



IL CICLO DELL'ACQUA E I BILANCI IDRICI

a cura di S. Furlani

ARGOMENTI DELLA LEZIONE

IL PIANETA TERRA

× L'idrosfera:

- + L'acqua, origine, composizione
- + Il ciclo idrologico
- + Gli oceani
- + I ghiacci permanenti
- + Acque superficiali e acque sotterranee

Caratteristiche e composizione delle acque sulla Terra

L'IDROSFERA

OCEAN WORLDS

Earth isn't the only ocean world in our solar system. Oceans could exist in diverse forms on moons and dwarf planets, offering clues in the quest to discover life beyond our home planet.

The worlds below represent the best known candidates in our search for life in the solar system — because where there's water, there is the potential for life. As you dive below, take note of each body's ocean world status and its potential to sustain life as we know it.

EXPLORE BELOW



1 AU
DISTANCE FROM SUN

ACTIVE
Dynamic ocean known to support life

OCEAN WORLD STATUS

TERRESTRIAL PLANET EARTH

Our home planet, Earth, is the only body known to have life. Called the "ocean planet," Earth's surface-land-to-water ratio is 29% land to 71% water.



DWARF PLANET CERES

Scientists estimate that Ceres consists of about 25% water ice, of which a fraction could be in the liquid state. However, Ceres may or may not have a liquid layer or subsurface ocean. Data from NASA's Dawn mission could provide an answer.



4 AU
DISTANCE FROM SUN

POSSIBLE
Evidence of an ocean, biological potential unknown

OCEAN WORLD STATUS



5.2 AU
DISTANCE FROM SUN

ACTIVE
Dynamic ocean could support life

OCEAN WORLD STATUS

MOON OF JUPITER EUROPA

Scientists strongly suspect that a subsurface salty ocean lies beneath Europa's icy crust. Tidal heating from its parent planet, Jupiter, maintains this ocean's liquid state and could also create partially melted pockets, or lakes, throughout the moon's outer shell.



MOON OF JUPITER GANYMEDE

Ganymede is the largest moon in our solar system, and the only moon with its own magnetic field. Recent studies indicate a large, underground saltwater ocean is present at the Jovian moon. Ganymede could in fact have several layers of ice and water sandwiched between its crust and core.



5.2 AU
DISTANCE FROM SUN

LOCKED
Trapped ocean, unlikely to support life

OCEAN WORLD STATUS



5.2 AU
DISTANCE FROM SUN

LOCKED
Trapped ocean, unlikely to support life

OCEAN WORLD STATUS

MOON OF JUPITER CALLISTO

Callisto's cratered surface lies at the top of an ice layer, which is estimated to be about 124 miles (200 km) thick. An ocean, which is thought to be at least 6 miles (10 km) deep, could be directly beneath the ice.



MOON OF SATURN ENCELADUS

Scientists predict that a regional reservoir about 6 miles (10 km) deep lies under a shell of ice 19 to 25 miles (30 to 40 km) thick at Enceladus' south pole. This underground ocean is thought to feed the moon's impressive jets, which spray from deep fissures (called "tiger stripes") in the moon's surface.



9.5 AU
DISTANCE FROM SUN

ACTIVE
Dynamic ocean, could support life

OCEAN WORLD STATUS



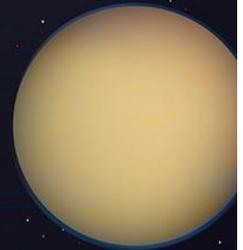
9.5 AU
DISTANCE FROM SUN

LOCKED
Trapped ocean, unlikely to support life

OCEAN WORLD STATUS

MOON OF SATURN TITAN

Titan is believed to have a salty subsurface ocean — as salty as the Dead Sea on Earth — beginning about 30 miles (50 km) below its ice shell. It is also possible that Titan's ocean is thin and sandwiched between layers of ice, or is thick and extends all the way down to the moon's rocky interior.



MOON OF SATURN MIMAS

Research suggests that Mimas has either a subsurface ocean or that its core is shaped like a football. If Mimas is hiding a liquid water ocean, it lies 15 to 20 miles (24 to 31 km) beneath the moon's impact-battered surface.



9.5 AU
DISTANCE FROM SUN

POSSIBLE
Evidence of an ocean, biological potential unknown

OCEAN WORLD STATUS



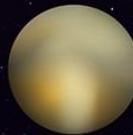
30.1 AU
DISTANCE FROM SUN

POSSIBLE
Evidence of an ocean, biological potential unknown

OCEAN WORLD STATUS

MOON OF NEPTUNE TRITON

Active geysers on Triton spew nitrogen gas, making this moon one of the known active worlds in the outer solar system. Volcanic features and fractures mark its cold, icy surface, likely results of tidal heating. A subsurface ocean at Triton is considered possible, but is unconfirmed.



DWARF PLANET PLUTO

A world of many unknowns, Pluto could have rings, geysers and perhaps a subsurface ocean. Data from NASA's New Horizons mission may help answer the question, "Is Pluto an ocean world too?"



39.5 AU
DISTANCE FROM SUN

POSSIBLE
Evidence of an ocean, biological potential unknown

OCEAN WORLD STATUS



WE'RE OUT THERE

solarsystem.nasa.gov

ORIGINE DELL'ACQUA E DELLA VITA

ORIGINE DELL'ACQUA

- ✘ Si dibatte ancora sull'origine dell'acqua sulla Terra, o del perché proprio così abbondante sulla Terra. Tracce sulle rocce di 3.8 miliardi di anni fa. Due sono le ipotesi più plausibili:
 - + **Origine meteorica:** nell'atmosfera del protopianeta terrestre, nell'atmosfera si creò condensazione di vapore acqueo, piogge e conseguenti accumuli di acqua dolce. Il sale sarebbe derivato dall'erosione delle rocce. Il problema è che nelle rocce sedimentarie ci sono più Sali di quelli che deriverebbero dalle semplice erosione di rocce preesistenti;
 - + **Origine magmatica:** acqua prodotta da vulcani attivi, bilanciata dalla subduzione.
- ✘ Harris (2015) scartò l'ipotesi che si tratti di acqua proveniente dallo spazio. Era presente nel disco protoplanetario che circondava il Sole, per poi aggregarsi e formare il pianeta Terra;
- ✘ L'acqua di mare attuale è stata comunque arricchita di sali in seguito, ma l'acqua essudata dai vulcani possedeva già una salinità

TEORIE?

- ✘ Un recente studio condotto da Laurette Piani del Centre de Recherches Pétrographiques et Géochimiques (Université de Lorraine, Francia) e colleghi ha analizzato 13 condriti enstatiti incontaminate per determinarne l'abbondanza di idrogeno e le composizioni isotopiche.
- ✘ I risultati suggeriscono la spiegazione che la Terra si sia accresciuta da materiali ricchi di idrogeno piuttosto che altri scenari che richiedono la migrazione dei pianeti giganti per disperdere corpi sufficienti nel sistema solare interno per fornire sostanze volatili sulla Terra dopo la sua formazione.

COSMOCHEMISTRY

The origins of water

New measurements of Earth's building blocks point to a simpler water source

By Anne H. Peslier

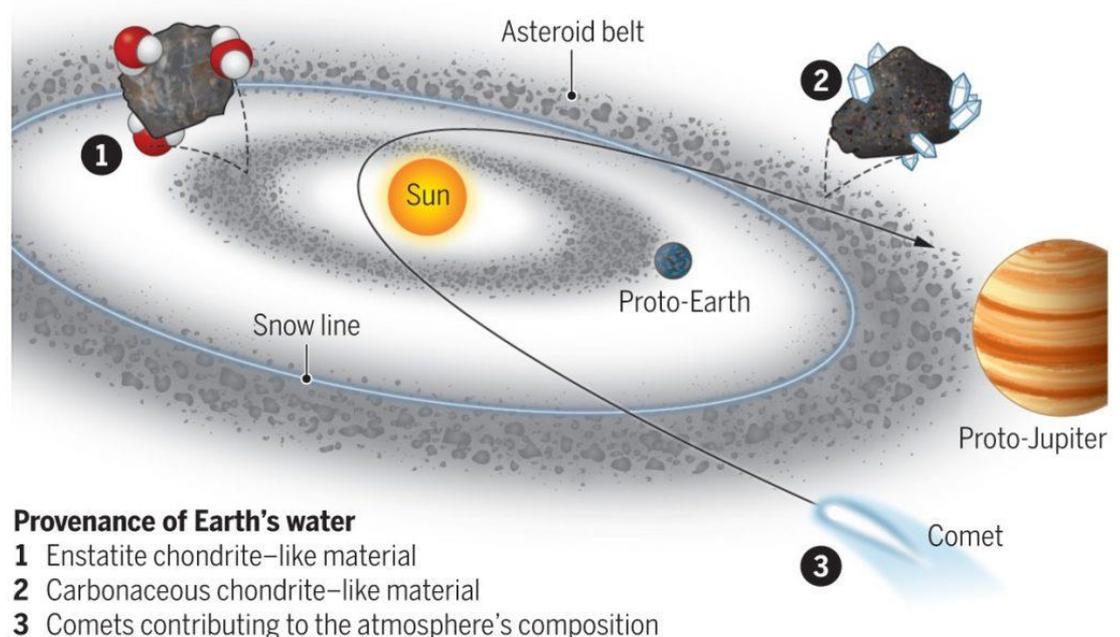
Our blue planet having water seems such a simple and obvious fact that the question of why Earth has water at all feels like a trivial one. However, the origin of this key ingredient for life has remained a

type of material that aggregated to eventually form planets. Earth's isotopic composition indicates that the main building blocks of rocky planets are enstatite chondrite-like materials [e.g., (5)].

However, enstatite chondrites were believed to be too dry to account for Earth's water. Instead, a water-rich type of chondrite called carbonaceous chondrite

Sources of Earth's water

New measurements of enstatite chondrites indicate that water could have been primarily acquired from Earth's building blocks. Additional water was delivered to Earth's early oceans and atmosphere by water-rich material from comets and the outer asteroid belt.



Provenance of Earth's water

- 1 Enstatite chondrite-like material
- 2 Carbonaceous chondrite-like material
- 3 Comets contributing to the atmosphere's composition

DALL'ACQUA ALLA VITA

- ✘ Dall'acqua nasce la vita e la vita nasce nell'acqua. Le prime forme di vita, unicellulari, si sono create proprio negli oceani primordiali.
- ✘ Dapprima erano semplici cellule, poi sono diventati organismi più complessi e hanno colonizzato le grandi distese di acqua sul nostro Pianeta.
- ✘ Tuttavia, non è stato un passaggio veloce: sono passati miliardi di anni prima che la vita fosse in grado di passare dall'acqua all'aria e poi di estendersi su tutta la Terra.

IL BRODO PRIMORDIALE

- ✘ è un ipotetico ambiente arcaico in cui si pensa possano essere avvenuti gli eventi chimico-fisici che avrebbero poi dato origine alla vita sulla Terra;
- ✘ È una miscela di acqua con sali inorganici e composti chimici a base di carbonio, idrogeno, ossigeno e azoto, sia di natura organica che inorganica;



PROPRIETÀ DELL'ACQUA

STATI DELL'ACQUA

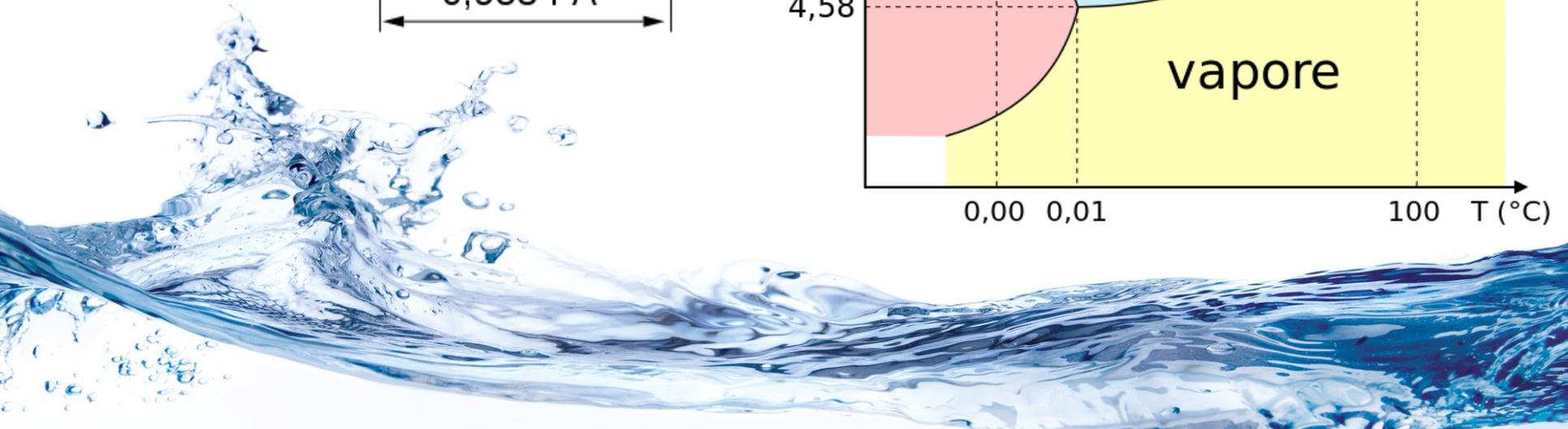
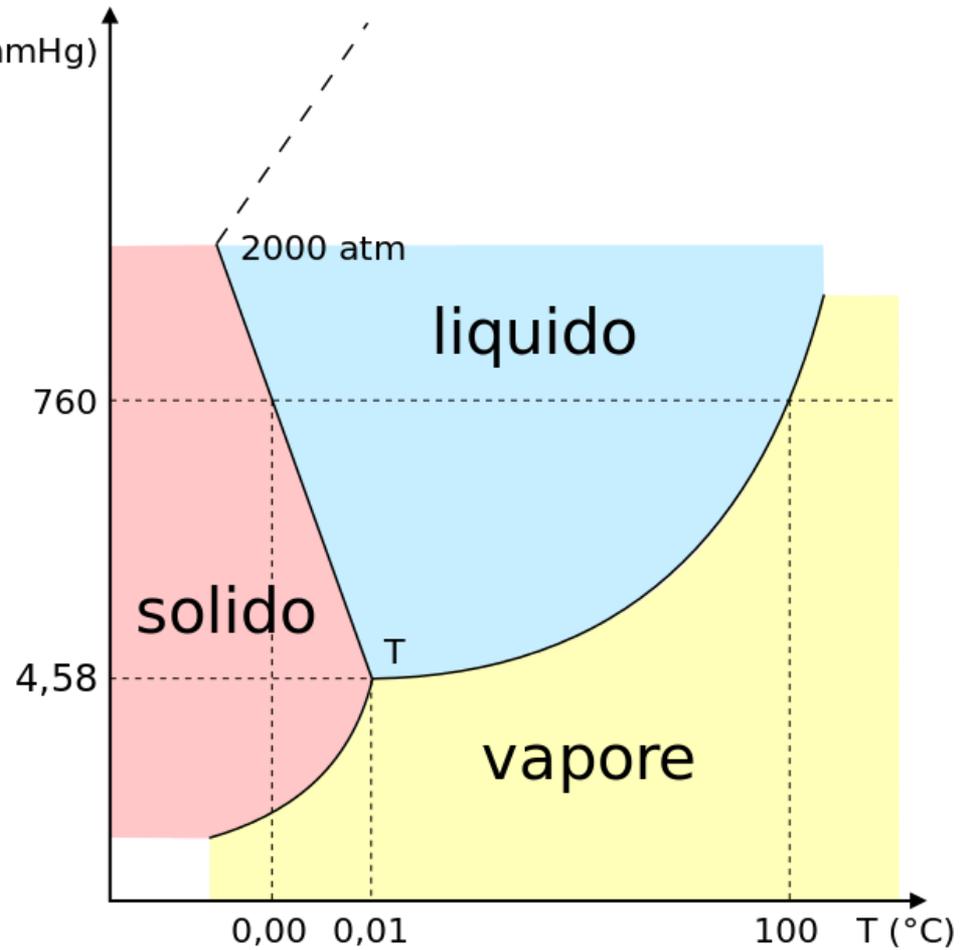
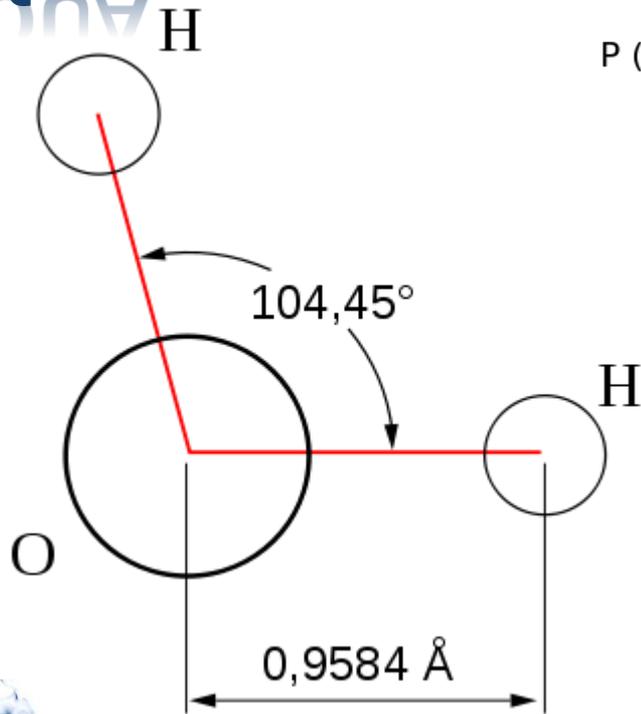


STATI DELL'ACQUA

- × Liquido
- × Solido
- × Gassoso



L'ACQUA



QUANTITÀ D'ACQUA

- × La quantità d'acqua sulla Terra è limitata, ma costante nel tempo. La sua distribuzione può variare nel tempo (ghiacciai, mari, ecc);
- × Oltre il 70% della superficie terrestre è occupata da oceani, ma una parte di trova anche sui continenti o sotto la superficie.
- × ...la diretta conseguenza è:

IL CICLO IDROLOGICO

- ✘ Quantità limitata e costante che cambia stato, nel breve e lungo termine;
- ✘ A breve termine, l'acqua entra nel circolo dell'evaporazione e delle precipitazioni;
- ✘ Importanti variazioni a lungo termine di quantità in un certo stato si sono verificate in occasione delle glaciazioni, per effetto della quale il volume degli oceani si riduceva, mentre aumentava quello dei ghiacci;



Il ciclo idrologico



U.S. Department of the Interior
U.S. Geological Survey

Illustration by John M. Evans, USGS
<http://ga.water.usgs.gov/edu/watercycle.html>



DALLA TERRA ALL'ARIA E VICEVERSA

- ✘ 84% dell'acqua atmosferica si genera per evaporazione dagli oceani;
- ✘ 16% deriva da evapotraspirazione dalle terre emerse
- ✘ 77% delle precipitazioni cade negli oceani;
- ✘ 23% delle precipitazioni sulle terre emerse
- ✘ Nell'arco di più anni, la quantità totale si bilancia nel tempo, non nello spazio

PERCHÉ GLI OCEANI NON SI PROSCIUGANO?

