LEGA NAVALE ITALIANA

SEZIONE DI ANCONA

* * * * *

TEORIA E REALTÀ DELLE ONDE

* * * * *

P.N. GALLIANO IPPOLITI
(Master Yacht)

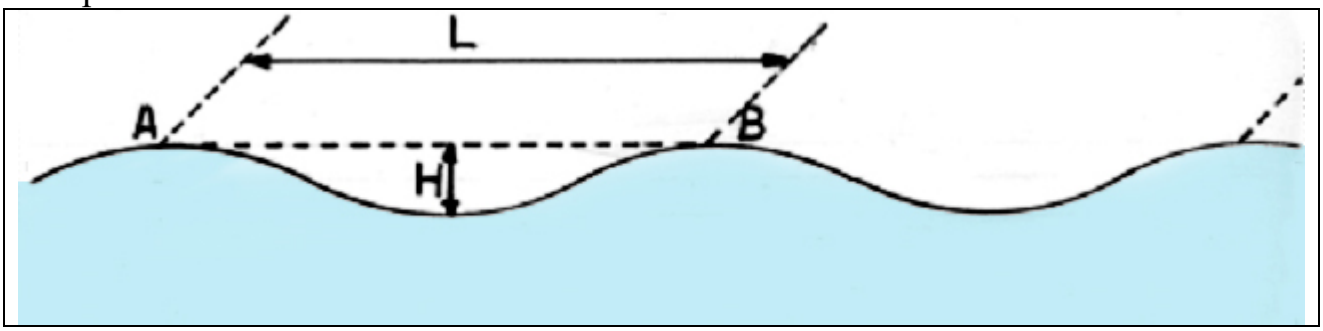
TEORIA E REALTA' DELLE ONDE

Anche se saranno in pochi i diportisti che non hanno idea di cosa sia un'onda, con l'incontro, che la Sezione di Ancona della Lega Navale Italiana ha patrocinato nel mese di novembre, si e' voluto fare il punto e "rinfrescare" un po' la memoria circa il fenomeno.

Esistono diverse tipologie di onde, come del resto altri soggetti in natura (alberi, montagne, (laghi, fiumi, uomini ecc.); individuarne o identificarne una in mezzo al mare in burrasca e' alquanto difficile ma conoscendone la struttura, l'origine, la formazione e la dimensione, sarà possibile capirne e prevederne l'effetto e quindi adottare un certo tipo di condotta dell'imbarcazione.

Sebbene esista una considerevole letteratura, opera di scienziati e ricercatori di ogni epoca, in questa sede ci limiteremo a citare qualche nozione fondamentale condita da un po' di teoria.

Parleremo, per intenderci, di onde "ideali", cioè la loro forma più semplice e comprensibile.

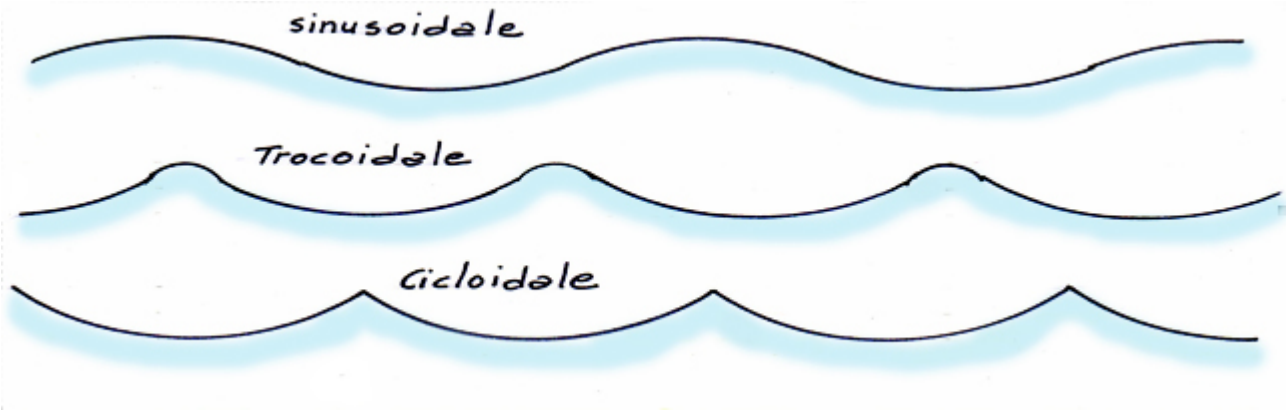


T è il periodo ossia il tempo necessario all'onda A per raggiungere la posizione **B**
Esempio: 4 secondi da **A** a **B**.
Per determinare la **L** (lunghezza) dell'onda, si farà il quadrato del periodo per il coefficiente 1,56 ed avremo la lunghezza in metri.
Es: 4 x 4 = 16 x 1,56 = 24,50 metri (**L** dell'onda)

La forma di un'onda ideale, si può definire: SINUSOIDALE, TROCOIDALE o CICLOIDALE.

Ai fini teorici, consideriamo che un treno di queste onde, abbia le creste parallele.

