

# REGIONE ABRUZZO



## COMUNE DI ROCCA S. GIOVANNI

INTERVENTO FINALIZZATO ALLA  
PROTEZIONE DEL LITORALE APPARTENENTE  
AL COMUNE DI ROCCA SAN GIOVANNI NELLE  
LOCALITA' "IL CAVALLUCCIO" E "VALLE  
DELLE GROTTI" - Fondi PAR-FAS 2007-2013

### PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

Titolo elaborato :

#### CALCOLI ESECUTIVI DELLE STRUTTURE

E R C 1 4 0 0 0 R 0 0 4

Committente:  
COMUNE DI ROCCA SAN GIOVANNI

Responsabile Unico del Procedimento:  
Geom. Egidio IEZZI

Progettazione:  
Prof. Ing. Paolo De Girolamo

Rif. Dis.	Data	Rev.	DESCRIZIONE	Redatto:	Verificato:	Approvato:
	Aprile 2014	0	EMISSIONE	DE GIROLAMO		DE GIROLAMO

Dimensioni foglio:

A4

Visto del Committente:

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSE.....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI.....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>REQUISITI TECNICO-FUNZIONALI DELLE OPERE IN PROGETTO.....</b>	<b>4</b>
3.1	DEFINIZIONE DEI CRITERI DI PROGETTO .....	5
3.1.1	<i>Durata minima di vita dell'opera.....</i>	<i>6</i>
3.1.2	<i>Probabilità di danneggiamento ammissibile dell'opera .....</i>	<i>7</i>
3.1.3	<i>Calcolo del tempo di ritorno dell'onda di progetto .....</i>	<i>8</i>
3.1.4	<i>Sovralzo del livello marino.....</i>	<i>8</i>
3.1.5	<i>Parametri meteomarini di progetto.....</i>	<i>11</i>
<b>4</b>	<b>VERIFICHE IDRAULICHE E STRUTTURALI DELLE NUOVE SCOGLIERE.....</b>	<b>12</b>
4.1	DIMENSIONI E CARATTERISTICHE STRUTTURALI.....	12
4.2	VERIFICHE DI STABILITÀ DELLA SCOGLIERA .....	13

## **1 Premesse**

Con determinazione n. 153 del 23/11/2012, ai sensi del T.U.E.L. 18 agosto 2000, n. 267, il Comune di Rocca San Giovanni (CH) ha affidato al Prof. Ing. Paolo De Girolamo l'incarico di progettazione, direzione lavori e sicurezza di un "Intervento finalizzato alla protezione del litorale appartenente al Comune di Rocca S. Giovanni nelle località Il Cavalluccio e Valle delle Grotte". L'intervento è finanziato nell'ambito del PAR-FAS 2007-2013.

La presente relazione, redatta in conformità a quanto prescritto dall' art. 37 del D.P.R. del 5 ottobre 2010, riporta i calcoli esecutivi delle strutture progettate per la difesa dei litorali appartenenti al comune di Rocca San Giovanni, al fine di poter effettuare le dovute verifiche idrauliche e di stabilità delle nuove opere.

Queste ricalcano essenzialmente la tipologia delle scogliere a gettata, tutte realizzate in massi naturali e pietrame, e per il loro dimensionamento si è tenuto conto di un tempo di vita utile delle opere di 30 anni ed un tempo di ritorno dell'evento meteomarinico di progetto pari a  $T_R = 60$  anni.

## **2 Caratteristiche geotecniche dei terreni**

Lungo i tratti di costi interessati dagli interventi, nelle località Il Cavalluccio e Valle delle Grotte, vista la tipologia delle opere rigide in progetto e le funzionalità principali che dovranno assolvere, ovvero barriere frangiflutti pressoché parallele alla costa abbinata a pennelli trasversali per l'attenuazione del moto ondoso incidente la costa attraverso la dissipazione di energia ad opera del frangimento delle onde, si ritiene con sufficiente certezza che le caratteristiche geologiche e geotecniche dei terreni di fondazione non lasciano presagire particolari problematiche legate alla stabilità delle opere.

Infatti, la particolare geometria delle opere, caratterizzate da una sezione trasversale trapezia avente una base maggiore superiore a 10 m, consente una buona ripartizione dei carichi, dovuti principalmente al peso proprio delle opere stesse, sui terreni di fondazione garantendo ampiamente le dovute condizioni di stabilità d'insieme richieste per le opere.

Nel dimensionamento strutturale delle scogliere si è tenuto comunque conto di un fattore di ingozzamento massimo dell'ordine del 15% a fronte di una porosità d'insieme delle singole scogliere pari al massimo al 30% per la messa in opera alla rinfusa degli elementi lapidei che le compongono.

### **3 Requisiti tecnico-funzionali delle opere in progetto**

Gli interventi previsti dal presente progetto esecutivo per la difesa dei tratti di litorale nelle località Il Cavalluccio e Valle delle Grotte, nel comune di Rocca San Giovanni, consistono nella realizzazione delle seguenti opere.

#### **Località Il Cavalluccio**

- n. 2 pennelli parzialmente sommersi ed n. 1 pennello emerso, tutti realizzati con massi naturali di natura calcarea e posti ad interasse di circa 170 m, al fine di ridurre le correnti longitudinali sotto costa, principali responsabili dell'erosione costiera.
- n. 4 piattaforme sommerse, realizzate in massi naturali di natura calcarea, poste per la chiusura dei varchi presenti tra le opere emerse esistenti e il collegamento tra il nuovo pennello a Nord e la scogliera emersa ad esso prospiciente, in maniera tale da realizzare due celle aventi la duplice funzionalità di attenuare il moto ondoso incidente e di contenere la deriva trasversale del materiale sabbioso.

