

<b>1. STUDIO DEL MOTO ONDOSO AL LARGO E SOTTOCOSTA.....</b>	<b>6</b>
1.1. Inquadramento del paraggio .....	9
1.2. Studio del moto ondoso di largo .....	9
1.2.1. I metodi spettrali .....	10
1.3. Studio del moto ondoso sottocosta: analisi del fenomeno di propagazione.....	14
1.3.1. La rifrazione inversa spettrale.....	15
1.4. Analisi statistica degli eventi estremi.....	16
1.5. Risultati ottenuti dall'applicazione del modello .....	18
1.5.1. Inquadramento del paraggio .....	18
1.5.2. Clima ondoso sottocosta .....	18
1.5.3. Valori estremi delle caratteristiche ondose sottocosta .....	20
<b>2. ANALISI DELL'EVOLUZIONE DELLA LINEA DI COSTA A LUNGO</b>	
<b>TERMINE.....</b>	<b>21</b>
2.1. Risultati ottenuti dall'applicazione del modello .....	30
<b>3. VALUTAZIONE DELLA RISALITA SULLA SPIAGGIA EMERSA E DELLA</b>	
<b>TRACIMAZIONE DELLE OPERE DI DIFESA ADERENTI. ....</b>	<b>30</b>
3.1. Determinazione dell'altezza di risalita.....	32
3.2. Livello medio mare .....	35
3.3. Risultati ottenuti.....	37
<b>4. APPENDICE 1 .....</b>	<b>39</b>
<b>5. APPENDICE 2 .....</b>	<b>44</b>
<b>6. APPENDICE 3 .....</b>	<b>54</b>
<b>7. APPENDICE 4 .....</b>	<b>58</b>
<b>8. BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>141</b>

## PREMESSE

La presente relazione illustra le analisi e gli studi a carattere idraulico-marittimo finalizzati all'individuazione delle aree di pericolosità connesse a fenomeni di inondazione da mareggiata e/o erosione della fascia costiera.

Le suddette analisi e studi sono stati eseguiti relativamente alle coste "basse" delle isole di Ischia e Procida, del tratto di costa del Comune di Napoli, di quello del Golfo di Pozzuoli (Comuni di Pozzuoli e Bacoli) e del litorale Domitio (Comuni di M.te di Procida, Bacoli, Pozzuoli, Giugliano e Castelvolturno) fino alla foce dei Regi Lagni; tali tratti di costa sono caratterizzati da una lieve acclività sia della spiaggia emersa che dei fondali della spiaggia sommersa, nonché dalla presenza di sedimenti a granulometria prevalentemente sabbiosa. In particolare sono stati esaminati i tratti di costa di seguito indicati:

<b>Tratti di costa</b>
Maronti (Ischia)
Punta Molina - spiaggia Pescatori (Ischia)
San Pietro (Ischia)
Casamicciola (Ischia)
San Montano (Ischia)
San Francesco (Ischia)
Citara - Cava (Ischia)
Marina Grande (Procida)
Pozzo Vecchio (Procida)
Ciraccio (Procida)
Corricella (Procida)
S. Giovanni a Teduccio (Napoli)
Lungo mare via Caracciolo (Napoli)
Lungo mare via Posillipo (Napoli)

La Gaiola (Napoli)
Coroglio (Napoli)
Bagnoli (Napoli)
Via Napoli (Napoli-Pozzuoli)
Lucrino (Pozzuoli)
Baia (Bacoli)
Marina Grande (Bacoli)
Porto Miseno (Bacoli)
Miseno – Miliscola (Bacoli-M.te di Procida)
Acquamorta (M.te di Procida)
Fusaro – Cuma (Bacoli-Pozzuoli)
Licola - Ischitella (Giugliano-Castelvolturno)
Pinetamare (Castelvolturno)

In particolare l'obiettivo degli studi è stato quello di definire:

- a) l'evoluzione della linea di costa, riferita ad un orizzonte temporale di dieci anni con il relativo tasso di erosione/accrescimento;
- b) la risalita del moto ondoso sulla spiaggia emersa, ovvero la possibilità di tracimazione di eventuali opere di difesa aderenti in occasione di mareggiate estreme (periodo di ritorno  $T = 100$  anni).

Le analisi svolte hanno consentito di individuare e delimitare le aree soggette a pericolosità da erosione, per le quali si prevede una perdita della spiaggia emersa, e quelle soggette a pericolosità da inondazione, caratterizzate dall'invasione dell'acqua di mare durante una mareggiata estrema.

La valutazione della pericolosità da erosione è stata effettuata esclusivamente nel caso degli arenili di estensione significativa (Maronti, P.ta Molina-spiaggia Pescatori, San Pietro, San Montano, San Francesco, Citara-Cava, Marina Grande, Pozzo Vecchio, Ciraccio, Corricella, Lucrino, Miseno-Miliscola, Fusaro-Cuma, Licola-Ischitella, Pinetamare); tralasciando quelli di sviluppo limitato

(fino ai 100 m), ovvero quelli caratterizzati dalla presenza di barriere aderenti più o meno continue che "irrigidiscono" il profilo di spiaggia impedendone di fatto il modellamento.

Lo studio dei fenomeni di inondazione è stato finalizzato, in alcuni casi, alla determinazione dell'altezza di risalita sull'arenile (in presenza di spiagge non protette da opere di difesa aderenti), in altri casi, alla valutazione dei possibili fenomeni di tracimazione a tergo delle strutture poste a protezione della costa.

Nel primo caso, la valutazione dell'altezza di risalita ha consentito di delimitare l'area di inondazione che interessa la spiaggia emersa; anche in tal caso le analisi sono state svolte esclusivamente per gli arenili di ampiezza significativa, ritenendo che le spiaggette di modesta entità possano considerarsi totalmente inondabili in occasione di mareggiate estreme.

Nel secondo caso, viceversa, sono stati individuati i tratti di costa protetti soggetti a fenomeni di tracimazione da parte delle onde incidenti e quindi inondabili in occasione di mareggiate estreme.