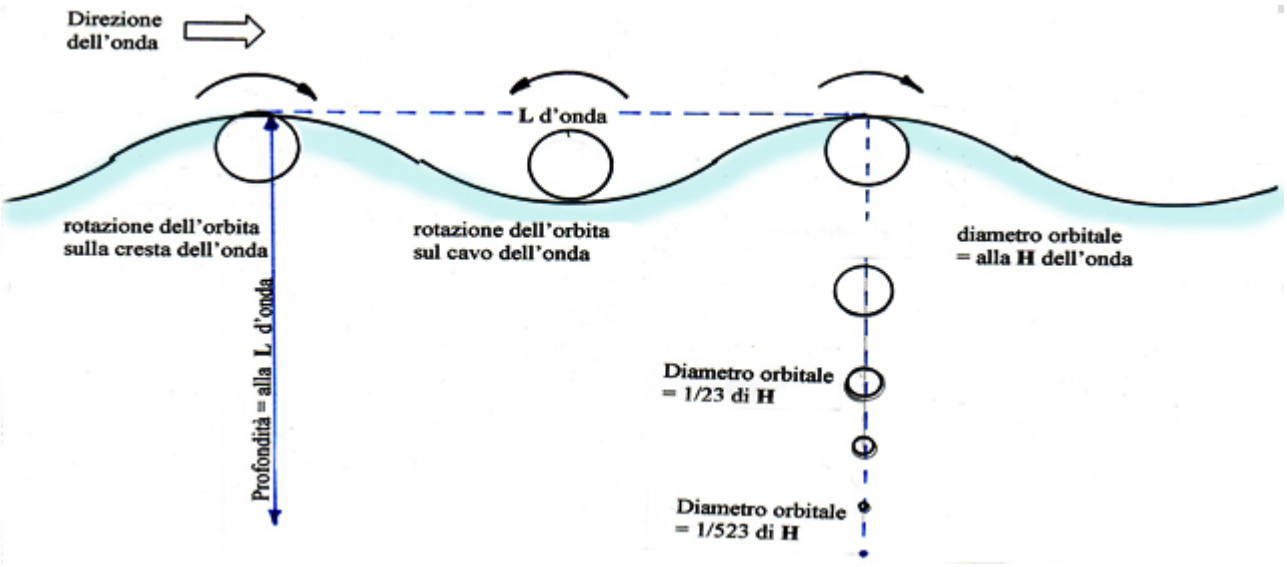
In alto mare, l'onda e' caratterizzata da una sovrapposizione di onde che a loro volta hanno periodi, altezze e forma diverse e molto più spesso di quanto si creda, due o tre o anche quattro di questi treni di onde, si intersecano e si sovrappongono con un certo angolo tra loro.



Tralasciamo volutamente le formule scientifiche, semplificando con rapidi calcoli matematici le cose che più ci interessano, ossia: VELOCITA', LUNGHEZZA, PERIODO e ALTEZZA di un'onda (il periodo lo abbiamo già visto)

VELOCITA' = 3 volte il periodo. Es: periodo 5 secondi x 3 = 15 Kn (nodi)
LUNGHEZZA = periodo al quadrato x 1,56. Es: 5 x 5 x 1,56 = 39 metri.
ALTEZZA = 1/50 di W al quadrato (dove W e' l'intensità del vento).
Esempio: un vento di 20 nodi su un fetch medio di 50 miglia in acque profonde, genererà un'onda pari a 0,02 x 400 = 8 piedi (metri 2,40). Vedremo poi su un fetch più ridotto o più esteso come l'altezza diminuisca o continui a crescere.

Il disegno sottostante, rappresenta un grafico indicante la lunghezza dell'0nda in alto mare (acque profonde) ed il movimento delle particelle d'acqua.
Che cosa significa "onda di acqua profonda"?
Si definisce così, indipendentemente dalla sua lunghezza, se la profondità dell'acqua e' superiore ai 2/3 della lunghezza dell'onda stessa.



In realtà l'onda comincia a "sentire" il fondo quando la sua profondità equivale a meno di 2/3 della lunghezza d'onda.

L'0nda di ACQUA BASSA si definisce tale quando la profondità dell'acqua e' inferiore a 1/25 della sua lunghezza. Es: 30 m. lunghezza d'onda, 7 metri il fondale(bassofondo).

L'onda INTERMEDIA si intende quando la profondità dell'acqua e' tra la metà e 1/25 della lunghezza d'onda (poco profondo).

Il periodo di una data onda e' sempre lo stesso a prescindere dalla profondità dell'acqua; però quando un'onda di acqua profonda entra in una zona con profondità inferiore, la velocità e la lunghezza si riducono (e'sufficiente fare mente locale immaginando il fenomeno) il periodo no.

SOTTO LA SUPERFICIE

Si sa che la massa d'acqua non avanza in modo generale con l'onda.

Se noi osserviamo un oggetto galleggiante (sughero, polistirolo, palla ecc.) si vedrà che il suo movimento e' su di una orbita chiusa posta in un piano verticale. Il sollevarsi e il ricadere dell'oggetto, corrisponde alla **H** dell'onda. Anche se non così appariscente, il movimento avanti-indietro e' analogo.

Nella pratica l'orbita non e' perfettamente chiusa, quindi avremo sempre una piccola traslazione in avanti.

Un interessante riscontro al movimento avanti-indietro delle particelle d'acqua, e' che una piccola barca che avanza nella direzione dell'onda, passa più tempo sulla cresta che non sul cavo, avvantaggiandosi della traslazione in avanti.

Secondo quanto dichiara lo scienziato oceanografico H. RUSSEL nel suo libro (Waves and tides, hutchinson's – sci & tech publication 1952), e' abbastanza verosimile in teoria, che una barca a motore che navighi con velocità di propulsione pari a 9 nodi e mezzo con onde aventi un periodo regolare di 4 secondi e una altezza di 1 metro e mezzo, resti in continuazione su una cresta e guadagni più di 2 nodi sul fondo.
Va da se che navigando contro l'onda, la velocità sul fondo diminuisca.

FORMAZIONE DELL'ONDA

Il ciclo di vita di un'onda si articola su varie fasi: la formazione dovuta al vento; il graduale aumento fino ad un massimo limite che dipende da alcuni elementi

limitativi; il percorso attraverso il mare dove, senza vento, perderà man mano la sua altezza finche', sotto forma di mare lungo, si infrangerà su una costa lontana.

