

# L'ecologia dei sistemi dunali

**Carlo Jacomini**

ISPRA

## Dune costiere

Le dune costiere rappresentano un importante ecosistema e svolgono un ruolo importante nella difesa della costa dall'ingressione del mare:

Fungono da ostacolo fisico all'avanzamento del mare e costituiscono un consistente deposito di sabbia che può 'ripascere' naturalmente la spiaggia dopo che le mareggiate invernali hanno distrutto la spiaggia ed intaccato la duna stessa.

Le dune costiere sono uno degli ambienti naturali più minacciati, perché il turismo balneare le considera un'inutile ingombro.

## Definizioni

**Autecologia** = lo studio delle singole specie;

**Sinecologia** = lo studio degli organismi nel contesto della comunità;

**Habitat** = il posto dove vive un organismo;

**Nicchia ecologica** = il posto/gli adattamenti biologici che sono unici per un organismo;

**Popolazione** = il numero di organismi simili, in uno spazio, in un momento qualunque;

**Comunità** = insieme di organismi di spp. diverse che interagiscono tra loro come parti dell'ecosistema.

## Definizione di ecosistema

‘Any area of nature that includes living organisms and non-living substances that interact to produce an exchange of materials between the living and non-living parts is an **ecological system** or ecosystem.’

(E. P. Odum, 1959.  
*Fundamentals of Ecology*.  
W. B. Sanders, Philadelphia)

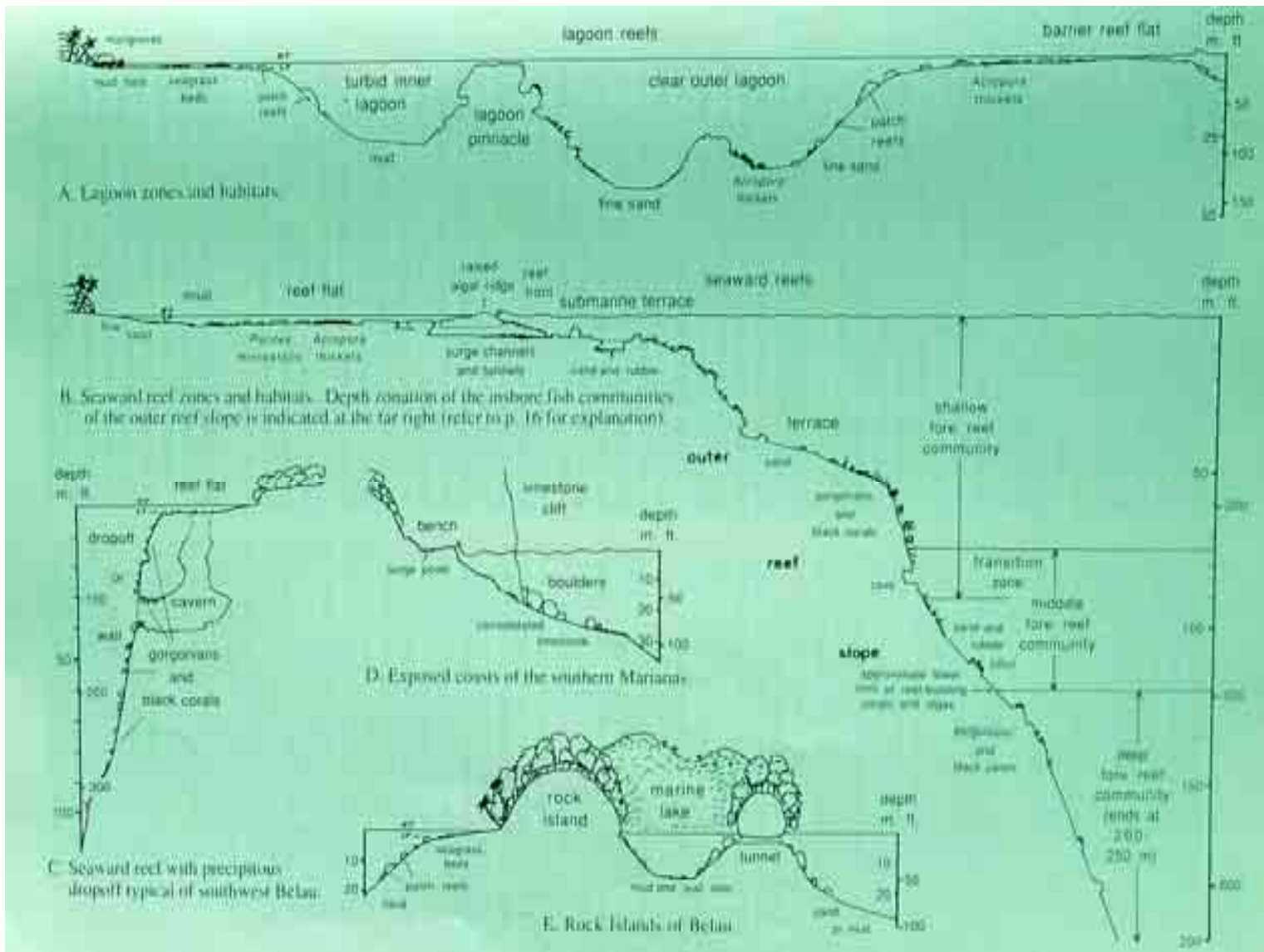
## Ecosistemi

Quali sono i limiti degli ecosistemi?

- Confini Naturali  
(normalmente basati sulla vegetazione)
- Confini Artificiali

In realtà... Non ci sono confini!

## Reef Ecology



## Πάντα ρεῖ: gli Ecosistemi come entità dinamiche

In questo mondo, nulla resta uguale per sempre.

Gli ecosistemi cambiano nel tempo.

Le componenti di base di un ecosistema  
possono restare le stesse, ma ...

È il tasso di scambio dei materiali tra i componenti e la  
dimensione dei componenti che cambiano nel tempo.

Si può semplificare la struttura di un ecosistema col flusso di  
materiali (energia) che passa attraverso i suoi componenti: un  
modello termodinamico!



*Geopora arenosa*



Lined chiton, *Tonicella lineata*  
grazing on coralline algae.  
© 1996 Kirsten Carlson

## Ecosistemi

Possono dunque essere definiti:  
*“Open dissipative thermodynamic systems,  
 whose energy flow is controlled by  
 interactions and feedback mechanisms,  
 selected to maintain biomass and  
 minimize effects of fluctuation  
 in environmental factors”.*

Heal, O. W. & Dighton, J. (1986)

Nutrient cycling and decomposition in natural terrestrial  
 ecosystems.

In: Microfloral and Faunal Interactions in Natural and Agro-  
 Ecosystems

Ed. M. J. Mitchell & J. P. Nakas, Martinus Nijhoff/  
 Dr. W. Junk, pp. 14-73.



## Habitat



‘The place where an organism lives or where one would go to find it’  
E. P. Odum, 1959.  
*Fundamentals of Ecology*  
W. B. Sanders,  
Philadelphia.

## Nicchia

“The position or status of an organism within its community and ecosystem resulting from the organism’s structural adaptations, physiological responses and specific behavior (inherited and/or learned)”.

(E. P. Odum, 1959. *Fundamentals of Ecology*  
W. B. Sanders, Philadelphia).

“Any dynamic segment of space, time and energy whose occupation by biological entities is conditional on possession of particular attributes, or combinations of attributes, by those entities.”

(A. D. M. Rayner, 1992, nell’ introduzione a  
*The Fungal Community: Its Organization and Role in the Ecosystem*.  
G. C. Carroll & D. T. Wicklow (Eds.). Marcel Dekker, New York).

## Gli ecosistemi consistono di 4 componenti:

1. **Sostanze Abiotiche** - composti di base, inorganici ed organici, dell'ambiente
2. **Produttori** - organismi autotrofi che costruiscono il cibo da soli partendo da sostanze inorganiche semplici
3. **Consumatori** - organismi eterotrofi che consumano altri organismi o sostanza organica particolata.
4. **Decompositori** - organismi eterotrofi che spezzano i composti complessi del protoplasma morto e rilasciano sostanze semplici usabili dai produttori.

## Organismi e Processi

Gli ecosistemi contengono un'enorme varietà di organismi (visibili e non).

Gli organismi interagiscono con l'ambiente abiotico.

Gli organismi interagiscono tra loro.

Tali interazioni determinano modifiche dell'ambiente abiotico e degli organismi tramite processi funzionali.

L'Ecologia cerca di comprendere queste interazioni.

Per conoscere gli **organismi**,

dobbiamo conoscere

almeno:

- Tassonomia,
- Autecologia,
- Fisiologia,
- Biochimica,
- Etologia.

Per conoscere i **processi**,

dobbiamo conoscere:

- Sinecologia,
- Fisiologia,
- Biochimica,
- Etologia,
- Trasferimento di energia.

