

**COMUNE DI COGOLETO  
PROVINCIA DI GENOVA**

**PROGETTO DI MASSIMA PER LA COSTRUZIONE DI UN PORTO TURISTICO .**

**STIMA DEI LAVORI E DELLE FORNITURE DELLE OPERE PREVISTE .**

**PROGETTISTA :**

**Dott. Arch. Giovanni Cittadini**

AREZZO - Corso Italia, 83 - 52100 - Tel. 0575 295749

GENOVA - Via al Capo di Santa Chiara, 47A/1 - Tel. 010 3771928

**- SITUAZIONE NATANTI -**

**Numero ormeggi prima fase**

Dim. Barca			Coeff. Manovra			Ormeggio			+ Manovra		Posti
240	x	600		1,50		280	x	600	+	900	66
275	x	800		1,63		320	x	800	+	1300	254
325	x	1000		1,70		375	x	1000	+	1700	182
375	x	1200		1,71		425	x	1200	+	2050	178
440	x	1600		1,72		500	x	1600	+	2750	51
520	x	2000		1,75		600	x	2000	+	3500	24
580	x	2600		1,81		670	x	2600	+	4700	22
						<b>Totale Natanti</b>					<b>777</b>

**Numero ormeggi seconda fase**

**Numero ormeggi terza fase**

# **STIMA DEI LAVORI PER LA COSTRUZIONE DEL PORTO TURISTICO DI COGOLETO**

## **- OPERE MARITTIME -**

### **I ) - MOLO FORANEO**

E' realizzato su fondali da -7,00 m a -10,50 m .per una lunghezza complessiva di m. 845.

Il tipo di gettata proposto, come appare dalle sezioni longitudinale e trasversale, è costituito da un nucleo centrale di tout-venant di cava, sovrastato lato mare da due strati di mantellata: il primo con scarpe 1/2, dello spessore di m. 2,50, eseguito con scogli da 2 a 5 tonnellate; il secondo con scarpa 1/5 e 2/5 da quota +4,00 m a quota -5,50 m, dello spessore medio di m, 3,50, e realizzato con massi naturali da 8 tonnellate ed oltre, sistemati perpendicolarmente al manto per lo strato emergente della mantellata.

A mare della gettata, uno strato di scogli da 5 a 7 tonnellate dello spessore di m. 2,00 si protende di m.3,00 oltre il piede della mantellata, raggiungendo il fondo con pendenza 1/1; oltre questo un eventuale tappeto filtrante in tout-venant potrà essere realizzato a scopo di costituire un filtro al piede della gettata, per evitare pericolose erosioni e possibili scalzamenti durante le mareggiate.

Per il conoide di testata la sola mantellata esterna differisce dal resto della scogliera; realizzata con pendenze 1/6 e 1/3 da quota +4,00 m a quota - 5,50 m, su uno spessore medio di m.3,80, é eseguita con massi naturali da oltre 10 tonnellate, sistemati perpendicolarmente al manto per la strato emergente della mantellata.

Il muro paraonde è realizzato in conglomerato cementizio leggermente armato, con copri ferro di cm. 4, e sarà costituito da elementi indipendenti di lunghezza non inferiore a m.6, colato ad elementi alternati. Con una base di 4,50 m di

larghezza e una lunghezza di circa 820 ml, il ciglio del muro raggiunge la quota + 5,50 m. per ottenere una maggiore libertà di visuale ed é dotato di uno sporto in fuori di m. 0,50 nella sua parte superiore con scopo di impedire che i getti dei frangenti possano ricadere, salvo casi eccezionali, sulla banchina.

Finitura banchina con blocchi prefabbricati fin calcestruzzo classe 200 collocati su pietrame spianato a quota -3,00 m; blocchi di coronamento e massicciata con battuta in cemento a giunti e superficie antisdrucchiolevole a quota +1,80 m.