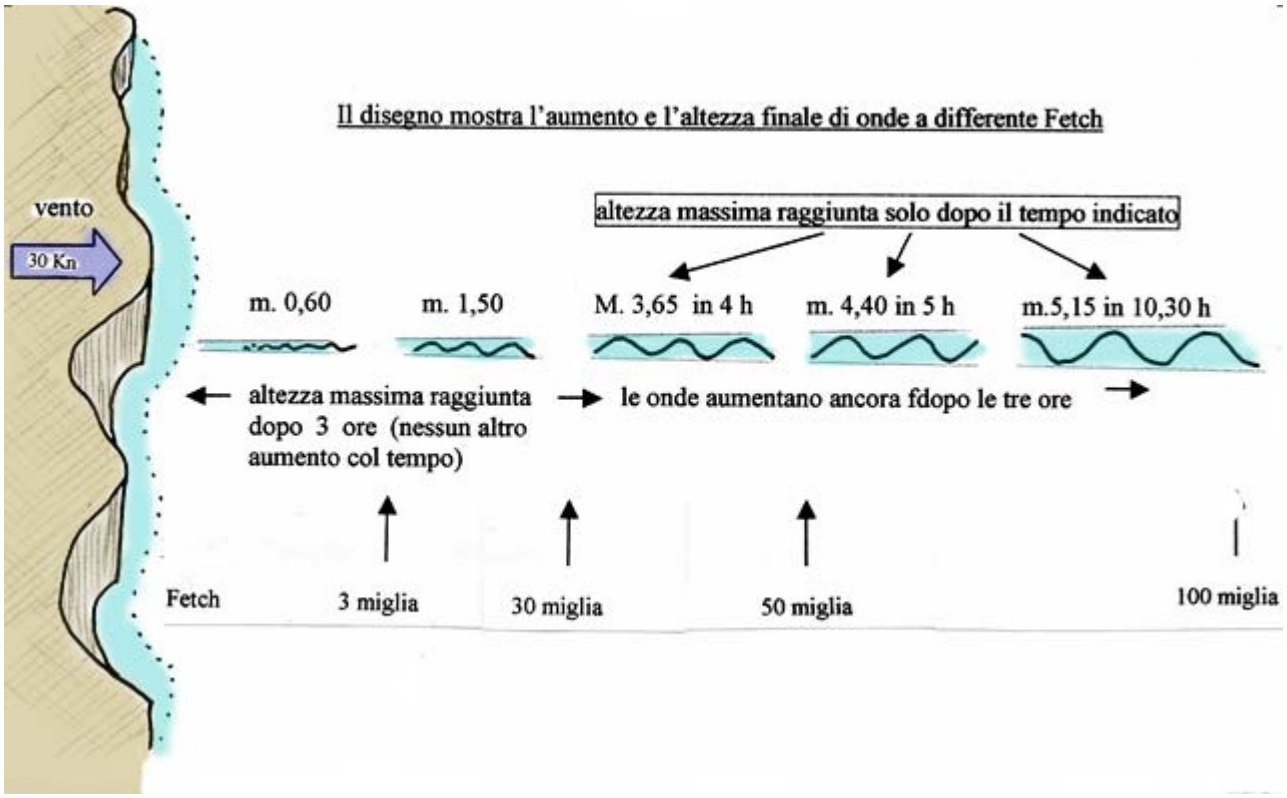
Anche noi, comuni dipartisti, sappiamo ben distinguere un'onda di mare morto da una "ondata" in quanto la prima la troviamo in una zona senza vento; per intenderci il classico mare lungo al di fuori della sua zona di origine.

La possiamo riscontrare anche come onda non congruente, in una zona dove il vento sta generando nuove onde

L'altezza di un'onda lunga diminuisce via via che si allontana dalla sua zona di origine, divenendo quasi impercettibile fino a che non arriva in acque basse, vicino alla costa; qui riappare di nuovo divenendo "mare lungo di fondo".

Quando due onde semplici, di forma sinusoidale, si congiungono, la loro altezza e' la somma delle due, ma in determinati casi, l'altezza combinata di due onde si esprime più correttamente con la radice quadrata della somma delle due altezze al quadrato
L'altezza ed il periodo di un'onda formatasi in acqua profonda dipendono da tre fattori: 1) l'intensità (o forza) del vento – 2) la durata del vento (tempo) – 3) il fetch, cioè l'estensione di mare libero da ostacoli sul quale il vento spira con direzione costante

E' ovvio che in pieno oceano l'estensione del fetch non e' necessariamente illimitata.



Nell'esempio disegnato si tiene conto di un vento medio di 30 nodi; le onde hanno raggiunto la massima altezza a circa 33 miglia da terra e non aumenteranno nonostante che il vento continui a spirare; a distanza maggiore, sempre con lo stesso vento, l'altezza aumenterà ancora fino a quando anche questa sarà al suo massimo. Da notare due cose: 1° - la **H** delle onde all'inizio del fetch e' minore di quella che si riscontra alla fine. 2° - dopo un certo periodo di tempo le onde hanno raggiunto l'altezza massima, mentre in altre zone sottovento vanno ancora aumentando (funzione della lunghezza del fetch)

E' necessario chiarire il significato di ALTEZZA MASSIMA di un'onda, dal momento che a volte questa viene superata.

L'altezza massima viene ottenuta con le curve di previsione utilizzate dai centri oceanografici che tengono conto dell'intensità del vento che soffia su un determinato fetch per un certo periodo di tempo.

Di qui la stima; tuttavia, durante questo periodo, e' possibile che le onde componenti un treno entrino in fase sommandosi; in questo modo genereranno un'onda molto più grande.

"L'altezza più probabile" dell'onda più alta così formata aumenta col tempo per cui il problema diviene statistico senza alcuna connessione col metodo reale di previsione che e' basato unicamente sulle onde più alte registrate per periodi di 10 minuti ad intervalli regolari nell'arco di una giornata.

A volte si ascolta o si legge "altezza significativa", che e' la media di un terzo delle onde più alte registrate. Allo stesso modo, il termine "periodo significativo" designa il periodo medio dello stesso terzo di onde.

Ricordiamoci che le curve di previsione dell'altezza e del periodo delle onde sono state ottenute da registrazioni effettuate per molti anni dalle navi meteorologiche oceaniche e quindi analizzate dall'Istituto Nazionale Britannico di oceanografia e da altri istituti oceanografici statunitensi.

In acque costiere, dove il monitoraggio e' affidato a battelli fanale nel mare del nord e nel mare d'Irlanda, si può notare la tendenza alla formazione delle onde proporzionalmente molto più alte rispetto all'alto mare, a parità di fetch e in fondali di circa 35 metri.

Quando queste onde lungo costa passano da un fondo leggermente digradante ad acque meno profonde, il fondo assorbe una parte dell'energia riducendone un

po'l'altezza; se però l'inclinazione del fondo si accentua di colpo, l'altezza e la ripidità dell'onda aumentano, mentre la distanza diminuisce.

L'EFFETTO DELLA CORRENTE SULL'ALTEZZA DELLE ONDE.

Tutti coloro che navigano in acque costiere sono perfettamente al corrente del fenomeno che si verifica quando una corrente di marea scorre contro il mare e cioè l'evidente aumento dell'altezza delle onde, come pure la diminuzione di queste quando la corrente e le onde avanzano nello stesso senso.