## Tassonomia, link tra Struttura e Funzione

Gli studi di tassonomia (basati sulla morfologia) possono aiutare ad identificare l'evoluzione degli adattamenti strutturali degli organismi, portando ad una comprensione della loro funzione negli ecosistemi.

Questo aiuta anche a capire dove preferiscano vivere, il che può permettere di capire i cambiamenti in atto misurando la “presenza/assenza” e la “perdita” o l’“acquisto” di specifici organismi (bioindicatori).

## Tassonomia

Classificazione degli organismi in gruppi logi sulla base delle loro somiglianze evolutive e genetiche. Standardizzata con l'uso della nomenclatura binomia di Linneo (in latino) di *Genere* e *specie*.

- **Tassonomia Morfologica** – basata sulle caratteristiche strutturali dell'organismo.
- **Tassonomia Evolutiva** – basata sulle somiglianze nella morfologia tra gli organismi attuali e quelli fossili (“l'ontogenesi riflette la filogenesi”).
- **Tassonomia Genetica** – basata su somiglianze e differenze nella struttura molecolare degli organismi (DNA, proteine).
- **Tassonomia Funzionale** – categorizzazione degli organismi per funzione nell'ecosistema (gilde, gruppi funzionali) – trasversale alla tassonomia classica Linneana.

## Gruppi funzionali

Sono una via alternativa alla tassonomia per catalogare gli organismi.

Organismi di *taxa* differenti possono essere raggruppati secondo il loro ruolo funzionale nell'ecosistema.

I decompositori ad es. possono consistere di batteri, funghi e fauna edafica, ma al loro interno si possono distinguere gruppi funzionali.

I produttori primari possono consistere di diversi tipi di piante vascolari, alghe, licheni (alghe + funghi) e alcuni tipi di batteri.



## Tipi biologici nelle piante superiori

(da Raunkiaer, 1934)

- **Terofite (T)**: Erbe annuali: passano la stagione avversa come seme
- **Idrofite (I)**: Erbe acquatiche sommerse o galleggianti. Gemme sommerse
- **Elofite (He)**: Erbe perenni sommerse alla base ed emergenti con l'infiorescenza. Gemme sommerse
- **Geofite (G)**: Erbe perenni con organi sotterranei (bulbi, tuberi, rizomi). Gemme sotterranee
- **Emicriptofite (H)**: Erbe perenni con gemme a livello del terreno
- **Camefite (Ch)**: Arbusti nani con gemme a breve distanza (non oltre i 30 cm) dal suolo
- **Fanerofite (P)**: Piante legnose = alberi, cespugli, arbusti alti fino a 1 m e liane. Gemme a più di 30 cm (e fino a molti metri) sopra il suolo

## Corotipi italiani

- **Endemiche**: specie esistenti solo in un luogo (Italia)
- **Stenomediterranee**: areale limitato alle coste mediterranee
- **Eurimediterranee**: areale centrato sul Mediterraneo, ma prolungato verso Nord ed Est fino all'Europa centrale
- **Mediterraneo-montane**: specie dei gruppi montani mediterranei
- **Eurasiatiche**: spp. diffuse nelle aree temperate dell'Eurasia, o solo Europee o euro-caucasiche, o irradianti sull'Africa del Nord
- **Atlantiche**: spp. aventi l'optimum sulle coste occidentali europee e da qui irradianti verso Est
- **Orofite Sudeuropee**: spp. delle catene montuose europee d'orogenesi terziaria (Alpi, Carpazi, Pirenei, Appennini, Balcani)
- **Settentrionali**: spp. ad areale continuo (boreali) oppure diviso tra le zone polari e le montagne della fascia temperata (artico-alpine)
- **Subcosmopolite**: include i gruppi distribuiti su più continenti e le specie esotiche naturalizzate

- 1 *Salicornia*, *Salicornia* sp.
- 2 *Astro di mare*, *Aster tripolium*
- 3 *Sueda maritima*, *Suaeda maritima*
- 4 *Gramignone marittimo*, *Puccinella maritima*
- 5 *Giuncastrello marittimo*, *Triglochin maritima*

## Biomi (Distribuzione Biogeografica)

Livello medio  
dell'alta marea

Gruppi di ecosistemi  
limitati climaticamente,  
di solito definiti  
dalle principali tipologie  
di vegetazione

## Bioclina mediterraneo



Clima con temperature medie tra 14 e 18°C;

Periodo di siccità estiva di 2-4 mesi o più;

Inverni miti, nessun mese con medie inferiori a 0°C e solo occasionali precipitazioni nevose.

Mediterraneo, California, Cile centrale, SudAfrica e Australia occidentale.

## Proprietà di un ecosistema

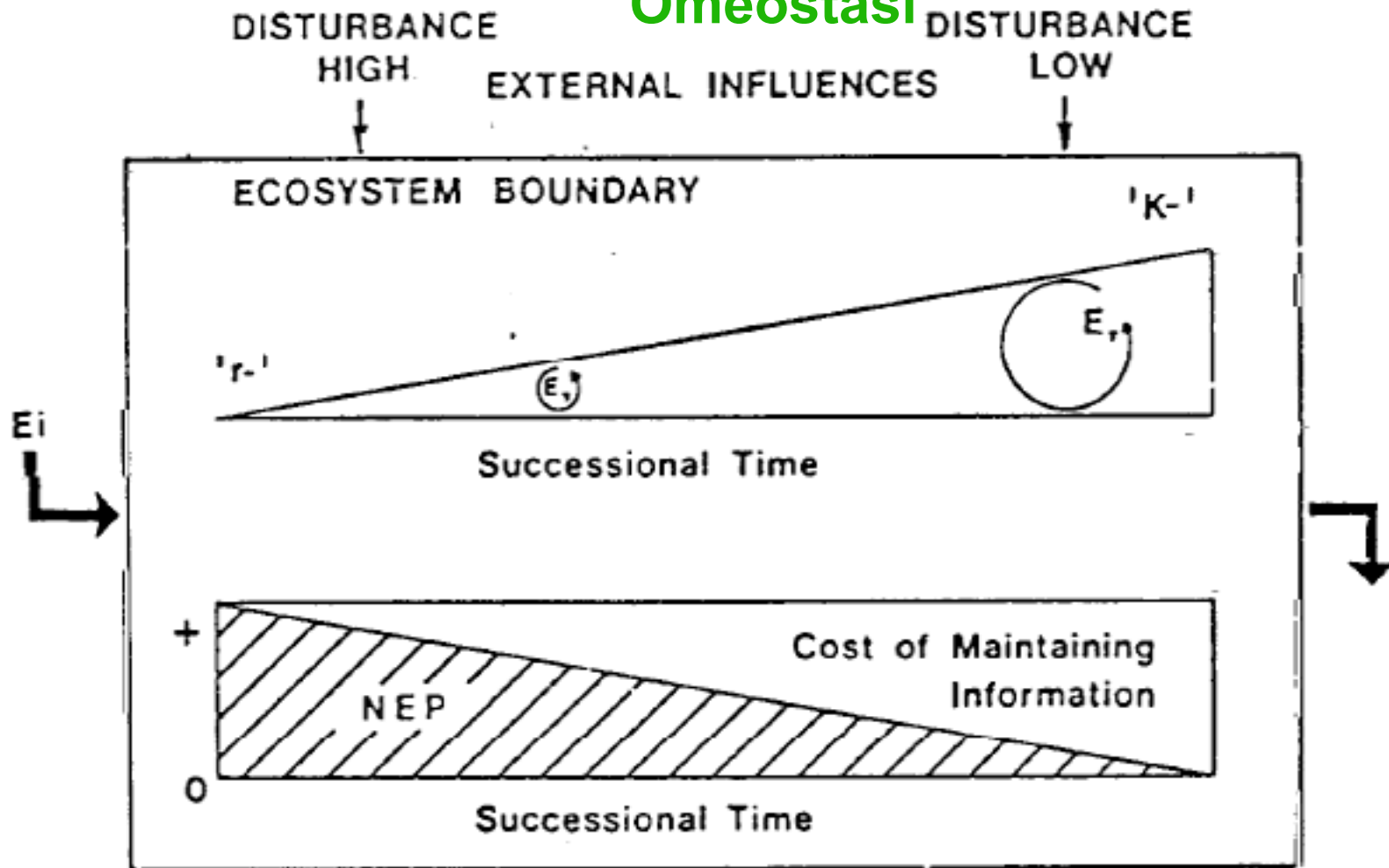
1. Dipendenza dal flusso energetico.
2. Omeostasi – sviluppo di anelli di retroazione (*feedback*) negativa auto-preservativi per tamponare moderati cambiamenti delle condizioni ambientali.
3. Successione – cambiamenti nelle proprietà, finché si raggiunge uno stadio stabile: i parametri sono valori costanti o ciclici.
4. Limitazione nel tasso di trasferimento delle masse – gli stadi climacici si raggiungono quando il massimo di sostanza è incorporata nei cicli dei materiali.