### **- COMPUTO METRICO -**

Tout-Venant

mc. 175 000 x £. 17 200 = £. 3 023 760 000

Scogli da 0,5 a 2 T.

mc. 16 950 x £. 25 250 = £. 427 987 000

Scogli da 2 a 5 T.

me. 45 030 x £. 26 450 = £. 1 191 043 000

Scogli da 5 a 7 T.

me. 24 630 x £. 41 000 = £. 1 012 293 000

Massi naturali da 8 T ed oltre

me. 94 580 x £. 41 000 = £. 3 887 238 000

Massi naturali da 10 T ed oltre

me. 5 730 x £. 48 000 = £. 277 905 000

Sistemazione mantellata

mq. 14 200 x £. 28 000 = £. 397 600 000

Pietrame sistemato

me. 3 854 x £. 26 000 = £. 102 131 000

Materiale arido

me. 4 510 x £. 18 900 = £. 85 239 000

Riempimento

me. 9 600 x £. 14 000 = £. 134 400 000

Muro para onde

mc. 10 260 x £. 140 000 = £. 1 436 400 000

Armatura in acciaio Fe B 38 K

Kg. 174 420 x £. 850 = £. 148 257 000

Blocchi prefabbricati

mc. 5 973 x £. 122 000 = £. 728 700 000

Messa in opera dei blocchi

mc. 5 973 x £. 21 600 = £. 129 084 000

Blocchi di coronamento

mc. 1 065 x £. 140 000 = £. 149 100 000

Massicciata

mq. 7 515 x £. 42 450 = £. 319 011 750

Canaletta 0,70 x 1,00

ml. 820 x £. 56 600 = £. 46 410 000

TOTALE MOLO FORANEO £. 13 496 560 000

## **II ) MOLO SOTTO FLUTTO**

Gli vengono applicati gli stessi accorgimenti costruttivi usati per il moto foraneo.

Realizzato su fondali da -3,00 m a -7,50 m per una lunghezza complessiva di m. 244.

Il tipo di gettata proposto, come risulta dalle sezioni longitudinale e trasversale, é costituito da un nucleo centrale di tout-venant di cava versato via terra, sovrastato lato mare da due strati di mantellata: il primo con scarpa 3/4, dello spessore di m. 2,00, eseguito con scogli da 2 a 5 tonnellate; il secondo con scarpa 1/6 e 1/2 da quota +2,00 m a quota -4,00 m, dello spessore medio di m. 3,00, eseguito con scogli da 5 tonnellate ed oltre.

A mare delta gettata, uno strato di scogli da 2 a 5 tonnellate e dello spessore di m.2,00 si protende di m.2,00 oltre il piede delta mantellata, raggiungendo il fondo con pendenza 1/1.

Il muro paraonde é realizzato in conglomerato cementizio leggermente armato, con una base di 2,50 m di larghezza e una lunghezza di 119 m, il ciglio del muro raggiunge la quota +4,00 m.

Finitura banchina con blocchi prefabbricati in calcestruzzo classe 200 collocati su pietrame spianato a quota -2,50 m; blocchi di coronamento e massicciata con battuta in cemento a giunti e superficie antisdrucchiole a quota +1,50 m.

### **III ) - BANCHINAMENTO -**

Il banchinamento riguarda le zone interne all'area portuale e propriamente asservite ai porto.

La base dei blocchi prefabbricati in calcestruzzo classe 200 e realizzata in pietrame spianato a varie quote in funzione delle necessità dei diversi settori del porto:

Base diga forenea - 2,50 m.

Zona sollevamento natanti - 3,00 m.

Banchinamento interno -2,00 m.

Rifiancamento del riempimento con materiale arido ai fine di impedire le infiltrazioni.

Finitura banchina con blocchi di coronamento, cunicolo di servizio (sez. 1,00 m x 0,70 m) e massicciata con battuta in cemento a giunti e superficie antisdruciolevole a quota + 1,10 m. per una larghezza complessiva di m 3,50.

#### **IV ) - RIEMPIMENTO E FINITURA PIAZZALI -**

Il riempimento è realizzato con materiale di discarica costipato per strati successivi di spessore da definirsi a seconda del materiale utilizzato.

Verranno eseguiti tutti 1 cunicoli di servizio necessari alla posa delle linee di adduzioni impianti acqua, elettricità, rete illuminazione, telefonico e antincendio; e realizzazione delta rete di drenaggi per l'acqua piovana.

La finitura superficiale dei piazzali è prevista dalla zona di banchinamento a quota +1,10 m. alle quote, stabilite in esecutivo, necessarie alle varie zone portuali:

base moto sottoflutto	+1,50 m.
piazzale servizio elevatore	+1,50 m.
base moto foraneo	+1,80 m.