Quando la propagazione dell'onda e' opposta alla corrente, la lunghezza diminuisce con un conseguente aumento della ripidità; restando invariati il periodo e quindi la sua energia, aumenta anche l'altezza.

Per ricapitolare, questi fenomeni in opposizione daranno come risultato onde alte, corte e ripide i cui effetti saranno più pronunciati quanto più corta sarà l'0nda e più forte la corrente (canale d'Otranto, bocche di Bonifacio, ecc.).

L'Istituto Oceanografico Scripps, USA, ha dimostrato nei suoi studi che un'onda sottoposta ad una corrente contraria di 2-3 nodi, aumenta in altezza dal 50% al 100%. Accade spesso, quindi, che un'onda franga anche se in quella zona non c'e' molto vento.

Da tenere presente che anche la natura del fondo "da una mano" all'accentuarsi del fenomeno; un conto e' un fondo sabbioso con lieve depressione, un conto e' un fondo roccioso con notevole inclinazione.

I FRANGENTI

Abbiamo visto che esiste un limite all'altezza di un'onda di un dato periodo, superato il quale essa frange. Teoricamente in "acqua profonda" essa frange quando il rapporto tra l'altezza e la lunghezza e' di poco inferiore a 1:7; in pratica, più frequentemente, il rapporto e circa di 1:14.

In "acque poco profonde" il rapporto altezza/lunghezza e' meno importante e sarà più importante il rapporto "altezza/profondità dell'acqua" per stabilire se un'onda frangerà o meno.

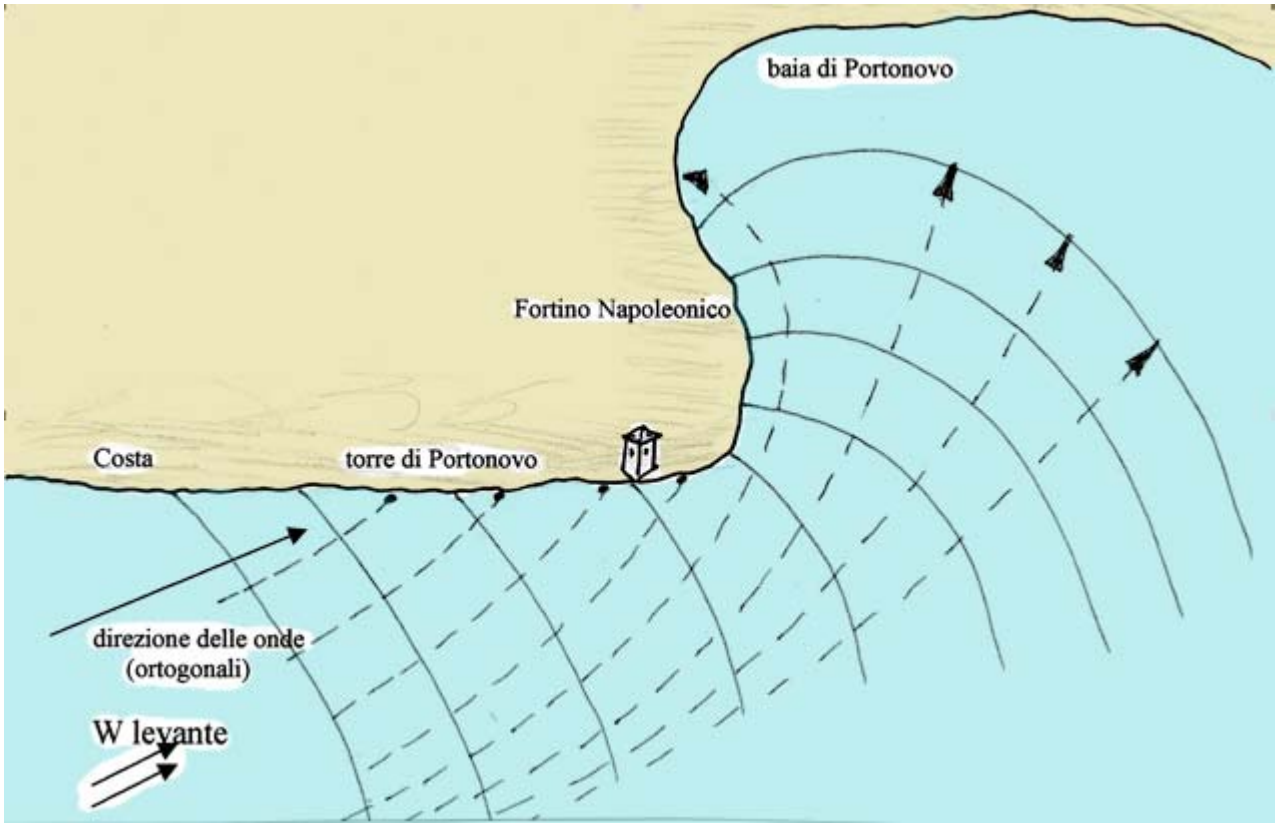
In teoria questo rapporto e' di circa 1:1,25; ci sono poi delle variabili che vedremo in "acque basse"

Un'altra variabile che provoca il frangente di un'onda in acque basse, e' il fenomeno della rifrazione (diversa dalla diffrazione).

