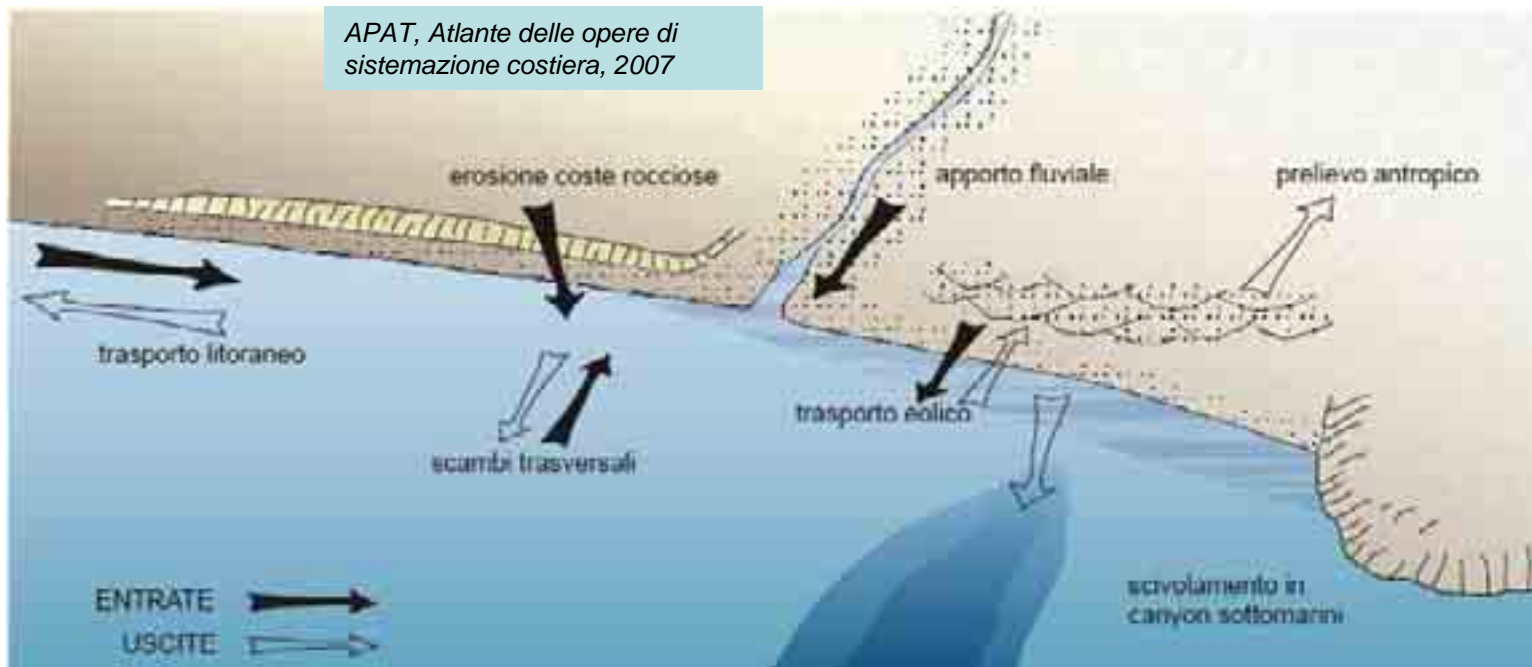


Il bilancio costiero (1/5)

Quindi la spiaggia costituisce un'entità in continuo movimento, anche qualora raggiunga lo stato di equilibrio. Ogni spiaggia presenta una propria "fisiologia", determinata da fattori diversi (onde, maree, correnti costiere, vento, apporti sedimentari), influenzati a loro volta dalle variazioni del livello marino, dall'assetto geologico e dalle caratteristiche fisiografiche della regione. Tutti i processi propri del ciclo sedimentario (erosione, trasporto e sedimentazione) si succedono in rapida sequenza, definendo il bilancio costiero o sedimentario della spiaggia, cioè il bilancio tra apporti e perdite di sedimento.

