

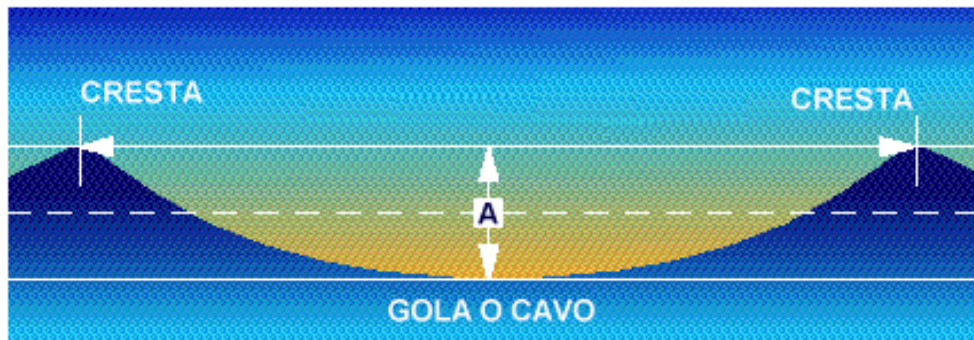
LE ONDE MARINE

Le onde marine sono le uniche a potersi definire "onde". In fisica esistono altri tipi di onde quali quelle elettromagnetiche e quelle sonore; tuttavia in questi casi più che di onde è più opportuno parlare di variazioni periodiche di campi elettromagnetici o di situazioni di compressione di molecole d'aria. Se ci riferiamo alle onde marine, la prima cosa da notare è il loro aspetto quanto mai differente dalla rappresentazione di fenomeni ondulatori di altro genere.



Infatti, quando si parla di fenomeni ondulatori periodici si utilizza per rappresentarle la sinusoide (curva rappresentativa della funzione trigonometrica seno), la forma delle onde marine invece si presenta in una conformazione che ricorda un'altra curva geometrica: la *trocoide*, ottenuta considerando il moto rotatorio e traslatorio di un punto materiale.

Nella figura viene rappresentata un'onda marina dove sono indicate la cresta e il cavo o gola.



Altri parametri tipici di un'onda marina sono:

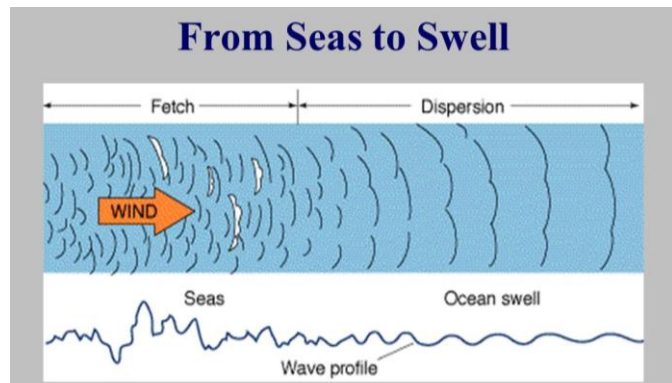
- la lunghezza λ , distanza orizzontale fra due creste successive;
- l'altezza h , distanza verticale tra il livello delle creste e il livello delle gole;
- la ripidità h/λ , ossia il rapporto fra altezza e lunghezza;
- la velocità di propagazione V , spazio percorso dalla configurazione dell'onda in un tempo unitario (per esempio metri al secondo);
- il periodo P , ossia il tempo che la configurazione dell'onda impiega a fare un percorso pari alla sua lunghezza.

Nelle onde marine l'acqua non si sposta ma oscilla, la configurazione dell'onda dovuta principalmente alla viscosità del liquido, trascina una piccola quantità di acqua nella direzione di propagazione. Infatti osservando un galleggiante non ancorato in balia delle onde, si nota che esso sale e scende e solo molto lentamente viene trascinato nella direzione del moto delle onde stesse.