Il flusso energetico è mediato dall'accumulo e dall'omeostasi.

Sviluppo dell'ecosistema → + energia in biomassa

> energia usata x mantenere il sistema =

**Omeostasi**



## Ambienti costieri

Si indica così sia l'ambiente terrestre nella fascia più direttamente esposta all'azione del mare, sia l'ambiente marino lungo le coste.

Non si tratta di un bioma vero e proprio, ma di una stretta fascia (spesso solo pochi metri tra l'uno e l'altro estremo) che orla tutte le terre emerse, continenti ed isole.

Le caratteristiche ecologiche di questi ambienti sono assai diversificate, e non consentono un approccio ecologico omogeneo.



## Caratteristiche del litorale

Tutta la fascia dell'arenile priva di vegetazione viene raggiunta durante le mareggiate dalle onde.



Inoltre, l'acqua marina, nebulizzata anche con mare calmo, si deposita causando effetti particolari sul substrato e sugli organismi terrestri.

La sabbia, durante l'esposizione solare diurna, può raggiungere in superficie temperature di 60-65°C. In profondità ci sono meno sbalzi di temperatura, ma si può avere intrusione di acqua salina con le maree.



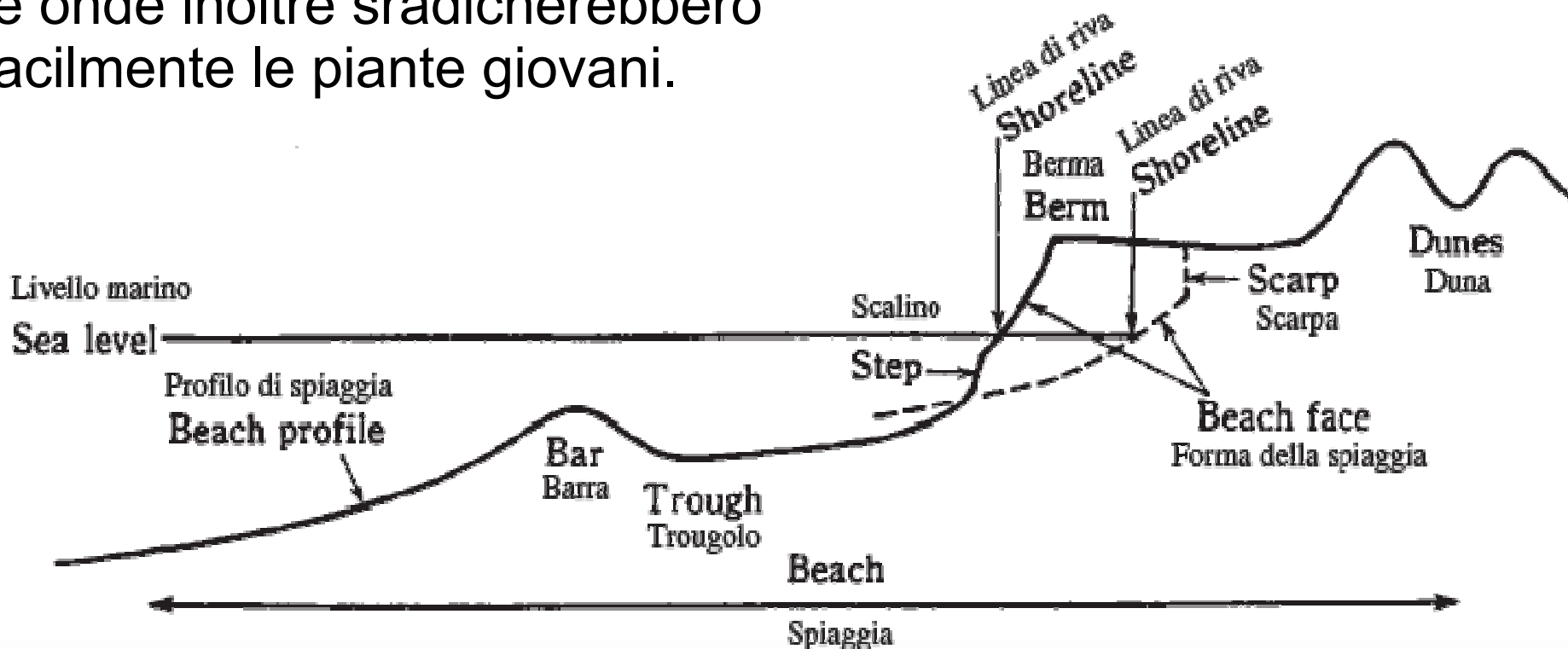
## Spiagge e coste sabbiose

Si hanno dove il mare deposita sulla costa una quantità rilevante di sedimenti formati da particelle di 0,01-1mm di diametro;  
Tali sedimenti restano incoerenti, possono essere spostati dall'azione meccanica degli elementi (acqua, vento) e costituiscono la spiaggia.

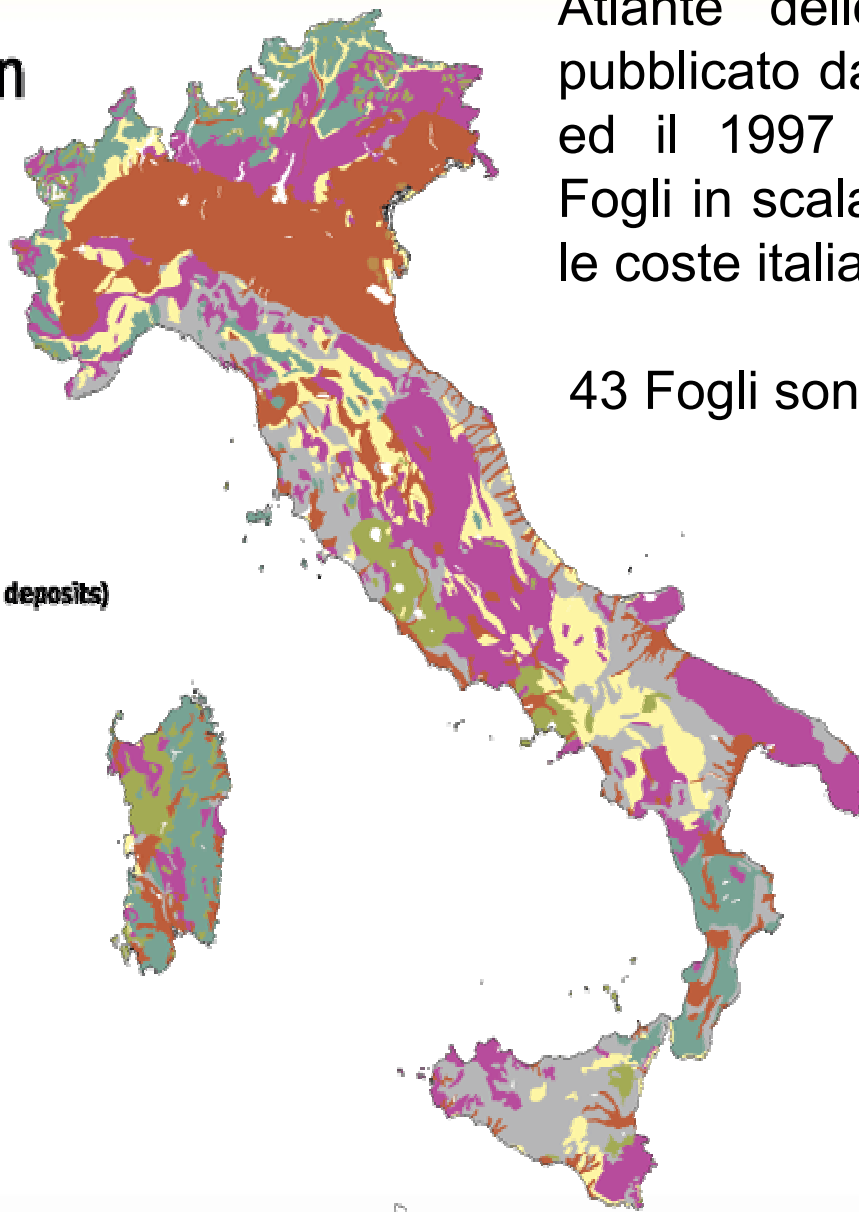


## Litorali sabbiosi

I litorali sabbiosi sono privi di vegetazione, anche se talvolta presentano accumulo di rizomi o semi, le plantule non sono in grado di attecchire: la sabbia è un substrato pressoché sterile, privo di humus e quasi sprovvisto di ritenzione idrica; le onde inoltre sradicherebbero facilmente le piante giovani.



# Parent Material of Italian Soils (MAT11 level) source: The European Soil Data base



Atlante delle spiagge italiane  
pubblicato dal C.N.R. tra il 1985  
ed il 1997 composto da 109  
Fogli in scala 1:100.000 su tutte  
le coste italiane.