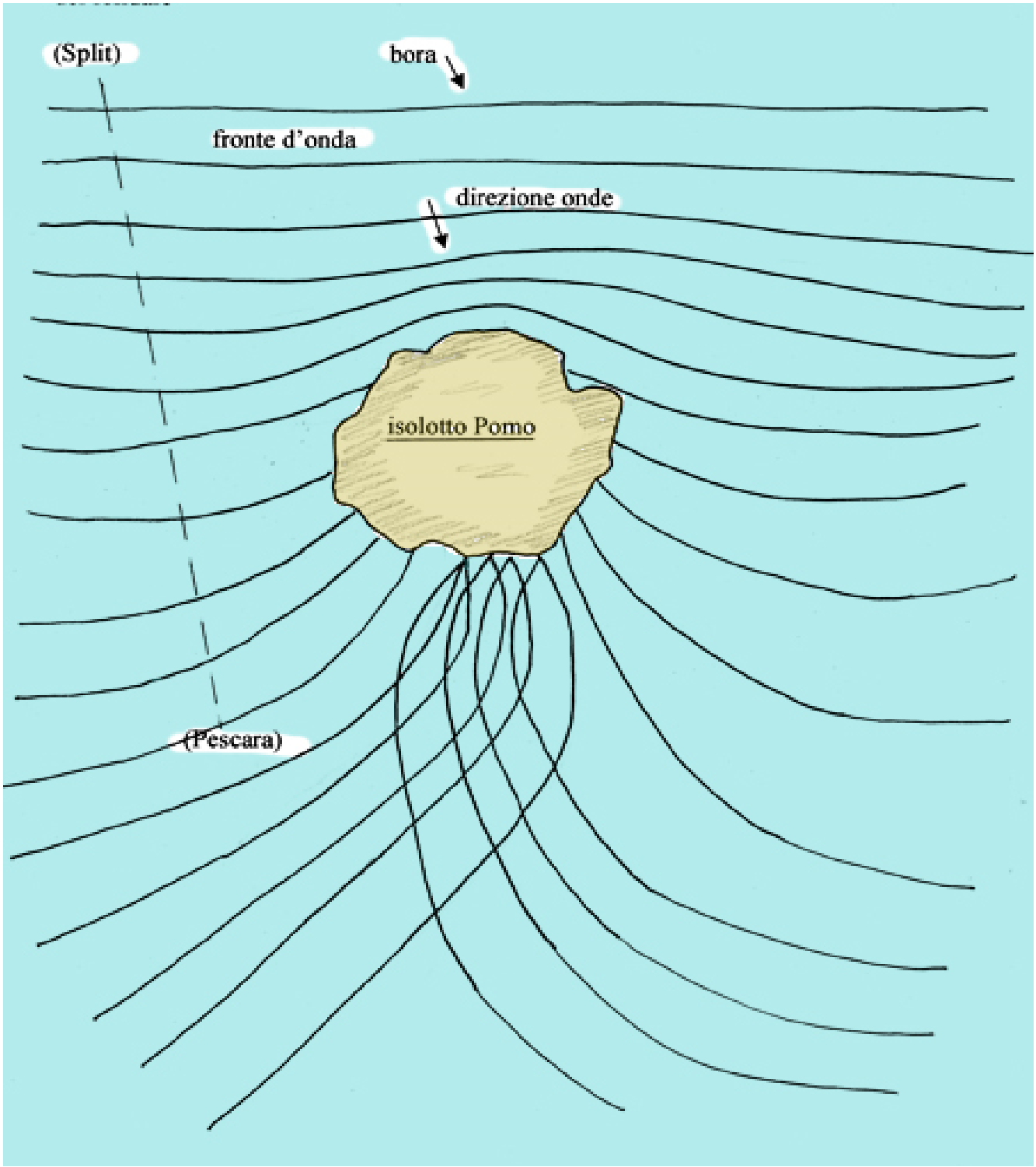
La rifrazione, ovvero il curvarsi di un'onda che passa obliquamente da un dato fondale (altezza dell'acqua dal fondo) ad un altro, e' un fenomeno abbastanza comprensibile. Per esempio, quando le onde provenienti dal largo raggiungono il litorale obliquamente, il fronte dell'onda che entra in acqua meno profonda viene rallentato in quanto, come abbiamo già visto, la sua lunghezza e' diminuita; ma il resto del fronte, ancora in acqua profonda, mantiene la sua velocità maggiore finche' non raggiunge anche esso il basso fondale.
Onde di maggiore lunghezza (periodo più lungo) subiscono l'effetto della rifrazione più presto di quelle di lunghezza inferiore, così che quando onde di alto mare (al cui interno si trovano onde di più periodi) entrano in una baia o golfo o larga insenatura, ognuna delle zone di questa baia, golfo, insenatura, tenderà a subire onde di un dato periodo.
L'effetto di questo fenomeno e' riscontrato da qualsiasi diportista che si trovi ormeggiato o ancorato in una baia ridossata da burrasche o mare grosso, dove il mare morto con il suo periodo più lungo e più facilmente rifratto dietro un promontorio, provoca una fastidiosa e pronunciata risacca (vedi Komiza, isola di Vis).

Va ricordato, comunque, che mentre la rifrazione che si propaga su una baia riduce l'altezza dell'onda, la rifrazione provocata da una secca provoca una convergenza delle onde e di conseguenza un aumento della loro altezza! !

Disegno diagrammatici della curva delle onde (non in scala) a seguito della RIFRAZIONE, quando queste si avvicinano obliquamente ad una costa ed entrano in una baia:



Disegno diagrammatici (non in scala) della RIFRAZIONE delle onde che superano un isolotto di forma pressoché circolare.
Osservate come le onde sottovento all'isolotto si scontrino, accentuando l'effetto in funzione anche della diminuzione del fondale