E' previsto inoltre il raccorda con le zone retrostanti la concessione (Via Aurelia e piazzale pubblico).

Sara realizzata con massicciata più manto bituminoso in tre strati per uno spessore complessivo di cm. 30 su piazzali esterni, strade e posteggi macchine (scoperti e coperti) .

Pavimentazione dei piazzali pubblici con cubetti di perfide su lette di sabbia.

#### **V ) - PONTILI -**

Sono previsti tutti "a giorno del tipo a pali centrifugati infissi in fonda sabbioso per 1 2/3 dell'altezza e collegati da traversi prefabbricati in conglomerato cementizio armato, portanti strutture di impalcato in cemento armato precompresso (sovraccarico kg. 1 000/mq.),

La loro disposizione potrà essere eventualmente variata in funzione delle dimensioni dei natanti.

Un pontile ad anelli riduttori sarà previsto nel caso di una realizzazione del porto in tre fasi.

## **STUDIO IDRAULICO MARITTIMO DEL LITORALE DEL COMUNE DI COGOLETO .**

Scopo di questo studio è la ricerca delle caratteristiche fisiografiche per individuare e specificare l'andamento e l'entità del moto ondoso sulla costa del Comune di Cogoleto ai fini di definire l'ubicazione, il dimensionamento e la configurazione delle future strutture portuali da progettarsi.

### **CARATTERISTICHE DEL MOTO ONDOSO NEL TRATTO DI MARE ANTISTANTE LA COSTA DI COGOLETO .**

Con le carte batimetriche n° 340 e 909 dell'Istituto Idrografico della Marina e la carta F.4 GENOVA della Studio Cartografico Italiano si è proceduto al confronto grafico e teorico del FETCH, nell'ambito del settore di traversia individuato .

Il settore di traversia determinato sui rapporti azimutali presenta un angolo di apertura di circa 127°30' delimitato ad EST dalla Punta di Portofino (Azimut 97°30' N) e ad OVEST dal Capo Santa Croce di Albenga (Azimut 225° N), preso a km. 4,5 circa al largo di Cogoleto (punto di incrocio tra Merid. 8°39' e Parr. 44°21'). Questo angolo di apertura sarà esteso a 180° (compreso tra gli Azimut 67°30' N e 247°30' N) per il calcolo dei vari Fetch effettivi.

Su tale settore di traversia si è proceduto all'identificazione grafica ai fini di evidenziarne l'angolo di apertura, da questa si può dedurre che i principali venti direttamente interessati appartengono al secondo e al terzo quadrante, mentre il primo quadrante interessa solo il calcolo del Fetch effettivo per i venti di Levante.

Il FETCH considerato, inteso come spazio di mare antistante su cui si sviluppa liberamente il vento, non è uniforme all'interno del settore di traversia, ma presenta caratteristiche dimensionali variabili a seconda dell'angolazione di provenienza dei venti: cioè si possono individuare, nell'ambito dei 127°30' dell'angolo di apertura del settore, 1 settori parziali seguenti e le rispettive visuali caratteristiche.

1) Settore di traversia interessato da venti di EST (Levante) e SUD-EST (Scirocco) con un'estensione massima di Fetch grafico di km. 215.

- a) Azimut 97°30' N. visuale punta di PORTOFINO.
- b) Azimut 110°30' N. visuale isola PALMARIA.
- c) Azimut 136°30' N. visuale PIOMBINO.

2) Settore di traversia interessato da venti di SUD-EST (Scirocco) con un'estensione massima di Fetch grafico di km. 828.

- a) Azimut 136°30' N. visuale PIOMBINO.
- b) Azimut 147°30' N. visuale Isola CAPRAIA.
- c) Azimut 157° N. visuale CAPO CORSE (Corsica orientale).

3) Settore di traversia interessato da venti di Sud (Mezzogiorno) con un'estensione massima di Fetch grafico di km. 405.

- a) Azimut 157° N. visuale Capo CORSE.
- b) Azimut 182° N. visuale Capo ROSSO (Corsica occidentale).
- c) Azimut 186°30' N. visuale Capo dell'ARGENTIERA (Sardegna).

4) Settore di traversia interessato da venti di SUD (Mezzogiorno) e SUD-OVEST (Libeccio) con estensione massima di Fetch grafico di Km. 1048.