In particolare:  
43 Fogli sono stati pubblicati nel  
1985,  
11 fra il 1988  
ed il 1989,  
10 fra il 1990  
ed il 1993,  
18 nel 1995,  
14 nel 1996  
e gli ultimi  
13 nel 1997.

## MAT 11

- Undifferentiated alluvial deposits (or glacial deposits)
- Calcareous rocks
- Clayey materials
- Sandy materials
- Crystalline rocks and migmatites
- Volcanic rocks
- Other Rocks
- No information

**Tabella 13.1 – Relazione tra pendenza della spiaggia e diametro medio della particella**

<i>Descrizione secondo Wentworth</i>				<i>Diametro della particella</i>			<i>Pendenza media della spiaggia</i>
				<i>D (mm)</i>	<i>Micron (<math>\mu m</math>)</i>	<i>Scala <math>\phi</math> (<math>\phi = -\log_2 D</math>)</i>	
Argilla		Clay		$\leq 1/256$	$\leq 3,9$	$> 8$	
Limo		Silt		$1/256 + 1/16$	$3,9 + 62,5$	$8 + 4$	
Sabbia	molto fina	Sand	very fine	$1/16 + 1/8$	$62,5 + 125$	$4 + 3$	$1^\circ$
	fina		fine	$1/8 + 1/4$	$125 + 250$	$3 + 2$	$3^\circ$
	media		medium	$1/4 + 1/2$	$250 + 500$	$2 + 1$	$5^\circ$
	grossolana		coarse	$1/2 + 1$	$500 + 1000$	$1 + 0$	$7^\circ$
	molto grossolana		very coarse	$1 + 2$	$\geq 1000$	$0 + -1$	$9^\circ$
Granulo		Granule		$2 + 4$		$-1 + -2$	$11^\circ$
Ciotolo		Pebble		$4 + 64$		$-2 + -6$	$17^\circ$
Ciotolo medio		Cobble		$64 + 256$		$-6 + -8$	$24^\circ$
Masso		Boulder		$\geq 256$		$< -8$	

da: Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, 2005.

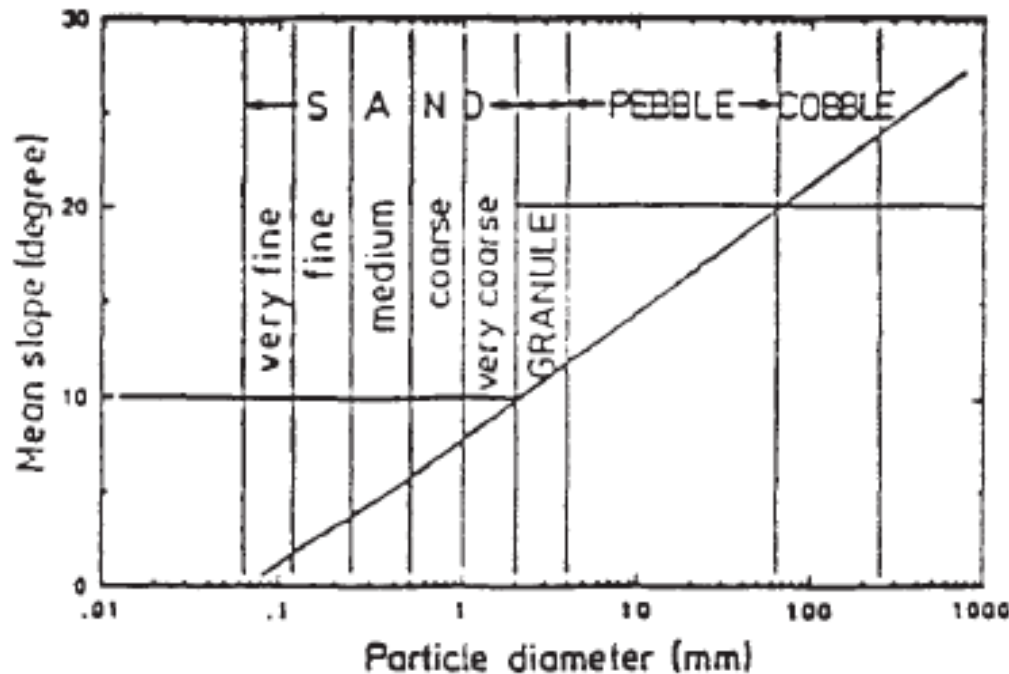
**PODIS PROGETTO OPERATIVO DIFESA SUOLO**  
***DIFESA DELLE COSTE E SALVAGUARDIA DEI LITORALI***  
*Analisi delle caratteristiche meteo-marine al largo e a riva*  
*e valutazione dei processi evolutivi costieri*

Tabella 14.1 – Scala di Udden-Wentworth

N°	Dimensioni D (mm)	Classe granulometrica	Unità $\phi = -\log_2 D$	Classificazione generica del sedimento
1	> 256	Masso	< -8	Psefitico
2	256 ÷ 128	Ciottolo	-8 ÷ -7	
3	128 ÷ 64		-7 ÷ -6	
4	64 ÷ 32		-6 ÷ -5	
5	32 ÷ 16	Ghiaia	-5 ÷ -4	
6	16 ÷ 8		-4 ÷ -3	
7	8 ÷ 4		-3 ÷ -2	
8	4 ÷ 2		-2 ÷ -1	
9	2 ÷ 1	Sabbia	-1 ÷ 0	Psammitico
10	1 ÷ 1/2		0 ÷	
11	1/2 ÷ 1/4		1 ÷ 2	
12	1/4 ÷ 1/8		2 ÷ 3	
13	1/8 ÷ 1/16		3 ÷ 4	
14	1/16 ÷ 1/32	Limo	4 ÷ 5	Pelitico
15	1/32 ÷ 1/64		5 ÷ 6	
16	1/64 ÷ 1/128		6 ÷ 7	
17	1/128 ÷ 1/256		7 ÷ 8	
18	< 1/256	Argilla	> 9	

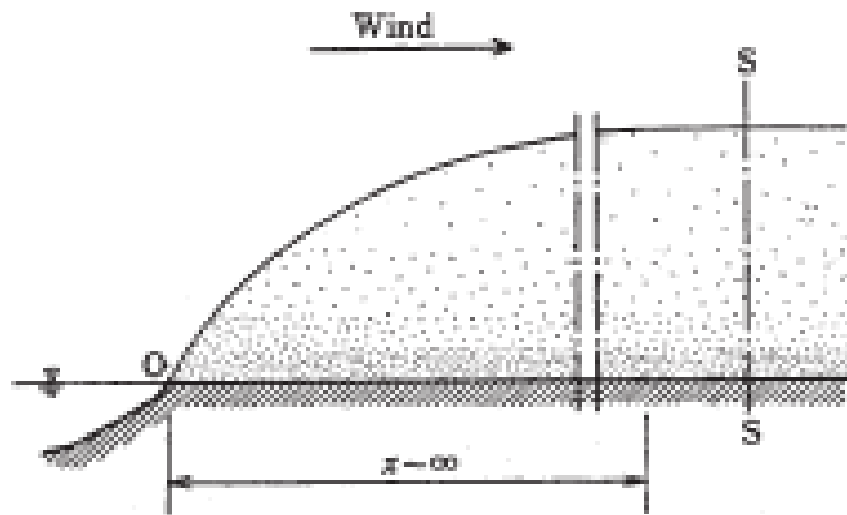
Fonte: U.S. Army Corps of Engineers "Coastal sediment process" Coastal Engineering Manual Part III, Washington (2002)

Figura 13.3 – Relazione tra pendenza della spiaggia e diametro medio della particella



Le forze generate dalle correnti dovute al moto ondoso muovono il materiale solido principalmente in funzione della granulometria e del peso specifico immerso del sedimento. Meno importante risulta invece la forma ed il grado di arrotondamento. Il volume complessivo di sedimento spostato dalle correnti è invece funzione della porosità dell'ammasso detritico, che dipende essenzialmente dall'assortimento granulometrico

Figura 16.1 – Schema di generazione della nuvola di sabbia con vento da mare



Fonte: Horikawa K. (1988)

La spiaggia termina con l'*apparato dunale*, fascia sedimentaria modellata non dall'azione del moto ondoso, ma dall'azione eolica. Tali apparati, presenti nelle spiagge naturali, costituiscono parte integrante del sistema di equilibrio morfologico della spiaggia.

Proprio la vicinanza dal mare, che conferisce loro un rilevante interesse economico, fa sì che gli apparati dunali siano spesso la fascia litoranea maggiormente aggredita dalle azioni antropiche, per cui molte spiagge italiane oggi ne risultano prive.