#### **Località Valle delle Grotte**

- n. 2 pennelli parzialmente sommersi, tutti realizzati con massi naturali di natura calcarea distanziati di circa 200 m, al fine di ridurre le correnti longitudinali sotto costa, principali responsabili dell'erosione costiera.
- n. 5 barriere longitudinali sommerse, realizzate in massi naturali di natura calcarea, poste per la chiusura dei varchi presenti tra le opere emerse esistenti, in maniera tale da realizzare due celle aventi la duplice funzionalità di attenuare il moto ondoso incidente e di contenere la deriva trasversale del materiale sabbioso.

Le caratteristiche geometriche delle opere in progetto sono riportate in apposite tavole grafiche a cui si rimanda per maggiori dettagli.

Si precisa che gli interventi in progetto sono finalizzati all'attenuazione delle azioni del moto ondoso incidente la costa nonché al contenimento degli attuali processi di dinamica costiera che, nel caso specifico, ha causato arretramenti

della linea di riva tali da far temere la stabilità delle falesie, retrostanti le opere in progetto, che caratterizzano le due aree di intervento.

Nei paragrafi seguenti vengono descritti i criteri seguiti per la definizione dei parametri di progetto necessari per il corretto dimensionamento idraulico e strutturale delle singole opere.

### **3.1 Definizione dei criteri di progetto**

Il sistema di difesa progettato deve assolvere alla funzione primaria di contenere i fenomeni erosivi indotti dal moto ondoso incidente lungo i tratti di costa nelle due località in esame.

Come precedentemente riportato, le opere in progetto per la difesa della costa sono riconducibili essenzialmente a due tipologie di opere marittime così distinte:

- scogliere sommerse disposte in maniera pressoché parallela alla linea di riva per la chiusura dei varchi esistenti;
- pennelli parzialmente sommersi disposti in maniera pressoché ortogonale alla linea di riva.

Con riferimento a quanto indicato anche dalle “Istruzioni Tecniche per la progettazione e la esecuzione di opere di protezione delle coste” e “Istruzioni Tecniche per la progettazione delle dighe marittime”, entrambe edite dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, per il dimensionamento strutturale delle scogliere si deve valutare preliminarmente la durata di vita utile dell’opera  $T_u$ , in relazione alle sue caratteristiche funzionali (livello di sicurezza che deve assolvere e tipologia d’uso).

Si valuta inoltre, la massima probabilità di danneggiamento ammissibile  $P_f$  per l’opera, in funzione delle ripercussioni economiche e degli eventuali rischi per le vite umane connessi al cosiddetto “evento meteomarinico di progetto” contraddistinto da un determinato tempo di ritorno durante la vita di esercizio dell’opera.

Tra gli altri criteri di progetto vanno richiamati quelli operativo-funzionali cui deve assolvere il sistema di difesa. Nel caso in esame le nuove opere dovranno

garantire, oltre ad una sensibile attenuazione dell'azione del moto ondoso incidente, un sostegno, nel senso longitudinale della costa, al profilo trasversale della spiaggia che ricade all'interno delle nuove opere.

### 3.1.1 Durata minima di vita dell'opera

Con riferimento alla seguente Tabella 3.1 ed alle indicazioni relative desunte dalle succitate Istruzioni Tecniche, le scogliere contemplate dal presente progetto possono essere considerate come infrastrutture civili di uso generale con un livello di sicurezza 1 e pertanto contraddistinte da una durata minima di vita pari a 25 anni.

Nel presente progetto, a favore della sicurezza, si è ipotizzato un tempo di vita dell'opera pari a 30 anni.

**Tabella 3.1 - Durata minima di vita per opere o strutture di carattere definitivo  $T_v$**

<b>Tipo dell'opera</b>	<b>Livello di sicurezza richiesto</b>		
	1	2	3
	<b>Vita di progetto (anni)</b>		
Infrastrutture di uso generale	25	50	100
Infrastrutture ad uso specifico	15	25	50

dove

Per infrastrutture ad uso specifico si intendono le opere di difesa di singole installazioni industriali, di porti industriali, di depositi o piattaforme di carico e scarico, di piattaforme petrolifere, ecc.

Il livello di sicurezza 1 si riferisce ad opere o installazioni di interesse locale ed ausiliario, comportanti un rischio minimo di perdita di vite umane o di danni ambientali in caso di collasso della stessa (difese costiere, opere in porti minori o marina, scarichi a mare, strade litoranee ecc.).

Il livello di sicurezza 2 si riferisce ad opere e installazioni di interesse generale, comportanti un moderato rischio di perdita di vite umane o di danni ambientali in caso di collasso dell'opera (opere di grandi porti, scarichi a mare di grandi città, ecc.).

Il livello di sicurezza 3 si riferisce ad opere o installazioni per la protezione dall'inondazione o di interesse sopranazionale, comportanti un elevato rischio di perdita di vite umane o di danno ambientale in caso di collasso della stessa (difese di centri urbani o industriali, ecc.).

### 3.1.2 Probabilità di danneggiamento ammissibile dell'opera

Con riferimento alla seguente Tabella 3.2 ed alle indicazioni desunte dalle succitate Istruzioni Tecniche, per le opere marittime contemplate dal presente progetto si può ritenere accettabile lo scenario di danno incipiente con rischio limitato per la vita umana e ripercussioni economiche medio-basse assumendo quindi una probabilità massima di danneggiamento pari a 0,4.