- × Perché parte dell'acqua ritorna all'oceano attraverso il deflusso superficiale (*runoff*), attraverso i corsi d'acqua;
- × Parte può tornare agli oceani anche da sotto il livello del mare;
- × I tempi di movimento dell'acqua nel ciclo idrologico sono variabili e diversi a seconda del processo.

Contesti in cui si trova acqua e relativa azione morfologica

L'ACQUA SULLA TERRA

I GHIACCI PERMANENTI



Aletsch, Svizzera

LE CALOTTE GLACIALI



LE ACQUE SUPERFICIALI

- ✘ Le acque di superficie, a differenza di quelle sotterranee e atmosferiche, sono quelle acque che si raccolgono sulla superficie della terra.
- ✘ Sono: Corsi d'acqua, laghi, zone umide, oceani



CORSI D'ACQUA



LAGHI



ZONE UMIDE

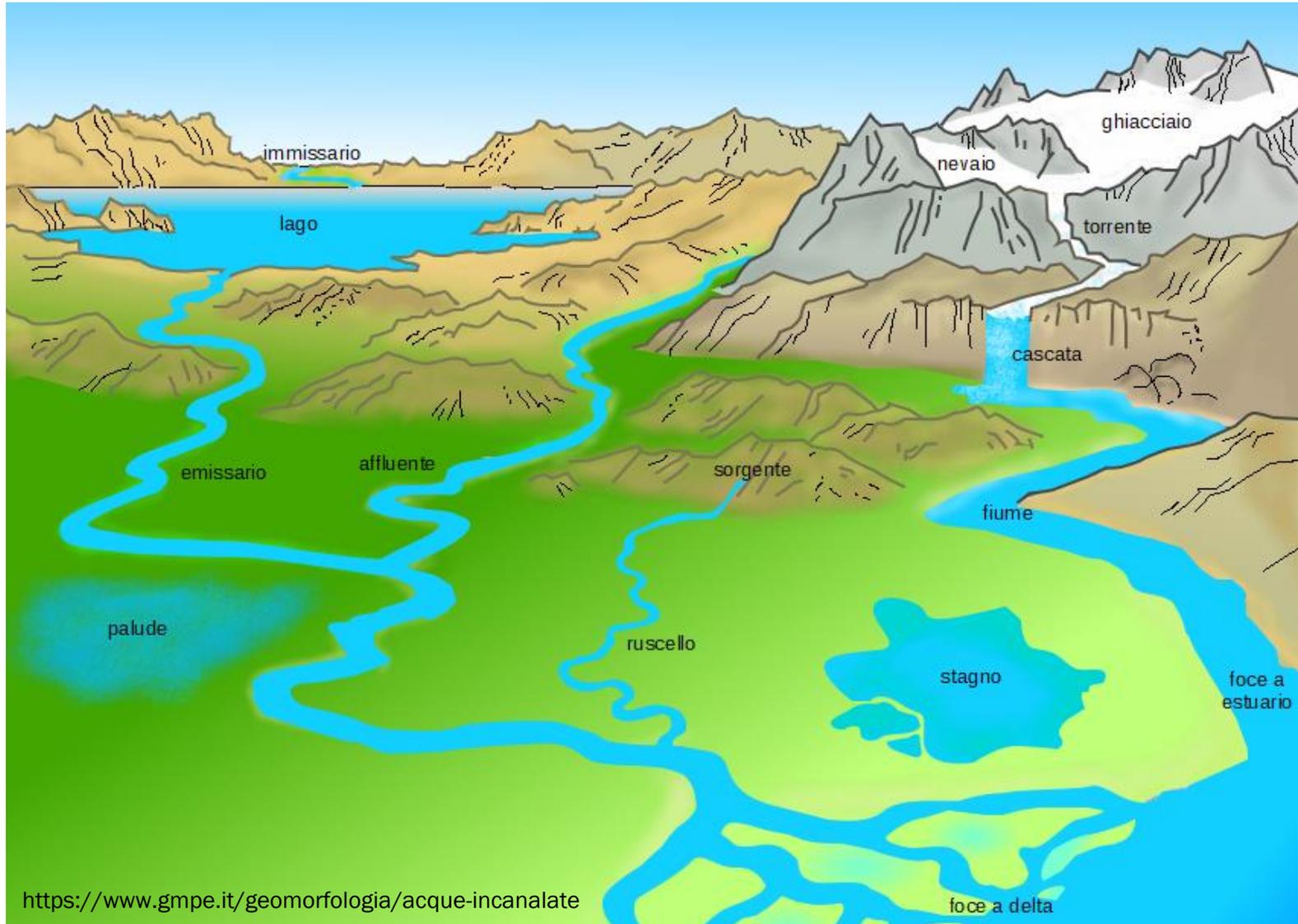


MARI E OCEANI



Trattiamo l'argomento in una lezione a parte

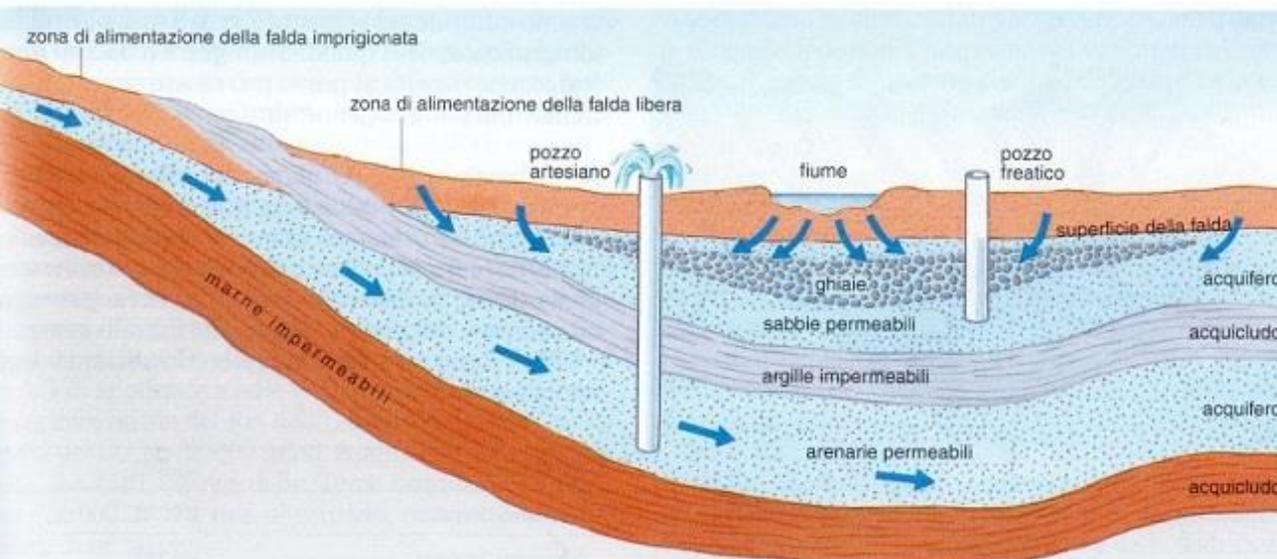
LE ACQUE SULLA TERRA



...ANCHE ALTRI AMBIENTI

LE ACQUE SOTTERRANEE

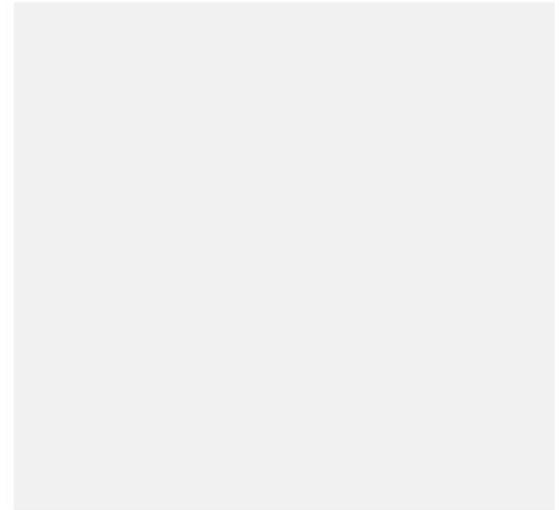
- ✘ L'acqua sotterranea, o freatica, si trova al di sotto della superficie terrestre. Questa acqua si trova immagazzinata nei pori fra i clasti, o nelle fenditure delle rocce compatte.
- ✘ Nelle regioni artiche, o limitrofe, l'acqua freatica può essere congelata.



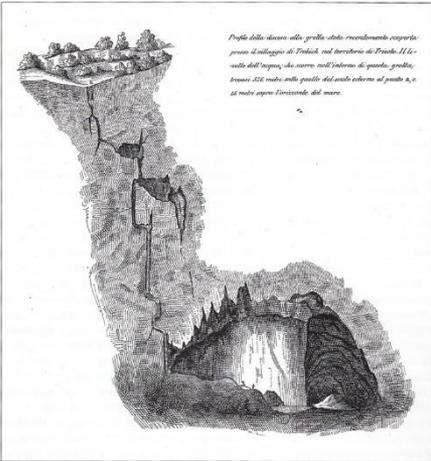
SCIENZA | GIOVEDÌ 18 DICEMBRE 2014

C'è un sacco di acqua sotto di noi

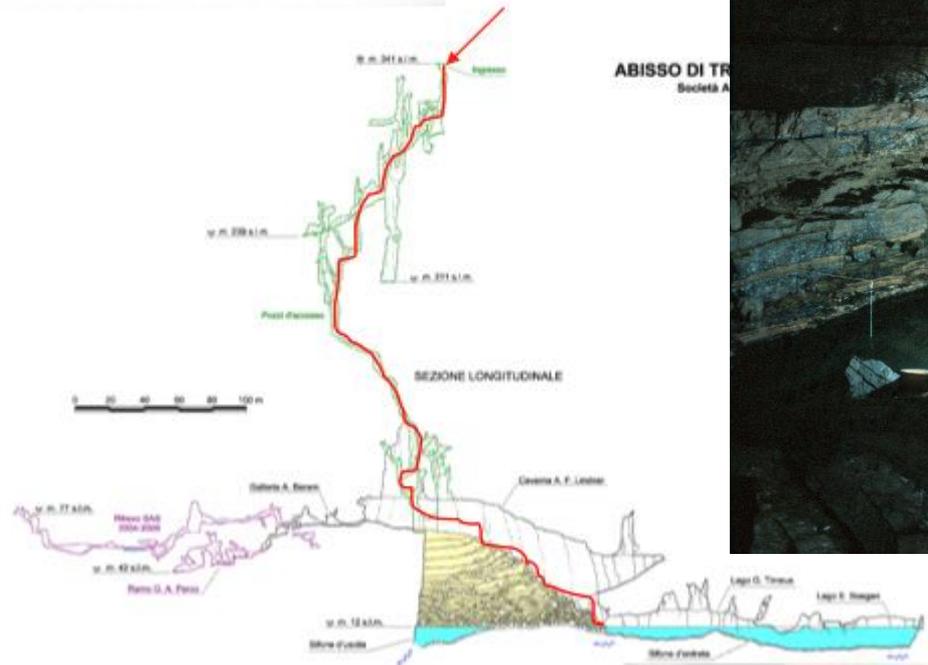
Una nuova ricerca stima che ce ne siano 11 miliardi di miliardi di litri e che questo cambi “enormemente il concetto su dove ci possa essere vita su questo pianeta” e non solo



ALCUNI ESEMPI



La sezione della Grotta di Trebbiano a corredo dell'articolo di Antonio Federico Lindner pubblicato sul "Giornale dell'I.R. Istituto Lombardo di Scienze, Lettere ed Arti" di Milano del 29 ottobre 1841.



SORGENTI DELLE ACQUE SOTTERRANEE



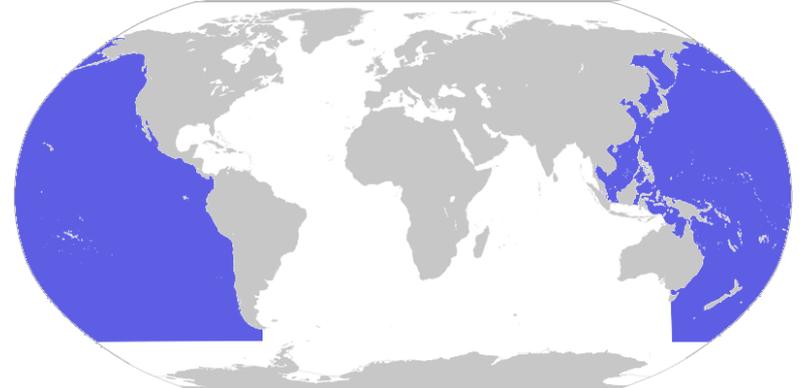
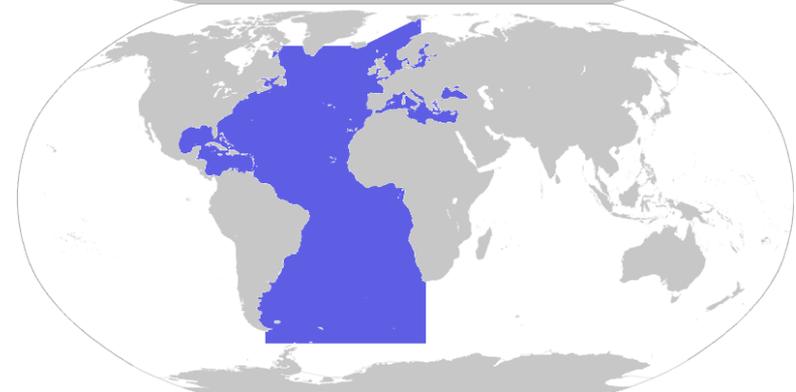
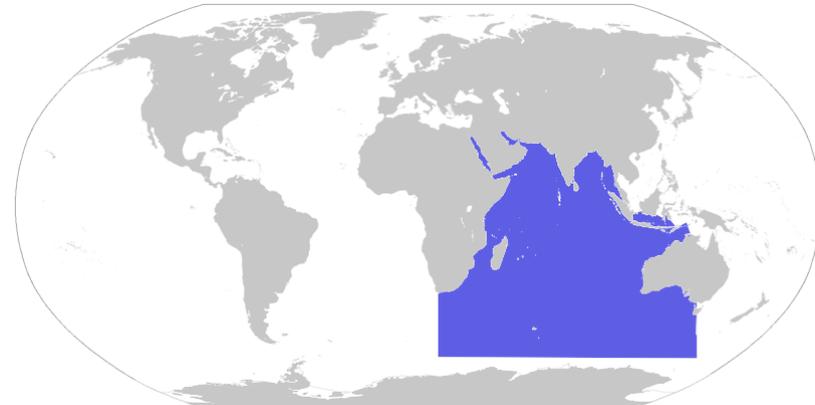
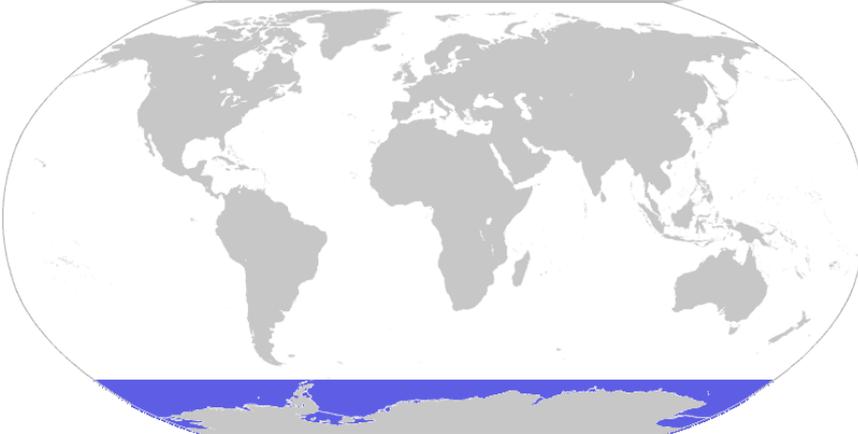
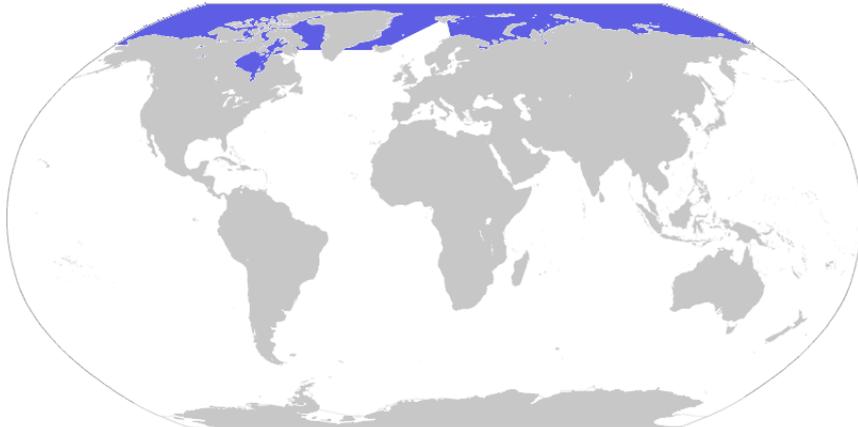
L'ACQUA DEL MARE E I MARI

ORIGINE DELL'ACQUA DI MARE

- × Si dibatte ancora sull'origine dell'acqua sulla Terra. Tracce sulle rocce di 3.8 miliardi di anni fa. Due sono le ipotesi più plausibili:
 - + **Origine meteorica:** nell'atmosfera del protopianeta terrestre, nell'atmosfera si creò condensazione di vapore acqueo, pioggee conseguenti accumuli di acqua dolce. Il sale sarebbe derivato dall'erosione delle rocce. Il problema è che nelle rocce sedimentarie ci sono più Sali di quelli che deriverebbero dalle semplice erosione di rocce preesistenti;
 - + **Origine magmatica:** acqua prodotta da vulcani attivi, bilanciata dalla subduzione.
- × L'acqua di mare attuale è stata comunque arricchita di Sali in seguito, ma l'acqua essudata dai vulcani possedeva già una salinità