## ANALISI DELLE CARATTERISTICHE METEO-MARINE AL LARGO E A RIVA E VALUTAZIONE DEI PROCESSI EVOLUTIVI COSTIERI

A cura di:

**Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio**

**Direzione Generale per la Difesa del Suolo  
Progetto Operativo Difesa Suolo**

*Direttore Generale Difesa Suolo*

Ing. Mauro Luciani

*Responsabile PODIS*

Ing. Giovanni Onorato

*Direttore Operativo PODIS*

Ing. Felice Buggè

*Coordinatore Area Tecnica*

Ing. Laura Cutaia

### **Autori**

Prof. Ing. Alberto Noli

Ing. Mario Mita

### **Revisione**

Ing. Laura Cutaia, Geol. Luca Olivetta

Ing. Chiara Biscarini, Geol. Grazia Varacalli

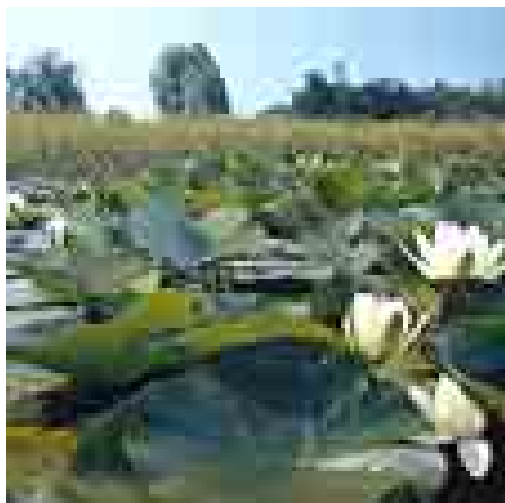
© Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio 2005



## Serie igrofila

Associazione vegetale pioniera, denominata igrofila (*igros, filòs*), sulle sponde di laghi e stagni.

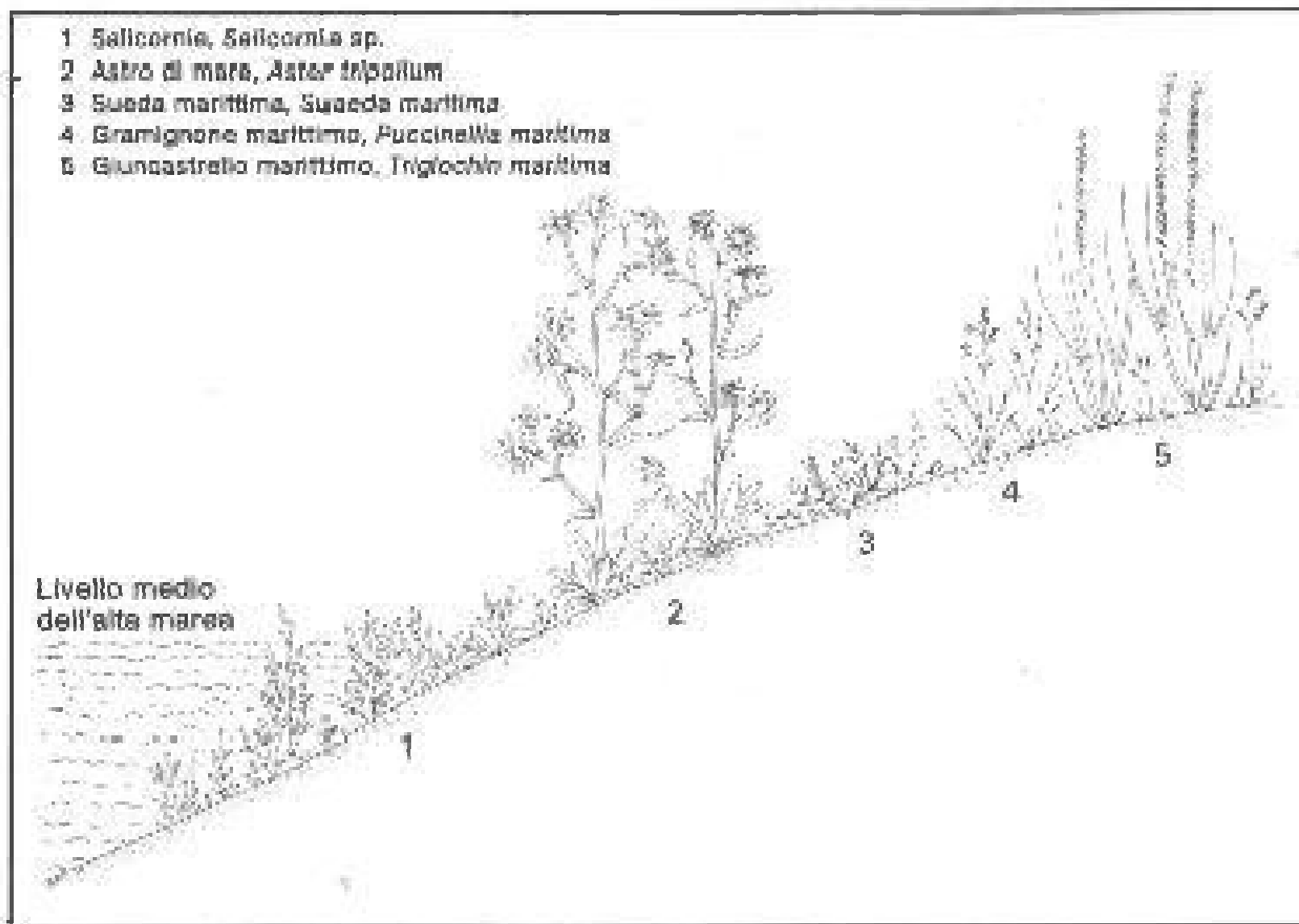
Il processo di interramento comincia con associazioni di specie natanti (*Nymphaeetum*) oppure sommerse (*Myriophyllo-Nupharetum*)



Il processo di interramento continua con il *Phragmitetum* e i boschi igrofili (*Alnetum incanae, Alnetum glutinosae*)

## Esempi di zonizzazione delle coste

Partendo dalle zone più vicine alla linea dell'alta marea, si individua una vegetazione pioniera alonitrofila costituita da piante annuali (**terofite**) che si sviluppano sui resti organici depositati in seguito alle mareggiate. Queste formazioni, dette anche dei "dossi delle spiagge", rientrano nella classe *Cakiletea maritima* ed sono comunemente rappresentate dal *Salsolo-Cakiletum aegyptiacae*, associazione perimediterranea avente come specie caratteristiche la salsola erba cali (*Salsola kali*) ed il ravastrello marittimo (*Cakile maritima*).



Codice	Nome	Sup. (ha)	Classe di Sensibilità	Conservazione	Categoria di Minaccia
1110	Banchi di sabbia a debole copertura permanente di acqua marina	3.440,69	III	II	Bassa
1120	Praterie di Posidonia oceanica	126.442,94	IV	II	Bassa
1130	Estuari	1.742,14	III	III	Media
1140	Distese fangose o sabbiose emergenti durante la bassa marea	11.986,45	IV	II	Bassa
1150	Lagune costiere	103.793,92	IV	II	Bassa
1160	Grandi cale e baie poco profonde	2.663,55	IV	III	Media
1170	Scogliere	17.747,72	IV	II	Bassa
1210	Vegetazione annua delle linee di deposito marine	6.667,23	I	III	Alta
1240	Scogliere con vegetazione delle coste mediterranee con <i>Limonium</i> spp. endemici	16.528,05	III	II	Bassa
1310	Vegetazione pioniera a <i>Salicornia</i> e altre specie annuali delle zone fangose e sabbiose	8.566,16	III	II	Bassa
1320	Prati di <i>Spartina</i>	2.936,36	III	II	Bassa
1410	Pascoli inondati mediterranei ( <i>Juncetalia maritimi</i> )	13.278,91	III	II	Bassa
1420	Prateria e fruticeti alofili mediterranei e termo-atlantici ( <i>Sarcocornetea fruticosi</i> )	8.512,54	II	III	Alta
1430	Praterie e fruticeti alonitrofilici ( <i>Pegano-Salsoletea</i> )	1.499,77	I	III	Alta
1510	Steppe salate mediterranee ( <i>Limonietalia</i> )	30.199,39	IV	II	Bassa

WWF, 2005  
LIBRO  
ROSSO  
degli  
**HABITAT**  
D'ITALIA  
della Rete  
Natura2000