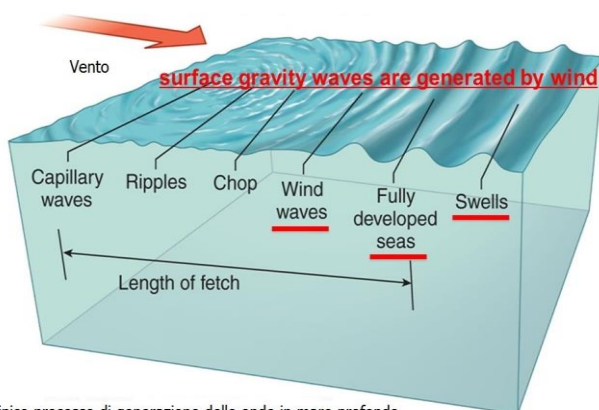
Ma come si formano le onde? Che rapporto c'è che tra la velocità del vento e la loro altezza e come le vediamo quando siamo in spiaggia

Le onde si originano al largo principalmente a causa del vento che soffia sulla superficie del mare, o a causa di uno tsunami e a causa delle maree. Il processo è lento e ha bisogno di tempo e spazio per svilupparsi. Su di una superficie del mare piatta: il vento inizia a trascinare gli strati superiori per effetto dell'attrito che all'inizio è tangente alla superficie stessa. Il fenomeno, definito *fetch* può essere osservato anche soffiando in un bicchiere d'acqua; quando il vento supera determinati valori continuando con la sua azione di trascinamento, l'onda tende ad aumentare in altezza.

Il **fetch** indica la superficie di mare aperto su cui spira il vento con direzione e intensità costante ed entro cui avviene la generazione del moto ondoso. La porzione di mare sulla quale si esplica "effettivamente" l'azione di trasferimento energetico dal vento al moto ondoso definisce il cosiddetto **fetch efficace**.



Questo può essere valutato da procedimenti che si basano sulla conoscenza del **fetch geografico** il quale rappresenta (in mari chiusi, es. Mediterraneo) la distanza tra la località di riferimento sulla costa e la terra più vicina in relazione ad una prefissata direzione che vengono calcolate con formule e procedure diverse proposte da vari meteorologi ed oceanografi e che tengono in considerazione la forza del vento, la sua durata, il periodo dell'onda generata e le varie fasi di accrescimento.



tipico processo di generazione delle onde in mare profondo



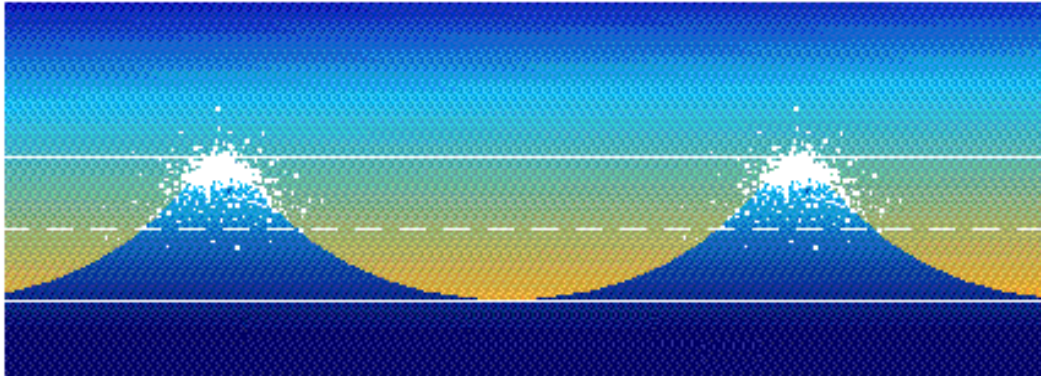
Nella figura è mostrata la formazione delle onde nelle diverse fasi di azione del fetch:

- le onde capillari (**capillary waves**);
- le increspature (**ripples**);
- le onde vive (**chops**);
- le onde di vento (**wind waves**);
- il mare completamente sviluppato (**fully developed seas**);
- le onde (**swells**)

Il fenomeno tuttavia non può crescere in modo indefinito: c'è una pendenza limite oltre la quale l'onda frange. Questo processo aumenta l'efficienza di trasferimento di energia tra atmosfera e mare, portando progressivamente a onde più lunghe e più alte. I fondali, infatti, rivestono un'importanza fondamentale; avvicinandosi alla riva la profondità del mare diminuisce e se diventa inferiore alla lunghezza d'onda λ , le stesse non possono più propagarsi con la stessa velocità con cui si diffondono in mare profondo.

La riduzione della velocità implica una crescita dell'ampiezza e della pendenza: raggiunto il valore limite della pendenza si ha il frangimento.

Profilo di onda marina corta o frangente ($L/\lambda < 7$)



Se la riduzione della profondità è repentina, l'aumento dell'altezza d'onda diventa notevole e il fenomeno dei frangenti può risultare particolarmente violento, portando alla dissipazione di tutto il contenuto energetico dell'onda.