Tra i tratti di costa a pericolosità da inondazione sono stati anche inclusi quelli caratterizzati dalla presenza di strutture antropiche direttamente esposte al mare e quindi soggette all'impatto diretto da parte delle onde incidenti.

Per lo svolgimento delle suddette analisi, dopo aver inquadrato il paraggio esame dal punto di vista meteomarinico (mediante l'individuazione del settore di traversia e la determinazione dei fetches geografici) è stato necessario preventivamente caratterizzare il clima ondoso al largo, nell'area delle profondità illimitate.

Successivamente, si è provveduto ad analizzare il fenomeno di propagazione delle onde dal largo a sottocosta; tale analisi è stata finalizzata, da un lato, alla determinazione del clima ondoso sottocosta, dall'altro alla valutazione delle

caratteristiche ondose estreme in prossimità della costa, effettuata mediante lo svolgimento di un'apposita analisi di natura statistica.

Per lo studio del moto ondoso al largo e sottocosta, è stato impiegato un adeguato pacchetto software (*Infowaves* della HR di Wallingford -UK), che, prendendo a riferimento i dati anemometrici delle stazioni ubicate nelle aree di generazione relative ai paraggi esaminati, consente, in primo luogo, la previsione del moto ondoso alle profondità illimitate; successivamente, tenendo conto della effettiva batimetria dei fondali, il modello esegue l'analisi di propagazione delle onde sottocosta, fino ad una prefissata profondità.

Prendendo, infine a riferimento i valori massimi annuali delle serie storiche di altezze d'onda significative sottocosta, il software esegue un'analisi statistica sui suddetti valori finalizzata alla determinazione delle caratteristiche ondose connesse alle mareggiate estreme, riferite ad un prefissato periodo di ritorno T.

Lo studio dell'evoluzione della linea di costa è stato effettuato mediante l'impiego di un idoneo modello matematico di previsione del tipo "ad una linea" denominato *Beachplan* e prodotto dalla HR di Wallingford (UK); per la calibrazione del modello, da un lato, si è provveduto a svolgere una apposita analisi "storica" dell'evoluzione della linea di costa, effettuata sulla base dei dati cartografici disponibili, dall'altro sono state prese a riferimento le caratteristiche granulometriche dei sedimenti della spiaggia sommersa ed emersa desunte dagli studi geologici appositamente eseguiti.

Infine, per la valutazione dell'altezza di risalita delle onde connesse alle mareggiate estreme sulla spiaggia emersa, ovvero del run-up sulle strutture di protezione aderenti, sono state adottate formulazioni di carattere empirico dedotte dalla letteratura tecnica di settore; a tal fine, è stato necessario effettuare appositi rilievi topo-batimetrici finalizzati alla ricostruzione dei profili di spiaggia (sia relativamente al tratto sommerso che a quello emerso),

nonché le quote di coronamento e le pendenze lato mare dei paramenti delle strutture aderenti di protezione.

## 1. STUDIO DEL MOTO ONDOSO AL LARGO E SOTTOCOSTA

Lo studio del moto ondoso al largo e sottocosta ha consentito di ricavare i valori delle caratteristiche ondose connesse alle mareggiate provenienti da ciascuna delle direzioni del settore di traversia relativo all'unità fisiografica in esame; tali valori sono stati ottenuti sia al largo, e cioè nella zona delle profondità illimitate in cui tali caratteristiche non sono influenzate dal fondale, sia sottocosta, ad una prefissata profondità, assunta nel caso specifico ovunque pari a -10.0 m.s.m.

I valori ottenuti hanno permesso di ricavare il clima ondoso sottocosta in corrispondenza della fascia interessata dai processi di modellamento e quindi la distribuzione delle persistenze medie annue di ciascuna delle classi d'onda e delle direzioni di incidenza del moto ondoso relative ai paraggi esaminati, con la relativa risultante energetica; mediante una successiva analisi statistica effettuata sulle serie storiche dei massimi annuali delle altezze d'onda sottocosta, sono stati ricavati i valori estremi di tali grandezze, connessi a prefissati valori del periodo di ritorno  $T_r$ .