Il bilancio si riferisce generalmente all'unità fisiografica, tratto di litorale che sottende uno o più corsi d'acqua, dove i sedimenti presentano movimenti confinati all'interno dei limiti dell'unità stessa e dove gli scambi di sedimenti tra UF adiacenti sono da considerarsi nulli. Il limite verso largo dell'unità fisiografica è individuato dalla già vista profondità di chiusura

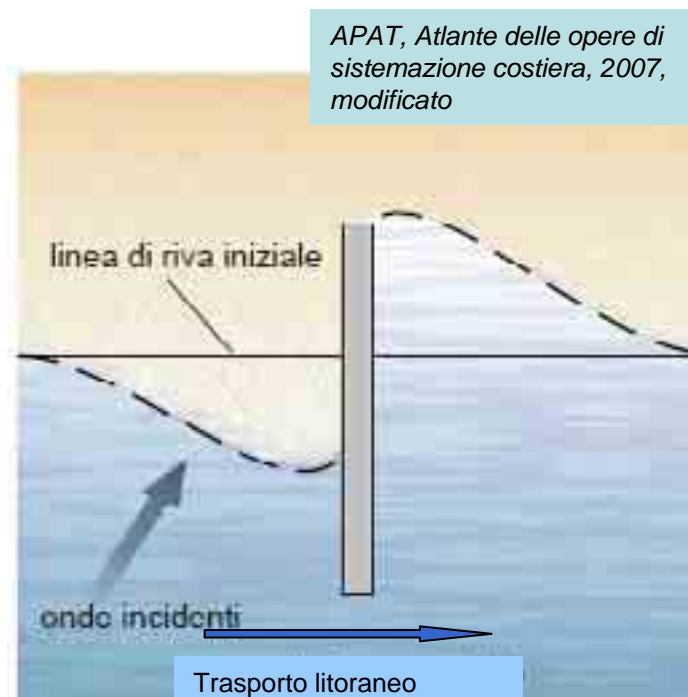
Il bilancio costiero (2/5)



Il bilancio costiero (3/5)

Il moto ondoso incidente genera correnti che si sviluppano parallelamente e perpendicolarmente alla linea di riva. Queste correnti sono in grado di movimentare il sedimento, sia in sospensione che per trascinamento e saltazione.

In un'unità fisiografica, i flussi longitudinali in entrata ed in uscita generalmente si compensano. Qualsiasi elemento realizzato lungo la costa è in grado di interferire con questo flusso: la presenza di un molo o di un pennello costituisce una barriera in grado di intercettare i sedimenti, con conseguente accumulo di sedimenti sopraflutto ed erosione sottoflutto.



Il bilancio costiero (4/5)

INPUT

- **Apporto del sistema fluviale → Erosione**

dipende da clima e precipitazioni (e loro modalità), copertura vegetale, interventi antropici lungo le aste fluviali (rettifiche, che in teoria aumentano la capacità di trasporto, e cementificazioni)

Dighe e briglie intercettano e quindi sottraggono materiale (ma allo stesso tempo conferiscono una maggiore capacità di trasporto ed erosiva, soprattutto al piede dell'opera stessa)

Estrazioni in alveo

- **Erosione da coste alte prospicienti**

Il bilancio costiero (5/5)

OUTPUT

- Ogni elemento che **diminuisce l'apporto fluviale**, come visto precedentemente
- **Sottrazioni causate dall'intercettazione del flusso long-shore** ad opera di elementi antropici realizzati sul litorale (pennelli, moli, scogliere, ecc.). In alcuni casi i sedimenti vengono deviati verso il largo e sottratti definitivamente al bilancio costiero
- **Presenza di canyon sommersi** che veicolano i sedimenti verso il largo, o similmente, fondali a forte pendenza
- Indirettamente, **l'innalzamento del livello del mare**. Si ritiene infatti che esso determini a sua volta un innalzamento del fondale della spiaggia sommersa, che si realizza con i materiali sottratti alla spiaggia emersa (*Bruun, 1962*)

Le dune costiere (1/6)

Individuando la spiaggia come componente del sistema deposizionale costiero (=insieme di vari ambienti deposizionali, geneticamente legati tra loro e caratterizzati da sedimentazione specifica), le dune ne costituiscono l'elemento di transizione verso l'ambiente continentale, svolgendo il ruolo di raccordo funzionale (fascia tampone), sia sotto il profilo fisico che biotico.

AMBIENTI MOLTO DINAMICI E VITALI COLLOCATI TRA I DOMINI MARINO E CONTINENTALE, DI ESTREMO VALORE GEOMORFOLOGICO, ECOLOGICO E PAESAGGISTICO.