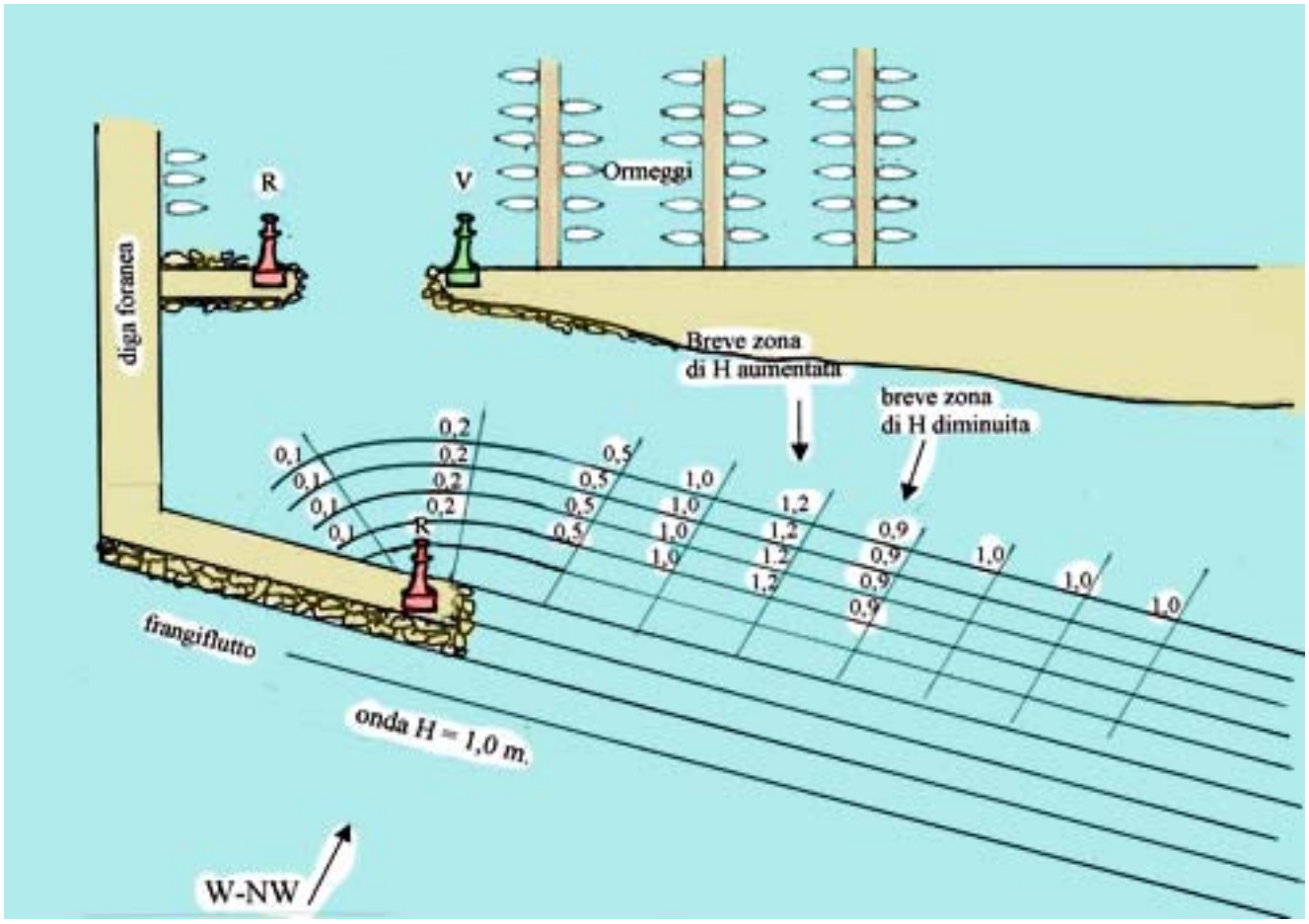


LA DIFFRAZIONE delle onde

Il fenomeno della diffrazione può essere facilmente confusa con la rifrazione perché in alcuni casi il fenomeno è apparentemente simile poiché la curva che assumono le onde interrotte da un molo o da una propaggine di terra (tombolo, promontorio, frangiflutti ecc.) è pressoché uguale a quello che sappiamo avvenire su una secca o su un banco di sabbia o grosso relitto semisommerso.

La diffrazione però e' indipendente dal basso fondale poiché questa altri non e' che la propagazione laterale di un'onda, anzi di una cresta d'onda, all'interno di un ridosso che e' interposto all'effetto diretto del moto ondoso. (Il disegno che segue da una indicazione del fenomeno della DIFFRAZIONE.

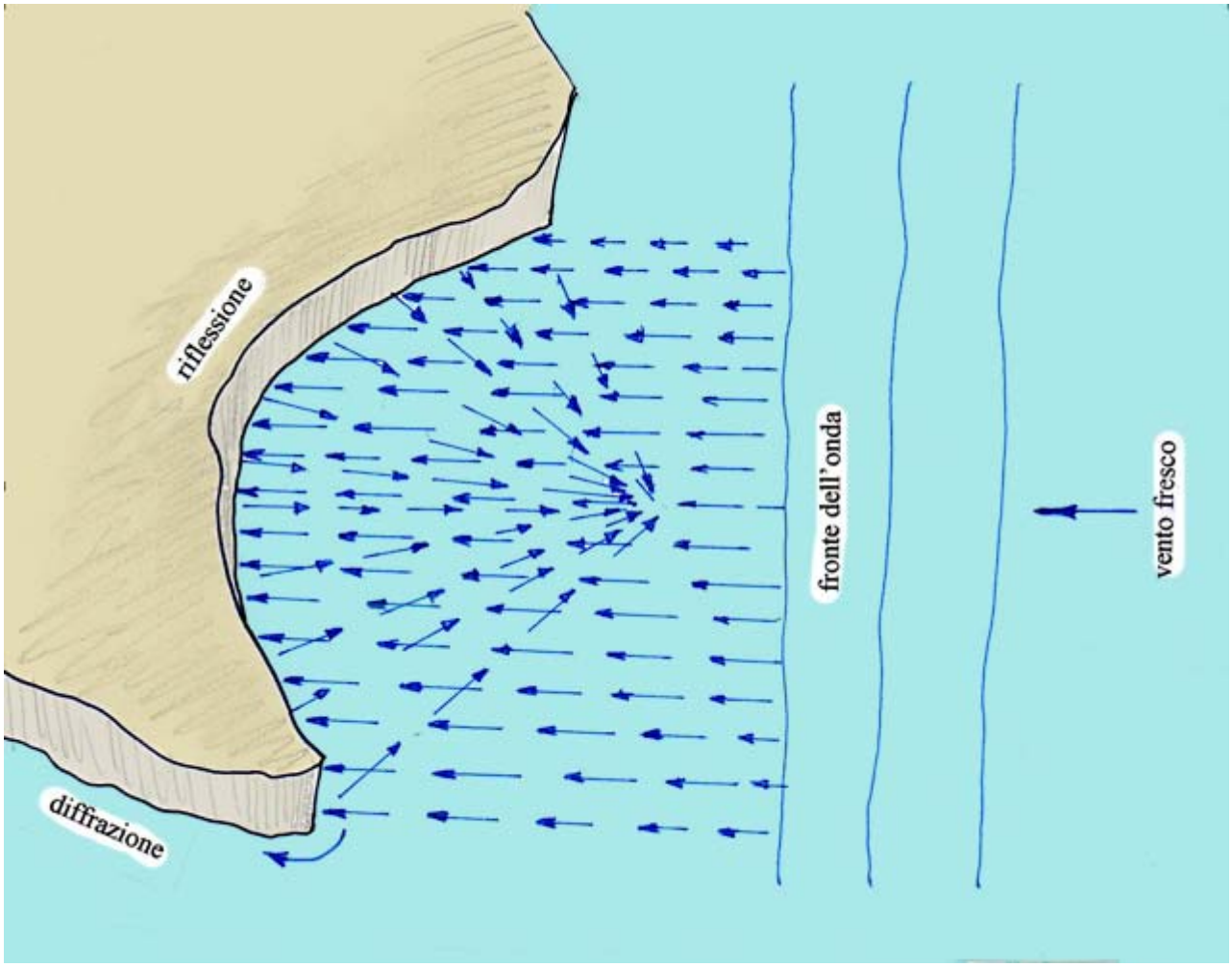
Il disegno (non in scala) mette in evidenza la curva delle onde dopo il frangiflutto e la **H** diminuita ad effetto "diffrazione"



LA RIFLESSIONE dell'onda.