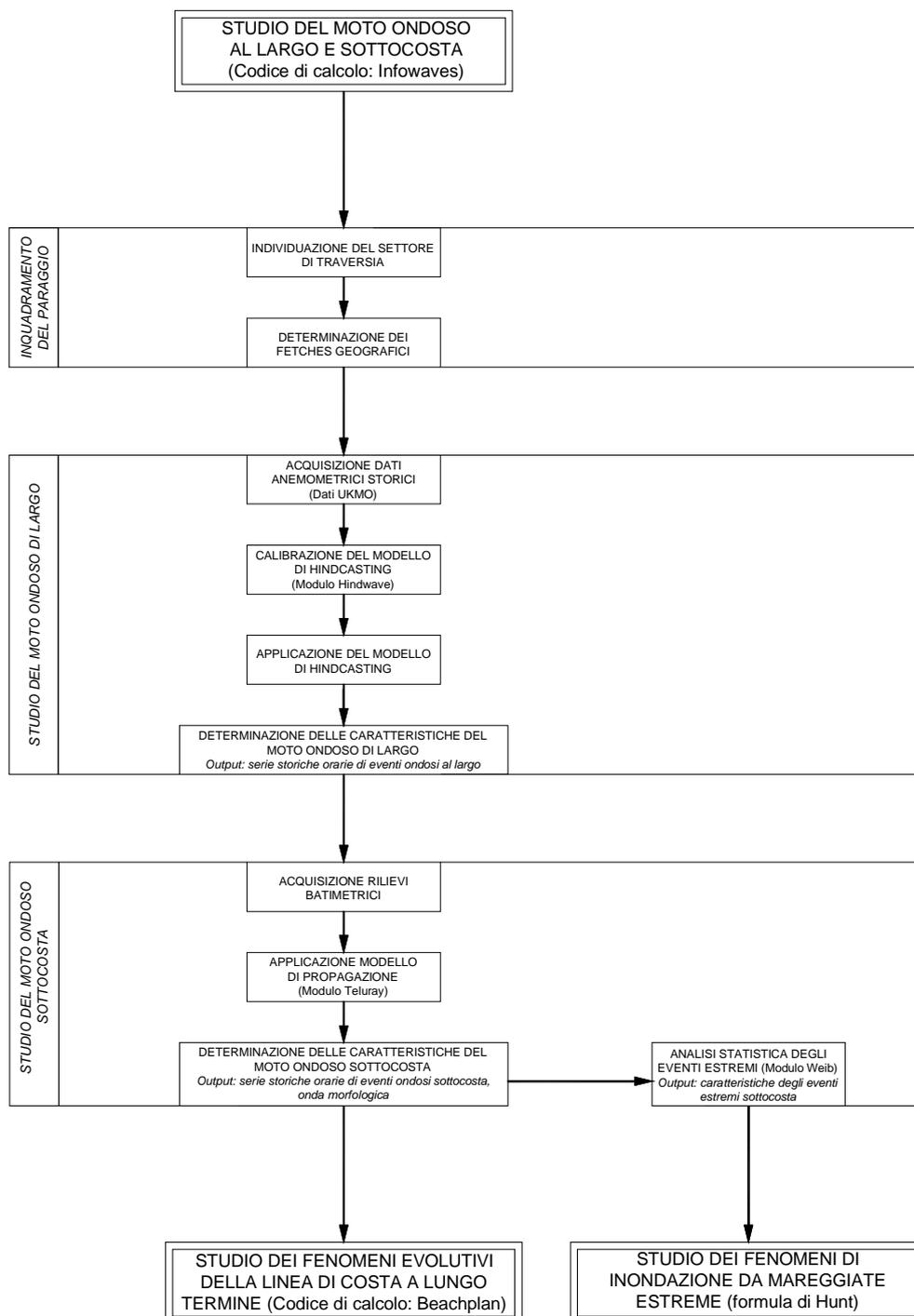
I dati relativi al clima ondoso sottocosta, opportunamente elaborati per ricavare i valori dell'altezza significativa e del periodo di picco dell'onda "morfologica" (o onda di "modellamento") e della corrispondente direzione di incidenza, sono stati utilizzati nei successivi studi condotti per analizzare i processi evolutivi della linea di costa "a lungo termine" ed individuare quindi le aree di costa soggette a fenomeni erosivi (e pertanto a pericolosità da erosione) e/o di accrescimento, con i relativi tassi di arretramento e/o avanzamento.

Viceversa, i valori estremi delle altezze d'onda sottocosta sono stati utilizzati per determinare le altezze di risalita connesse alle mareggiate più intense (si è assunto in particolare un valore del periodo di ritorno  $T = 100$  anni) sulla spiaggia emersa ed individuare pertanto le aree soggette a fenomeni di inondazione (e quindi a pericolosità da inondazione).

Come detto in premessa, le valutazioni eseguite sono state effettuate mediante l'impiego di un idoneo pacchetto software (*Infowaves* della HR di Wallingford -UK) che assembla n. 3 distinti moduli:

- il modulo *Hindwave* che, mediante l'impiego di un modello di *hindcasting*, consente di ricavare le serie storiche delle caratteristiche ondose di largo a partire dalla serie temporale di dati anemometrici assegnata e dai valori dei fetches corrispondenti alle direzioni comprese nel settore di traversia del paraggio;
- il modulo *Teluray* che, mediante l'impiego di un modello di *rifrazione inversa spettrale*, consente di analizzare il fenomeno di propagazione delle onde da largo a sottocosta, ottenendo le stesse serie di valori sottocosta;
- il modulo *Weib* che, mediante l'impiego di un idoneo modello probabilistico (Weibull a tre parametri), consente di ottenere i valori delle caratteristiche ondose sottocosta connesse alle mareggiate estreme.

Allo scopo di fornire quadro sintetico e semplificato delle operazioni sviluppate dal software, si riporta di seguito uno schema a blocchi con la descrizione delle singole fasi in cui si articola la procedura di calcolo.



#### RELAZIONE IDRAULICO-MARITTIMA

*studio del moto ondososo, dell'evoluzione della linea di costa e valutazione della risalita sulla spiaggia emersa e della tracimazione delle opere di difesa aderenti*

### 1.1. Inquadramento del paraggio

L'inquadramento geografico dei paraggi in esame è stato eseguito dal software mediante l'individuazione del settore di traversia che comprendono tutte le possibili direzioni di provenienza del moto ondoso relativamente al paraggio in esame.

Successivamente, si è proceduto alla valutazione dei fetches geografici e cioè alle distese di "mare libero" connessi a ciascuna direzione di provenienza compresa nel settore di traversia.

### 1.2. Studio del moto ondoso di largo

Lo studio del moto ondoso di largo è stato effettuato mediante l'utilizzo di un idoneo modello matematico di *hindcasting* (modulo denominato *Hindwave* contenuto nel codice *Infowaves* – v. descrizione in appendice 1), in cui sono stati presi a riferimento come input i fetches geografici corrispondenti alle direzioni comprese nel settore di traversia e la serie temporale dei dati anemometrici ricavata da stazioni ubicate nell'area di generazione. Questi ultimi, relativi ai valori triorari di velocità e direzione del vento, sono stati acquisiti dalla rete di previsione "UKMO Global and European Wave Models", che presenta una spaziatura di circa 25-30 Km che copre i mari Europei e sono relativi al periodo ottobre 1986 – marzo 2003.

Il modello è stato opportunamente calibrato, applicando un adeguato fattore di incremento alle velocità dei venti, sulla base dei confronti dei risultati ottenuti con i dati ondometrici triorari della boa di Ponza (della Rete Ondometrica Nazionale), riferiti al periodo luglio 1989- dicembre 2001; un'ulteriore calibrazione è stata effettuata con i dati ondometrici della boa di Cetraro della R.O.N. ed è riferita al periodo ottobre 1999 – dicembre 2001.