Le dune costiere (2/6)

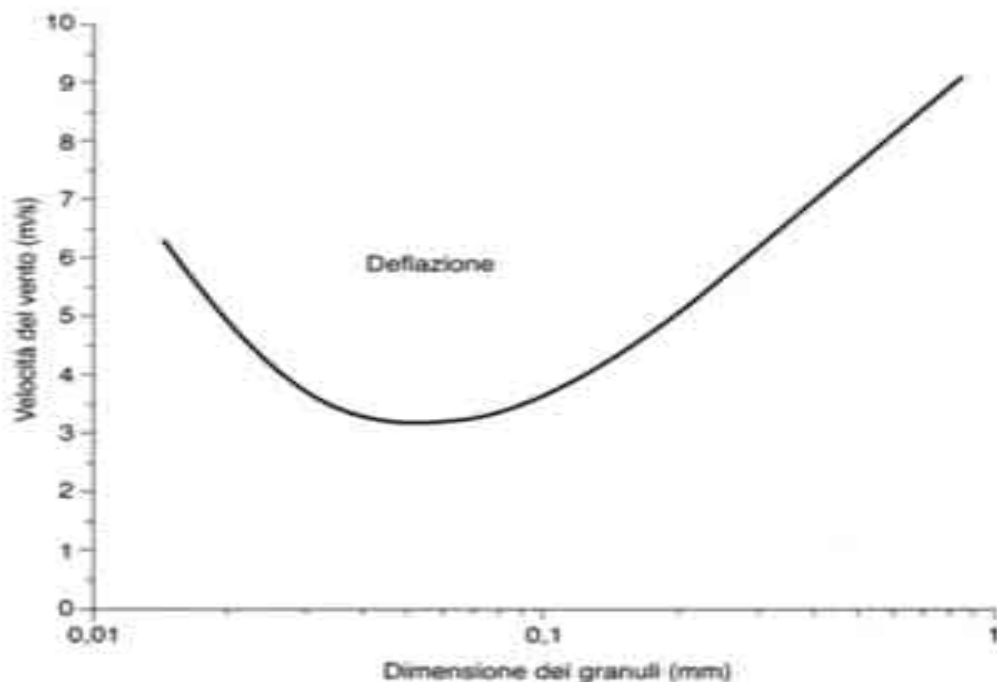
Piuttosto diffusi sino a tempi recenti, sulle nostre coste gli ambienti dunali sopravvivono integri (o *apparentemente integri*) in poche e limitate aree → “ambienti relittuali”.

Allo stato di conservazione delle dune e delle spiagge è strettamente legato quello di altri ecosistemi, di estrema importanza, quali gli ambienti umidi retrodunali, le lagune ed i laghi costieri, le foci fluviali, sino alle praterie di *Posidonia oceanica* e di altre fanerogame marine, tutti ecosistemi che, oltre al valore strettamente ecologico, hanno notevole valore economico, diretto ed indiretto.

.

Le dune costiere (3/6)

Le dune costiere rappresentano il risultato di processi di accumulo, ad opera del vento, delle sabbie trasportate dalle correnti marine lungo costa, nelle zone retrostanti.



Anche se sono note delle eccezioni, generalmente la formazione di dune si verifica quando la spiaggia è in equilibrio o in avanzamento

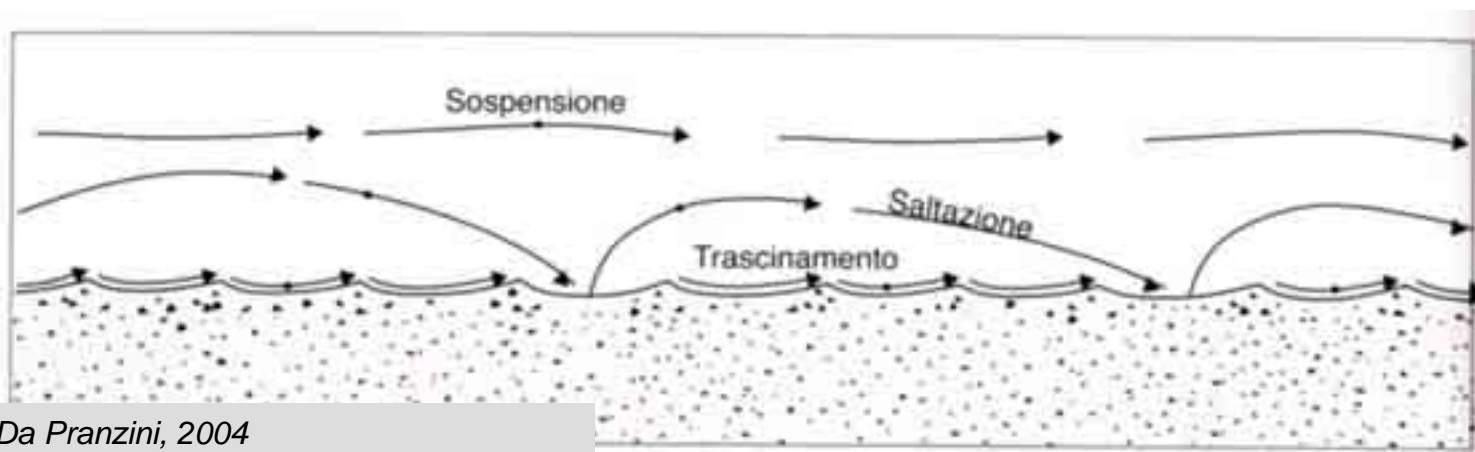
Il processo con cui il vento riesce a trasportare le particelle in funzione della propria velocità si chiama **deflazione**.