2110	Dune mobili embrionali	4.318,12	I	III	Alta
2120	Dune mobili del cordone litorale con presenza di <i>Ammophila arenaria</i> ("dune bianche")	6.484,84	I	III	Alta
2130	Dune costiere fisse a vegetazione erbacea ("dune grigie")	1.849,61	I	III	Alta
2160 R	Dune con presenza di <i>Hippophaë rhamnoides</i>	224,08	IV	III	Alta
2190	Depressioni umide interdunali	2.328,50	II	III	Alta
2210	Dune fisse del litorale del <i>Crucianellion maritimae</i>	4.550,00	I	III	Alta
2220 R	Dune con presenza di <i>Euphorbia terracina</i>	20,89	I	IV	Alta
2230	Dune con prati dei <i>Malcolmietalia</i>	6.143,02	II	III	Alta
2240	Dune con prati dei <i>Brachypodietalia</i> e vegetazione annua	5.646,80	II	IV	Alta
2250	Dune costiere con <i>Juniperus spp.</i>	11.156,44	III	III	Media
2260	Dune con vegetazione di sclerofille dei <i>Cisto-Lavanduletalia</i>	3.279,87	III	III	Media
2270	Dune con foreste di <i>Pinus pinea</i> e/o <i>Pinus pinaster</i>	20.537,73	IV	II	Bassa
2330 R	Dune dell'entroterra con prati aperti a <i>Corynephorus</i> e <i>Agrostis</i>	256,92	IV	III	Alta
...					
3170	Stagni temporanei mediterranei	6.877,88	II	II	Medio-Alta
...					
5210	Matorral arborescenti di <i>Juniperus spp.</i>	63.249,25	IV	II	Bassa
5220 R	Matorral arborescenti di <i>Zyziphus</i>	8,33	I	IV	Alta

WWF, 2005  
LIBRO  
ROSSO  
degli  
HABITAT  
D'ITALIA  
della Rete  
Natura2000

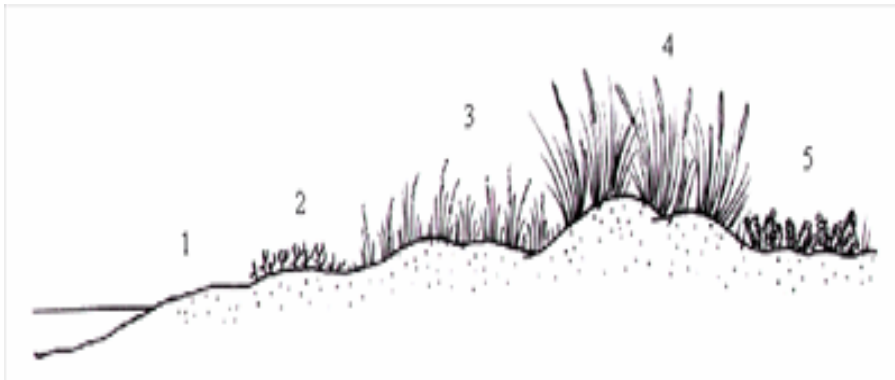
5230	Matorral arborescenti di <i>Laurus nobilis</i>	3.028,95	II	II	Medio-Alta
...					
5310	Boscaglia fitta di <i>Laurus nobilis</i>	1.169,68	III	II	Bassa
5320	Formazioni basse di euforbie vicino alle scogliere	4006,25	II	II	Medio-Alta
5330	Arbusteti termo-mediterranei e pre-desertici	102424,30	IV	III	Media
5410 R	Phrygane del Mediterraneo occidentale sulla sommità delle scogliere ( <i>Astragalo-Plantaginetum subtilatae</i> )	319,26	I	I	Alta
5420 R	Phrygane di <i>Sarcopoterium spinosum</i>	154,40	I	II	Alta
5430	Phrygane endemiche dell' <i>Euphorbio-Verbascion</i>	16667,45	IV	II	Bassa
...					
6220	Percorsi substeppici di graminacee e piante annue ( <i>Thero-Brachypodietea</i> )	248161,30	IV	II	Bassa
...					
6420	Praterie umide mediterranee con piante erbacee alte del <i>Molinio-Holoschoenion</i>	8495,78	I	III	Alta
...					
8220	Pareti rocciose silicee con vegetazione casmofitica	92585,57	IV	I	Bassa
...					
9540	Pinete mediterranee di pini mesogeni endemici	37049,92	IV	III	Media
9560	Foreste endemiche di <i>Juniperus</i> spp.	2937,16	IV	II	

WWF, 2005  
LIBRO  
ROSSO  
degli  
**HABITAT**  
D'ITALIA  
della Rete  
Natura2000

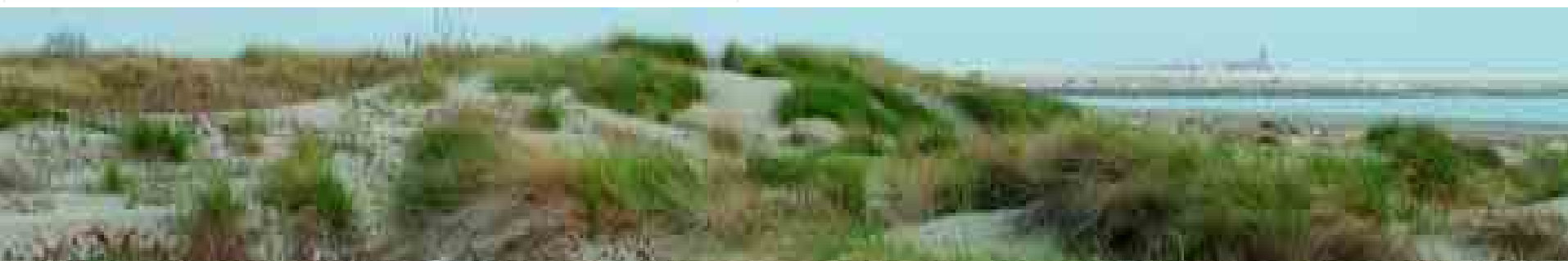
## Serie psammofila

Associazione vegetale pioniera, denominata psammofila (*psammos* + *filé*), su sabbie marittime.

associazioni guida: *Cakiletum*, *Agropyretum* e *Ammophiletum*



- 1 - Zona afitoica;
- 2 - *Salsolo-Cakiletum aegyptiacae*;
- 3 - *Sporobolo arenari-Agropyretum juncei*;
- 4 - *Ammophiletum arundinaceae*;
- 5 - Aggruppamenti ad *Anthemis maritima*.



## Coste sabbiose

Sono ambienti caratterizzati da diverse specie psammofile. La vegetazione si presenta organizzata in fasce parallele alla linea di costa che, andando verso l'interno, risentono meno dell'azione perturbatrice del mare.

La prima fascia è costituita da specie annuali alo-nitrofile che prediligono i tratti dove si accumula il materiale spiaggiato dal moto ondoso ed è costituita da *Salsola kali*, *Euphorbia peplis*, *Xanthium italicum*, *Cakile maritima* ecc.

Segue la fascia che colonizza ed edifica le dune "embrionali" che risulta fisionomicamente dominata da *Agropyron junceum*, graminacea stolonifera che, con il suo apparato radicale, contribuisce a trattenere la sabbia e a consolidare le dune.

Frequenti sono inoltre *Otanthus maritimus*, *Matthiola sinuata*, *Sporobolus arenarius*, *Eryngium maritimum*, *Cyperus kalli* ecc.



## Gyrophragmium dunalii



## Dune

Le dune più interne ormai abbastanza stabili sono caratterizzate dalla dominanza di *Ammophila littoralis* grossa graminacea cespitosa che, trattenendo la sabbia trasportata dal vento, svolge un ruolo fondamentale nell'edificazione delle dune. Si rinvencono inoltre altre psammofite come *Echinophora spinosa*, *Medicago marina*, *Pancratium maritimum* ecc. Ancora più internamente è possibile osservare una quarta fascia che occupa le dune ormai stabili dove è stato avviato il processo di pedogenesi delle sabbie. Questa fascia di vegetazione risulta caratterizzata da *Ononis diffusa* e *Centaurea sphaerocephala*.



*Echinophora spinosa*



*Eryngium maritimum*

## Rupi, scogli e coste rocciose

Hanno scarsa sedimentazione e forte moto ondoso, acqua fredda e ben ossigenata, spesso forte erosione; Popolamento completamente differente nelle differenti zone del litorale (supralitorale, intertidale, sublitorale, circalitorale).

La successione del supralitorale comincia con incrostazioni di cianobatteri epilitici (*Rivularia*) o endolitici (*Gloeocapsa*, *Chroococcus* ecc.)





## Litorali a fondo duro

Oltre la zona degli spruzzi ha inizio la vegetazione fanerogamica con comunità pioniere:

*Crithmum maritimum* (Umbrelliferae) e *Limonium* spp. (Plumbaginaceae),

Che risalgono sulle rocce e sulle scogliere fino a qualche decina di metri sopra il livello del mare.

Ambienti peculiari sono le pozze di scogliera, dove si trovano condizioni fortemente fluttuanti di salinità, temperatura, insolazione...



## Lagune e ambienti di transizione

I fondali delle lagune sono fangosi, in genere senza vegetazione algale.

Fanerogame marine vi possono radicare:

*Zostera nolti* (= *Z. nana*) nei fondi che emergono a bassa marea e *Cymodocea nodosa* a maggior profondità.

La salinità è ridotta per l'apporto di acque dolci

Aumento della produttività (fitoplancton, consumatori)

Specie prevalentemente eurialine.

## Lagune e ambienti di transizione

Sono ecosistemi estremamente sensibili all'inquinamento (spec. eutrofizzazione)

Nel loro intorno si determinano infiltrazioni di acqua salata che danno luogo alla formazione dei suoli salini.