**Tabella 3.2 - Massima probabilità di danneggiamento  $P_f$  ammissibile nel periodo di vita operativa**

<b><i>Danneggiamento incipiente</i></b>		
Ripercussione economica	Rischio per la vita umana	
	Limitato	Elevato
Bassa	0.50	0.30
Media	0.30	0.20
Alta	0.25	0.15
<b><i>Distruzione totale</i></b>		
Ripercussione economica	Rischio per la vita umana	
	Limitato	Elevato
Bassa	0.20	0.15
Media	0.15	0.10
Alta	0.10	0.05

dove

Per strutture flessibili o comunque per opere riparabili, si assume la probabilità corrispondente al danneggiamento incipiente inteso come il livello di danneggiamento predefinito in relazione al tipo di struttura, al di sopra del quale il danno è apprezzabile e risulta necessario intervenire con lavori di manutenzione.

Per queste opere si deve comunque verificare anche lo scenario di rovina totale, cioè del superamento di un livello di danneggiamento predefinito in relazione al tipo di struttura, al di sopra del quale l'opera cessa di svolgere un'apprezzabile funzione protettiva.

Per rischio limitato per la vita umana si intendono i casi in cui a seguito del danneggiamento dell'opera non è prevista alcuna perdita di vite umane. Quando queste perdite sono preventivabili, il rischio è elevato.

Per ripercussione economica bassa, media ed alta si intendono casi in cui il rapporto fra i costi diretti del danneggiamento, sommati a quelli indiretti dovuti alla perdita di funzionalità delle opere protette ed, il costo totale per la realizzazione dell'opera è minore di 5, è compreso fra 5 e 20 o è maggiore di 20.



### 3.1.3 Calcolo del tempo di ritorno dell'onda di progetto

Il tempo di ritorno dell'evento di progetto  $T_{rp}$  viene calcolato, in funzione del tempo di vita dell'opera preso come riferimento,  $T_v = 30$ , e della probabilità di danneggiamento  $P_f = 0.4$ , tramite la relazione seguente:

$$T_{rp} = T_v / [-\ln (1-P_f)] \quad (1)$$

Assumendo il criterio del danno incipiente si impone  $P_f = 0,4$  e quindi:

$$T_{rp} = 30 / [-\ln (1-0.4)] \quad 60 \text{ anni.}$$

Inoltre, al fine di verificare anche la stabilità delle opere durante le lavorazioni di costruzione, e cioè in fase provvisoria, è stato definito il rischio ammissibile di danneggiamento delle opere stesse assumendo una durata di vita inferiore ad 1 anno.

Con riferimento sempre alla Tabella 3.2 si può assumere una probabilità di danno incipiente pari a 0.30, ovvero una probabilità di distruzione totale pari a 0.15. Applicando sempre l'equazione (1), ma assumendo  $T_v = 1$  e  $P_f$  pari a 0.3 (per danni incipienti) e 0.15 (per la distruzione dell'opera), si ottiene un tempo di ritorno degli eventi meteomarini da "temere" durante le fasi di costruzione pari rispettivamente a circa 3 e 6 anni. Nelle verifiche di stabilità dell'opera parzialmente costruita ci si riferisce dunque a stati di mare associati a tempi di ritorno di questo ordine di grandezza.

### 3.1.4 Sovralzo del livello marino

Il massimo innalzamento ed abbassamento del l.m.m. comprende differenti contributi dovuti ai vari fattori meteomarini che lo determinano, quali:

- la marea astronomica  $S_{m(+)}$  e  $S_{m(-)}$ ;
- la variazione della pressione atmosferica  $S_{\Delta p(+)}$  e  $S_{\Delta p(-)}$ ;
- il vento di tempesta  $S_v$  caratterizzato da lunghe durate associato alle mareggiate più intense;
- il frangimento delle onde (set-up).

Pertanto, il calcolo del sovrizzo minimo e massimo si può esprimere come segue:

$$S_{\min} = S_{m(-)} + S_{\Delta p(+)}; \quad S_{\max} = S_{m(+)} + S_{\Delta p(-)} + S_v .$$

Le espressioni sopra riportate mostrano come il vento di tempesta  $S_v$  fornisca sempre una variazione di livello sempre positiva.

Per il calcolo delle variazioni a breve termine del livello marino si è fatto riferimento ai risultati riportati nello studio meteomarinario condotto nell'ambito del progetto preliminare.

### **Contributo della marea astronomica**

I valori dell'ampiezza di marea astronomica massimi si hanno in epoca sizigiale, con i seguenti valori:

- massima escursione positiva:  $S_{m(+)} = + 0.22$
- massima escursione negativa:  $S_{m(-)} = - 0.22$

### **Contributo della marea meteorologica**

Per la definizione della marea meteorologica si distinguono:

#### **Variazione della pressione atmosferica**

Ipotizzando una  $P_{atm}=1013$  mb, un massimo barico registrato pari a  $p_{\Delta p(+)}=1044$  mb, un minimo barico registrato:  $p_{\Delta p(-)}=975$  mb e ricordando che ad 1 mb di pressione corrisponde una variazione della superficie marina di circa 0.01 m, si ottengono i seguenti valori massimi e minimi di variazione del livello del mare dovuta alla pressione atmosferica:

$$S_{\Delta p(+)} = - 0.31 \text{ m}; \quad S_{\Delta p(-)} = + 0.38 \text{ m}$$

#### **Sovralzo dovuto al vento di tempesta**

Il calcolo del sovrizzo di vento può essere effettuato con la nota relazione implicita:

$$S = \frac{K_p \cdot L_p \cdot U^2}{g(D - d - S)} \ln\left(\frac{D}{d + S}\right)$$

dove

- $K = 3 \times 10^{-6}$ ;
- $g = 9.8065 \text{ m/s}^2$ ;
- $d$  è la profondità del fondale ove si calcola il sovrizzo;
- $D$  è la profondità limite assunta per la piattaforma continentale, assunta pari a  $-100$  m s.l.m.;
- $U$  è la velocità costante del vento di tempesta assunto pari a  $20$  m/s

- $L_p$  è l'estensione della piattaforma continentale assunta pari a 20.000 m. Lungo la linea di riva, quindi, questa fornisce un valore di  $S$  pari a circa 0.15 m

### Sovralzo dovuto moto ondoso

Le onde provenienti da largo sono destinate a frangere ad una certa profondità dando origine ad una variazione del livello della superficie marina.