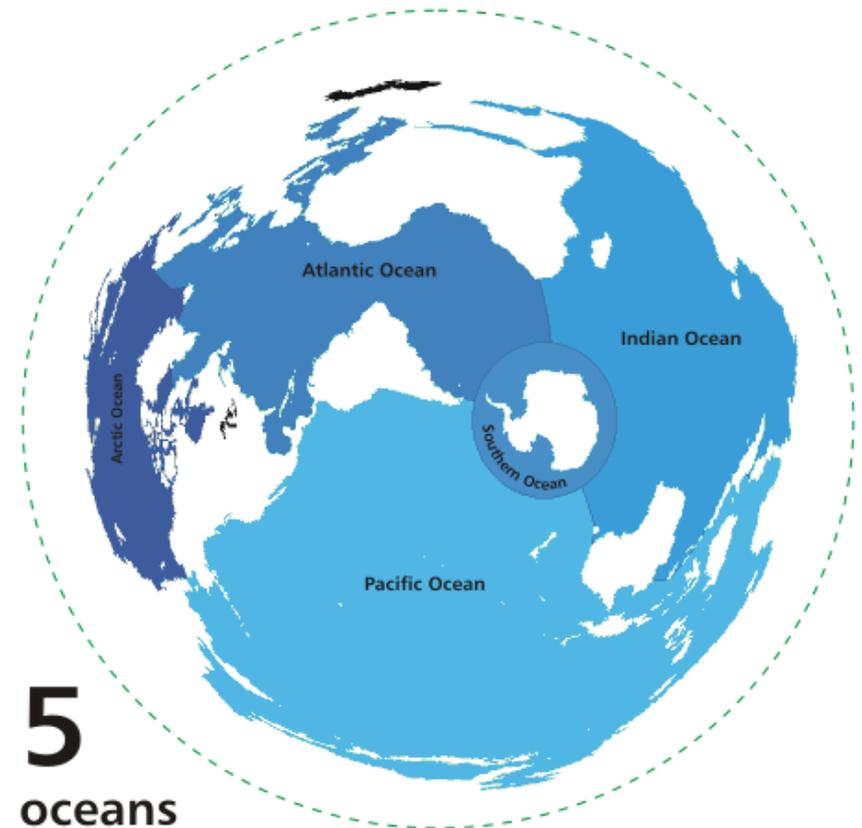
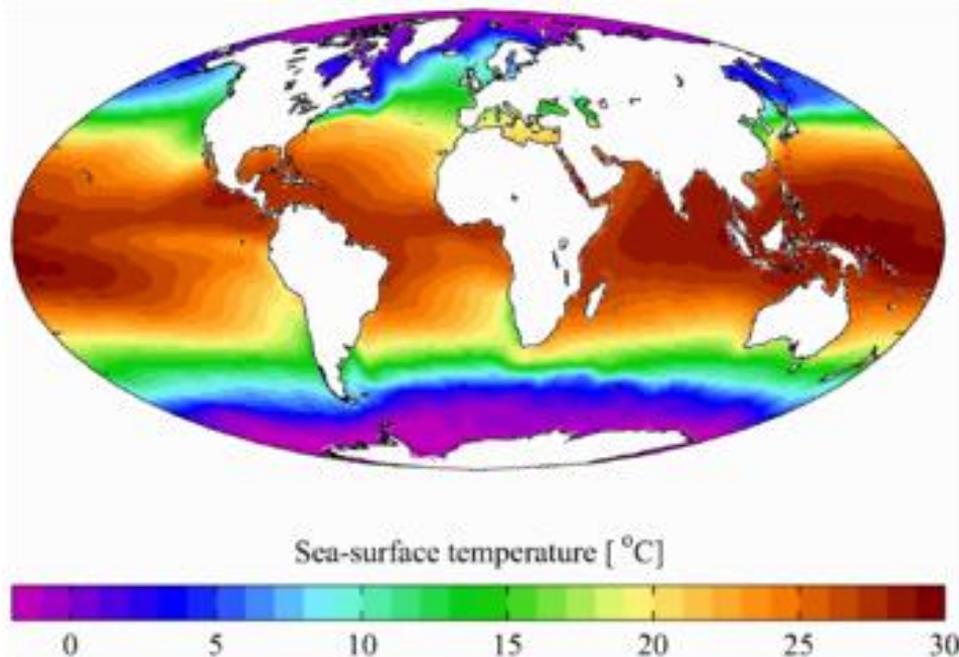
I 4-5 OCEANI

- ✘ L'oceano ricopre il 71% della superficie terrestre, ovvero 360.700.000 km².
154.800.000 km² nell'emisfero nord e
205.900.000 km² nell'emisfero sud.



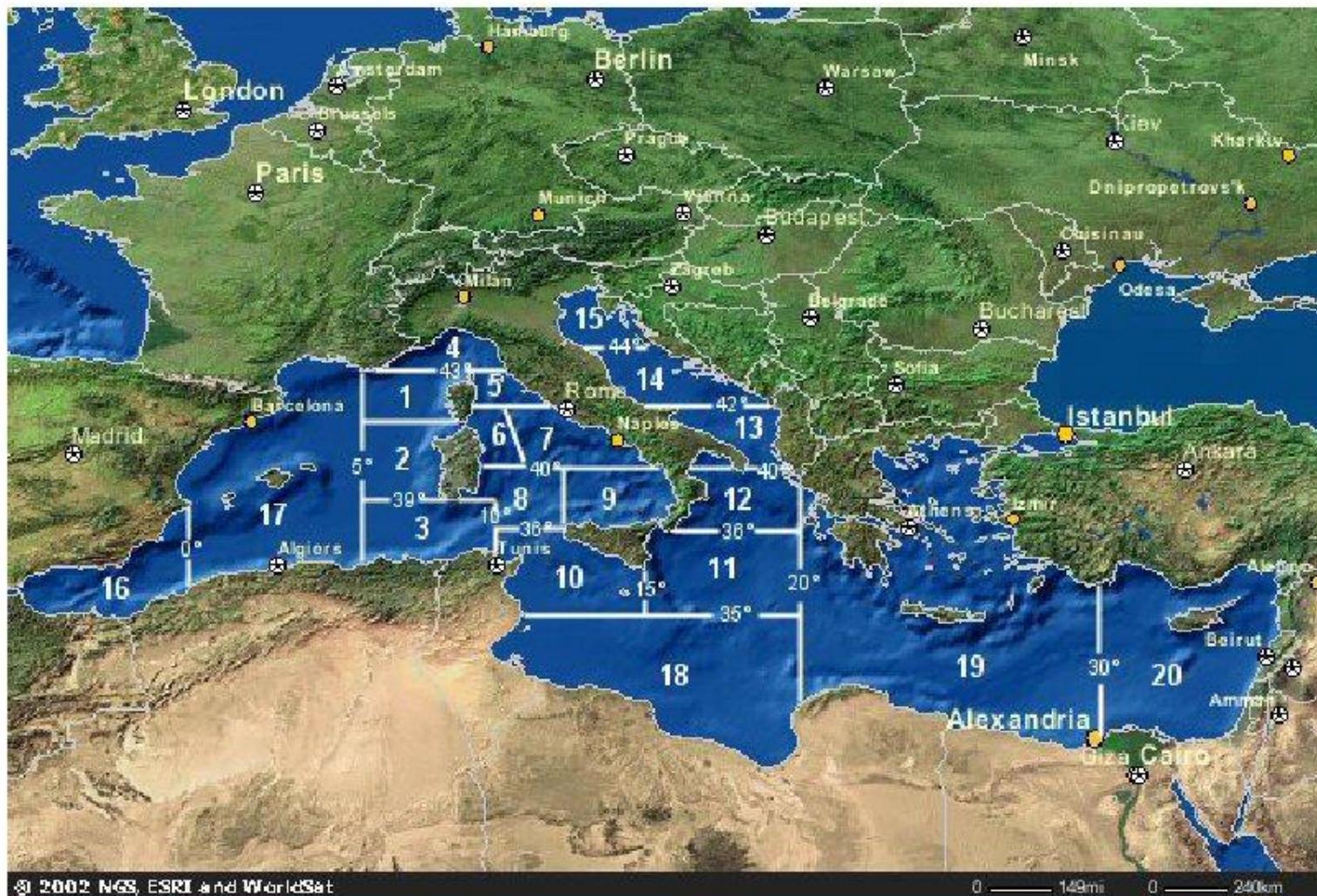
GLI OCEANI

- ✘ Il volume d'acqua totale degli oceani e dei mari è stimato in 1,34 miliardi di km³.



I MARI

- × Il **mare** è una distesa di acqua salata, idrograficamente connessa con un oceano, che lambisce le coste dei continenti o delle isole; il termine può essere usato anche come sinonimo di oceano quando esprime un concetto generico
- × Mari intercontinentali (Mar Mediterraneo, Mar delle Antille, Golfo del Messico)
- × Mari continentali (Mar Baltico, Baia di Hudson, Mare di Baffin, Golfo Persico, Mar Rosso)
- × Mari adiacenti (Mar d'Irlanda, Mare del Nord)
- × Mari marginali epicontintali (Mare di Bering, Mare di Ohotsk, Mare del Giappone, Mare Cinese orientale/meridionale, Mare delle Filippine, ecc)

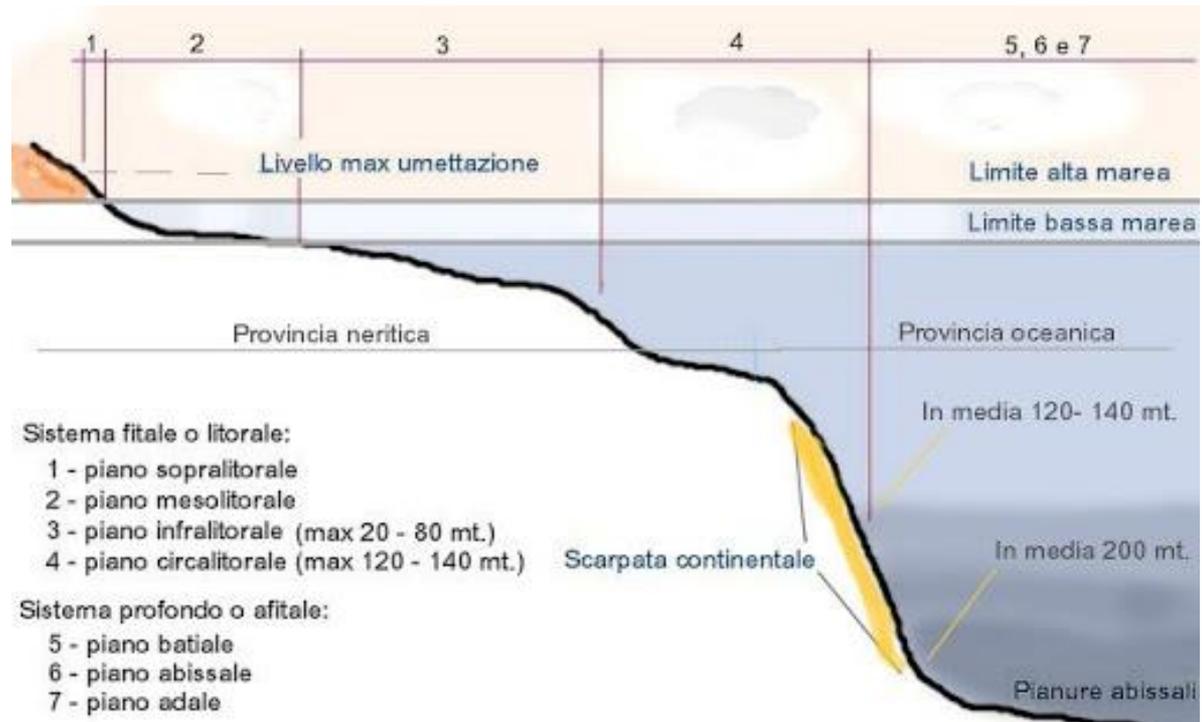


- | | |
|-----------------------------------|--|
| 1 - MAR DI CORSICA | 11 - IONIO MERIDIONALE |
| 2 - MAR DI SARDEGNA | 12 - IONIO SETTENTRIONALE |
| 3 - CANALE DI SARDEGNA | 13 - ADRIATICO MERIDIONALE |
| 4 - MAR LIGURE | 14 - ADRIATICO CENTRALE |
| 5 - TIRRENO SETTENTRIONALE | 15 - ADRIATICO SETTENTRIONALE |
| 6 - TIRRENO CENTRALE SETTORE W | 16 - MEDITERRANEO OCCIDENTALE SETTORE ALBORAN |
| 7 - TIRRENO CENTRALE SETTORE E | 17 - MEDITERRANEO OCCIDENTALE SETTORE BALEARI |
| 8 - TIRRENO MERIDIONALE SETTORE W | 18 - MAR LIBICO |
| 9 - TIRRENO MERIDIONALE SETTORE E | 19 - MEDITERRANEO ORIENTALE SETTORE EGEO E SUD CRETA |
| 10 - STRETTO DI SICILIA | 20 - MEDITERRANEO ORIENTALE SETTORE MAR DI LEVANTE |

AMBIENTI MARINI

AMBIENTI MARINI

- ✘ **Ambiente litorale:** Zona di transizione fra aree emerse e aree sommerse (piana costiera, spiaggia, falesia), caratterizzato da diversi tipi di energia dominante (moto ondoso o correnti di marea) e da intensità e distribuzione dell'energia variabili; separa la parte permanentemente emersa del declivio costiero da quella permanentemente sommersa;
- ✘ **Ambiente neritico:** Si dice di zona o regione del mare compresa fra 0 e 200 m di profondità. Nella letteratura geologica, sedimento n. (o di piattaforma), sedimento deposto al di sotto del livello di base delle onde o del livello medio di bassa marea. Per le particolari condizioni offerte dalle acque della zona n., anche la fauna pelagica ha caratteristiche diverse da quella delle acque lontane dalla terra e perciò è detta fauna neritica;
- ✘ **Ambiente batiale:** Il piano batiale è un piano del dominio bentonico che si estende lungo la scarpata continentale a profondità tra i 200 e i 2000 metri. È compreso tra il cosiddetto piano circalitorale e il piano abissale;
- ✘ **Ambiente abissale:** Il piano abissale è un piano del dominio bentonico che si estende tra i 2000 ed i 6000 metri di profondità. È compresa tra il piano batiale e il piano adale presente solo nelle fosse oceaniche più profonde;



PROPRIETÀ DELL'ACQUA DI MARE

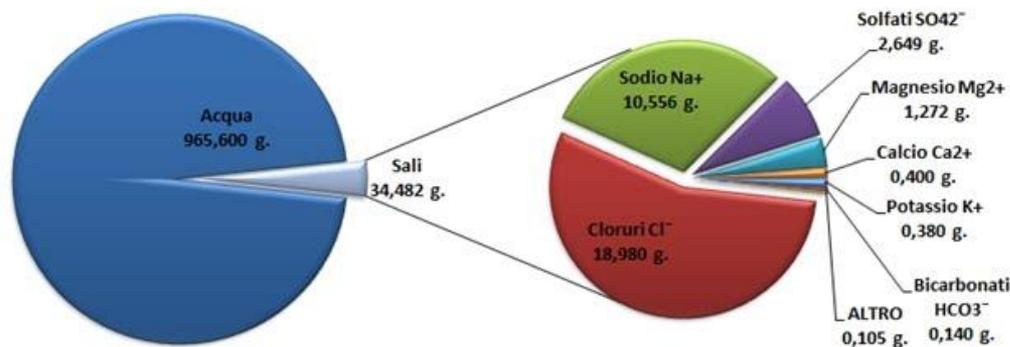
PROPRIETÀ DELL'ACQUA DI MARE

- × Composizione
- × Salinità
- × Gas disciolti
- × Temperatura
- × Ghiacci marini
- × Inquinamento

Composizione del mare



composizione media 1 Kg. di acqua di mare



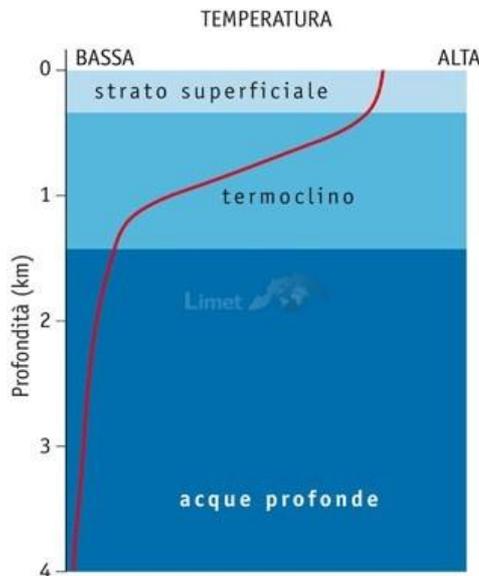
-
- ✘ La quantità totale dei sali può subire variazioni (acqua salata, acqua salmastra, ecc), i rapporti tra i componenti rimangono costanti (Dittmar, 1884)
 - ✘ La salinità si può misurare o misurando la clorinità ($S=1,80655 \text{ Cl}$), o con misure di conducibilità elettrica
 - ✘ In mare, il 55% degli ioni sciolti è costituito da cloro, nei fiumi solo il 6,5%, anche se in questi ultimi non c'è un rapporto costante tra i componenti

TEMPERATURA

- × La temperatura varia sia orizzontalmente che verticalmente;
- × Negli oceani dell'emisfero boreali sono in media di poco superiori a 19°C , quello australe di 16°C ;
- × La temperatura in superficie decresce di $0,5^{\circ}\text{C}$ ogni grado di latitudine (27°C nei mari equatoriali e -2°C ai poli);
- × A causa del rimescolamento operato dal moto ondoso, tra 150-200 m e 1000 m di profondità c'è una zona di rapida diminuzione, detta termocline (assente negli oceani alle elevate altitudini)
- × Sotto, i valori decrescono fino a circa $1-3^{\circ}\text{C}$