Da Pranzini, 2004

Le dune costiere (4/6)

Nel dettaglio, le modalità sono più complesse, e dipendono anche da altri fattori quali le dimensioni ed il peso dei granuli, nonché la loro forma.

A parità di vento disponibile, il trasporto avviene, per granulometrie crescenti, per sospensione, saltazione, e trascinamento (*creeping*). Si può citare inoltre un altro meccanismo, tipico dell'ambiente eolico, detto reptazione, attuato dai granuli che cadendo ne spostano altri.



Da Pranzini, 2004

A volte è necessaria maggiore energia per movimentare le particelle molto piccole a causa della coesione.

Le dune costiere (5/6)

Data la stretta correlazione con il peso dei granuli, il trasporto opera una forte selezione. Ne deriva un elevato grado di classazione, tipico dei depositi eolici. Analogamente il continuo urto tra le particelle ne determina l'usura (attrizione), con arricchimento relativo nelle specie mineralogiche più resistenti (quarzo).

Il loro andamento è, generalmente, grossomodo parallelo alla linea di costa.

Tipicamente, le dune presentano un profilo trasversale asimmetrico, con un pendio più dolce nel lato esposto al vento, e più ripido dal lato opposto, dove i granuli cadono per gravità.



Porto Pino, Sardegna, foto G. Bovina



R. Zanella, in "Quaderni habitat, 2002

Le dune costiere (6/6)

La formazione di una duna costiera dipende dalla disponibilità di sedimento, dalla presenza di vento sufficiente a mobilizzare il sedimento e dalla disponibilità di una superficie, almeno parzialmente non interessata dall'attività delle onde, ove possa avvenire l'accumulo preferenziale della sabbia.

Su tutto questo interviene, successivamente, la vegetazione che favorisce l'ulteriore deposito e la stabilizzazione del corpo dunale.