- a) Azimut 186° N. visuale Capo dell'ARGENTIERA.
- b) Azimut 221°30' N. visuale CAPO MELE (Laiguégli a).

Per il calcolo del Fetch effettivo che insiste sui paraggio in esame si è adottato il sistema riportato nello "Shore Protection Planning and Design technical report n°4 U.S.Army Coastal Engineering research Center" ed indicato nella Tavola 2. Si è esteso l'angolo di apertura del settore di traversia a 180° come esposto precedentemente e si è suddiviso in quattro settori di 45° adiacenti, non intersecanti, corrispondenti alle quattro direzioni di venti predominanti.

Da tale calcolo i Fetch effettivi per le quattro direzioni prese in esame risultano i seguenti :

- |                |           |                 |
|----------------|-----------|-----------------|
| 1) LEVANTE     | Dir. 90°  | N : km. 51,71.  |
| 2) SCIROCCO    | Dir. 135° | N : km. 302,43. |
| 3) MEZZOGIORNO | Dir. 180° | N : km. 441,55. |
| 4) LIBECCIO    | Dir. 225° | N : km. 382,09. |

**- CALCOLO DEL FETCH EFFETTIVO 1 -**

$\beta$	$\cos \beta$	LEVANTE		SCIROCCO	
		Fi (km)	Fi $\cos^2 \beta$	Fi (km)	Fi $\cos^2 \beta$
22,50	0,92388	16,50	14,08	138,00	117,79
18,75	0,94693			144,50	129,57
15,00	0,96593	20,50	19,13	150,00	139,95
11,25	0,98079			158,50	152,47
7,50	0,99144	28,50	28,01	178,00	174,97
3,75	0,99786			198,50	197,65
0,00	1,00000	39,00	39,00	208,50	208,50
3,75	0,99786			215,00	214,08
7,50	0,99144	59,00	57,99	212,00	208,39
11,25	0,98079			209,00	201,05
15,00	0,96593	79,00	73,71	780,00	727,75
18,75	0,94693			772,00	692,23
22,50	0,92388	138,00	117,79	762,00	650,41
$\Sigma$	<b>12,61365</b>		<b>349,72</b>		<b>3814,80</b>
	<b>6,76250</b>				

**- CALCOLO DEL FETCH EFFETTIVO 2 -**

$\beta$	$\cos \beta$	MEZZOGIORNO		LIBECCIO	
		Fi (km)	Fi $\cos^2 \beta$	Fi (km)	Fi $\cos^2 \beta$
22,50	0,92388	162,00	138,28	893,00	762,22
18,75	0,94693	169,00	151,54	910,00	815,98
15,00	0,96593	189,00	176,34	953,00	889,16
11,25	0,98079	187,00	179,88	1008,00	969,64
7,50	0,99144	193,00	189,71	607,00	596,66
3,75	0,99786	196,00	195,16	620,00	617,35
0,00	1,00000	210,00	210,00	54,50	54,50
3,75	0,99786	363,00	361,45	24,50	24,40
7,50	0,99144	820,00	806,03	23,50	23,10
11,25	0,98079	835,00	803,22	19,50	18,76
15,00	0,96593	855,00	797,73	18,50	17,26
18,75	0,94693	890,00	798,04	18,50	16,59
22,50	0,92388	893,00	762,22	16,50	14,08
$\Sigma$	<b>12,61365</b>		<b>5569,60</b>		<b>4819,69</b>

### - CALCOLO DEL FETCH EFFETTIVO 3 -

$$\text{Fetch Eff.} = \frac{F_i \cos^2 \beta}{\sum \cos \beta}$$

#### **LEVANTE**

$$\text{Fetch Dir.} \quad \mathbf{90^\circ} = \frac{\mathbf{349,72}}{\mathbf{6,7625}} = \mathbf{51,71 \text{ km.}}$$

#### **SCIROCCO**

$$\text{Fetch Dir.} \quad \mathbf{135^\circ} = \frac{\mathbf{3814,80}}{\mathbf{12,6137}} = \mathbf{302,43 \text{ km.}}$$

#### **MEZZOGIORNO**

$$\text{Fetch Dir.} \quad \mathbf{180^\circ} = \frac{\mathbf{5569,60}}{\mathbf{12,6137}} = \mathbf{441,55 \text{ km.}}$$

#### **LIBECCIO**

$$\text{Fetch Dir.} \quad \mathbf{225^\circ} = \frac{\mathbf{4819,69}}{\mathbf{12,6137}} = \mathbf{382,10 \text{ km.}}$$

## **DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE DELLE ONDE IN MARE PROFONDO**

La media annuale dei dati relativi all'andamento dei venti non può essere utilizzata, in quanto è rilevante l'intensità effettiva e la sua durata.