Le comunità caratteristiche sono associazioni di alofile della classe *Pucciniello-Salicornietea*.



## Acque salmastre

Sono ecotoni nati dalla mescolanza di acque dolci e acque marine, come negli estuari, gli stagni litorali, i laghi salati.

Le acque salmastre sono classificate in:

Oligoaline - Salinità dallo 0,5 ‰ = max per l'H<sub>2</sub>O dolce al 5 ‰

Mesoaline – dal 5 al 18 ‰

Polialine – fino al 35 ‰

Iperaline – salinità > 40 ‰

## Dune costiere

Le dune si formano sulle coste dove la combinazione dei venti e l'apporto di sedimenti da parte delle correnti permettono l'accumulo di sabbia sulla spiaggia.

La parte superiore della spiaggia, una volta asciutta, può perdere parte della sabbia a causa dell'azione del vento, specialmente se la sabbia è molto fine e la formazione delle dune procede nella direzione predominante dove spira il vento.

Nel processo di formazione delle dune le piante pioniere svolgono un ruolo fondamentale, consentendo la fissazione e la stabilizzazione della sabbia che altrimenti verrebbe dispersa altrove.

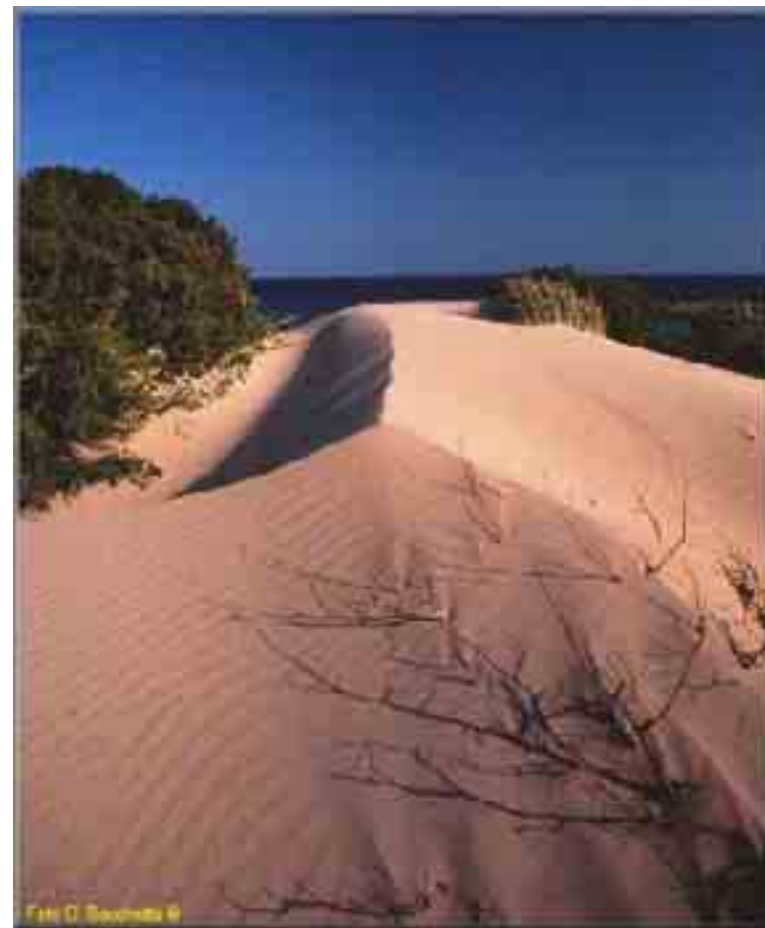
Le dune forniscono alla spiaggia luoghi al riparo dal vento e dal sole.

## Dune grigie e gialle

Le giovani dune sono chiamate dune gialle

Le dune che hanno una gran quantità di humus sono chiamate dune grigie.

L'humus solitamente si accumula nelle pieghe delle dune, trasportato qui durante le piogge, facendo sì che queste zone siano più ricche di vegetazione rispetto alla cima della duna.



## Colonizzazione di una duna

Mentre una duna si forma, ha inizio la colonizzazione.

Le condizioni di vita su una duna in formazione sono dure, con continui spruzzi di sale provenienti dal mare, portati dai venti più forti.

La duna è spesso svuotata ed asciugata.

Le alghe in decomposizione, depositate dalle onde durante le tempeste, apportano sufficienti sostanze nutrienti per permettere a dei pionieri l'inizio della colonizzazione.

Questi pionieri sono alcune specie di piante erbacee, molto ben adattate a superare queste difficili condizioni presenti all'interno delle dune.

## Pionieri di dune gialle

Tipicamente sono piante con una bassa dispersione dei liquidi ed hanno delle radici molto profonde in grado di raggiungere il livello dell'acqua ottenendo sia una fonte di approvvigionamento che un reticolo che tende a consolidare insieme la sabbia.

Nel frattempo altra sabbia si accumula sopra lo strato erboso facendo crescere le dimensioni della duna.

Queste piante erbacee aggiungono azoto al terreno, permettendo la colonizzazione anche ad altre piante meno resistenti alle condizioni iniziali;

anche queste nuove piante sono adatte ai terreni con basso contenuto idrico ed hanno foglie con piccoli pori per limitare la traspirazione.

## Successione verso le dune grigie

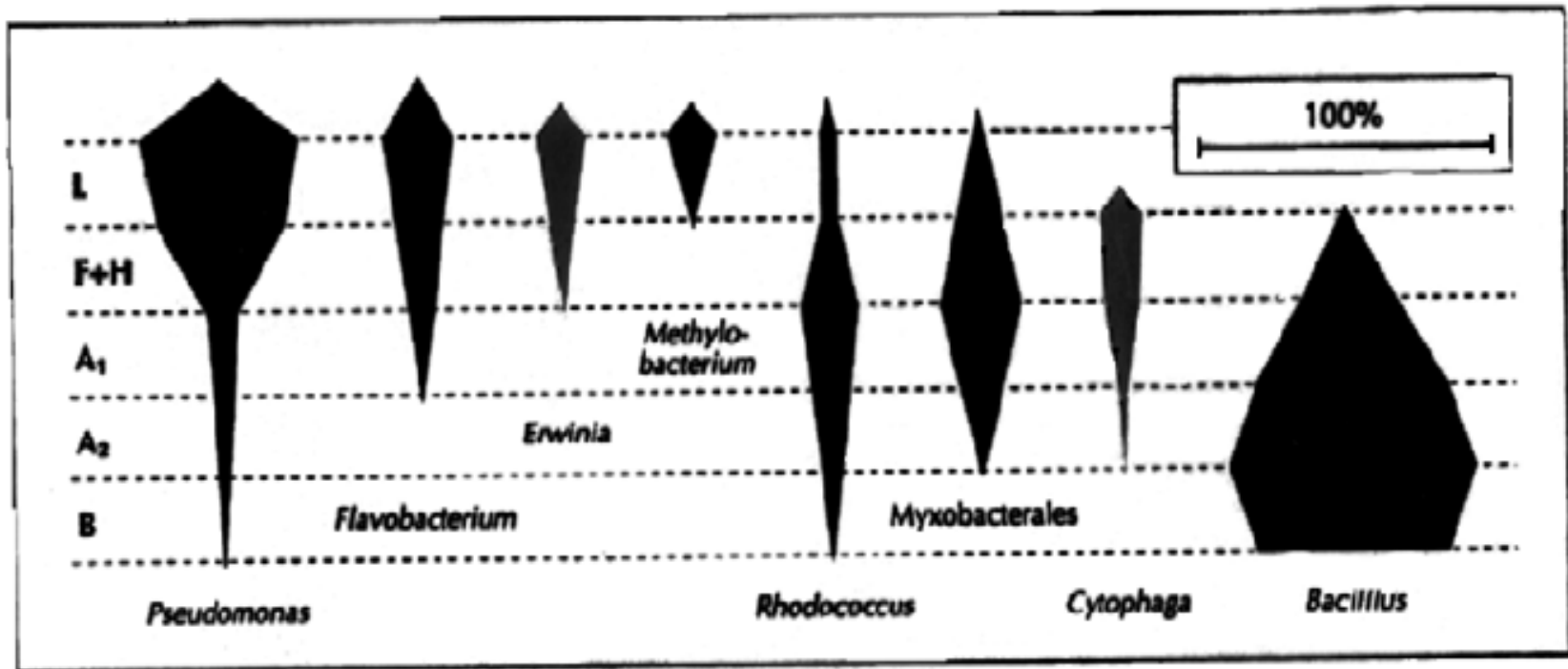
Questi nuovi inquilini aggiungono l'humus al terreno, avendo però un pH minore di 7 rendono il terreno leggermente acido. Successivamente arrivano le conifere, che sono in grado di tollerare terreni con pH basso.