Nel dettaglio, lungo la fascia litoranea, confinata tra la linea dei frangenti e la linea di riva, si registra un abbassamento del livello marino (wave set-down) nella zona di frangimento delle onde ed un successivo innalzamento verso riva (wave set-up). Il calcolo dei due termini di sovrалzo e abbassamento dovuto al moto ondoso (rispettivamente set-up  $s$  e set-down  $b$ ), rappresentativi del fenomeno, possono essere effettuati attraverso le seguenti formule (Longuet-Higgins and Stewart).

$$-y_b = -\frac{1}{8} \frac{H_b^2 \frac{2f}{L}}{\sinh\left(\frac{4f}{L} d_b\right)} = -0.24 \text{ m} \quad -y_s = y_b + \frac{1}{8} \frac{d_b}{1 + \frac{3x_b^2}{8}} = +1.19 \text{ m}$$

avendo assunto:

- $H_b=7.4$  m - altezza d'onda di progetto con  $T_R=60$  anni
- $T_p=11.5$  s - periodo associato all'onda di progetto
- $L=206.5$  m - lunghezza dell'onda  $H_b$  relativa al periodo  $T_p$
- $d_b=12.8$  m - profondità del fondale su cui frange  $H_b$
- $x_b=0.58$  - indice di frangimento dato dal rapporto  $H_b/d_b$

### Sovralzo Totale

In definitiva è possibile calcolare il massimo sovrалzo lungo riva sommando tutti i diversi contributi di oscillazione del livello marino ma, considerando che in generale non si verifica la piena concomitanza di tutti i contributi, si può cautelativamente assumere una riduzione del 35% per il dislivello massimo generato ottenendo così

$$S_{tot} = (S_{max} + s) \times 0.65 = (0.22+0.38+0.15+1.19) \times 0.65 = 1.26 \text{ m}$$

Tale valore risulta di fondamentale importanza per stabilire la quota della berma di sommità della parte emersa del pennello con particolare riferimento alla parte

radicata a terra. Infatti, è necessario evitare che la massima risalita del moto ondoso possa creare fenomeni di escavazione, sull'estremità del radicamento a terra dei pennelli, tali da poter compromettere le funzionalità dei pennelli stessi ovvero l'intercettazione del trasporto solido longitudinale.

Al fine di evitare tale problematica, la quota di sommità del pennello nella parte di radicamento a terra, tenuto conto anche del sovrizzo del livello medio del mare lungo la linea di riva, è stata fissata a +1.50 m s.l.m.

### 3.1.5 Parametri meteomarini di progetto

Per la scelta dei parametri di progetto da utilizzare per le verifiche idraulico-strutturali delle opere previste dal presente progetto, si è fatto riferimento ai risultati ottenuti dallo studio meteomarino condotto nell'ambito del progetto preliminare, cui si rimanda per maggiori dettagli, ove sono stati definiti i principali parametri che caratterizzano il regime d'onda al largo e sotto costa del siti in esame. Nella tabella seguente sono stati riportati i parametri di progetto che sono stati utilizzati per il dimensionamento e le verifiche delle opere.

		<b>Onde di progetto al largo</b>		
<b>Fasi</b>	<b>Tr (anni)</b>	<b>Hs (m)</b>	<b>Tp (s)</b>	<b>Dir (°N)</b>
<b>Costruttive</b>	5	5.6	9.5	50÷320
	60	7.4	11.5	50÷320
<b>Esercizio</b>	1	4.6	8.5	50÷320

## **4 VERIFICHE IDRAULICHE E STRUTTURALI DELLE NUOVE SCOGLIERE**

Il presente capitolo riporta il dimensionamento delle opere a gettata, tutte in massi naturali, in progetto per la difesa dei litorali ricadenti nelle località Il Cavalluccio e Valle delle Grotte, nel comune di Rocca San Giovanni.

Per il dimensionamento delle principali componenti geometrico-strutturali, si sono assunte le condizioni meteomarine di progetto (onde e sovralti di marea) riportate nel capitolo precedente e determinate nello studio meteomarino, a cui si rimanda per maggiori dettagli, tenendo conto anche delle reali esigenze costruttive e verificandone la stabilità strutturale.

### **4.1 Dimensioni e caratteristiche strutturali**

#### **PENNELLI**

Al fine di contenere le correnti longitudinali che si creano durante le mareggiate più intense, maggiori responsabili della deriva del materiale sabbioso e quindi degli arretramenti della costa, nei due tratti di litorale oggetto di intervento si è scelto di utilizzare dei pennelli parzialmente sommersi, per favorire la circolazione idrica, che vanno ad intestarsi sulle barriere longitudinali attuali così da costituire un sistema di difesa a celle.

In particolare, tali pennelli sono contraddistinti dalle seguenti caratteristiche.

- una lunghezza variabile tra circa 50 m e circa 85m, di cui un primo tratto emerso lungo circa 30 m con quota di sommità pari a +1.50 m s.l.m. e la restante parte sommersa sino a quota - 0.50 m s.l.m.;
- una berma di sommità della parte emersa larga 3 m e una berma di sommità della parte sommersa larga 9.0 m;
- pendenza delle scarpate pari a  $b/h=3/2$ ;
- opera tutta realizzata in massi naturali da 1-3t.