Nel grafico di fig. 1, vengono riportati i risultati della calibrazione, espressi attraverso il confronto tra le curve relative alle percentuali di superamento delle serie storiche delle altezze d'onda significative  $H_s$ , calcolate con *Hindwave* (e quindi ottenute dai dati delle previsioni di vento UKMO) e quelle registrate alla boa ondometrica di Ponza; il confronto tra le curve mostra la buona rispondenza dei dati calcolati con quelli registrati alla boa.

Mediante l'applicazione di un idoneo metodo di natura spettrale, il modello ha consentito di ricostruire gli spettri delle onde al largo per un punto qualsiasi all'interno del dominio di interesse e, conseguentemente, le caratteristiche ondose di largo.

#### 1.2.1. I metodi spettrali

Lo spettro d'onda indica il contenuto energetico connesso a ciascuna mareggiata ed è sufficiente a descriverne le principali caratteristiche statistiche, in termini di altezza e periodo d'onda.

$$S(\omega_i) = \frac{1}{2} \frac{a_i^2}{\Delta\omega} \dots\dots\dots (1)$$

con:

- o  $S(\omega_i)$ , densità di energia delle singole onde elementari;
- o  $a_i$ , ampiezza di ogni singola onda;
- o  $\Delta\omega$ , intervallo di frequenza angolare.

I punti della curva rappresentano la varianza  $\frac{1}{2} a_i^2$ , in funzione della frequenza angolare  $\omega = \frac{2\pi}{T}$ , mentre l'area sotto la curva corrispondente a  $S(\omega_i)$ , cioè

$\int_0^{\infty} S(\omega) d\omega$ , è uguale al momento di ordine 0  $m_0$ , e rappresenta la densità media di energia spettrale, cioè l'energia dell'intera mareggiata.

Il solo spettro è quindi sufficiente a descrivere le principali caratteristiche statistiche delle perturbazioni ondose, infatti i diversi valori caratteristici dell'altezza d'onda possono essere riferiti al momento di ordine  $m_0$  dello spettro mediante le seguenti relazioni:

$$H_{media} = H_{1/1} = 2.51\sqrt{m_0}$$

⇒ *altezza d'onda media* – media delle altezze d'onda della mareggiata;

$$H_s = H_{1/3} = 4\sqrt{m_0} = 1.6H_m$$

⇒ *altezza d'onda significativa* – media del terzo delle onde più alte della mareggiata;

$$H_{1/10} = 5.09\sqrt{m_0} = 1.27H_s = 2.03H_m$$

⇒ *altezza d'onda a 1/10* – media di 1/10 delle onde più alte della mareggiata;

$$H_{1/100} = 6.68\sqrt{m_0} = 2.66H_m$$

⇒ *altezza d'onda a 1/100* – media di 1/100 delle onde più alte della mareggiata.

A tali altezze sono associati i corrispondenti periodi d'onda, in particolare:

$$T_m = 2\pi\sqrt{\frac{m_0}{m_2}}$$

⇒ periodo d'onda medio della mareggiata;

$$T_s = T_{H_{1/3}} \cong 1.24\bar{T}$$

⇒ periodo d'onda significativo della mareggiata.

$$T_{H_{1/10}} = (0.90 \div 1.10)T_s$$

⇒ periodo d'onda connesso alla  $H_{1/10}$  della mareggiata.

$$T_{H_{\max}} = T_p = (0.90 \div 1.30)T_s$$

⇒ periodo d'onda di picco della mareggiata.

Il metodo spettrale è, come già detto, basato sulla definizione dello spettro di energia. Il tipo di spettro utilizzato nel modello è lo spettro Jonswap [1], generalmente applicato a condizioni di fetch limitato, supponendo che il vento abbia soffiato in modo costante e a lungo.

Esso è espresso dalla seguente relazione:

$$S(f) = \frac{\alpha g^2}{(2\pi)^4} f^{-5} \exp\left[-\frac{5}{4}\left(\frac{f}{f_p}\right)^{-4}\right] \cdot \gamma^{\exp\left[-\frac{1}{2\sigma^2}\left(\frac{f}{f_p}-1\right)^2\right]} \dots\dots\dots (2)$$

dove:

○  $\alpha = 0.076x^{-0.22}$  ;

con:

→  $x = \frac{gF}{U_{10}^2}$  ,

→  $f_p = 3.5\left(\frac{g}{U_{10}}\right)\left(\frac{gF}{U_{10}^2}\right)$  ,

→  $\gamma = 3.3$

$$\circ \quad \sigma = \left\{ \begin{array}{l} 0.07 \mapsto f \leq f_p \\ 0.009 \mapsto f > f_p \end{array} \right\}.$$

Nelle equazioni precedenti,  $F$  è il fetch,  $U_{10}$  è la velocità del vento a 10 m sul l.m.m,  $f$  è la frequenza dello spettro ( $f = 1/T$ ),  $f_p$  la frequenza di picco e  $\gamma$  è il coefficiente di picco o di amplificazione.

Lo spettro di Jonswap è uno spettro di tipo monodimensionale, cioè uno spettro la cui energia è distribuita solo sulle frequenze. In realtà, le onde generate dal vento presentano una certa variazione di direzione attorno alla loro direzione media di propagazione: una rappresentazione bidimensionale è descritta dallo spettro di energia direzionale. Per tener conto di tale effetto, nel modello le componenti dello spettro totale di direzione delle onde sono state calcolate per direzioni che si diramano a cavallo della direzione media; è poi ottenuta una media pesata utilizzando una funzione standard di diffusione.