TEMPERATURE MEDIE

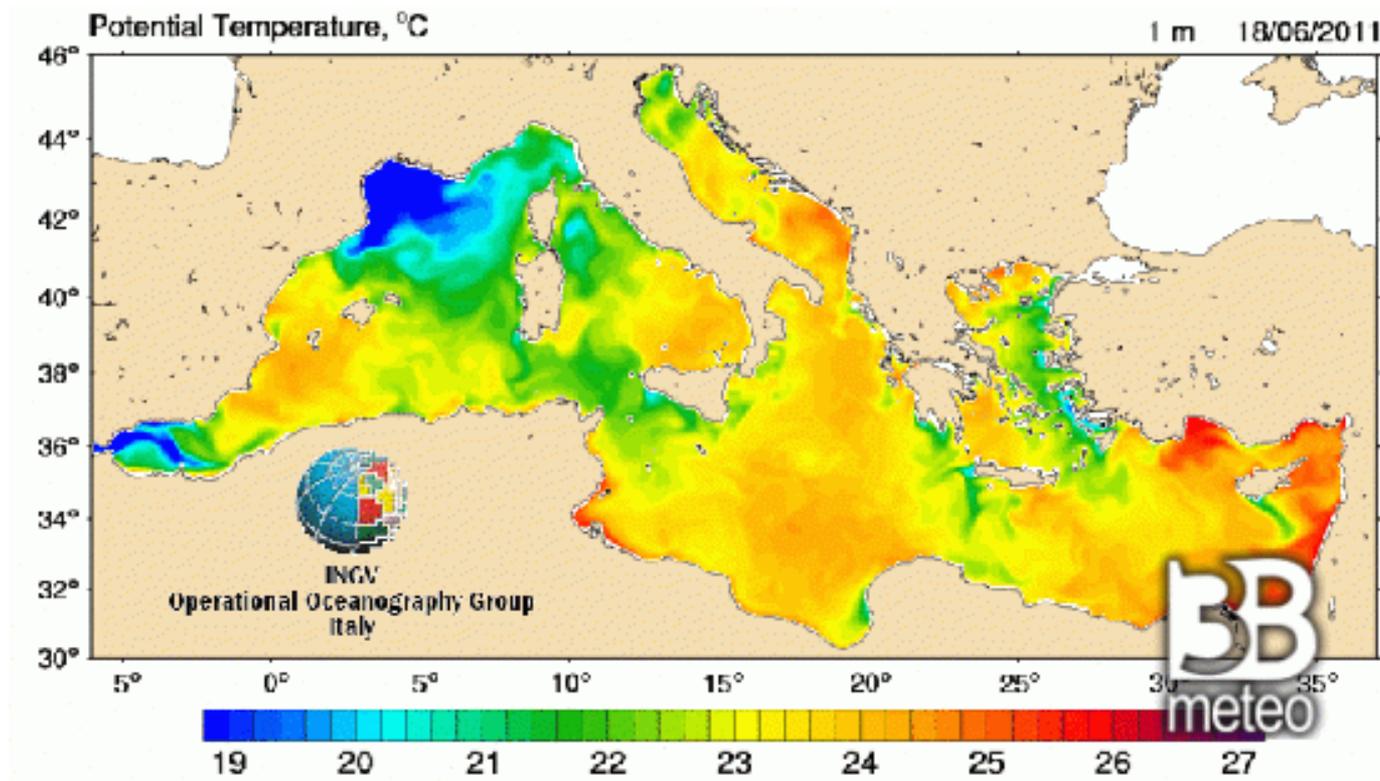
Profondità	60° lat. N		Equatore			60° lat. S		
	Atlantico	Pacifico	Atlantico	Pacifico	Indiano	Atlantico	Pacifico	Indiano
Superficie	7°	4°	27°	27°	27°	0,3°	1°	0,8°
-100 m	10°	3°	21°	25°	23°	0,1°	1,9°	0,6°
-500 m	8°	3,5°	7°	8°	12°	2,5°	1,7°	1,2°
-1 000 m	6°	3°	4°	4,5°	6°	0,9°	2°	1,5°
-3 000 m	2°	2°	2,8°	1,7°	3°	0,3°	0,1°	0,1°



Il termoclino è lo strato di transizione tra lo strato rimescolato di superficie e lo strato di acqua profonda.

Nel Mar Mediterraneo, durante il periodo estivo le acque superficiali possono superare i 28°. Le acque superficiali galleggiano su quelle profonde, le quali, mantenendosi ad una temperatura media intorno ai 13 °C per tutto l'anno (non scende mai al di sotto dei 10 °C), presentano una densità maggiore di quelle più calde superficiali. In pratica si forma un termoclino già fra i 15 ed i 40 m. In inverno tra 150 e 400 m.

TEMPERATURA NEL MEDITERRANEO



SALINITÀ

- × La salinità media degli oceani è di 35‰, ovvero 35g/l;
- × La salinità delle acque superficiali è in relazione ad evaporazione, precipitazioni meteoriche e fusione dei ghiacciai, e, in misura minore, con la latitudine (valori minori alle alte latitudini e viceversa);
- × Salinità più elevate si trovano nel Mediterraneo orientale (37‰) e nel Mar Rosso (42‰)
- × La salinità delle acque profonde è variabile in relazione alle correnti profonde;
- × Alle medie e basse latitudini può verificarsi un aloclino, con diminuzione rapida della salinità verso il basso

Classificazione delle acque in base alla salinità

Acqua dolce	Acqua salmastra	Acqua salata	Salamoia
< 0.045 %	0.05 - 3 %	3 - 5 %	> 5 %
< 450 ppm	500 - 30 000 ppm	30 000 - 50 000 ppm	> 50 000 ppm

RELAZIONE TRA SALINITÀ E DENSITÀ

Salinità	Densità
%	kg/l
42,50	1,029
41,00	1,028
40,00	1,027
38,50	1,026
37,00	1,025
36,00	1,024
34,50	1,023
33,00	1,022
32,00	1,021
30,50	1,020

ONDE



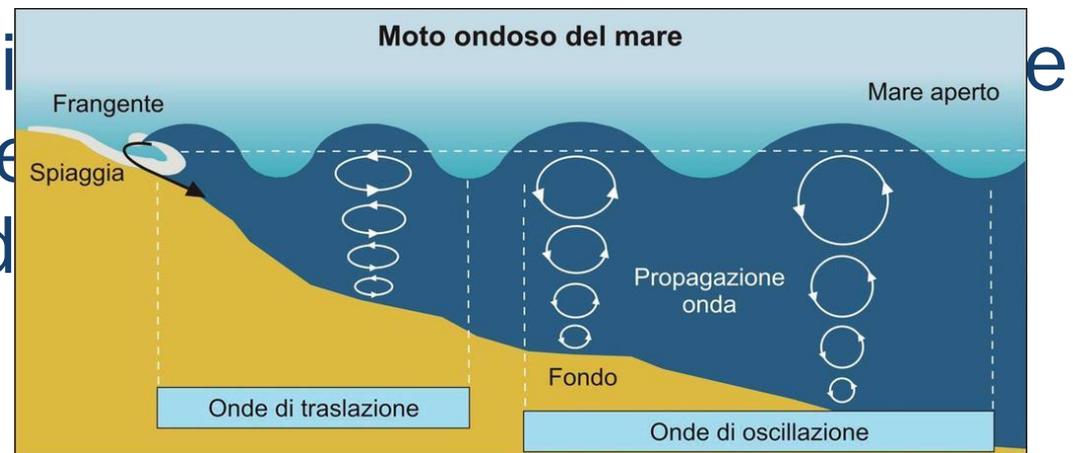
MOTO ONDOSO E COSTE

- × Le onde sono provocate dall'azione del vento (onde vive). Possono propagarsi a grandi distanze dalla zona in cui sono state generate (onde morte);
- × Un'onda viene definita dalla lunghezza (L), ovvero la distanza tra due creste consecutive, l'altezza (H), ovvero la distanza tra cavo e cresta. L'ampiezza è definita come metà dell'altezza ($H/2$). Il periodo (T) è il tempo per completare un'oscillazione completa. $1/T$ è definita frequenza
- × Le altezze raramente superano i 7 m, ma in certi casi possono superare i 15-20 m;
- × Periodo e ampiezza delle onde dipendono dalla velocità e durata del vento e dal fetch.

ONDE IN ACQUE CON PROFONDITÀ DIVERSE

- × Onde di acqua bassa: $h < L/4$
- × Onde di acqua alta: $h > L/20$, sono onde sinusoidali, in cui le orbite descrivono orbite circolari

- × Onde sulla spiaggia a $L/2$, le traiettorie ellittica e, sul fondo



PROCESSI EROSIONALI SULLE COSTE BASSE

- ✘ Le spiagge sono zone litoranee costituite da materiale sciolto in prevalenza sabbioso o ghiaioso. Da mare verso terra si riconoscono varie zone:
 - + Spiaggia sottomarina (*offshore zone*);
 - + Zona dei frangenti (*breaker zone*), con barra litoranea (*longshore bar*);
 - + Zona di traslazione (*surf zone*);
 - + Zona di transizione;
 - + Battigia (*swash zone*);
 - + Spiaggia emersa, con berma ordinaria, berme di vari gradi, berma di tempesta
 - + Verso terra òa spiaggia può essere delimitata dalle dune costiere o da una falesia

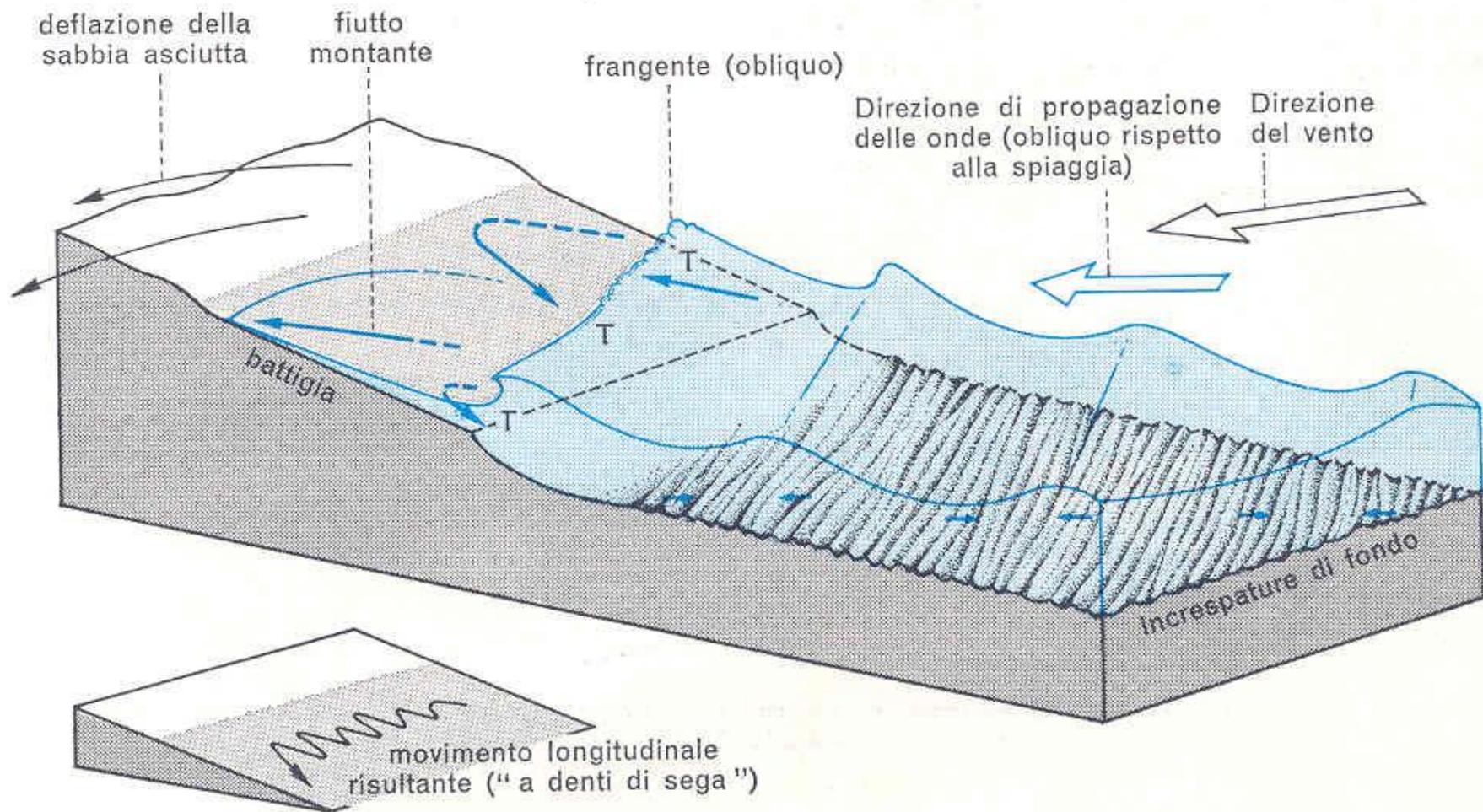


Fig. 13.20. Schema dei movimenti della sabbia sulla spiaggia ad opera di onde oblique e del vento.

Sulla battigia: movimento a denti di sega, per effetto del *flutto montante* o *getto di riva*, e della *risacca*. T. turbolenza, sollevamento della sabbia. *Nella parte sommersa, per effetto delle onde di oscillazione:* le piccole frecce indicano movimento limitato in avanti e indietro dei granuli di sabbia; può prevalere il movimento in uno dei due sensi, e può aggiungersi l'effetto di correnti, come viene spiegato nel testo. *Oltre la battigia:* sulla sabbia asciutta ha presa il vento.

Adriatico (Italia)

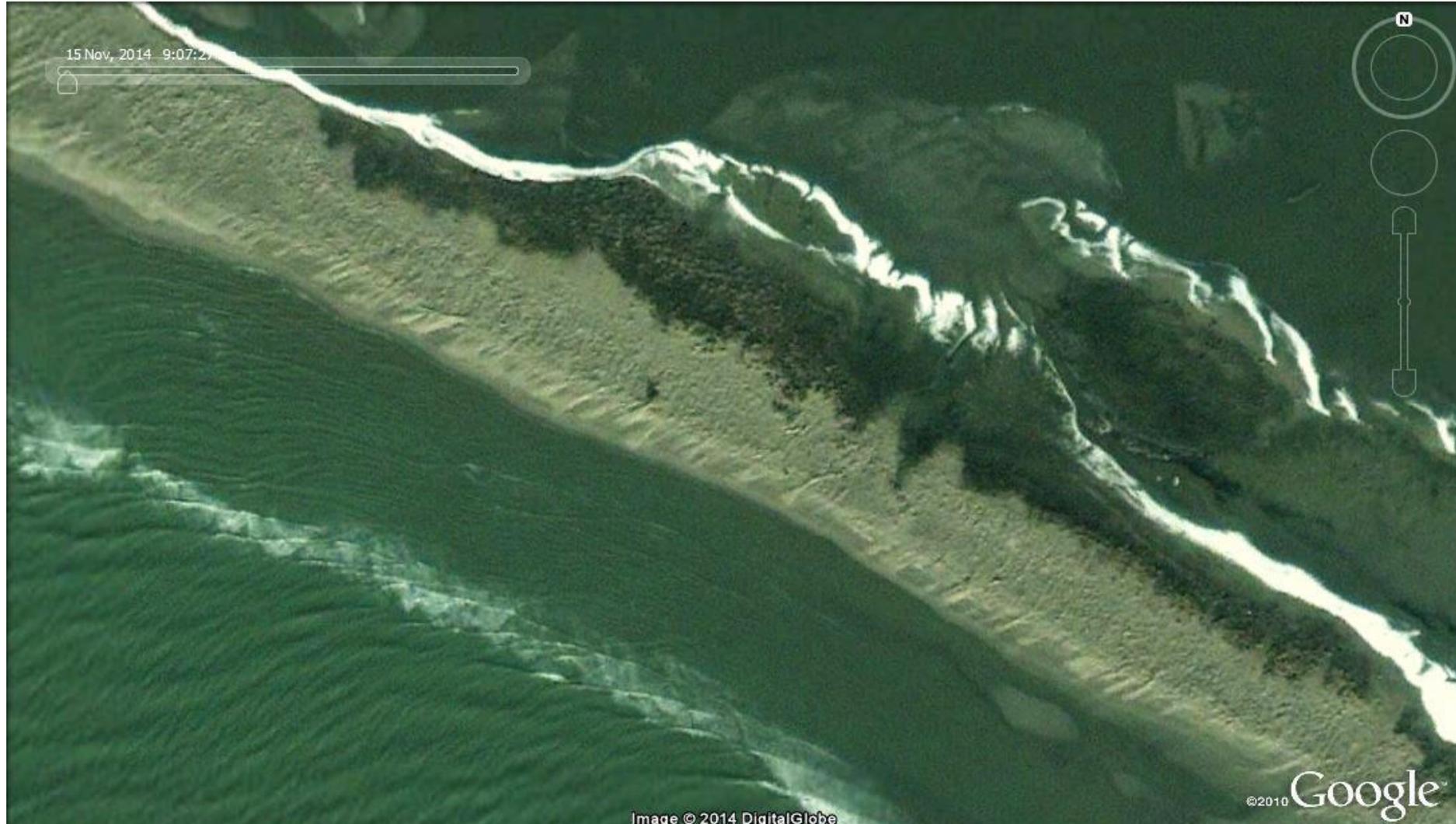


Image © 2014 DigitalGlobe

©2010 Google

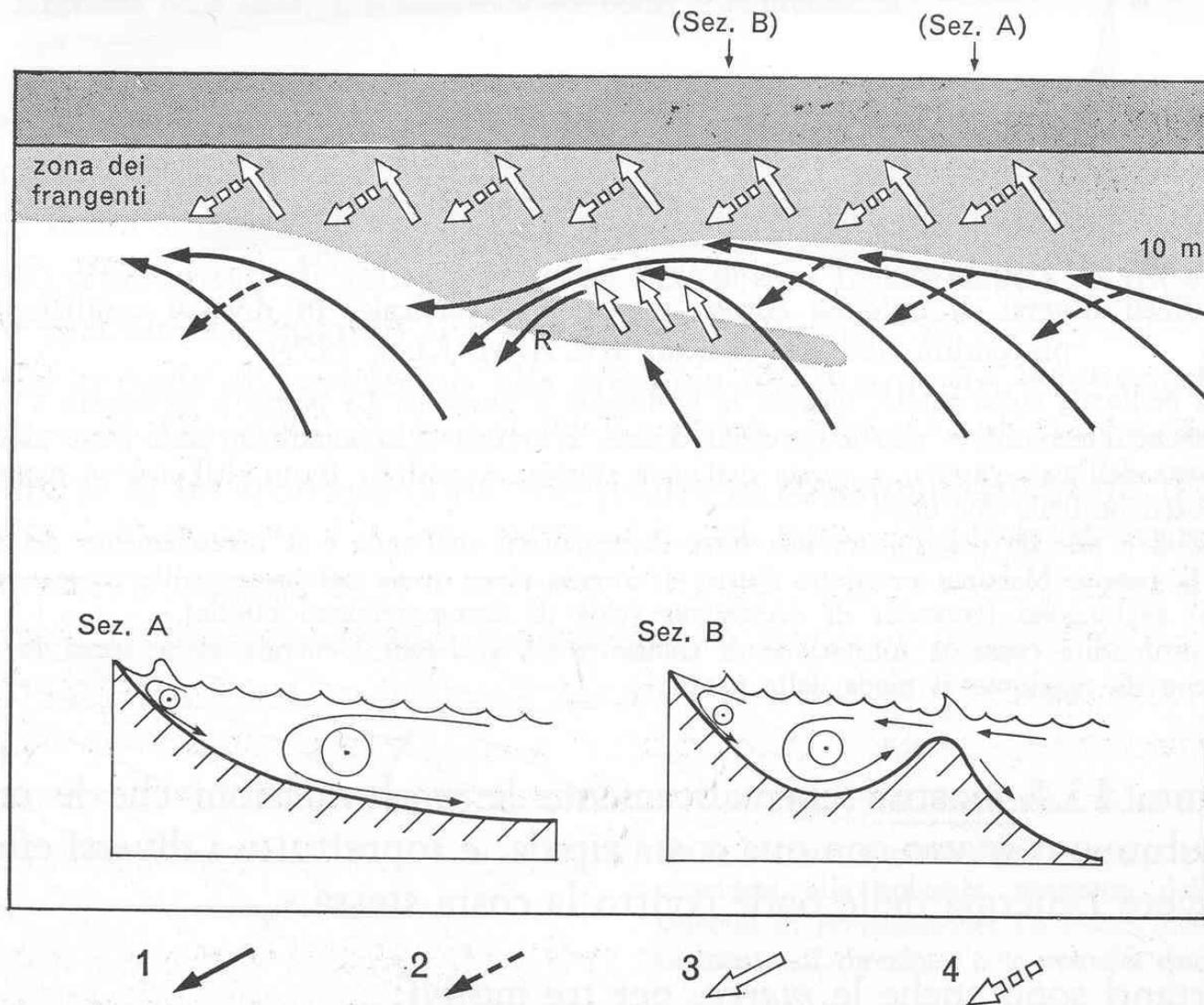


Fig. 13.6. Schema di una corrente litoranea generata da forte vento obliquo alla spiaggia (disegno modif., da D. J. P. SWIFT, in *The Geology of continental margins*, a cura di C. A. BURK e C. L. DRAKE, New York, 1974, col permesso della Springer Verlag).