#### **BARRIERE SOMMERSE (CHIUSURA VARCHI)**

Sono contraddistinte da:

- una lunghezza variabile mediamente tra circa 10 m e 30 m e tale da non interessare mai profondità superiori a circa – 4,0 m s.l.m.
- una berma di sommità larga 12 m e posta a quota -1.50 m rispetto al l.m.m;
- una pendenze delle scarpate dell'opera pari a  $b/h=3/2$ ;
- un corpo scogliera tutto realizzato con massi naturali da 1-3t.

La messa in opera dei massi naturali dovrà essere effettuata alla rinfusa, ovvero con posa in opera in maniera disordinata, e comunque tale da garantire una porosità d'insieme compresa tra il 20 ed il 30%.

#### 4.2 Verifiche di stabilità della scogliera

Per le nuove opere a gettata, previste dal presente progetto esecutivo, si è proceduto ad una verifica della congruità del peso dei singoli massi che le costituiscono utilizzando il metodo proposto da Van Der Meer ed il cui concetto di base può essere così sintetizzato: la "risposta" della struttura, e quindi la sua stabilità, alle sollecitazioni indotte dalla mareggiata di progetto dipende sostanzialmente da:

- tipo di "impatto" (frangimento) dell'onda,  $\xi_m$ , sulla mantellata;
- caratteristiche strutturali della mantellata.

Le caratteristiche strutturali della mantellata sono legate alla pendenza  $r$  del paramento lato mare, al peso medio dei massi  $\hat{m}_{n50}$ , ed alla porosità  $P$  della struttura.

Le relazioni di calcolo di Van der Meer, sulla scorta di copiose prove sperimentali, tengono conto dell'azione di onde irregolari e comunque degli effetti della variabilità del periodo d'onda, particolarmente significative in acque molto basse ( $d/L < 0,15$ ) ove si collocano generalmente le opere di difesa costiera:

$$\frac{H_s}{D_{n50}} = 6.2 P^{0.18} \left( \frac{S}{\sqrt{N}} \right)^{0.2} m^{-0.5} \quad \text{per frangente tipo plunging ( } m < m_c \text{ ) (7)}$$

$$\frac{H_s}{D_{n50}} = P^{-0.13} \left( \frac{S}{\sqrt{N}} \right)^{0.2} \sqrt{\cot r} \quad \text{per frangente tipo surging ( } m > m_c \text{ ) (8)}$$

con

- $H_s$  = altezza d'onda significativa al piede della scogliera
- $m$  = parametro di surf o numero di Iribarren per il periodo medio

$$m = \frac{\tan r}{\sqrt{\frac{2f H_s}{g T_m^2}}}$$

- $T_Z \approx T_m$  = periodo d'onda medio (s)
- $\alpha$  = pendenza della mantellata ( $^\circ$ )
- $\Delta = (\gamma_m / \gamma_a - 1)$  massa relativa del masso
- $\gamma_a$  = peso specifico dell'acqua marina ( $1030 \text{ Kg/m}^3$ )
- $\gamma_m$  = peso specifico del masso ( $2500 \text{ Kg/m}^3$ )
- $D_{n50}$  = diametro nominale del masso,  $D_{n50} = (W_{50} / \gamma_m)^{1/3}$  (m)
- $W_{50}$  = valore del peso corrispondente al 50% nella curva di distribuzione (kg)
- $P$  = coefficiente di permeabilità della struttura ( 0.20 per scogliere convenzionali)
- $S$  = livello di danneggiamento ammesso,  $S = A / D_{n50}^2$
- $A$  = area erosa nella sezione
- $N$  = numero di onde
- $M_{n50}$  = peso medio del masso immerso

Il termine  $S$  sintetizza la “deformazione” indotta dall’onda di progetto sull’originaria geometria dell’opera e pertanto viene assunto come parametro rappresentativo delle condizioni di stabilità strutturale d’insieme. Per scogliere contraddistinte da una mantellata composta da almeno due strati di massi e da pendenze dei paramenti dell’opera fino ad  $1/3$ , valori di  $S$  inferiori a  $0.5 \div 2.0$  offrono condizioni di grande stabilità delle mantellate, valori di  $S$  compresi tra  $2.0$  e  $4.0$  riflettono condizioni di “inizio danneggiamento”, equivalenti cioè ad un grado di danneggiamento inferiore al 5%, pienamente accettabile per il corretto esercizio delle opere marittime a gettata. Valori di  $S$  compresi tra  $4.0$  e  $6.0$

indicano condizioni di danneggiamento che impongono interventi “manutentivi” di ricarica e riprofilatura della scogliera; valori superiori ad 8 denunciano uno scenario di collasso dell’opera.

Il parametro critico di surf per paramenti ripidi ( $\cot\alpha < 3$ ) è calcolato come:

$$m_c = \left[ 6.2 P^{0.31} \sqrt{\tan r} \right]^{1/P+0.5}$$

mentre per pendenze lievi ( $\cot\alpha > 3$ ) è pari a:  $m_c = \left[ 3.58 P^{0.31} \right]^{1/P+0.5}$ .