In particolare, dal momento che i fetches sono misurati ad intervalli di circa  $10^\circ$ , l'effettivo spettro d'onda ( $S$ ) per una particolare direzione è stato poi calcolato come media pesata dei diciassette spettri componenti da  $-80^\circ$  a  $+80^\circ$  rispetto alla direzione  $i$ -ma ( $S_i(\theta_i)_{,i} = -80^\circ, -70^\circ, \dots, 80^\circ$  con  $i = 1, 17$ ), come indicato nell'equazione seguente:

$$S = \left( \frac{2\Delta\theta}{\pi} \right) \cdot \sum_{i=1}^{17} S_i \cdot \cos^2(\theta_i - \theta_0) \dots \dots \dots (3)$$

I parametri d'onda più significativi,  $H_s$ ,  $T_m$ ,  $T_s$  e  $\theta$  si ottengono mediante integrazione numerica dell'equazione precedente.

### *1.3. Studio del moto ondoso sottocosta: analisi del fenomeno di propagazione*

Propagandosi verso "riva" su fondali via via decrescenti, le onde subiscono una serie di trasformazioni geometriche e perdite di energia che alla fine conducono al loro frangimento (ciò avviene quando l'onda, deformata, diviene molto alta rispetto alla sua lunghezza e perciò "instabile" o comunque intercetta fondali bassi "incompatibili" con la sua altezza).

Prescindendo, perchè comunque trascurabili, dalle perdite di energia che (fuori dalla zona dei frangenti) sono dovute all'attrito del fondo e, per fondi permeabili, alla percolazione; nonché dagli effetti indotti dalle correnti, dal vento e dalle riflessioni del fondo, le modifiche delle caratteristiche ondose durante la propagazione verso riva sono indotte essenzialmente dai fenomeni di rifrazione e di shoaling.

Il primo fenomeno (rifrazione) consiste in una trasformazione tridimensionale dovuta a variazioni di fondale lungo i fronti d'onda che comportano variazioni planimetriche di questi e, conseguentemente, a variazioni delle altezze d'onda per effetto della conservazione del flusso di energia fra "ortogonali" vicine.

Il secondo fenomeno (shoaling) è una trasformazione bidimensionale delle onde dovuta al solo effetto del fondale nella direzione di propagazione. L'effetto "fondale" modifica la celerità di gruppo e di conseguenza provoca dapprima una riduzione e poi un sostanziale aumento di altezza delle onde allorché queste avanzano su profondità di fondali decrescenti.

### 1.3.1. La rifrazione inversa spettrale

Lo studio del fenomeno di propagazione è stato effettuato mediante l'utilizzo di un idoneo modello matematico di *rifrazione inversa spettrale* (modulo denominato *Teluray* contenuto nel codice *Infowaves* – v. descrizione in appendice 2), in cui sono stati presi a riferimento come input i dati di largo ricavati dal modulo *Hindwave*.

Tale metodo fornisce risultati quantitativi esattamente nel punto di interesse, al contrario del metodo classico della rifrazione diretta. La differenza più evidente rispetto al metodo tradizionale dei piani d'onda (rifrazione diretta) è rappresentata dalla costruzione dei raggi con un verso contrario a quello della propagazione delle onde. In particolare, l'applicazione del metodo porta alla costruzione di un ventaglio di raggi relativi ad un dato periodo d'onda, che hanno tutti origine nel luogo della costa (o in prossimità) dove si desidera conoscere i risultati, partendo ognuno con una diversa direzione  $\alpha$ . Si ricava quindi la direzione  $\alpha_p$  che i raggi possiedono quando raggiungono la regione delle profondità illimitate.

Lo scopo del modello di rifrazione è quello di fornire informazioni sulle condizioni di moto ondoso o sulla distribuzione d'energia  $S_p(\alpha, f)$ , in un punto P vicino alla costa per diverse condizioni di mare al largo, cioè per vari valori di  $S_o(\alpha, f)$ .

Le funzioni  $S_o$  e  $S_p$  possono allora essere correlate usando il risultato di un apposito studio di Longuet-Higgins [2]; tale studio ha dimostrato che, lungo un "raggio d'onda" e cioè una linea perpendicolare ai fronti d'onda, vale la seguente relazione:

$$S_p(\alpha_p, f_n) = \alpha(f_n) S_o(\alpha_o, f_n) \dots\dots\dots (4)$$

dove:

$$\square(f_n) = (C C_g)_o / (C C_g)_p \dots\dots\dots (5)$$

con:

$C = \frac{f}{k}$  è la celerità dell'onda

$C_g = \frac{df}{dk}$  è la celerità di gruppo delle onde

essendo inoltre:

$f$  = frequenza dell'onda ( $f = 1/T$ )

$k$  = numero d'onda ( $k = 2\pi/L$  con  $L$  lunghezza d'onda)

Pertanto si ricava che  $C C_g S(\square, f)$  è costante lungo un raggio d'onda e segue l'equazione (1). Di qui, note le profondità in corrispondenza del contorno al largo e nel punto  $P$  è possibile stimare  $C$ ,  $C_g$  e quindi i valori di  $\square(f)$ , rispettivamente al largo e sottocosta; risulta in definitiva possibile risalire agli spettri sottocosta  $S_p(\square, f)$ , noti quelli al largo  $S_0(\square, f)$ .

#### 1.4. Analisi statistica degli eventi estremi

La distribuzione di probabilità utilizzata nel codice *Weib* del pacchetto *Infowaves* è quella di Weibull a tre parametri [3]. La probabilità cumulata è definita con la seguente relazione:

$$P(H_s) = 1 - \exp\left\{-\left[\frac{(H_s - a)}{b}\right]^c\right\} \quad (6)$$

dove  $a$ ,  $b$  e  $c$  sono i parametri della distribuzione, in particolare:

- $a$  è il parametro del sito;
- $b$  è il parametro di scala;
- $c$  è il parametro di forma.

Il periodo di ritorno è legato alla probabilità cumulata dalla nota relazione:

$$T_r = \frac{1}{1 - P(H_s)} \quad (7)$$

Una volta ricavati mediante regressione i parametri della distribuzione, dalle (6) e (7), è possibile ottenere i valori di  $H_s$  connessi a preassegnati valori del periodo di ritorno  $T_r$ ; in particolare, nel caso in esame, per la valutazione delle altezze di risalita delle mareggiate estreme sulla spiaggia emersa, è stato adottato un periodo di ritorno  $T_r = 100$  anni, ritenuto significativo per la individuazione delle fasce di inondazione e la delimitazione delle relative aree di pericolosità.