1. Corrente di deriva provocata dal vento, in superficie; 2. Corrente di deriva provocata dal vento, sul fondo; 3. Corrente provocata dai frangenti in superficie; 4. Corrente di compensazione sul fondo. R. Corrente di risucchio, in questo caso obliqua.

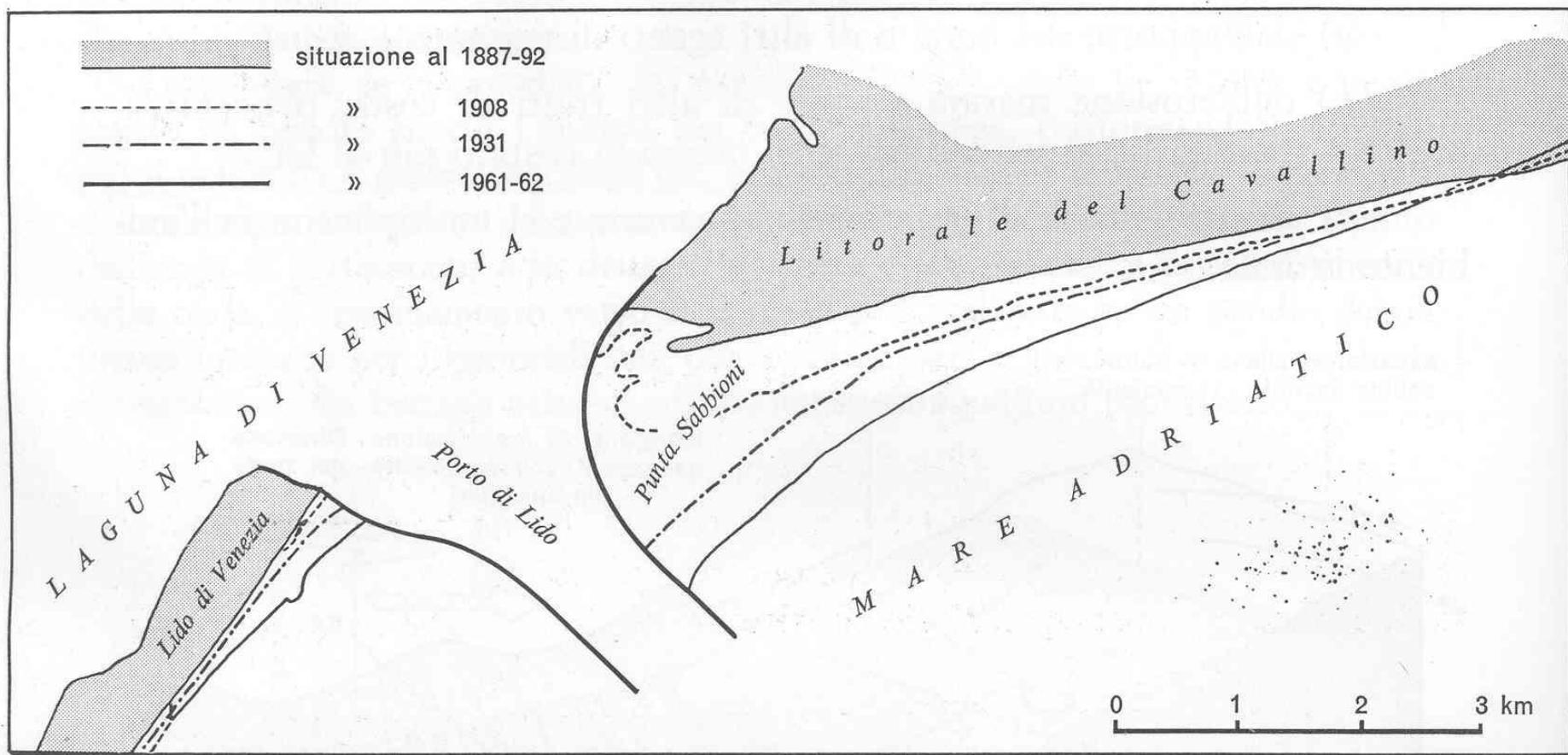


Fig. 13.21. Lidi di Venezia: effetti del trasporto litoraneo della sabbia, prevalente da Est ad Ovest, bloccato dalla presenza di dighe artificiali costruite negli anni 1872-1891 (da M. ZUNICA, *Le Spiagge del Veneto*, 1971).

Spiaggia (Playa Beach, Florida, USA)



MAREE

LE MAREE

- × La **marea** è un fenomeno periodico di ampie masse d'acqua che si innalzano (flusso) e abbassano (riflusso) anche di 10-15 metri (nella baia di Mont Saint-Michel). La frequenza può essere giornaliera o di una frazione di giorno (circa ogni sei ore), a causa di due fattori:
 - + l'attrazione gravitazionale esercitata sulla Terra dalla Luna, che, pur essendo circa duecento volte meno intensa dell'attrazione esercitata dal Sole, è la principale responsabile delle maree, in conseguenza del fatto che la misura del diametro terrestre non è del tutto trascurabile rispetto alla distanza tra la Luna e la Terra, mentre lo è rispetto alla distanza tra la Terra e il Sole.
 - + la forza centrifuga dovuta alla rotazione del sistema Terra-Luna intorno al proprio centro di massa.

MAREE DI SIZIGIA E QUADRATURA

✘ Marea di sizigia

✘ Marea di quadratura

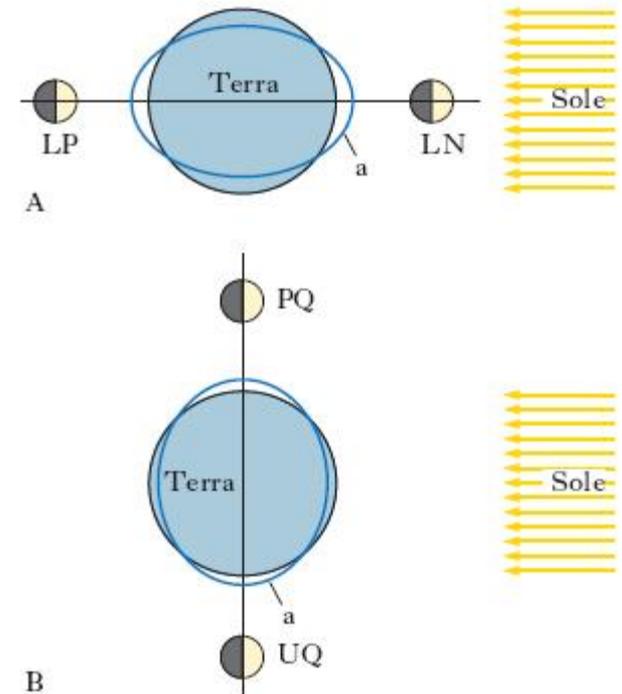
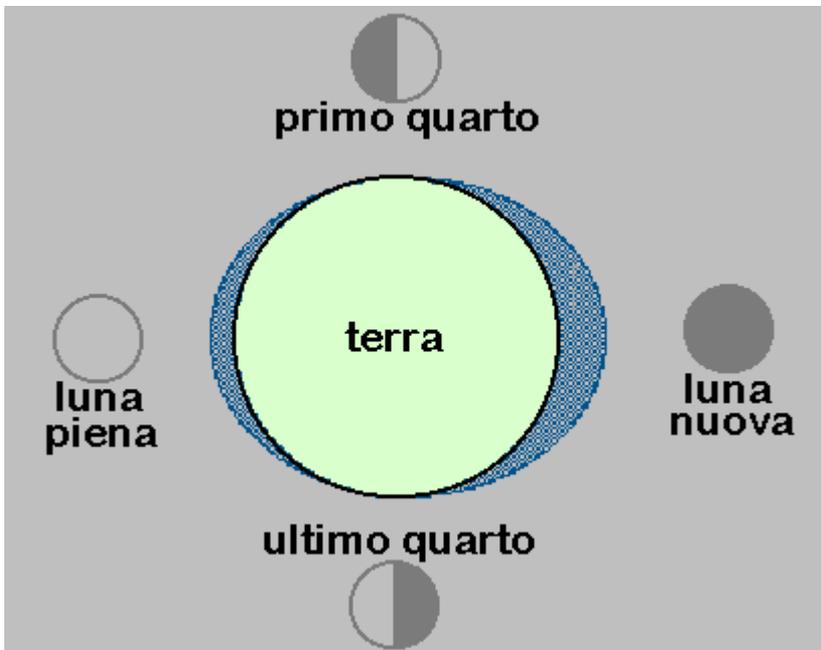
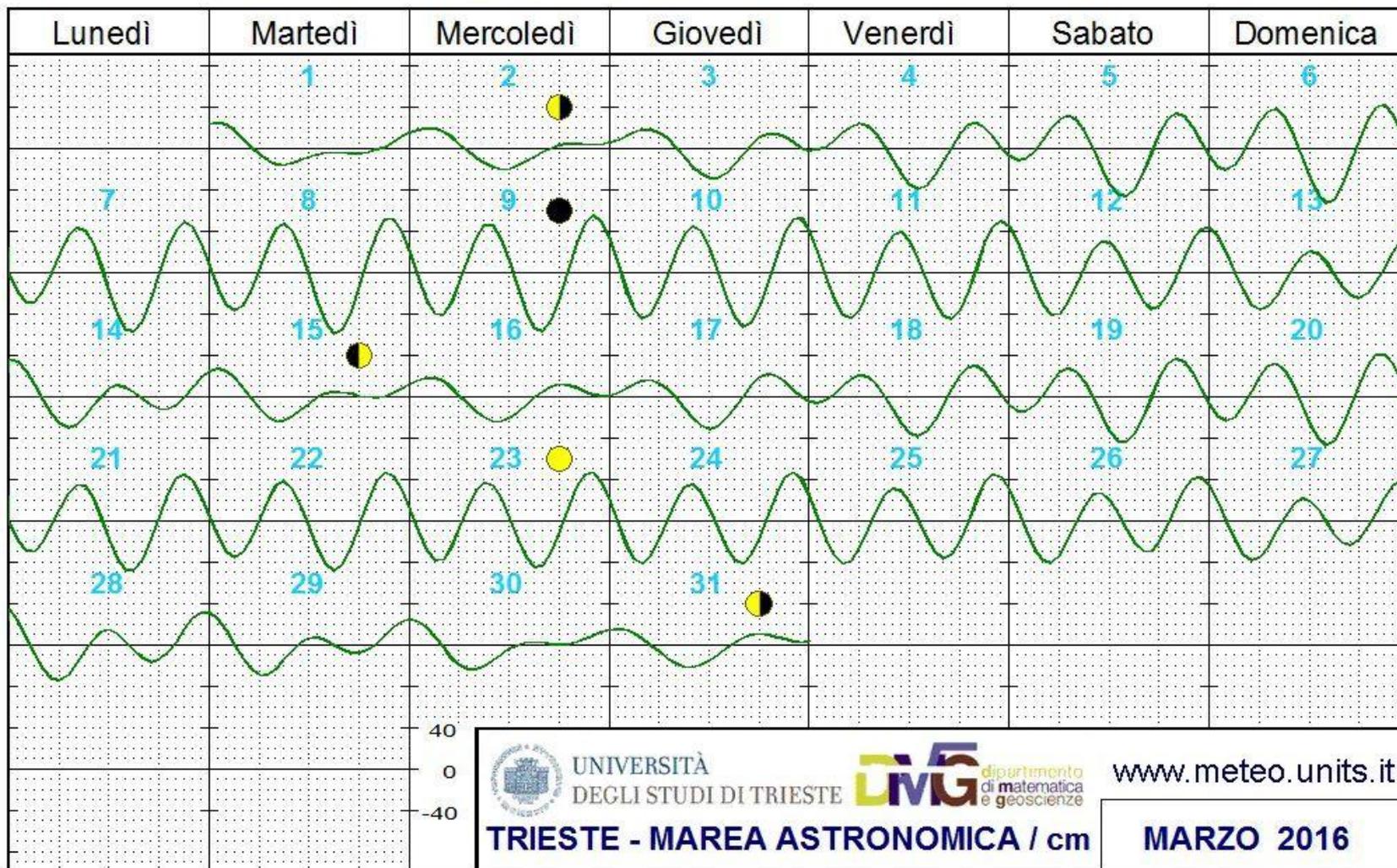


TABELLE DI MAREA

● L.N. ● P.Q. ● L.P. ● U.Q.