Per opere emerse, ma comunque tracimabili, il valore del diametro medio  $D_{n50}$  dei massi di mantellata deve essere ridotto in funzione del seguente fattore di riduzione:

$$D_{n50} = \frac{D_{n50}}{(1.25 - 4.8R_p^*)} \quad \text{valida per} \quad 0 < R_p^* < 0.052 \quad (9)$$

$$\text{ove} \quad R_p^* = \frac{R_c}{H_s} \sqrt{\frac{s_{op}}{2f}}$$

Per il dimensionamento delle opere a gettata di tipo sommerso si è soliti fare riferimento alla seguente relazione proposta da Van Der Meer e derivata dalle prove sperimentali condotte da Gilver e Sorensen:

$$\frac{h'_c}{h} = (2.1 + 0.1 \cdot S) \cdot e^{-0.14 \cdot N_s^*} \quad (10)$$

ove:

- $h'_c$  è lo “spessore” della scogliera;
- $h$  è la profondità minima al piede dell’opera (al netto delle oscillazioni del livello marino);
- $S$  è il livello di danneggiamento;
- $N_s^* = \frac{H_s^{2/3} \cdot L_p^{1/3}}{\Delta \cdot D_{n50}}$  è il “numero di stabilità spettrale” definito in funzione di

parametri caratteristici dell’onda di progetto e della struttura dell’opera.

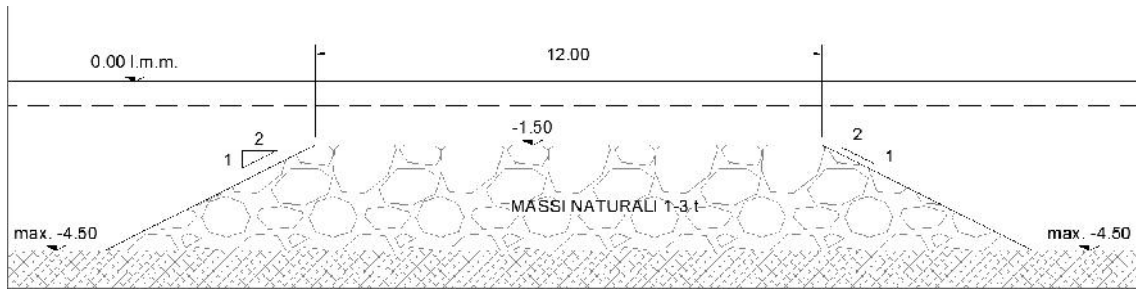
I metodi sopra descritti richiedono la preliminare caratterizzazione della “mareggiata di progetto” definita in funzione dell’altezza significativa  $H_s$ , della lunghezza d’onda media  $L_m$  e della durata o numero di onde  $N$  che contraddistinguono l’evento ondoso. Ovviamente si devono verificare



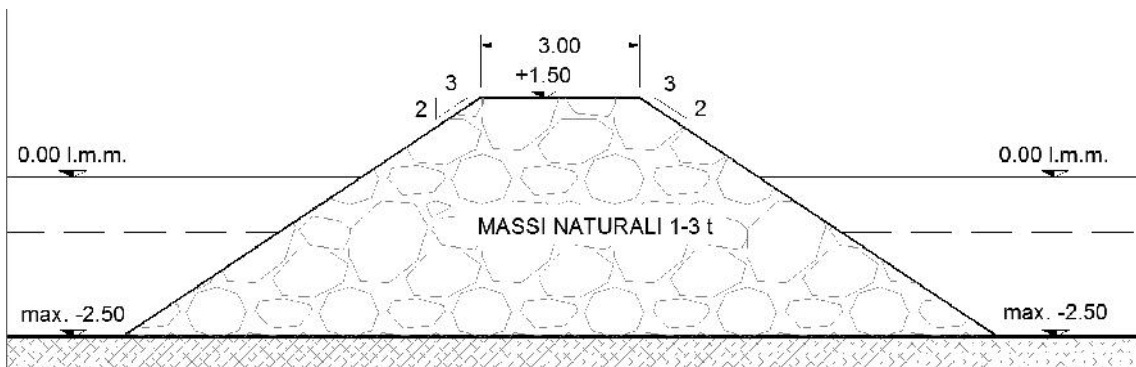
preliminarmente le eventuali condizioni di frangimento indotto dai fondali antistanti l'opera che possono limitare l'altezza d'onda  $H_s$ .

Per le verifiche di stabilità si sono prese come riferimento le sezioni delle opere maggiormente sollecitate e di seguito riportate.

### 1. SEZIONE TIPO DELLA BARRIERA LONGITUDINALE SOMMERSA PER LA PROTEZIONE DEI VARCHI

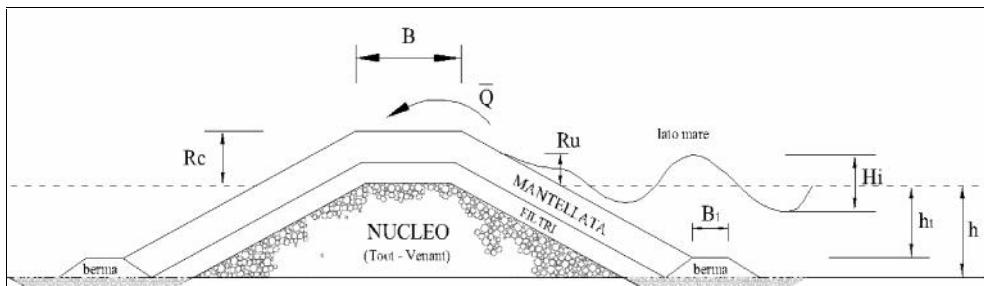


### 2. SEZIONE TIPO DEL PENNELLO NELLA TESTATA DELLA PARTE EMERSA



I risultati delle verifiche vengono di seguito riportati in maniera sintetica.