Questi sono elementi che, unitamente alla direzione e ai Fetch, contribuiscono a determinare le caratteristiche dei treni d'onda.

Secondo alcuni autori, l'incremento del moto ondoso è rilevante nelle prime dodici ore in cui è iniziato a spirare il vento, ed è proporzionale alla sua media oraria, in quanto il vento non soffia mai con regolarità, ma con velocità istantanea.

Sulla base delle precedenti considerazioni si devono esaminare solo venti di una certa intensità e durata.

Altra caratteristica importante della riviera figura risulta la circostanza che, generalmente, il vento persistente a velocità elevata inizia a spirare da SUD-EST, per poi ruotare da SUD e quindi da SUD-OVEST.

Tale rotazione appare una caratteristica costante in occasione delle più forti mareggiate.

### **CONSIDERAZIONI ANEMOMETRICHE.**

Si è tenuto conto delle registrazioni anemometriche degli anni 1885-1985 e si è giunti alle seguenti conclusioni:

1) TRAVERSIA di SCIROCCO (venti con direzione SUD-EST).

- La persistenza continuativa massima con velocità oraria superiore a 30 km/h (8,33 m/s) è risultata di 17 ore.
- La massima durata di una certa consistenza è stata di circa 63 ore avvenuta nel 1945 in cui il vento soffiò da SUD-EST con una velocità media oraria di 20 km/h (5,55 m/s).
- L'intensità massima della velocità media oraria del vento è stata di 58 km/h (16,11 m/s) verificatosi per un'ora nel 1956.

- L'intensità massima riportata alla durata nel tempo risale ai 1891 con 7 ore a una media di circa 45 km/h (12,5 m/s).

## 2) TRAVERSIA di MEZZOGGIORNO (venti con direzione SUD).

- La presenza continuativa massima con velocità media oraria superiore a 30 km/h (8,33 m/s) è risultata di 17 ore.

- La velocità media oraria di persistenza più elevata è risultata di 49,50 km/h (13,75 m/s) con una durata di due ore verificatasi nel 1908.

- La massima velocità media oraria è risultata invece di 59 km/h verificatasi nel 1898.

- La caratteristica usuale dei venti da SUD è quella di insorgere in conseguenza di una rotazione di venti di SUD-EST; per cui i mari che essi generano risentono di tale evenienza.

- Infatti l'insorgenza dei venti da SUD trova una superficie a volte notevolmente agitata, per cui quando viene a sommarsi e sovrapporsi una nuova prolungata agitazione del vento si generano onde di notevoli proporzioni.

## 3) TRAVERSIA di LIBECCIO (venti da SUD-OVEST)

- Le osservazioni condotte sui venti da SUD-OVEST evidenziano che la massima frequenza è stata di 16 ore consecutive in cui il vento ha mantenuto una velocità di circa 42 km/h (11,66 m/s), mentre la massima velocità media assoluta si verificò in occasione della mareggiata del 19/02/1955, che arrecò notevoli danni alla diga foranea del porto di Genova, con una velocità di 58 km/h (16,11 m/s), mantenutasi con persistenza continuativa di un'ora.

- i più forti venti da SUD-OVEST insorgono, prevalentemente, da una rotazione di venti originariamente provenienti da SUD-EST e, quindi, da SUD, con la caratteristica di causare le maggiori mareggiate della Riviera Ligure.

- Durante la fase culminante della mareggiata del febbraio 1955 si stimarono altezze d'onda di m. 7,00 e conseguenti frangenti d'ostacolo con altezze stimate a diverse decine di metri.