## 1.5. Risultati ottenuti dall'applicazione del modello

### 1.5.1. Inquadramento del paraggio

Nelle tabelle da 1.1 a 1.27, per ciascuno dei paraggi in esame, si riportano i settori di traversia ed i valori dei fetches geografici corrispondenti alle singole direzioni.

In appendice 4 sono altresì rappresentate graficamente le "rose" relative ai suddetti settori ed i diagrammi polari dei fetches geografici calcolati dal software.

### 1.5.2. Clima ondoso sottocosta

Le elaborazioni effettuate hanno consentito di ottenere in corrispondenza di una prefissata profondità ( $h = -10.0$  m.s.m.), i tabulati delle serie storiche orarie dei valori di  $H_{sr}$ ,  $T_{mr}$ ,  $T_s$  nonché della direzione di incidenza,  $\theta$ , degli eventi ondosi relativi al periodo di riferimento studiato (ottobre 1986 – marzo 2003).

Considerata la mole dei risultati ottenuti, al fine di fornire una sintetica ed allo stesso tempo significativa rappresentazione del clima ondoso sottocosta, i valori ottenuti sono stati riorganizzati in classi di altezze d'onda e direzioni di incidenza e per ciascuna di esse, nelle tabb. 1.28 – 1.54, sono stati riportati i corrispondenti valori delle persistenze medie annue (in ore/anno). La rappresentazione grafica dei valori delle persistenze corrispondenti alle diverse classi d'onda considerate è riportata nei diagrammi a "rosa" riportati in appendice 4.

Allo stesso tempo, prendendo a riferimento la serie storica dei valori ottenuti sottocosta, mediante la composizione vettoriale delle grandezze  $n_i \cdot H_{si}^2 \cdot T_{si}$  proporzionali ai valori dei contenuti energetici ( $n_i$  durata in ore,  $H_{si}$  altezza d'onda significativa e  $T_{si}$  periodo significativo dell'evento  $i$ -mo della serie), è stata ricavata la risultante energetica connessa agli eventi ondosi nel periodo di riferimento con la relativa direzione di incidenza; si osserva che, per quanto

concerne i valori di  $H_{si}$ , per la determinazione della risultante energetica si è fatto riferimento solo a quelli maggiori o uguali a 0.50 m (valore assunto quale "soglia" per il modellamento del litorale).

Inoltre, sempre dai dati della suddetta serie storica, sono stati determinati per ciascun paraggio i valori delle altezze e dei periodi d'onda significativi dell'"onda di modellamento" ( $H_{se}$  e  $T_{se}$ ), avente caratteristiche tali da indurre effetti sul litorale equivalenti a quelli indotti da tutte le onde provenienti dal settore di traversia del paraggio in un'anno statistico medio. Tali valori sono stati ottenuti dal seguente sistema di equazioni (8 - 9):

$$H_{se}^2 T_{se} = \frac{\sum n_i H_{si}^2 T_{si}}{\sum n_i} \dots\dots\dots (8)$$

$$\frac{H_{se}}{T_{se}^2} = \frac{\sum n_i H_{si} / T_{si}^2}{\sum n_i} \dots\dots\dots (9)$$

Nelle (8 - 9), i termini a numeratore dei secondi membri rappresentano i moduli della risultante energetica e di quella di ripidità.

Nelle tabb. 1.54-1.58, sono riportati gli angoli di incidenza,  $\theta_e$ , delle risultanti energetiche relative ai singoli settori di traversia ed i valori delle altezze e dei periodi d'onda significativi delle onde di modellamento,  $H_{se}$  e  $T_{se}$ , con le relative persistenze medie annue; tali dati sono stati utilizzati come input per la valutazione dei processi di trasporto solido e modellamento, di cui si dirà nel par. 2.

### *1.5.3. Valori estremi delle caratteristiche ondose sottocosta*

Per ciascuno dei tratti di costa esaminati, nelle tabb. 1.59 – 1.85, sono stati riportati i valori estremi delle altezze d'onda e dei periodi significativi, connessi a mareggiate con periodo di ritorno centennale e riferiti a settori di ampiezza pari a 30°. Tali valori sono stati anche rappresentati graficamente nei diagrammi a "rosa" riportati in appendice 4.

---

## 2. ANALISI DELL'EVOLUZIONE DELLA LINEA DI COSTA A LUNGO TERMINE

L'analisi delle tendenze evolutive della linea di costa a lungo termine è stata finalizzata alla individuazione ed alla relativa perimetrazione delle aree soggette a pericolosità da erosione, per le quali si prevede, nell'arco temporale preso a riferimento pari a 10 anni, un arretramento della linea di riva con conseguente perdita della spiaggia emersa.