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI TRIESTE



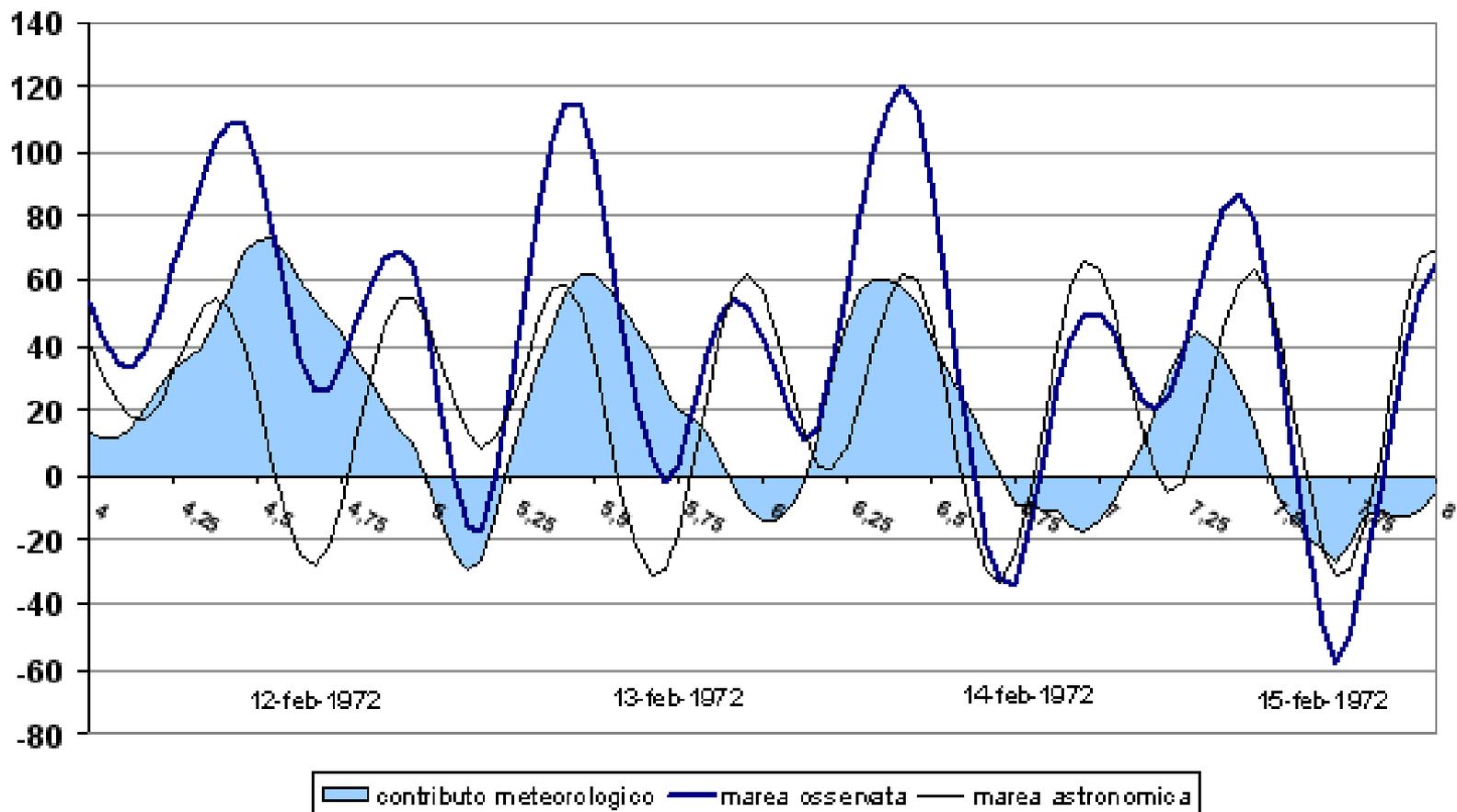
www.meteo.units.it

TRIESTE - MAREA ASTRONOMICA / cm

MARZO 2016

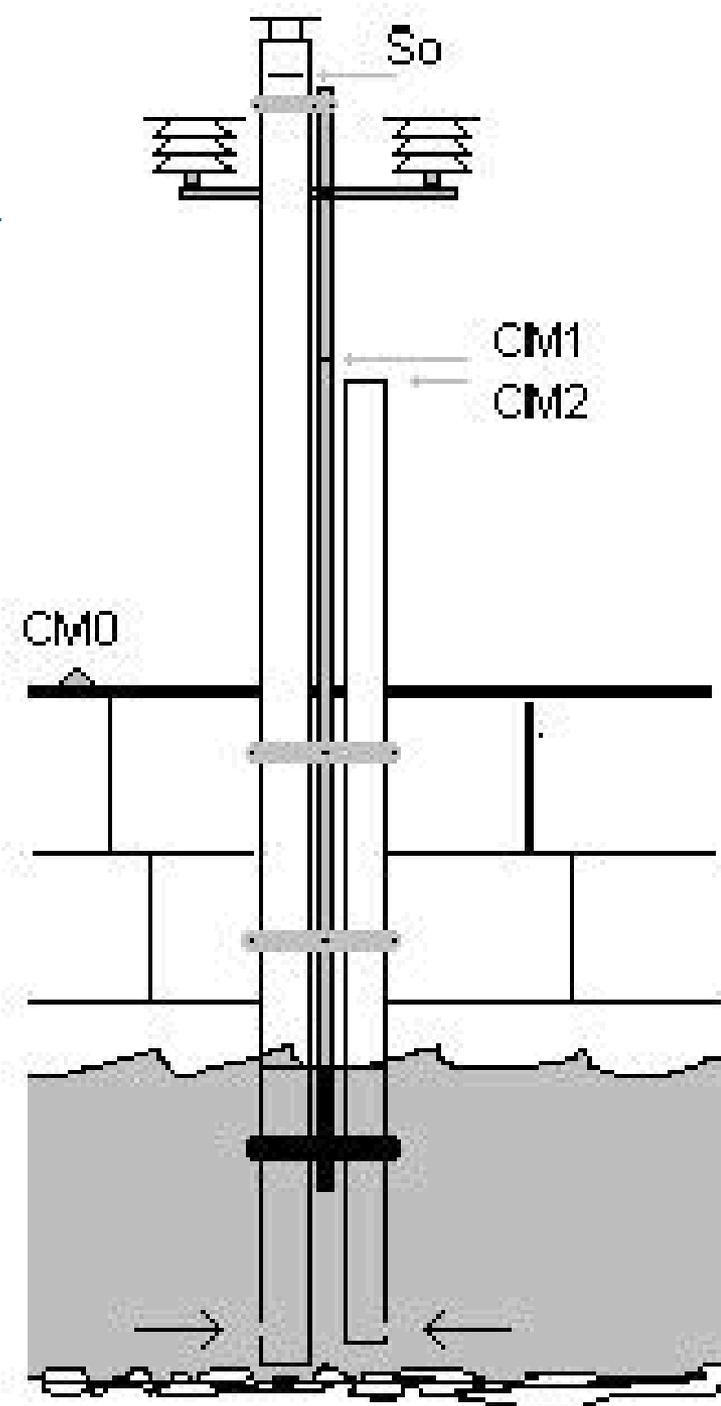
VARIAZIONI DI MAREA

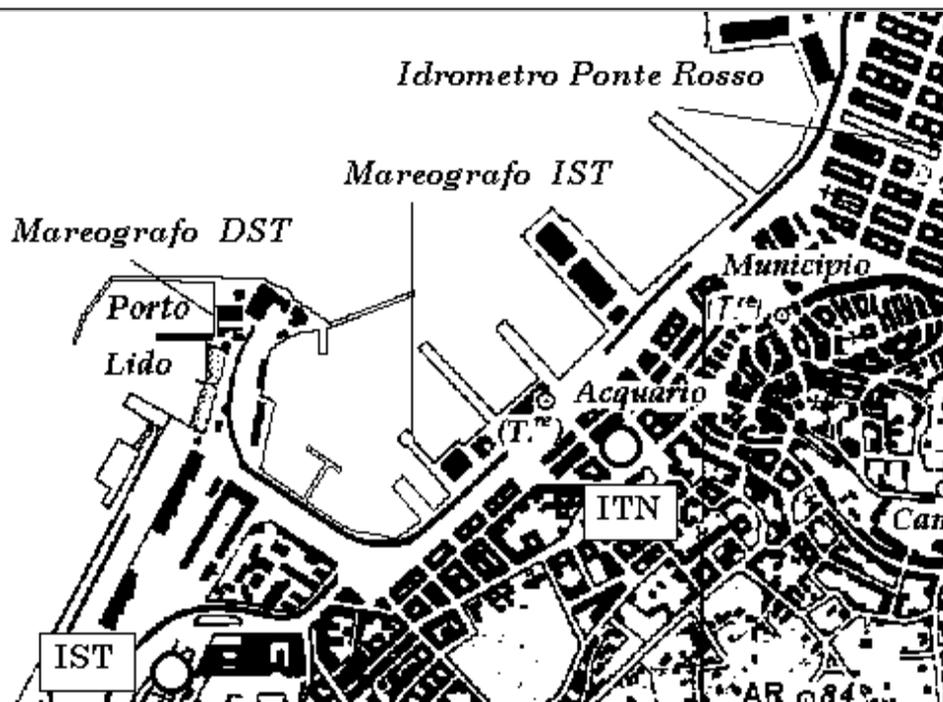
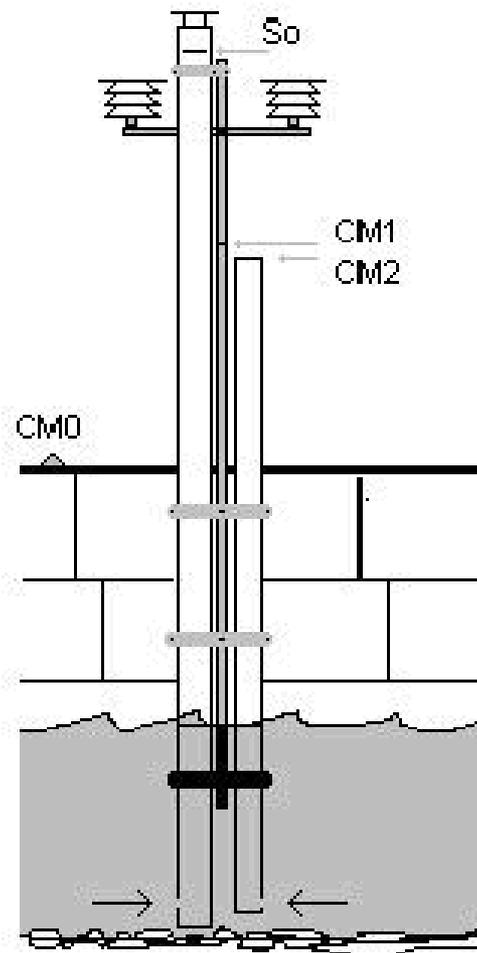
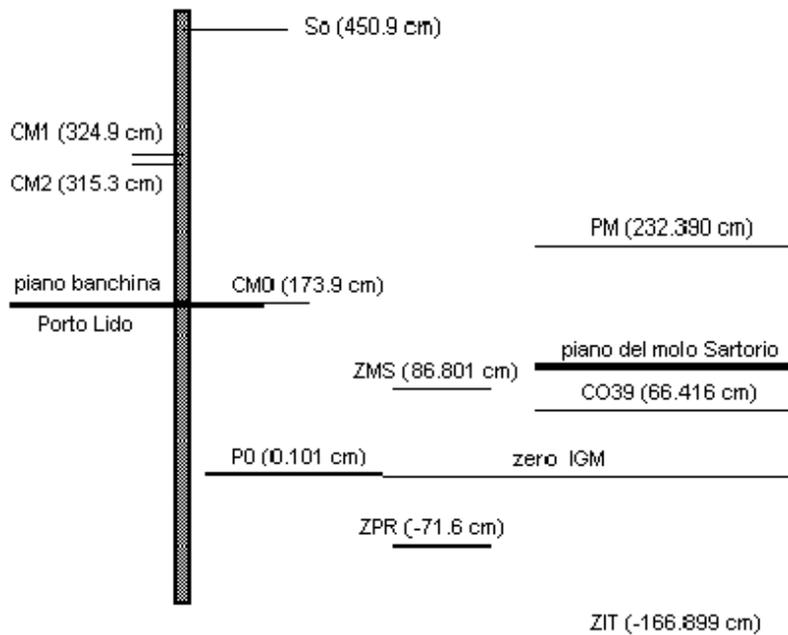
12 feb 1972: ore 10.45 cm 111 - 13 feb 1972: ore 10.20 cm 118 - 14 feb 1972: ore 10.00 cm 120



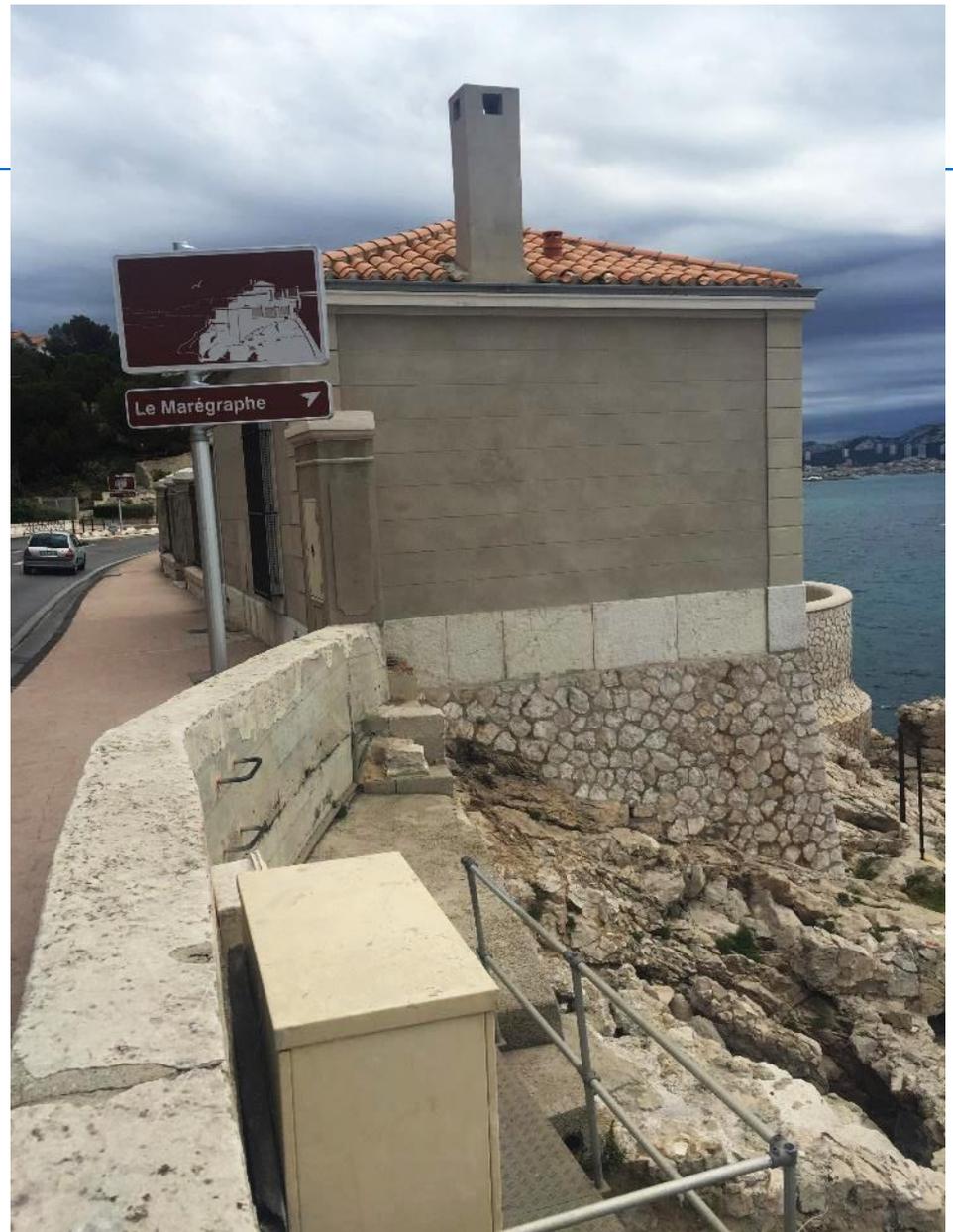
MISURARE LE STRUTTURE

- ✘ Le misure di profondità o di quota delle strutture vengono fatte con strumentazione tradizionale (metri, livelle, distanziometri, ecc) o GPS differenziali.
- ✘ Le misure eseguite con strumenti tradizionali necessitano di correzioni con i mareografi o con le tabelle di previsione delle maree corrette per le condizioni meteorologiche (pressione, vento, onde, ecc.) che possono influenzare il livello del mare.



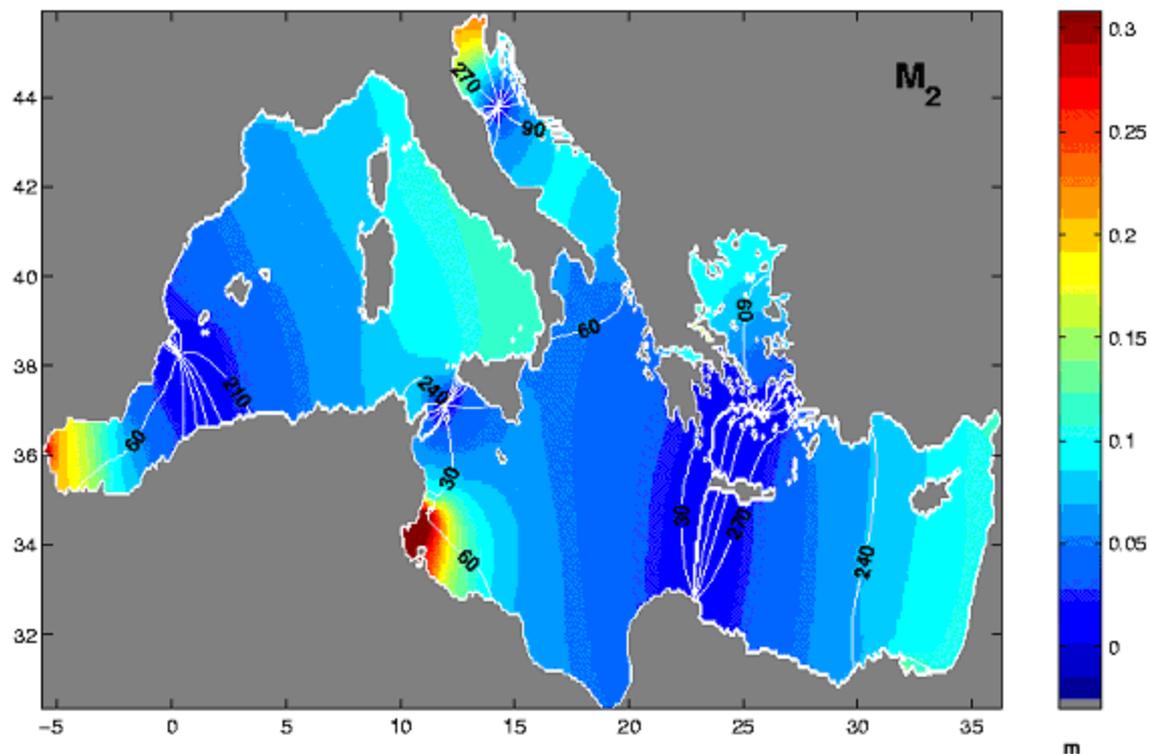
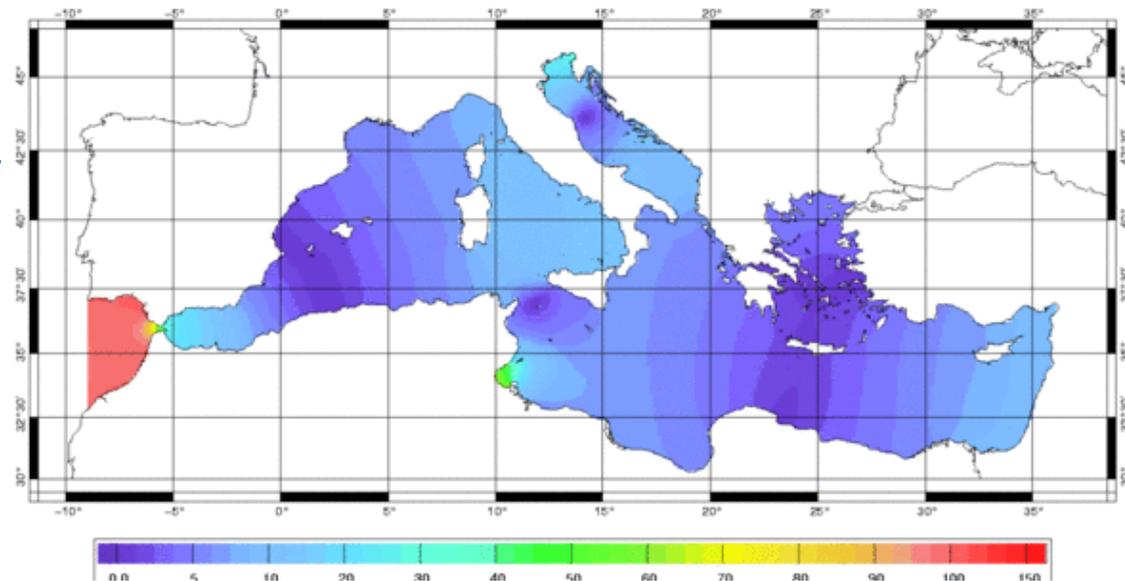