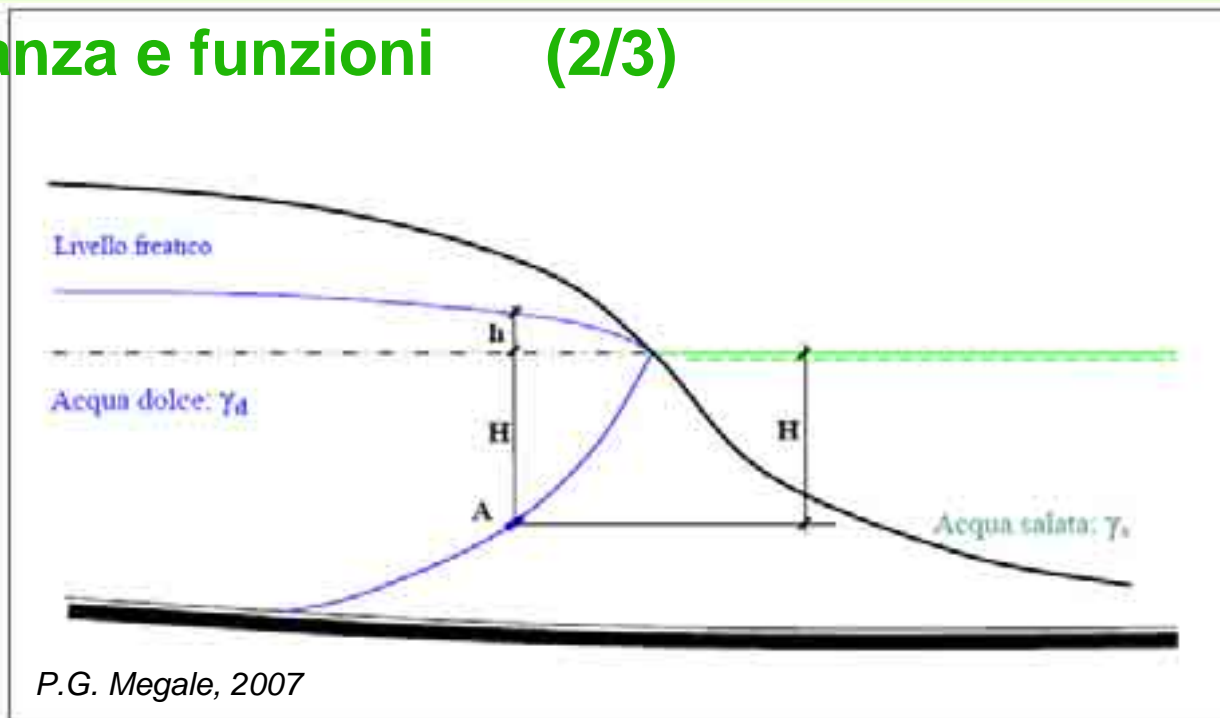
Quanto trasportato dalla spiaggia verso la duna, dai venti diretti verso terra, costituisce un elemento di output per il bilancio sedimentario litoraneo e allo stesso tempo di input per quello del sistema dunale (*Psuty, 1988*). Se l'azione di intrappolamento della sabbia, da parte delle vegetazione (o da strutture frangivento artificiali), non è completo, parte di esso può essere trasferito nel territorio retrodunale e può uscire dal sistema dunale, rappresentando una perdita definitiva del sistema spiaggia/duna.

Importanza e funzioni (1/3)

funzione geologica

- riserva di sabbia in grado di rialimentare le spiagge durante le fasi erosive
- barriera morfologica contro l'ingressione marina e conseguente protezione dall'inondazione dei territori costieri
- ruolo idrogeologico, efficace soprattutto nel contenere i meccanismi di intrusione salina

Importanza e funzioni (2/3)



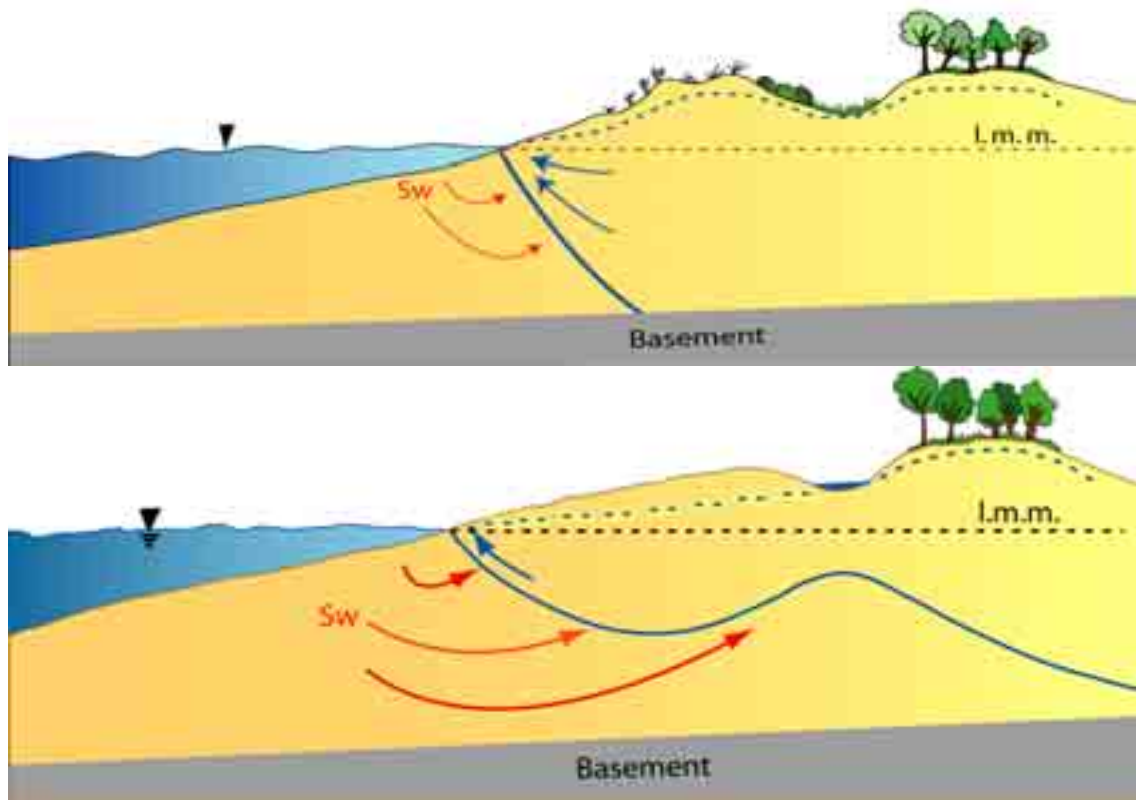
In linea teorica, l'interfaccia acqua dolce – acqua salata si trova ad una profondità, rispetto al livello del mare, pari a circa 40 volte l'altezza del livello piezometrico (legge di Ghyben – Herzberg). Conseguentemente, un abbassamento di un metro del livello piezometrico, ad esempio per effetto del pompaggio di un pozzo, causa la risalita di 40 metri di un cono d'acqua salata.