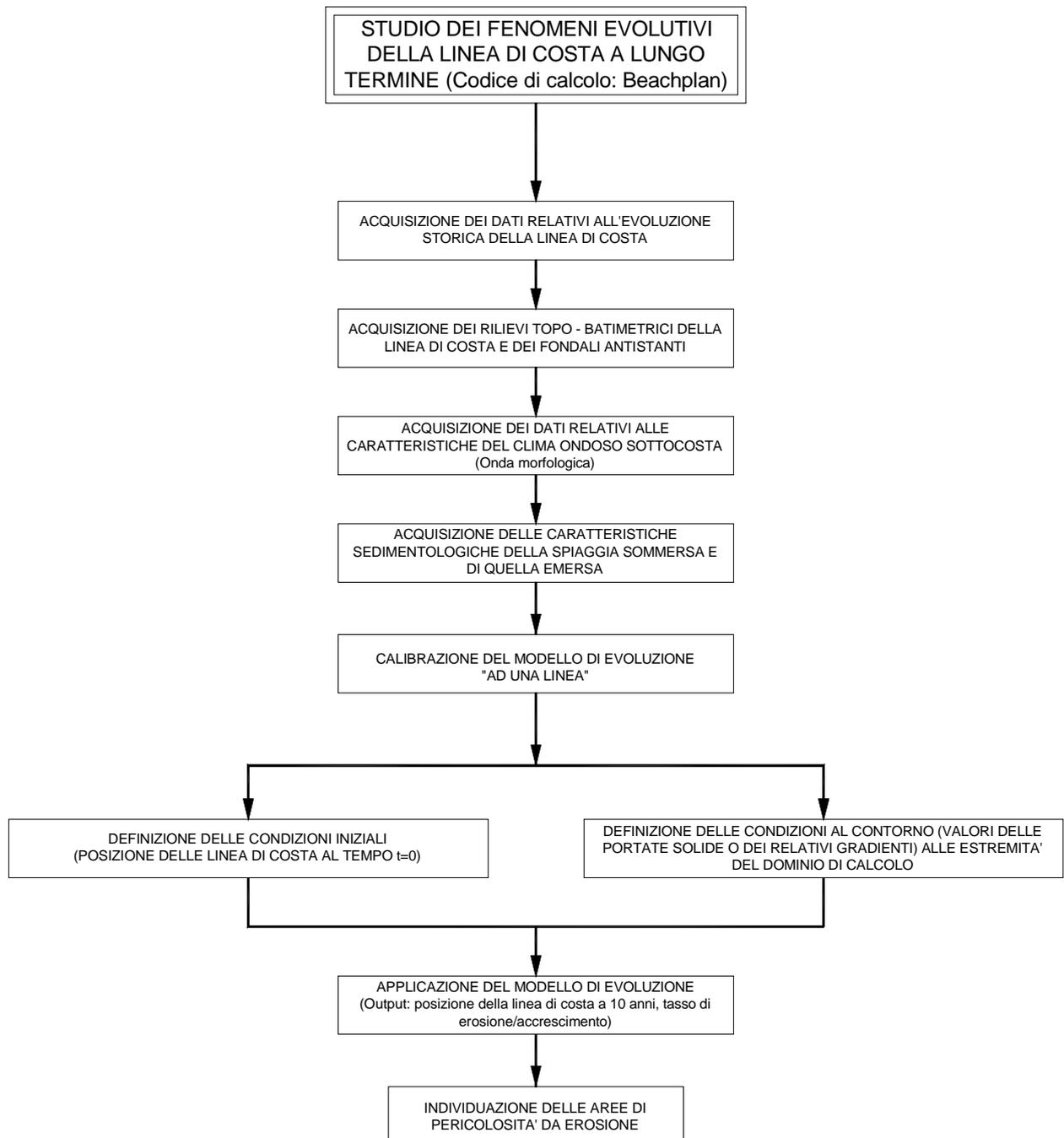
Gli studi, effettuati mediante l'applicazione di un idoneo modello matematico del tipo "ad una linea", hanno consentito di prevedere la posizione della linea di battigia nel corso degli anni, a partire dalla posizione nota al tempo  $t = 0$ ; in tal modo è stato possibile valutare il tasso di arretramento (nelle zone con tendenza all'erosione) e/o all'accrescimento (nelle zone con tendenza all'avanzamento) lungo la linea di riva dei diversi paraggi esaminati. A tal proposito, si fa presente che, anche in tal caso, per l'applicazione del modello è stato utilizzato un apposito codice di calcolo denominato *Beachplan* e prodotto dalla HR Wallingford.

Il modello matematico utilizzato sfrutta come input i valori delle caratteristiche ondose sottocosta, determinati secondo quanto descritto al par. I ed in particolare quelli corrispondenti all'onda di modellamento, riportati, per ciascuna unità fisiografica, nelle tabb. 1.54-1.58; inoltre per la definizione delle costanti che compaiono nella formula della portata solida, si è tenuto conto delle caratteristiche sedimentologiche dei fondali, ricavate dagli appositi studi eseguiti i cui risultati sono riportati nell'elaborato "Relazione geosedimentologica".

Per la calibrazione del modello, sono state prese a riferimento le posizioni assunte dalla linea di costa in determinati intervalli temporali; l'aderenza tra le previsioni del modello, riferite ai suddetti intervalli, e la posizione della linea di

costa riscontrata dalle cartografie disponibili, è stata ottenuta mediante l'accurata taratura delle costanti del modello ed in particolare di quelle che compaiono nella formula del trasporto solido. Una volta fissati i valori delle suddette costanti, è stato possibile utilizzare il codice di calcolo per la previsione delle posizioni assunte dalla linea di costa in un dato periodo di riferimento (nel caso in esame le previsioni sono state elaborate per un intervallo temporale di 10 anni), a partire dalla posizione nota della linea di costa all'istante iniziale ( $t = 0$ ).

Allo scopo di fornire quadro sintetico e semplificato delle operazioni sviluppate dal software, si riporta di seguito uno schema a blocchi con la descrizione delle singole fasi in cui si articola la procedura di calcolo.



#### RELAZIONE IDRAULICO-MARITTIMA

*studio del moto ondoso, dell'evoluzione della linea di costa e valutazione della risalita sulla spiaggia emersa e della tracimazione delle opere di difesa aderenti*

## 2.1 Il modello ad una linea

Per lo studio dell'evoluzione della linea di riva a lungo termine è stato adottato un opportuno modello matematico del tipo "ad una linea", che permette di ricostruire la posizione della linea di battigia nel corso degli anni, noto il clima ondoso del paraggio sottocosta. Anche in tal caso, le valutazioni sono state effettuate mediante l'impiego di un idoneo software denominato *Beachplan* (della HR Wallingford – v. descrizione in appendice 3).

Nel modello si assume che il profilo di equilibrio della spiaggia resti inalterato al variare della posizione della costa; in altri termini il fenomeno di erosione o accrescimento si manifesta come una "traslazione" di tutta la spiaggia verso il largo o verso riva, la distribuzione batimetrica lungo una direzione ortogonale alla costa non viene alterata e la pendenza del fondale rimane costante (vedi fig. 2).