Questo fenomeno non potremo mai verificarlo in alto mare e tanto meno in oceano, ma che dovremo saper riconoscere mentre stiamo cercando un ridosso. Le onde riflesse o onde stazionarie.

Le onde di media altezza sono nella maggior parte dei casi "affievolite" da pendenze di circa 1:3, vale a dire che meno e' ripida la pendenza, tanto meglio e' navigarla; ma in prossimità di una parete verticale o quasi, verso la quale l'onda si avvicina perpendicolarmente, tanto più l'onda di mare vivo sarà lunga, quanto più darà luogo ad una completa riflessione ed al formarsi, entro una certa distanza, delle onde cosiddette STAZIONARIE.
Queste saranno in prossimità della zona di riflessione, più alte di quasi il doppio, rispetto a quelle di avvicinamento.
Vedi "mura del cantiere" (per chi e' di Ancona) navigando nelle sue vicinanze con vento teso e fresco da N e da NW. (vedi disegni 2 e 3 di pag. 11)
Se invece la parete a picco o quasi e' incurvata verso le onde, può verificarsi una convergenza delle onde riflesse che genererà un mare molto confuso e stazionario in una certa zona. (vedi disegno sotto)



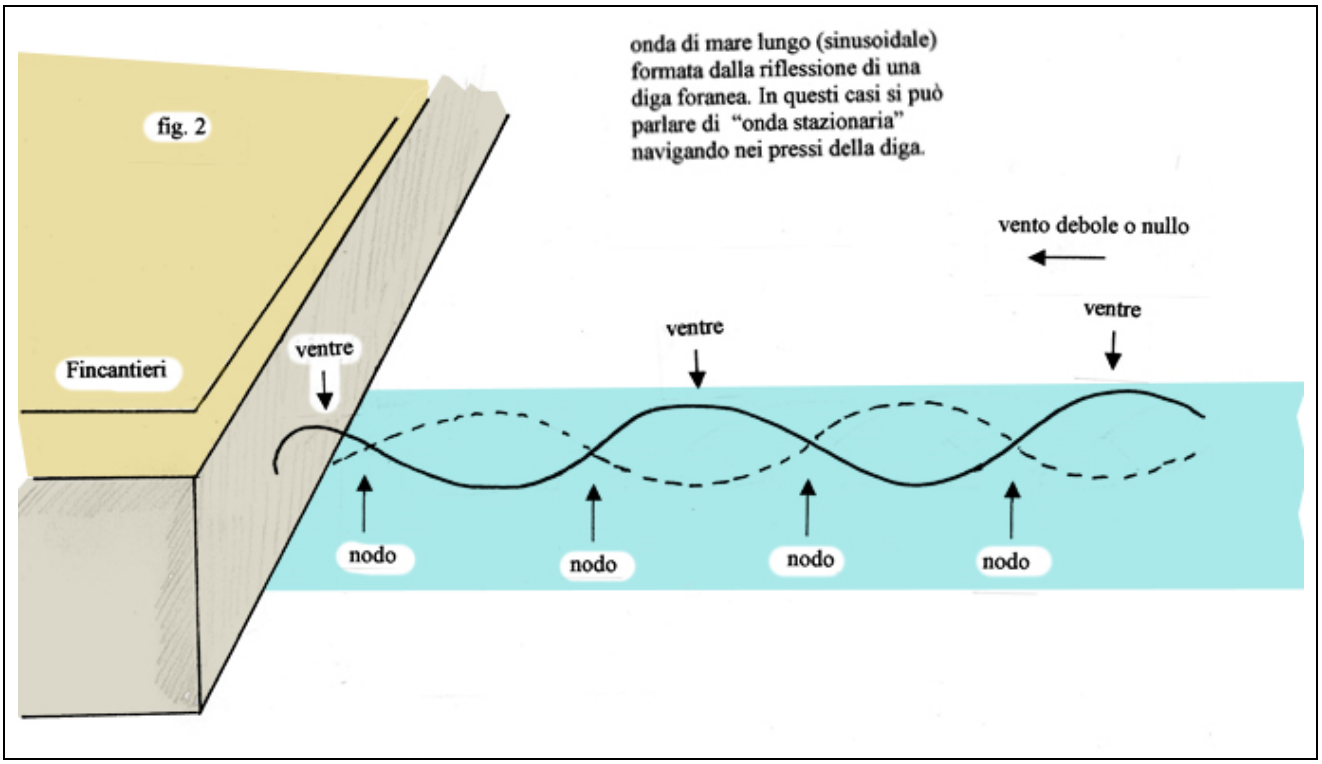


fig. 2
onda di mare lungo (sinusoidale) formata dalla riflessione di una diga foranea. In questi casi si può parlare di "onda stazionaria" navigando nei pressi della diga.
vento debole o nullo
ventre
ventre
ventre
Fincantieri
nodo
nodo
nodo
nodo