$$(H + h)\gamma_d = H\gamma_s \quad \longrightarrow \quad H\gamma_d + h\gamma_d = H\gamma_s \quad \longrightarrow \quad H = \frac{\gamma_d}{\gamma_s - \gamma_d} h = Gh$$

$$G = \frac{\gamma_d}{\gamma_s - \gamma_d} = \text{Coefficiente di Ghyben-Herzberg}$$

$$G = 40$$

Barrier effect of coastal dune



Beachmed, sottoprogetto Posidune, comp. 3 fase C, Montpellier, novembre 2007

La formazione di una lente di acqua dolce all'interno degli apparati dunari determina un alto piezometrico in grado di contrastare l'intrusione

Importanza e funzioni (3/3)

funzione biologica

- habitat di comunità vegetali molto specializzate le quali sono responsabili dei meccanismi di formazione, accrescimento e stabilizzazione dei depositi eolici costieri
- habitat strategico per numerose associazioni animali (invertebrati, mammiferi, rettili e uccelli)

funzione ecologica

- sostegno e protezione di altri ambienti ed ecosistemi, quali stagni, lagune e foci fluviali, boschi litoranei, agrecosistemi retrodunali, praterie di fanerogame marine
- in termini di rete ecologica, e più in generale di conservazione della eterogeneità geologica e biodiversità le dune costiere possono svolgere ruoli articolati (zone tampone, core areas, corridoio ecologico)

Distribuzione e stato di conservazione

EUROPA: 5.300 Km² di sviluppo totale pari al 75% rispetto al XIX secolo; solo 3.200 Km² (60%) in buono stato di conservazione

BACINO MEDITERRANEO: nell'ambito delle coste mediterranee la riduzione di questi ambienti e' maggiore, risultando integro solo il 25 % delle superfici originali

COSTE ITALIANE: tra l'inizio del secolo e gli anni '90 si è registrata una perdita pari a circa l'80 % della superficie iniziale

(dati da EUCC - European Union for Coastal Conservation - 1998)

depositi dunali sviluppati su circa 700 km, meno del 10% dello sviluppo costiero nazionale, solo il 20% di quello interessato da litorali sabbiosi

ripartizione tra dune "naturali" e dune antropizzate pari a circa il 50 %
(Dall'Atlante delle Spiagge Italiane - C.N.R. 1985-1997)

Le cause della scomparsa

Fattori naturali:

- Mareggiate eccezionali (ma è il momento in cui le dune svolgono il già detto ruolo di riserve di sabbia e di barriere morfologiche contro le inondazioni);

Fattori antropici

- erosione costiera determinata dall'alterazione dei regimi del trasporto sedimentario nel bacino idrografico e lungo costa
- Antropizzazione:
 - strutture turistiche (impermeabilizzazioni, pulizie meccanizzate, calpestio, nel migliore dei casi)
 - Infrastrutture
 - apertura di cave per l'estrazione delle sabbie