MAREOGRAFO



Mareografo di Marsiglia

AMPIEZZA DI MAREA NEL MEDITERRANEO



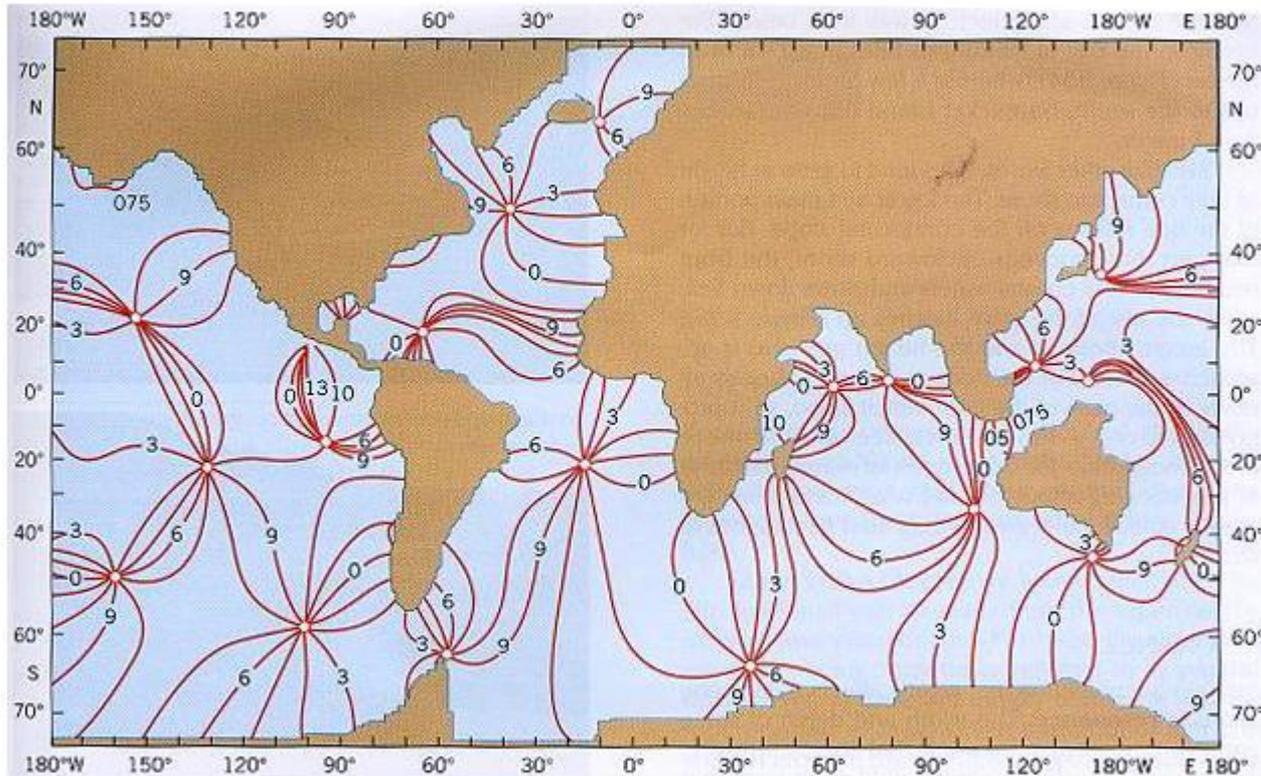
MAREE

- ✘ Alta e bassa marea a Mount Saint Michel. La marea supera i 15 m
- ✘ Nella Baia di Fundy, in Canada, la marea ha un ampiezza massima di 20 m



PUNTO ANFIDROMICO

Punti anfidromici sulla Terra



Punto Anfidromico in Adriatico

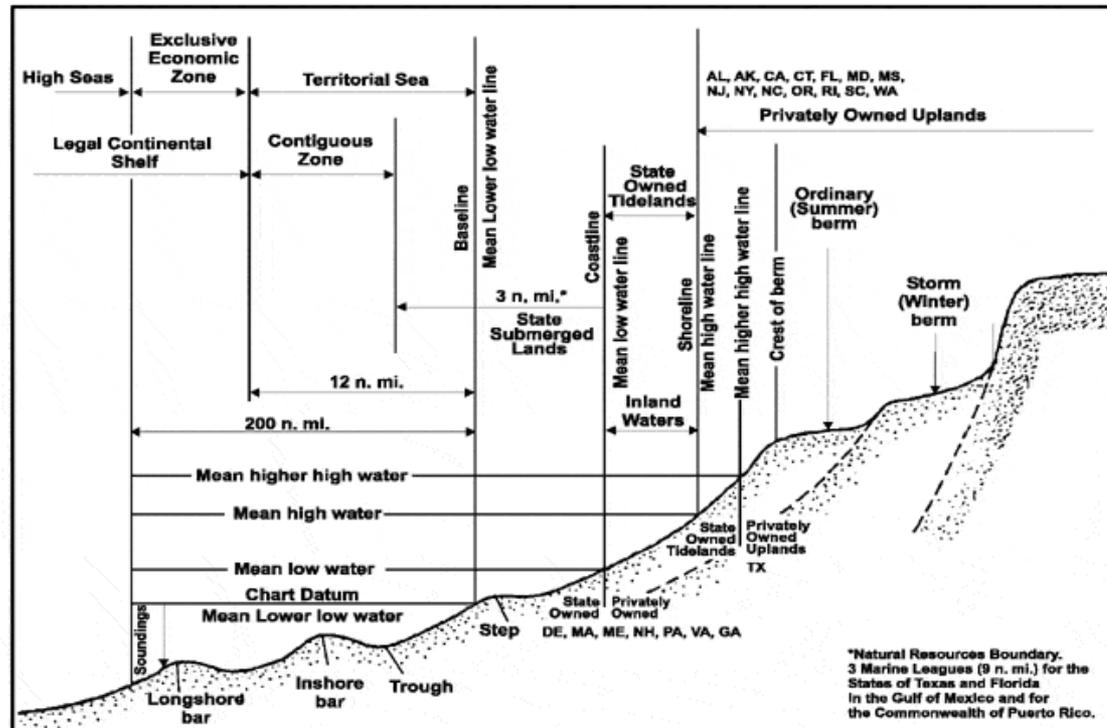
MASCARET

- ✘ Il mascheretto è un fronte d'onda che risale l'estuario di un fiume o l'imboccatura di una baia.

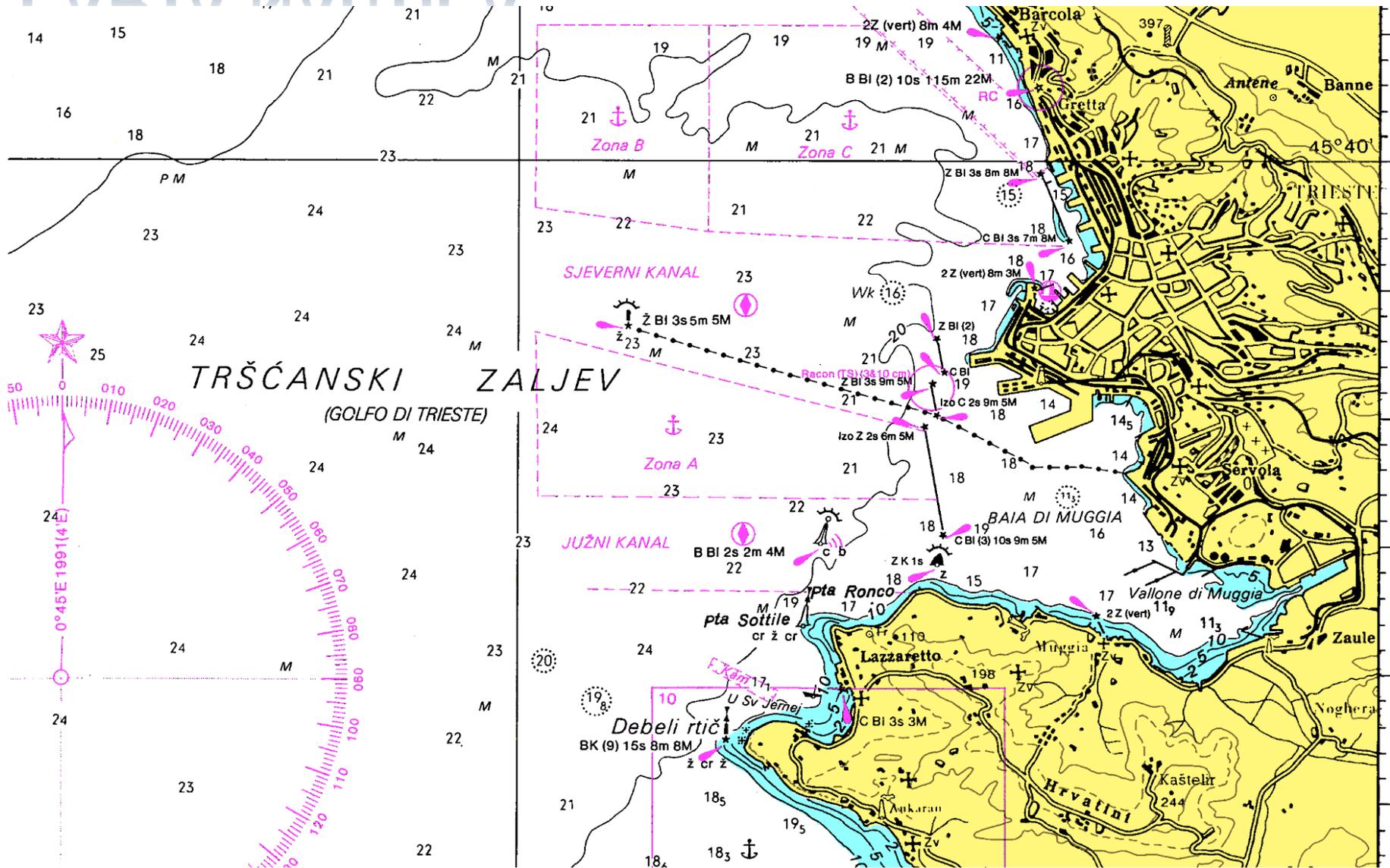


LIVELLI DI MAREA E RIFERIMENTI LEGALI

DATUMS



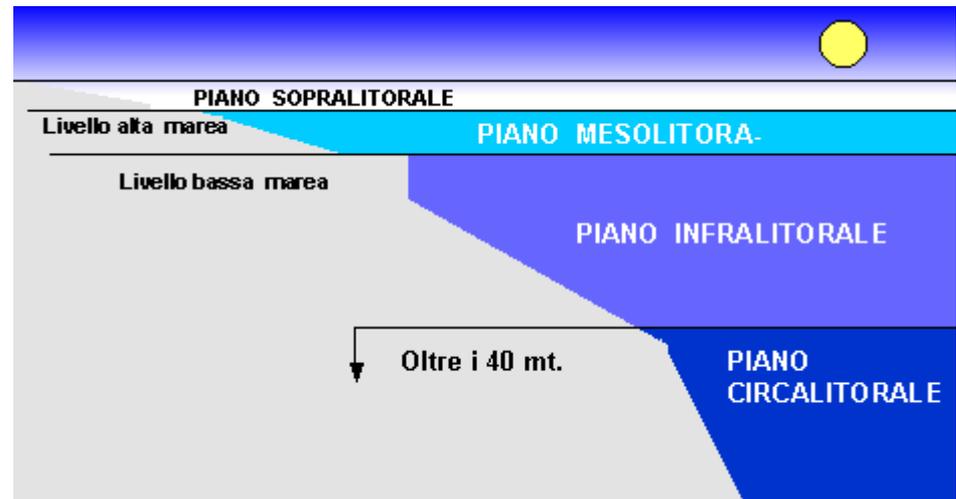
CARTA NAUTICA



ZONAZIONE LITORALE (0-150/200 M)

✘ Il sistema litorale, o zona fotica, nel Mediterraneo si suddivide secondo il modello di Pérès e Picard, con una suddivisione verticale in piani, o strati dei fondali.

- ✘ - Sopralitorale
- Mesolitorale
- Infralitorale
- Circalitorale



I PIANI LITORALI

- ✘ **Sopralitorale** (o *spray zone*): zona compresa tra il livello superiore dell'alta marea e il limite massimo raggiunto dagli spruzzi causati dalle onde del mare. Tale zona comprende quel tratto della costa che spesso rimane all'asciutto. Qui si formano le «pozze di marea (*tidepools*) ed è soggetta alle maggiori escursioni della salinità e temperatura.
- ✘ **Mesolitorale**: zona compresa tra l'alta e la bassa marea. Questa zona è soggetta oltre che all'esposizione periodica all'aria, anche dal moto ondoso, che vi scarica tutta la sua energia in occasione di mareggiate.
- ✘ **Infralitorale**: dal limite inferiore della bassa marea fino alla zona massima in cui riesce a svilupparsi la *Posidonia* (zona di compensazione) che raggiunge massimo i 40 metri di profondità.
- ✘ **Circalitorale**: Oltre la zona in cui cresce la *Posidonia* (limite inferiore) fino alla zona limite che separa la zona fotica da quella afotica.

Questi piani, caratterizzati ognuno da proprio parametri chimico/fisici ospitano comunità animali diverse; inoltre, importante ruolo all'interno di ogni piano svolge la natura del substrato (sabbioso, roccioso, fangoso) che determina il tipo di comunità che vi abitano

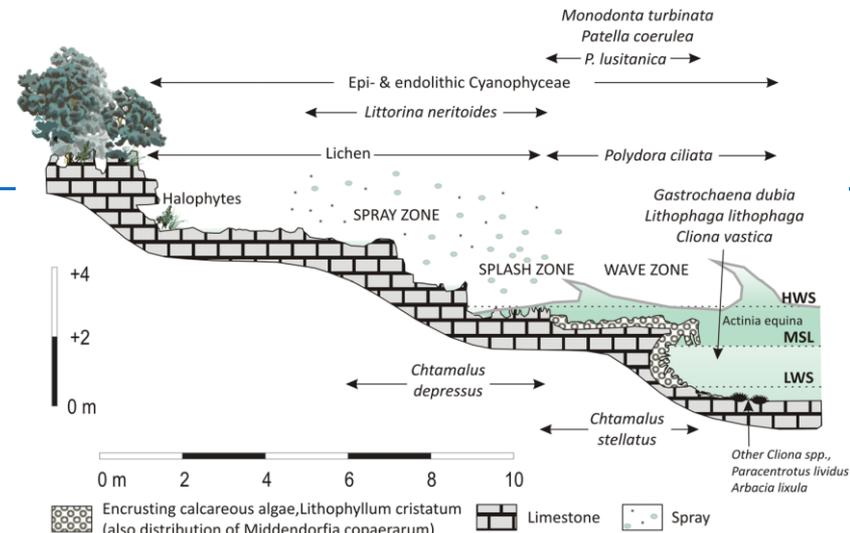


Fig. 7.5. Sketch of the the zonation of limestone coasts and distribution of littoral organisms in the Adriatic coast (modified from Schneider 1976).

Furlani et al., 2014. Geological Society of London

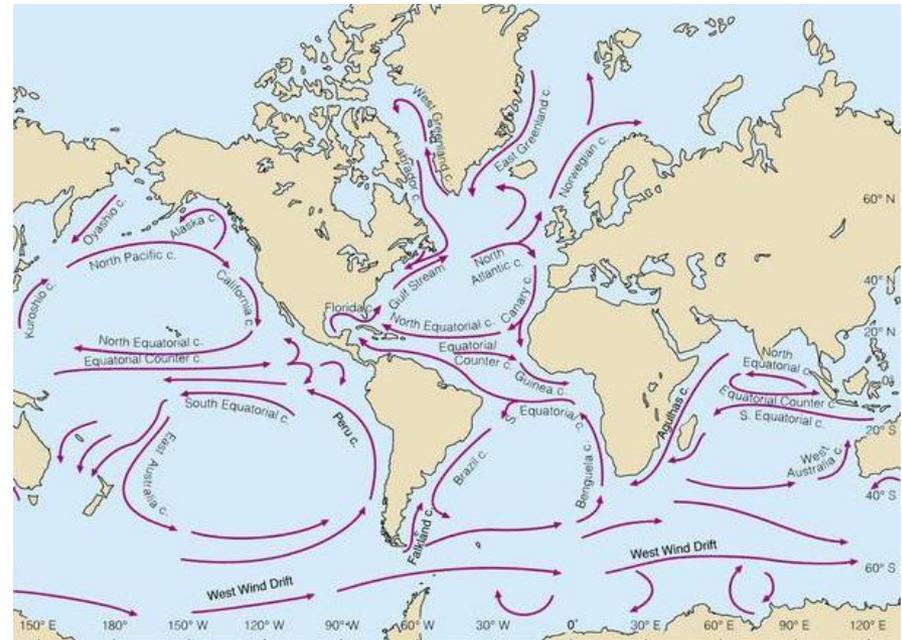


CORRENTI MARINE

LE CORRENTI MARINE

- ✘ Indica il movimento di masse d'acqua non collegato alla marea o al moto ondoso
- ✘ La formazione delle correnti marine dipende da:

- venti costanti, come gli alisei;
- differenze di densità delle masse d'acqua;
- azione delle maree;
- influsso della rotazione terrestre.



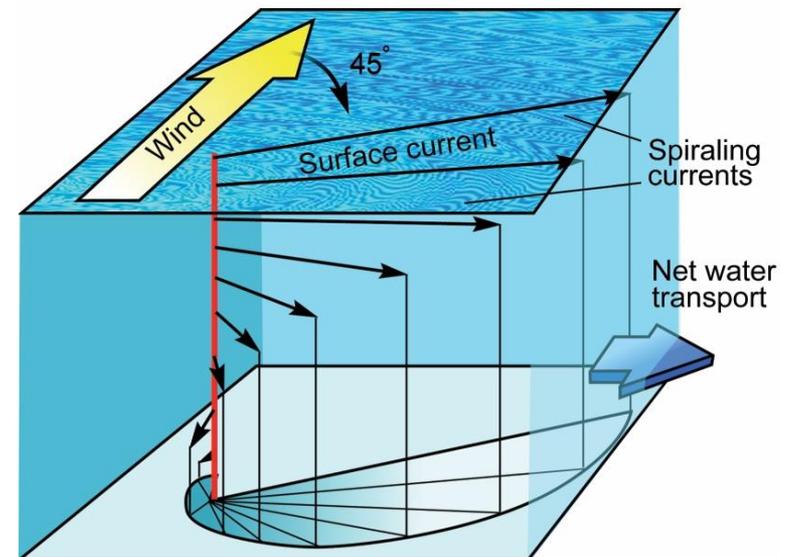
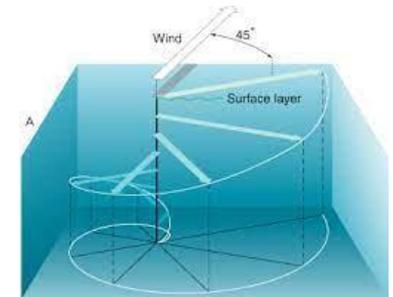
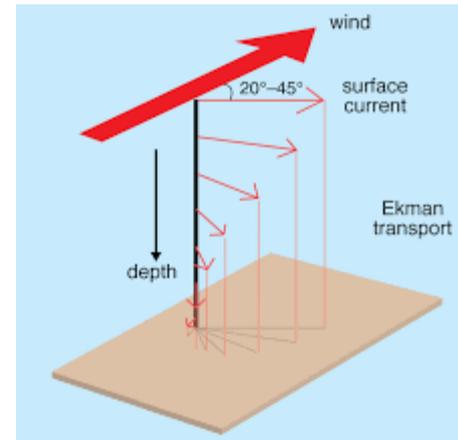
TIPI DI CORRENTI

- ✘ Correnti orizzontali (fino a 200 m di profondità)
- ✘ Correnti verticali
- ✘ Correnti calde: hanno temperatura superiore a quella dell'acqua attorno, si spostano dall'Equatore ai poli
- ✘ Correnti fredde: hanno temperatura inferiore a quella delle acque circostanti e si muovono dalle alte latitudini all'Equatore