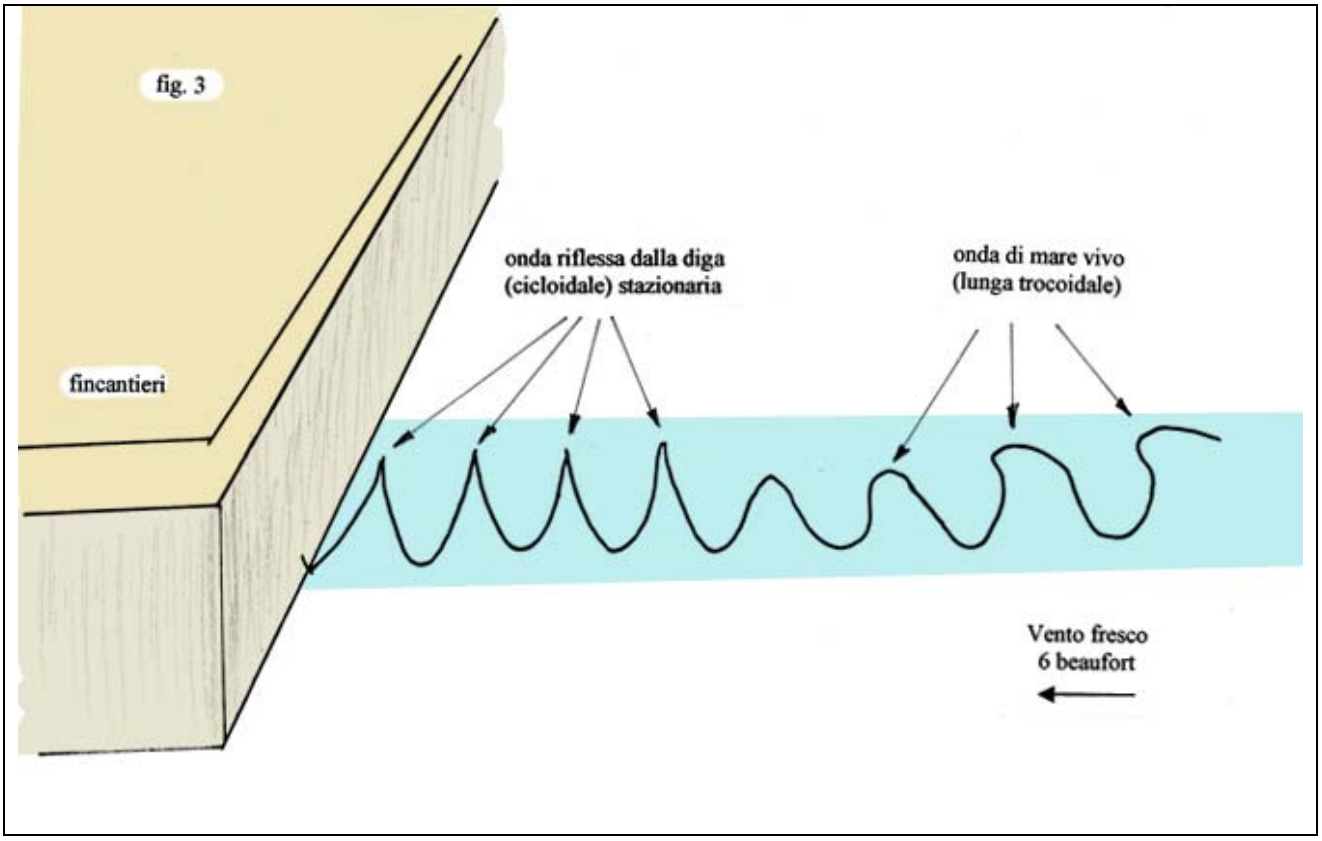


fig. 3
onda riflessa dalla diga (cicloidale) stazionaria
onda di mare vivo (lunga trocoidale)
fincantieri
Vento fresco 6 beaufort

Questa tavola paragona le altezze previste dell'onda in acque costiere (mare d'Irlanda e mare del Nord) con quelle dell'Oceano Atlantico.
Le altezze riguardanti la Manica si situano tra quelle di queste due zone.

		durata del colpo di vento in ore fetch considerato di 120 miglia cioe' durata di maggioreimportanza			
		1 ora	3 ore	6 ore	12 ore e +
VELOCITA' MEDIA DEL VENTO 24 nodi forza 5/6	OCEANO	0,32 (0,60)	1,80 (2,15)	2,45 (3,65)	3,30 (4,90)
	COSTA	0,60 (0,61)	2,15 (2,75)	3,35 (4,40)	4,40 (5,40)
30 nodi forza 6/7	OCEANO	0,90 (0,93)	3,05 (3,96)	4,25 (5,80)	5,15 (7,60)
	COSTA	0,90 (0,93	3,05 (3,96)	4,90 (6,40)	6,10 (8,85)
37 nodi forza 7/8	OCEANO	1,58 (1,85)	5,20 (6,70)	6,70 (9,15)	7,95 (11,90)
	COSTA	1,23 (1,58)	4,58 (6,10)	7,00 (9,30)	8,50 (12,20)
52 nodi forza 10	OCEANO	2,25 (5,15)	11,90 (15,00)	13,70 (18,60)	15,85 (23,50)
	COSTA	2,75 (3,20)	9,15 (11,60)	11,90 (15,60)	14,35 (20,75)

ALTEZZA DELLE ONDE IN METRI

La prima cifra e' l'altezza massima prevista. Tra parentesil'altezza più probabile delle onde più alte dovute alla combinazione di onde componenti.

Siamo giunti alla conclusione di questo argomento ed abbiamo, mi auguro, “rinfrescato” le nostre conoscenze sulla TEORIA E REALTA’ DELLE ONDE.

Questo escursus non e’ però che una breve sintesi degli argomenti e fenomeni trattati, che sono stati e continueranno ad essere oggetto di studi approfonditi da parte di scienziati di tutto il mondo: cionondimeno, avendo questo fascicolo a portata di mano dentro il tavolo da carteggio, credo che potrà rilevarsi utile in più di una circostanza (raffrontandolo alla realtà).

Un ringraziamento da parte della Lega Navale Italiana di Ancona, e mio personale, a tutti i Soci, amici e simpatizzanti intervenuti, con l’augurio di felici e serene navigazioni.

Buon Vento.

Galliano Ippoliti
(Master Yacht)

+ + +

BIBLIOGRAFIA

1 – Mollie Darbyshire & L.Draper – “Forecasting wind-generated sea wawers in <engineering>
2 – Shoreprotection planning and design, in <beach erosion board> U.S.A. Tech Report.
3 – R.C.H Russel “Wawes and tides” Hutchinson’s Sci & Tech publication
4 – Francesco Di Franco: “Il vento e il mare” – Mursia
5 – Silvestro Sannino; “Meteorologia nautica” – Calibri edizioni Napoli
6 – Aldo Vicoli: “Navigazione Tradizionale” – Cedam Padova
7 – Grande enciclopedia della nautica – Editrice Portoria (8 volumi=i