## CALCOLO DELL'ALTEZZA D'ONDA IN MARE PROFONDO.

Le valutazioni che si possono ricavare corredando le caratteristiche dei venti sopra esposte con la Tabella dette Onde Significative di SVERDRUP-MUNK a pieno sviluppo (vale a dire le dimensioni estreme dette onde significative che potrebbero essere generate dai singoli valori della velocità  $U$  del vento quando si supponesse che la durata e il Fetch fossero illimitati) sono le seguenti:

1 <sup>a</sup> Traversia	$U = 16,11 \text{ m/s.}$			
	$H^* = 6,72 \text{ m.}$	$L^* = 312 \text{ m.}$	$T^* = 14,13 \text{ s.}$	
2 <sup>a</sup> Traversia	$U = 16,39 \text{ m/s.}$			
	$H^* = 6,95 \text{ m.}$	$L^* = 323 \text{ m.}$	$T^* = 14,38 \text{ s.}$	
3 <sup>a</sup> Traversia	$U = 16,11 \text{ m/s.}$			
	$H^* = 6,72 \text{ m.}$	$L^* = 312 \text{ m.}$	$T^* = 14,13 \text{ s.}$	

In seguito riportandosi ai nomogrammi del prof. TENANI : grafici dello sviluppo delle onde, e considerando 1 parametro ottenuto per il caso a regime transitorio come il più piccolo, otteniamo le seguenti onde in mare profondo:

1 <sup>a</sup> Traversia	$f(\beta') = 0,695 \quad H_0 = 4,67 \text{ m.}$
2 <sup>a</sup> Traversia	$f(\beta') = 0,691 \quad H_0 = 4,80 \text{ m.}$
3 <sup>a</sup> Traversia	$f(\beta') = 0,695 \quad H_0 = 4,67 \text{ m.}$

Visto che tali risultati apparentemente comportano dette stime per difetto applicheremo due altre equazioni:

**Formula di IRIBBAREN**

$$H_o = 1,2 \sqrt[4]{F}$$

con F in km.  
e Ho in m.

	Fetch			
1° traversia	302,43	<b>Ho =</b>	<b>5,00</b>	<b>m.</b>
2° traversia	441,55	<b>Ho =</b>	<b>5,50</b>	<b>m.</b>
3° traversia	382,10	<b>Ho =</b>	<b>5,31</b>	<b>m.</b>

**Formula di STEVENSON**

$$H_o = 0,3 \sqrt{F}$$

per F > 100 km.  
con F in km. e Ho in m.

	Fetch			
1° traversia	302,43	<b>Ho =</b>	<b>5,22</b>	<b>m.</b>
2° traversia	441,55	<b>Ho =</b>	<b>6,30</b>	<b>m.</b>
3° traversia	382,10	<b>Ho =</b>	<b>5,86</b>	<b>m.</b>

Dalla media ponderata di tali calcoli 1 valori ottenuti per un'altezza d'onda al largo causata dal massimo vento per le varie traversie risultano le seguenti:

1 <sup>a</sup> Traversia	$H_0 = 5,00$ m.
2 <sup>a</sup> Traversia	$H_0 = 5,50$ m.
3 <sup>a</sup> Traversia	$H_0 = 5,30$ m.

**CALCOLO DELLE CARATTERISTICHE DELL'ONDA IN MARE PROFONDO.**

Oppure nei paraggi in questione si assume pari a quelle che mediamente si verificano nel bacino mediterraneo in periodi di burrasca e cioè:

$$L_o = 25H \quad \text{con } L \text{ e } H \text{ in m.}$$

Per la nota relazione intercorrente tra lunghezza d'onda e periodo, si può ricavare quest'ultimo:

$$T_o = \sqrt{\frac{2\pi L_o}{g}} \quad \text{con } T \text{ in secondi e } L \text{ in m.}$$

Da tali calcoli le lunghezze d'onda ed i corrispondenti periodi risultano i seguenti per le varie traversie:

<b>Lunghezza d'onda</b>		<b><math>L_o = 25H_o</math></b>	
	$H_o$		
1°traversia	5,00	<b>Lo =</b>	<b>125,11 m.</b>
2°traversia	5,50	<b>Lo =</b>	<b>137,52 m.</b>
3°traversia	5,31	<b>Lo =</b>	<b>132,64 m.</b>
<b>Periodo</b>		<b><math>T_o = \sqrt{\frac{2\pi L_o}{g}}</math></b>	
	$L_o$		
1°traversia	125,11	<b>To =</b>	<b>8,95 s.</b>
2°traversia	137,52	<b>To =</b>	<b>9,39 s.</b>
3°traversia	132,64	<b>To =</b>	<b>9,22 s.</b>