Velocità moderate, ma in alcuni casi fino a 10 km/h

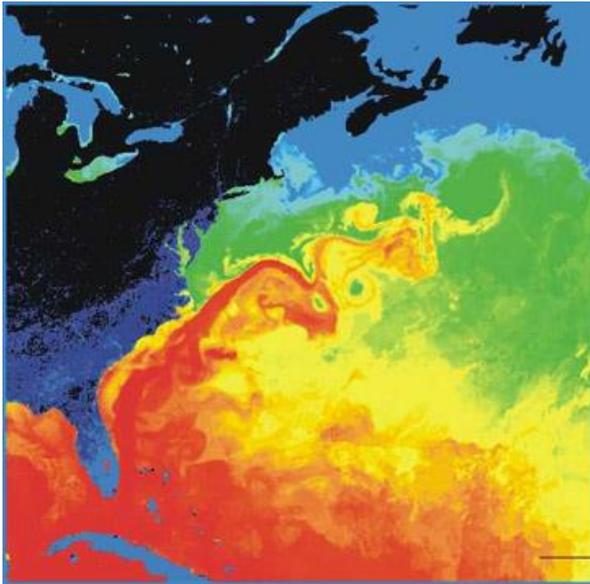
CORRENTI DI DERIVA

- × Sono originate dall'attrito esistente tra la massa d'aria in movimento e la massa d'acqua superficiale
- × La velocità indotta dal vento all'interno del cosiddetto «Strato di Ekman» è massima in superficie e diminuisce all'aumentare della profondità e ruota verso destra
- × Il vettore velocità in superficie è ruotato di 45° a destra rispetto alla direzione del vento nell'emisfero Nord (viceversa nell'emisfero sud)
- × Il movimento è ruotato di 90° a destra nell'emisfero nord (viceversa a sud)

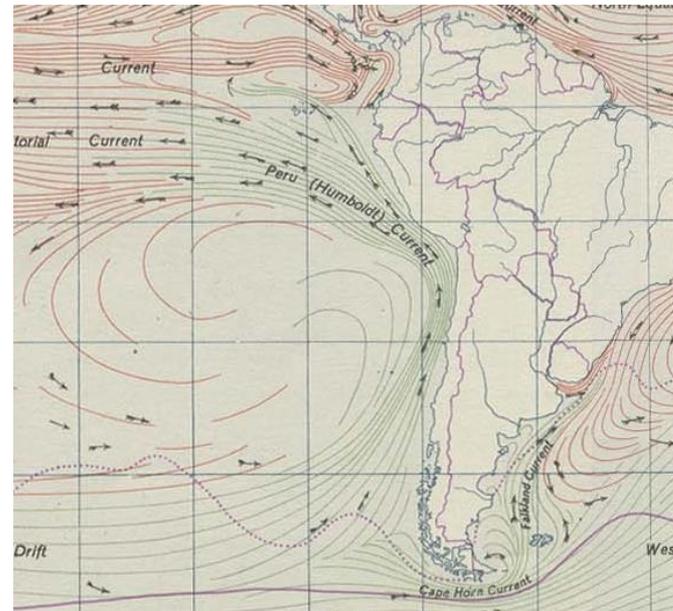


ALCUNE CORRENTI OCEANICHE

- ✘ ... Corrente del Golfo (corrente calda che muove masse d'acqua dal Golfo del Messico verso la Norvegia)
- ✘ ...corrente di Humboldt (corrente fredda che dall'Antartide viaggia lungo le coste del Cile)



https://it.wikipedia.org/wiki/Corrente_del_Golfo#/media/File:Golfstrom.jpg



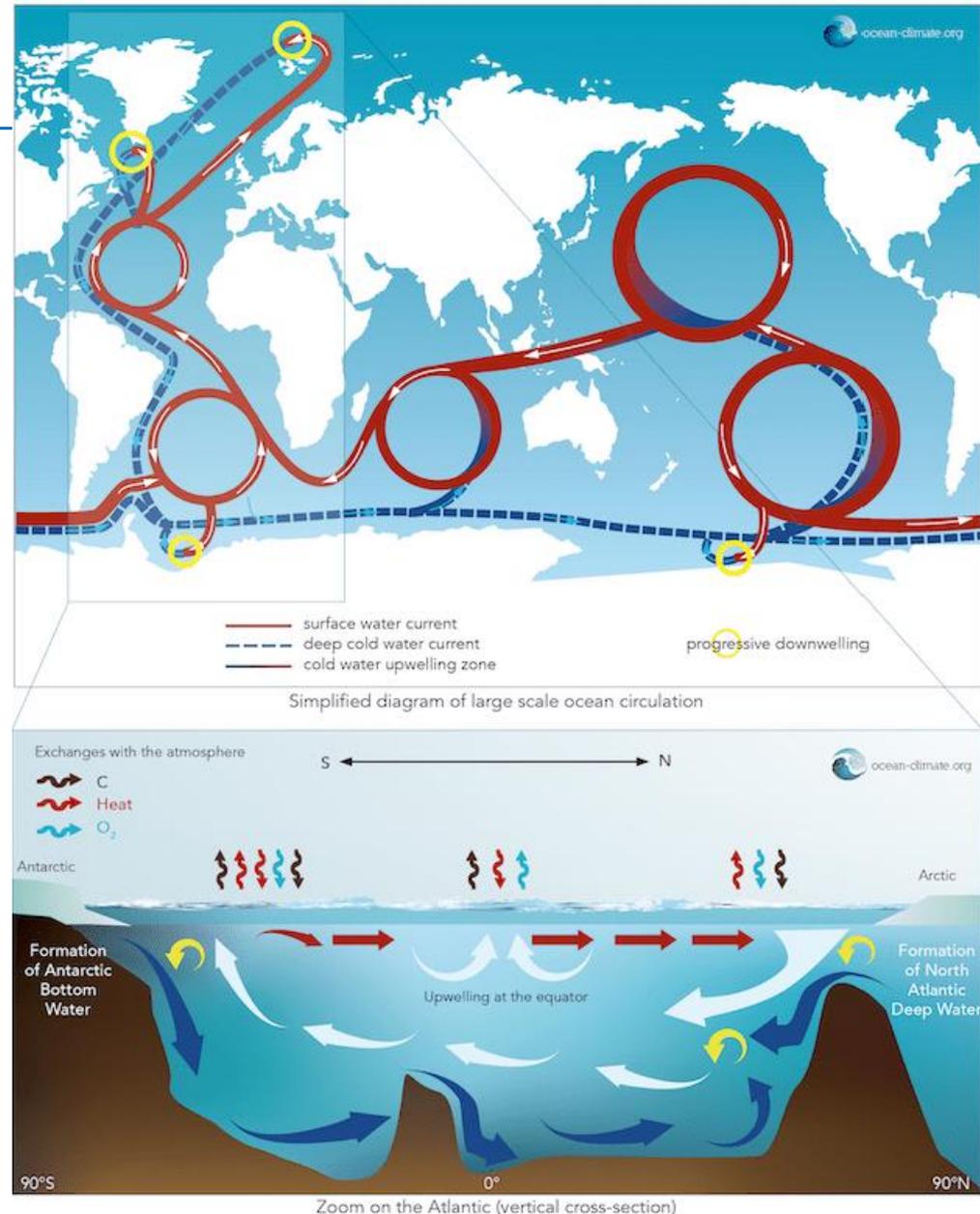
https://it.wikipedia.org/wiki/Corrente_di_Humboldt

LE CORRENTI VERTICALI

- ✘ Sono originate da differenze di temperatura e salinità che influenzano la densità delle acque.
- ✘ Una massa d'acqua fredda o ricca di sali è più densa di una massa di acqua con temperatura più calda o meno ricca di sali.
- ✘ Uno strato di acqua più densa tende quindi a scendere sotto uno strato meno denso, il quale verrà spinto verso la superficie.
- ✘ La risalita di acque profonde (upwelling) influenza il clima e favorisce la produttività biologica (aumento dei nutrienti)

CIRCOLAZIONE TERMOALINA

- La circolazione termoalina gioca un ruolo fondamentale nel trasporto di calore alle regioni polari e nel regolare le dimensioni della banchisa in queste zone.
- Si pensa che una variazione di questa circolazione possa influire sul bilancio radiativo terrestre, regolando il tasso di esposizione delle acque profonde alla superficie (con i fenomeni di upwelling e downwelling) e forse regolando la quantità di anidride carbonica nell'atmosfera.



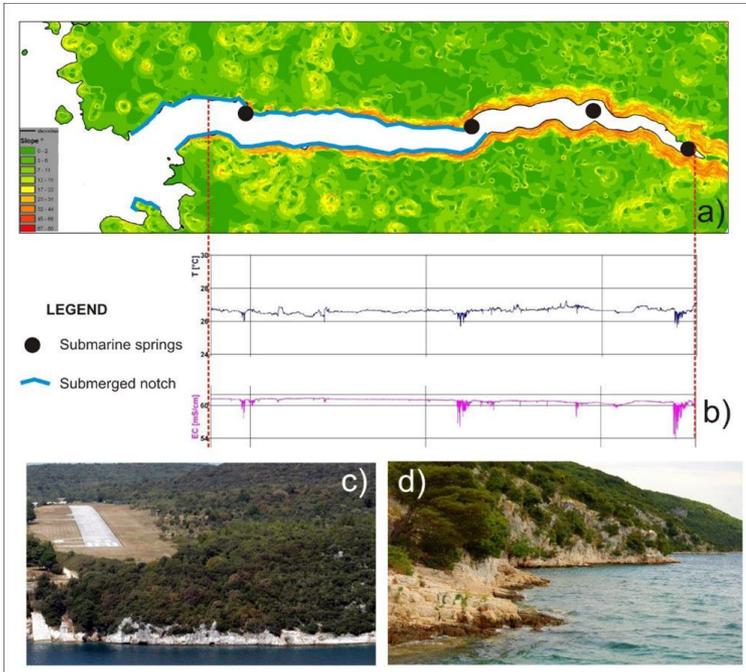
Differenze

MAR TIRRENO E MAR ADRIATICO

SALINITÀ

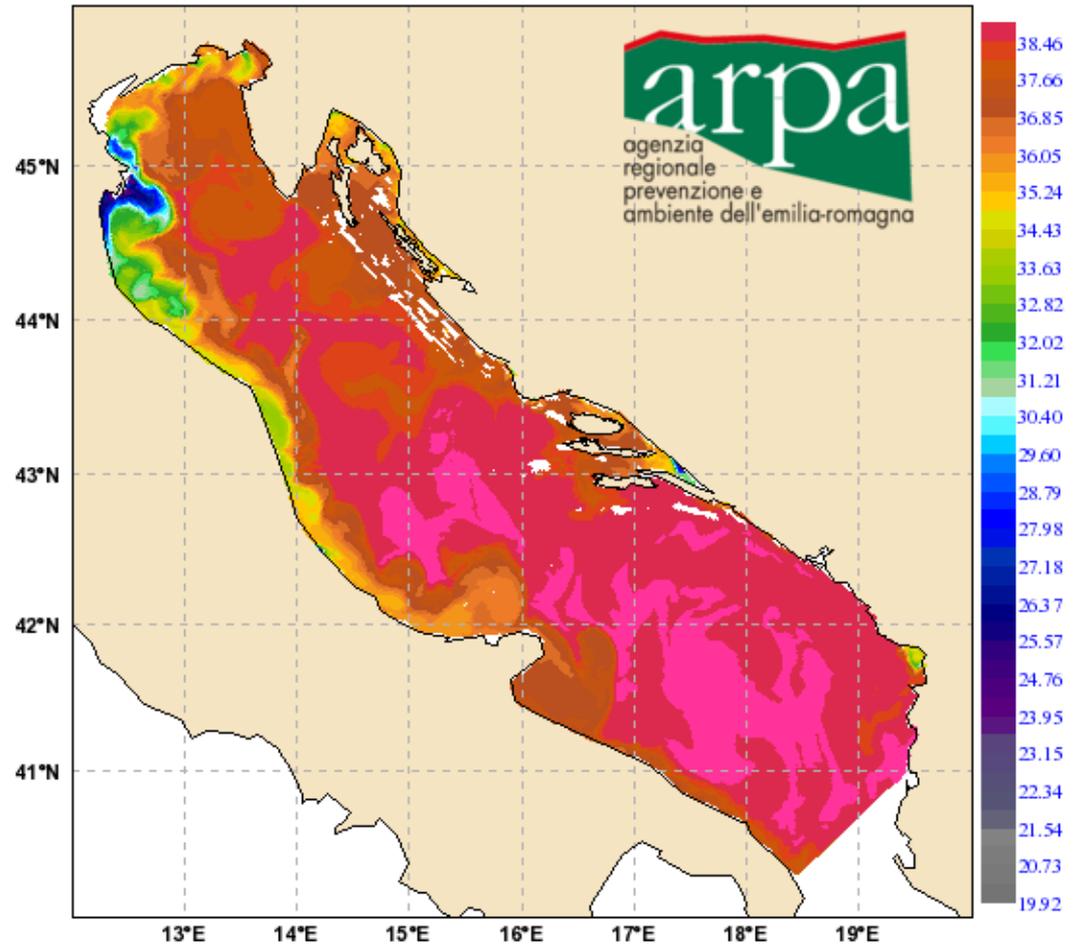
✘ Tirreno: 38‰

✘ Adriatico: 36‰



Furlani et al., 2014 (Quaternary International)

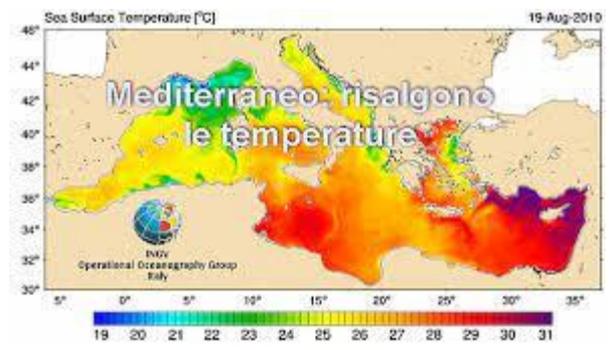
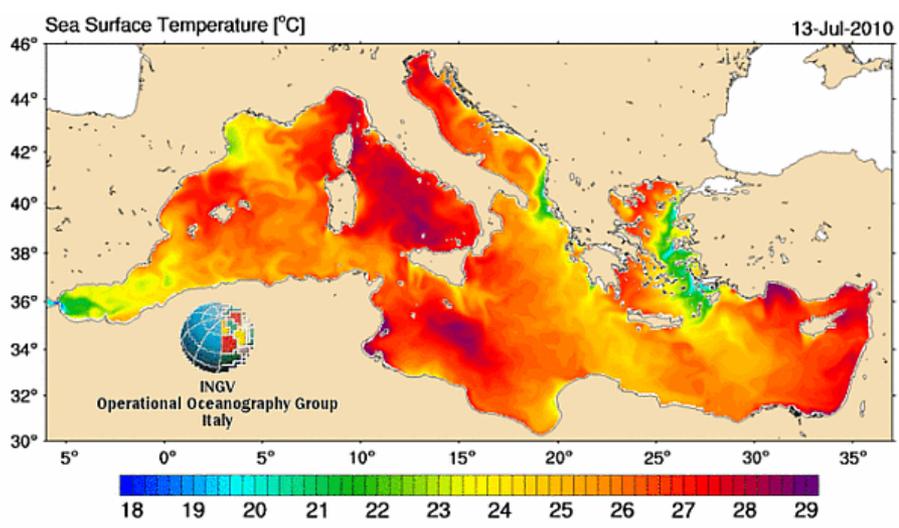
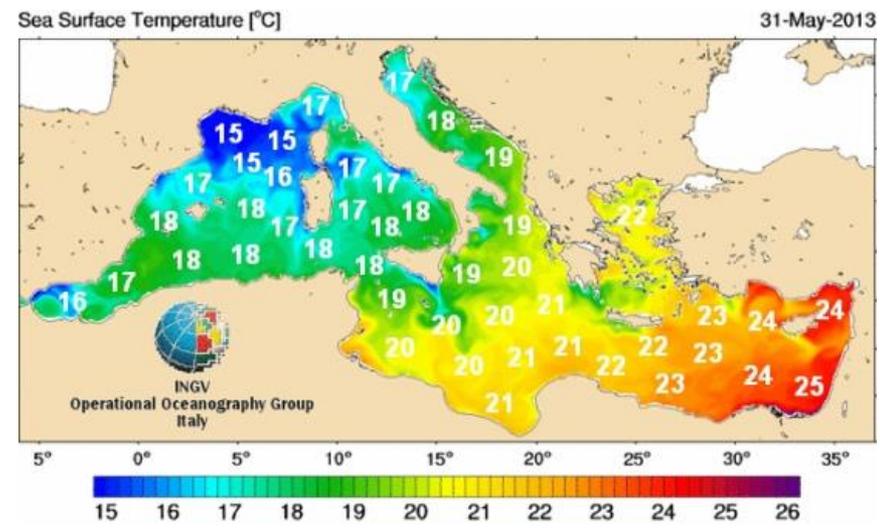
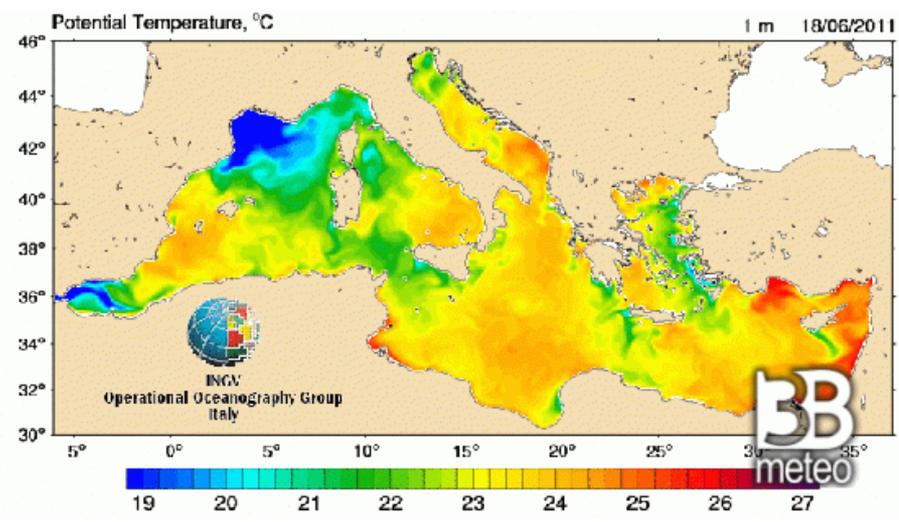
AdriaROMS Ocean Model Forecast - ARPA/SIMC
Salinity (PSU) at -0.5 m @ Sat 27.07.2013 at 12:00 UTC



TEMPERATURA

- ✘ Tirreno: 23 °C media, 16 °C (inverno)
- ✘ Adriatico: 0 °C in inverno, 20 °C in estate





CORRENTI