# Bacterial Distribution Down Soil Profile

Zvygintsev (1994)

Figure 3.6 Distribution of dominant bacteria (%) within the layers of a forest ecosystem

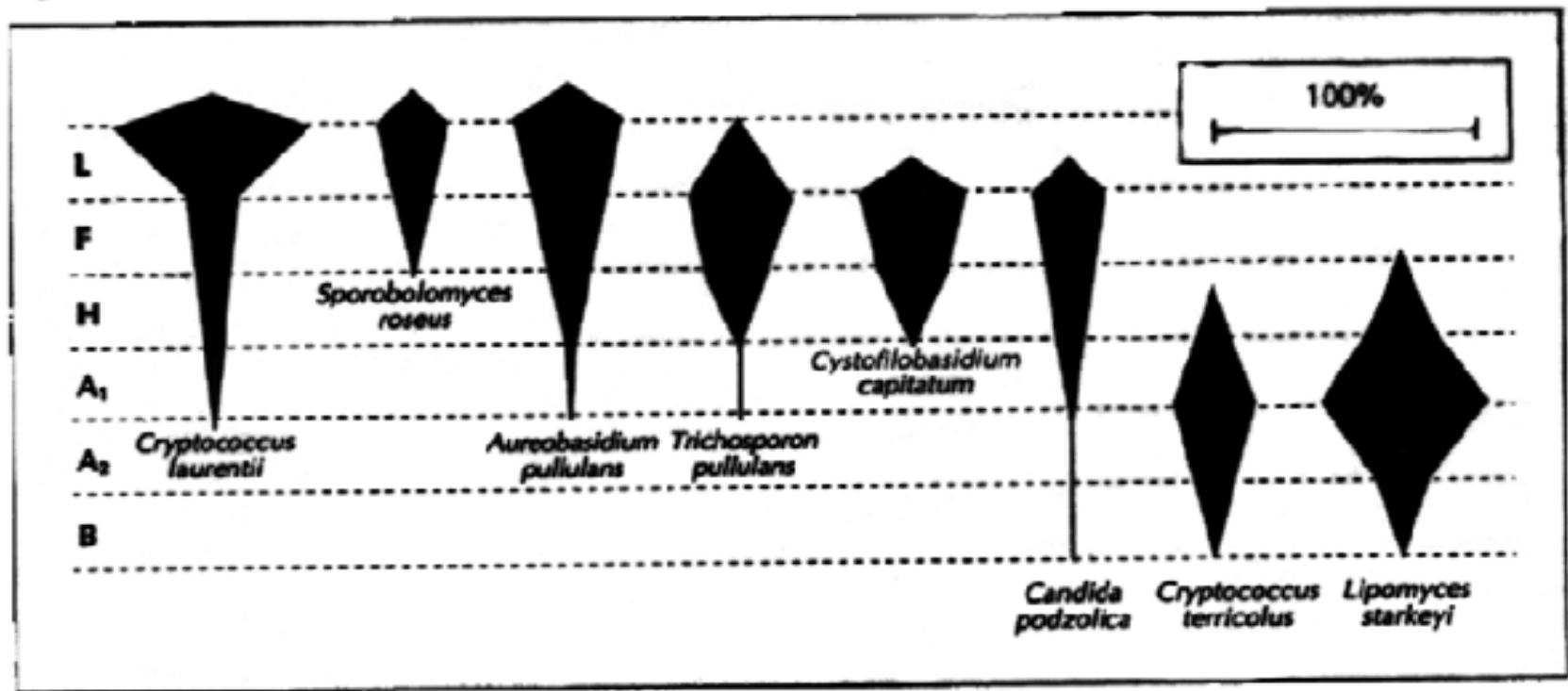




# Yeast Distribution Down Soil Profile

Zvygintsev (1994)

Figure 3.5 Distribution of dominant yeasts (%) within the layers of a forest ecosystem



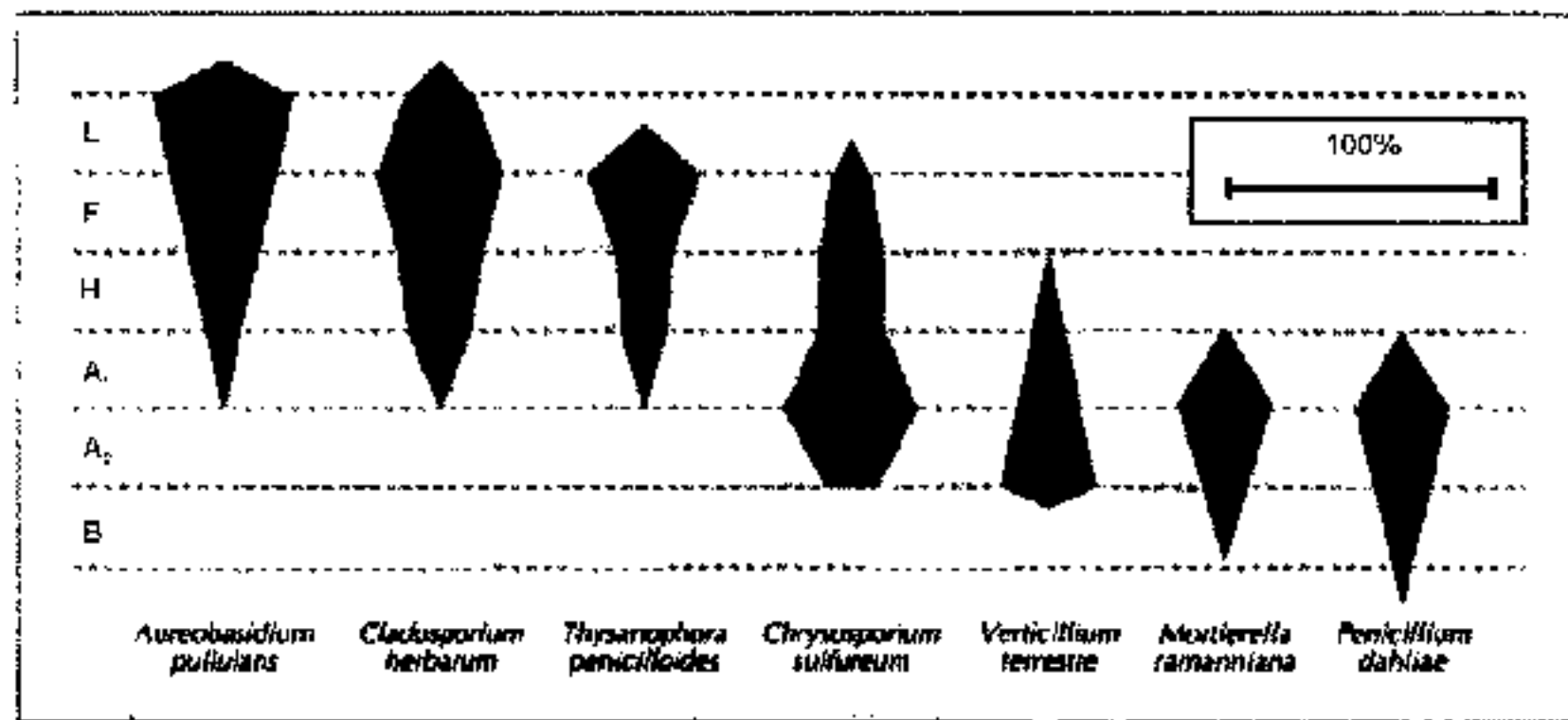
Ecology of Soil Organisms



# Fungal Distribution Down Soil Profile

Zvygintsev (1994)

Figure 3.4 Distribution of dominant fungi (%) within the layers of a forest ecosystem



## Impatto antropico

Nel Mediterraneo, centinaia di chilometri di coste hanno già perduto ogni naturalità: al posto delle dune sorgono ora edifici costieri, strade, parcheggi, stabilimenti balneari.

Anche nei pochi luoghi dove i sistemi dunali si sono conservati, la distruzione avanza: anno dopo anno le concessioni demaniali aumentano e i gestori ampliano poco alla volta lo spazio occupato dalle loro attrezzature.

La stessa pulitura dell'arenile con mezzi meccanizzati porta alla sparizione delle dune.

## Le peggiori attività antropiche?

- Ancoraggi
- Perdita di idrocarburi dalle barche
- Costruzione di strutture turistiche e residenziali (raccolta di substrato come materiale da costruzione, aumento dell'inquinamento organico e dell'eutrofizzazione dovuto a insufficiente trattamento delle acque di scarico)
- Rifiuti solidi, contaminanti liquidi, aerosol chimico
- Pesca con metodi distruttivi e illegali (strascico sottocosta, turbo-soffianti, bombe, veleni, raccolta illegale di datteri di mare)
- Pesca selettiva su pesci di alto valore economico
- Impatto della pesca "sportiva" e "amatoriale"

“per conoscere cosa abbiamo sotto il naso  
occorre un grande sforzo”



george orwell