## BARRIERA LONGITUDINALE SOMMERSA



### Caratteristiche dell'onda di progetto al largo

Altezza d'onda significativa al largo (m)	$H_{so}$	7.40
Periodo di picco (s)	$T_p$	11.50
Periodo medio (s)	$T_m$	11.29
Lunghezza d'onda al largo relativa a $T_p$ (m)	$L_{op}$	206.5
Lunghezza d'onda al largo relativa a $T_m$ (m)	$L_{om}$	199.0
Ripidità dell'onda al largo relativa a $T_p$	$s_o$	0.036
Sovralzo massimo del livello medio marino (m s.l.m.)	$S_m$	0.50
Profondità su cui frange $H_{so}$ (m)	$h_b$	12.76

### Caratteristiche del fondale di imbasamento della barriera

Profondità del fondale al piede dell'opera (m s.l.m.)	$h$	4.50
Pendenza del fondale al piede dell'opera	$m$	1/100

### Onda di progetto a ridosso della barriera

#### ONDA FRANGENTE

		Kamphuis	Goda
Altezza d'onda max frangente al piede dell'opera (m)	$H_b$	2.90	3.46
Altezza d'onda di progetto LIMITATA DAL FONDALE (m)	$H_{SP}$	2.90	
Lunghezza d'onda al piede dell'opera (m)	$L'_p$	78.49	
Ripidità dell'onda a ridosso dell'opera	$s'_c$	0.037	0.04
Ripidità dell'onda ( $T_p$ )	$s_{op}$	0.014	
Ripidità dell'onda ( $T_m$ )	$s_{om}$	0.015	

### Caratteristiche geometriche

		barriera
Quota della berma di sommità (m s.l.m.)	$R_c$	-1.50
Larghezza berma (m)	$B$	12.00
Pendenza paramento lato mare	$b/h$	2.00
Pendenza paramento lato terra	$b/h$	2.00
Porosità d'insieme della scogliera	$P$	0.20

## VERIFICHE IDRAULICHE

### Trasmissione del moto ondoso a tergo (D'Angremond-Van der Meer, 1996)

$$K_t = -a \cdot \frac{R_c}{H_s} + \left( \frac{B}{H_s} \right)^b \cdot (1 - \exp(-c \cdot \xi)) \cdot d$$

a	0.40
b	0.31
c	0.50
d	0.64

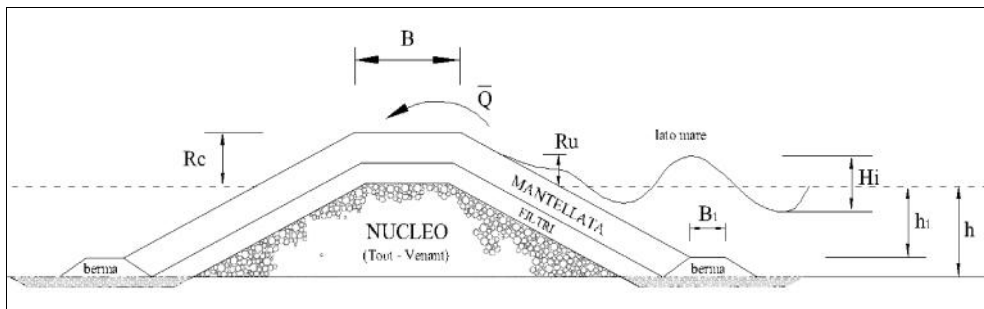
Schema di comportamento della barriera *artificial reef*

### Parametri adimensionali di progetto

		barriera
Altezza di sommità relativa (compreso il sovrалzo)	$R_c/H_s$	-0.69
Parametro di iribarren	$x_{op}$	4.22
Larghezza di berma relativa	$B/H_s$	4.14
Coefficiente di trasmissione	$K_t$	0.64
Altezza d'onda trasmessa a tergo della barriera (m)	$H_t$	1.85
Sovralzo dovuto al moto ondoso "wave set up" (m)	$h_s$	1.19
Abbassamento dovuto al moto ondoso "wave set down" (m)	$h_b$	-0.24

<b>VERIFICHE STRUTTURALI</b>			
<b>Parametri strutturali</b>			
Numero di onde rappresentative della mareggiata	<b>N</b>	4000	
Parametro critico di Iribarren	$x_{mc}$	4.05	
Fattore di riduzione per le condizioni di tracimazione	$R_p^*$	-	
Parametro di Iribarren	$x_m$	4.14	
Tipo di frangimento a ridosso della barriera			surging
Peso specifico apparente dei massi (kg/m <sup>3</sup> )	$r_r$	2500	
Peso specifico dell'acqua marina (kg/m <sup>3</sup> )	$r_w$	1030	
Densità relativa della mantellata: $r_r/r_w - 1$		1.43	
Livello di danneggiamento ammissibile	<b>S</b>	2.00	
Diametro medio dei massi di mantellata (m)	<b>D<sub>n50</sub></b>	0.93	
Peso medio dei massi di mantellata (t)	<b>M<sub>n50</sub></b>	2.00	
Bulk number = $A_g/D_{n50}^2$	<b>B<sub>n</sub></b>	62.43	
<b>Condizioni di stabilità per scogliera sommersa</b>			
<b>Verifica in funzione di S prefissato</b>			
Numero di stabilità della barriera	<b>N*s</b>	7.74	
Valore minimo del diametro dei massi di mantellata	<b>D<sub>n50</sub></b>	0.79	
Peso minimo dei massi di mantellata (t)	<b>M<sub>n50</sub></b>	1.22	
Altezza di cresta RIDOTTA della barriera	<b>h'c</b>	2.64	