Il fenomeno dei frangenti consente anche di individuare la presenza di pericolosi bassi fondi poiché questo, rallentando per attrito le onde, in pratica le accorcia fino a che queste si trovano nella condizione di frangere. Evidentemente si può dedurre la presenza di un bassofondo osservando in una zona in prossimità della riva, le onde che frangono senza un apparente motivo e quindi evitare il pericolo.

Un aspetto caratteristico è che la velocità di propagazione delle onde, a differenza di altri tipi di fenomeni ondulatori, è variabile e lo è precisamente in dipendenza della lunghezza d'onda, nel senso che è tanto maggiore quanto maggiore è la lunghezza.

La ripidità dell'onda, da cui dipende il frangersi delle creste anche senza l'azione dinamica del vento è un altro aspetto caratteristico. Infatti, se la ripidità h/λ supera $1/7$ (onda che si accorcia), le creste diventano vere e proprie cuspidi e si rompono generando spuma.

Spesso si parla di onde lunghe o corte, alte o basse, allo scopo esiste una distinzione sotto indicata:

- onde basse fino ad altezza inferiore ai 2 metri;
- onde medie tra 2 e 4 metri;
- onde alte oltre i 4 metri;

e, per quanto riguarda la lunghezza:

- onde corte inferiori a 100 metri;
- onde medie fra 100 e 200 metri;
- onde lunghe oltre i 200 metri.

Queste definizioni vengono di solito impiegate per definire le cosiddette onde lunghe, ossia onde generate in altra zona e giunte nella zona di osservazione non più sotto l'azione del vento, oppure sono state generate nella stessa zona da un vento ormai caduto.

È questa la situazione in cui le onde possono essere osservate e studiate con una certa regolarità, cosa che invece è molto difficoltosa quando si osserva il mare è sotto l'azione

del vento, nel zone di *fetch* prima descritta, dal momento che esse appaiono in una sequenza molto irregolare e scomposta definito *mare vivo* che interessa principalmente al navigante

Il vento genera lo **stato del mare** e pertanto questo si *forma* sotto la sua azione fino a diventare completamente formato presentando una configurazione generalmente caotica, nel senso che, mentre la lunghezza bene o male ha una certa costanza, l'altezza varia anche molto da onda a onda successiva. L'**età del mare** β è data dal rapporto tra la velocità delle onde C e quella del vento V ossia:

$$\beta = \frac{C}{V}$$

Generalmente β risulta inferiore a uno e solo raramente può raggiungere o superare tal valore.

Dal punto di vista pratico più che l'*altezza media delle onde* interessa l'altezza della media delle onde più alte, ossia di quella che viene detta *altezza delle onde significative* $H_{1/3}$, elemento che figura anche nei bollettini meteo. Altro dato è l'*altezza media delle onde massime più probabili* $H_{1/10}$. Questi due elementi si assumono come parametri che esprimono lo stato del mare vivo. Altresì questi dato compaiono anche tra gli elementi indicati dalla scala Douglas dello stato del mare, che fornisce elementi di misura dei parametri delle onde marine con lo scopo di fornire indicazioni legate alla forza del vento e quindi ai rischi cui può essere esposta una nave o una imbarcazione più piccola.

Molto importante è anche il periodo P delle onde. Il periodo si mantiene quasi costante anche con mare vivo e ciò perché si ha anche una certa costanza della lunghezza d'onda. Per misurare il periodo basta essere fermi e misurare quanto tempo dura un'oscillazione completa. Ovviamente, durante la navigazione, se si procede contro il fronte d'onda il periodo diminuisce e mentre aumenta se si procede col mare in poppa.

Ciò che va evitato è che il periodo di oscillazione entri in risonanza con il periodo di oscillazione della propria nave, fatto che porterebbe ad amplificare l'ampiezza delle oscillazioni della nave anche senza che le onde siano particolarmente alte.

La regola vuole che si prenda il mare al mascone, tagliando fin che possibile diagonalmente il fronte d'onda e regolando opportunamente la velocità per evitare eccessivi movimenti alla propria nave e allungando l'onda.

Pare evidente che l'osservazione delle onde è di capitale importanza non solo per la comodità a bordo ma particolarmente per la sicurezza della navigazione, argomento che riguarda la cosiddetta navigazione brachistotronica.