Per la lunghezza d'onda massima ai largo si assume la formula seguente:

$$L_m = 31 \sqrt[3]{F} \quad \text{con } L \text{ in m. e } F \text{ in Km.}$$

<b>Lunghezza d'onda massima</b>		<b><math>L_m = 31 \sqrt[3]{F}</math></b>	
	Fetch		
1° traversia	302,43	<b>Lm =</b>	<b>208,08 m.</b>
2° traversia	441,55	<b>Lm =</b>	<b>236,05 m.</b>
3° traversia	382,10	<b>Lm =</b>	<b>224,95 m.</b>

<b>Periodo massimo</b>		<b><math>T_m = \sqrt{\frac{2\pi L_m}{g}}</math></b>	
	Lm		
1° traversia	208,08	<b>Tm =</b>	<b>11,54 s.</b>
2° traversia	236,05	<b>Tm =</b>	<b>12,30 s.</b>
3° traversia	224,95	<b>Tm =</b>	<b>12,00 s.</b>

Le onde ricavate dalle precedenti considerazioni sono onde teoriche, che però sono quelle più gravose per l'indagine sui comportamento dette opere foranee.

## CALCOLO DELL'ALTEZZA D'ONDA IN FONDALI RIDOTTI.

Tenendo conto dei sopra citati dati sulle caratteristiche dei mari relativi alle grandi tempeste, ai fini di individuare le posizioni dette onde in prossimità della costa e di verificare l'orientamento delle Dighe e dell'ingresso del porticciolo, si deve provvedere a tracciare 1 relativi piani d'onda.

Tali piani d'onda realizzati secondo le approssimazioni e le indicazioni grafiche di IRIBARREN, rappresentano l'andamento delle linee d'onda in funzione del fenomeno di rifrazione, e quindi, della distribuzione laterale dell'energia e di dissipazione per attrito sul fondo.

Per determinare le variazioni dell'altezza dell'onda che procede in fondali ridotti, si ammette che le normali alle successive posizioni delle creste delimitino campi chiusi di energia.

Questa condizione, anche se non perfettamente verificata dal punto di vista teorico, è tuttavia aderente al fenomeno fisico, ed è conforme all'esperienza per quanto riguarda le applicazioni.

Infatti per l'onda in alto mare e cioè con un fondale  $H$  superiore od uguale a  $L_0$  si ha una semplice oscillazione senza spostamento di liquido (troncoide circolare) ed il moto ondoso viene definito dalla sua altezza d'onda  $H_0$ , dal suo periodo  $T_0$ , dalla sua lunghezza d'onda  $L_0$  e dalla sua velocità  $C_0$ .

Le Relazioni in alto mare sono:

$$T_0 = \sqrt{\frac{2\pi L_0}{g}} \quad \text{e} \quad C_0 = \frac{L_0}{T_0} = \sqrt{\frac{gL_0}{2\pi}}$$

Mentre avremo che in fondali ridotti, per  $H$  inferiore a  $L_0$ , il periodo di oscillazioni  $T$  rimane invariato mentre la lunghezza d'onda e la velocità diminuiscono (Troncoide ellittica).

$$T_0 = \sqrt{\frac{2\pi L_0}{g}} = \sqrt{\frac{2\pi L_n}{g} \operatorname{cosech}\left(\frac{2\pi d}{L_n}\right)} \quad \text{per cui} \quad L_0 = L_n \operatorname{cosech}\left(\frac{2\pi d}{L_n}\right)$$

$$C_n = \frac{L_n}{T_0} = \sqrt{\left(\frac{g}{2\pi}\right) \frac{L_n}{K}} \quad \text{con} \quad \frac{1}{K} = \text{tgh}\left(\frac{2\pi d}{L_n}\right) \quad \text{con } K \text{ sup. } 1$$

Per cui avremo la seguente relazione per definire un'altezza d'onda puntuale:

$$h_n = K_1 K_2 h_0$$

dove  $K_1$  è la variazione dell'altezza d'onda dovuta all'attrito sui fondale.

$K_2$  è la variazione prodotta dal fenomeno di rifrazione  $K_2 = \sqrt{\frac{a_0}{a_1}}$  dove  $a_0$  è il fronte d'onda al largo e

$a_1, a_2, \dots, a_n$  sono i successivi fronti.