**TESTATA PENNELLO EMERSO**



**Caratteristiche dell'onda di progetto al largo**

Altezza d'onda significativa al largo (m)	<b>H<sub>so</sub></b>	7.40
Periodo di picco (s)	<b>T<sub>p</sub></b>	11.50
Periodo medio (s)	<b>T<sub>m</sub></b>	11.29
Lunghezza d'onda al largo relativa a T <sub>p</sub> (m)	<b>L<sub>op</sub></b>	206.5
Lunghezza d'onda al largo relativa a T <sub>m</sub> (m)	<b>L<sub>om</sub></b>	199.0
Ripidità dell'onda al largo relativa a T <sub>p</sub>	<b>s<sub>o</sub></b>	0.036
Sovralzo massimo del livello medio marino (m s.l.m.)	<b>S<sub>m</sub></b>	0.50
Profondità su cui frange H <sub>so</sub> (m)	<b>h<sub>b</sub></b>	12.76

**Caratteristiche del fondale di imbasamento della barriera**

Profondità del fondale al piede dell'opera (m s.l.m.)	<b>h</b>	2.50
Pendenza del fondale al piede dell'opera	<b>m</b>	1/100

**Onda di progetto a ridosso della barriera**

**ONDA FRANGENTE**

		<b>Kamphuis</b>	<b>Goda</b>
Altezza d'onda max frangente al piede dell'opera (m)	<b>H<sub>b</sub></b>	1.74	2.38
Altezza d'onda di progetto LIMITATA DAL FONDALE (m)	<b>H<sub>SP</sub></b>	1.74	
Lunghezza d'onda al piede dell'opera (m)	<b>L'<sub>p</sub></b>	61.44	
Ripidità dell'onda a ridosso dell'opera	<b>s'<sub>c</sub></b>	0.028	0.04
Ripidità dell'onda (T <sub>p</sub> )	<b>s<sub>op</sub></b>	0.008	
Ripidità dell'onda (T <sub>m</sub> )	<b>s<sub>om</sub></b>	0.009	

**Caratteristiche geometriche**

		<b>barriera</b>
Quota della berma di sommità (m s.l.m.)	<b>R<sub>c</sub></b>	1.50
Larghezza berma (m)	<b>B</b>	3.00
Pendenza paramento lato mare	<b>b/h</b>	1.50
Pendenza paramento lato terra	<b>b/h</b>	1.50
Porosità d'insieme della scogliera	<b>P</b>	0.20

**VERIFICHE IDRAULICHE**

**Trasmissione del moto ondoso a tergo (D'Angremond-Van der Meer, 1996)**

$$K_t = -a \cdot \frac{R_c}{H_s} + \left( \frac{B}{H_s} \right)^{-b} \cdot (1 - \exp(-c \cdot \xi)) \cdot d$$

a 0.40  
b 0.31  
c 0.50  
d 0.64

Schema di comportamento della barriera **emergente convenzionale**

**Parametri adimensionali di progetto**

		<b>barriera</b>
Altezza di sommità relativa (compreso il sovralzo)	<b>R<sub>c</sub>/H<sub>s</sub></b>	0.57
Parametro di Iribarren	<b>x<sub>op</sub></b>	7.26
Larghezza di berma relativa	<b>B/H<sub>s</sub></b>	1.72
Coefficiente di trasmissione	<b>K<sub>t</sub></b>	0.30
Altezza d'onda trasmessa a tergo della barriera (m)	<b>H<sub>t</sub></b>	0.52
Sovralzo dovuto al moto ondoso "wave set up" (m)	<b>h<sub>s</sub></b>	1.19
Abbassamento dovuto al moto ondoso "wave set down" (m)	<b>h<sub>b</sub></b>	-0.24

**VERIFICHE STRUTTURALI**

<b>Parametri strutturali</b>			
Numero di onde rappresentative della mareggiata	<b>N</b>	4000	
Parametro critico di Iribarren	$x_{mc}$	4.97	
Fattore di riduzione per le condizioni di tracimazione	$R_p^*$	0.02	
Parametro di Iribarren	$x_m$	7.13	
Tipo di frangimento a ridosso della barriera			surging
Peso specifico apparente dei massi (kg/m <sup>3</sup> )	$r_r$	2500	
Peso specifico dell'acqua marina (kg/m <sup>3</sup> )	$r_w$	1030	
Densità relativa della mantellata: $r_r/r_w - 1$		1.43	
Livello di danneggiamento ammissibile	<b>S</b>	2.00	
Diametro medio dei massi di mantellata (m)	<b>D<sub>n50</sub></b>	0.93	
Peso medio dei massi di mantellata (t)	<b>M<sub>n50</sub></b>	2.00	
Bulk number = $A_s/D_{n50}^2$	<b>B<sub>n</sub></b>	41.62	
<b>Condizioni di stabilità per scogliera a cresta bassa</b>			
<b>Verifica in funzione di S prefissato</b>			
Numero di stabilità della barriera	<b>N<sub>s</sub></b>	1.12	
Valore minimo del diametro dei massi di mantellata	<b>D<sub>n50</sub></b>	0.95	
Peso minimo dei massi di mantellata (t)	<b>M<sub>n50</sub></b>	2.12	
Altezza di cresta della barriera STABILE	<b>hc</b>	4.00	

Dall'analisi dei risultati si evince che tutte le opere in progetto, realizzate con massi naturali di 2<sup>a</sup> categoria (peso compreso tra 1 e 3 t) e quindi con massi aventi un peso medio di 2 t, sono caratterizzate da valori di danneggiamento S sempre inferiori a 2,0. Questi garantiscono condizioni di grande stabilità a tutte le nuove opere a gettata che consentiranno di limitare notevolmente, durante la vita utile delle opere, gli interventi di manutenzione volti al rifiorimento e alla risagomatura delle mantellate.