L'avanzamento verso il largo o verso terra della linea di costa si ottiene dal bilancio tra la portata solida entrante e quella uscente attraverso una cella infinitesima di larghezza  $dx$  (vedi fig. 3) e che si estende dalla riva fino al limite della zona interessata dal trasporto, detta "zona attiva".

Tale fascia è compresa tra la linea di riva e la profondità di chiusura, la quale rappresenta il limite al di là del quale non sono da attendersi fenomeni significativi di trasporto solido.

Il modello è basato essenzialmente sulla soluzione alle differenze finite della seguente equazione che esprime la continuità del volume di sedimenti che si muove in direzione longitudinale alla riva :

$$\frac{\partial y}{\partial t} = \frac{1}{h_c} \frac{1}{1-\lambda} \left\{ \frac{\partial Q_s}{\partial x} - q_c \right\} \quad (10)$$

dove:

- $y$  è l'accrescimento della linea di riva rispetto al valore iniziale;
- $t$  è il tempo;
- $h_c$  è la profondità di chiusura delimitante la fascia di costa soggetta ai fenomeni di modellamento;
- $\lambda$  è la porosità del materiale, cioè la percentuale di vuoti nel volume di sabbia;
- $x$  è la distanza lungo la costa;
- $Q_s$  la portata solida *longshore* lungo la costa.
- $q_c$  rappresenta il termine "sorgente" o "pozzo" e viene usato per esprimere:
  - a) il volume di materiale portato da largo a riva o viceversa dalle correnti (ad es. correnti di *rip*);
  - b) il volume di materiale fornito con ripascimenti artificiali;
  - c) il volume rimosso con prelievi di materiale dalla spiaggia.

La profondità di chiusura  $h_c$ , da fornire come input al modello, è stata ricavata dalla relazione proposta da Hallermeier [4]:

$$h_c = 1.6H_{s,12} \quad (11)$$

in cui:

- $H_{s,12}$  è l'altezza d'onda significativa che si presenta per 12 ore in un anno (valori ricavati dalla serie storica sottocosta ottenuta mediante l'applicazione del modulo *Teluray*)

Per tener conto dei processi di diffrazione e trasmissione delle onde attraverso le strutture eventualmente presenti in prossimità della costa, nella definizione della portata  $Q_s$ , si utilizza la seguente relazione che, a partire dalla classica formula del CERC [5], introduce un secondo termine che tiene conto dei rapidi cambiamenti di altezza e direzione dell'onda legati a tali processi (relazione di Ozasa e Bramton [6]):

$$Q_s = k_1 (\gamma_s)^{-1} E_f (nC)_f \cdot \left( \sin 2\alpha_f - 2k_2 \frac{\partial H_f}{\partial x} \cot \beta \cos \alpha_f \right) \dots\dots\dots (12)$$

dove:

- $k_1$  e  $k_2$  sono parametri dimensionali;
- $E_f$  è la densità di energia d'onda;
- $\gamma_s$  è il peso dell'unità di volume del materiale immerso;
- $nC$  è la velocità di gruppo delle onde;
- $\tan \beta$  è la pendenza media della spiaggia.

Nella (12), l'indice "f" denota le condizioni di frangimento.

Il primo termine dell'equazione (12), conosciuto come formula CERC, descrive il trasporto solido lungo costa dovuto al frangimento delle onde oblique alla

spiaggia, mentre il secondo termine tiene conto del trasporto creato dalla variazione lungo costa delle altezze d'onda al frangimento.

L'importanza di questo secondo termine è evidente in caso di presenza di barriere frangiflutti, dove gli effetti della diffrazione sono rilevanti e il gradiente dell'altezza d'onda causa un sostanziale cambiamento nel trasporto solido longitudinale.

I parametri  $k_1$  e  $k_2$  della (12) sono stati ottenuti a seguito delle operazioni di calibrazione del modello e dipendono, inoltre, dalle caratteristiche sedimentologiche della spiaggia emersa e di quella sommersa; trattandosi, in ciascun caso esaminato, di spiagge sabbiose, i valori di  $k_1$  e  $k_2$  sono risultati variabili nei seguenti *range*:

$$0.001 < k_1 < 0.002; \dots\dots\dots 0.50 < k_2 < 1.50$$

I valori delle caratteristiche ondose introdotti come input nel modello (altezza e periodo d'onda significativi,  $H_{se}$  e  $T_{se}$ , e direzione di incidenza  $\theta_e$ ), con la relativa persistenza media annua, si riferiscono a quelli dell'onda di modellamento relativa all'unità fisiografica in esame (vedi tabb. 1.54-1.58).

Le *condizioni iniziali* da fornire come input al modello sono rappresentate dalla posizione iniziale della linea di riva rispetto ad un fissato riferimento cartesiano; a tal proposito, si fa presente che la posizione della linea di riva presa a riferimento nelle applicazioni è quella ottenuta dal rilievo topografico del 2004.

Viceversa, le *condizioni al contorno* si riferiscono ai valori di portata solida in corrispondenza delle sezioni iniziale e finale del dominio di calcolo; nei casi di

paraggi "chiusi", delimitati su una o su entrambe le estremità da promontori rocciosi, si è assunto che la portata solida longitudinale al contorno sia nulla, viceversa nel caso di linee di costa "aperte" e cioè non delimitate alle estremità da singolarità morfologiche del territorio, si è assunto che il gradiente di portata solida lungo  $x$  (cioè lungo l'asse del riferimento parallelo alla linea di costa) sia nullo.

La taratura del modello di evoluzione è stata effettuata mediante una idonea calibrazione delle costanti che compaiono nelle diverse relazioni che definiscono il valore della portata  $Q_s$  ed in particolare dei parametri  $k_1$  e  $k_2$ ; tale calibrazione è stata eseguita facendo riferimento alle posizioni assunte dalla linea di costa negli anni, deducibili dalle cartografie storiche disponibili e riportate nelle tavole denominate "Carte dell'evoluzione storica della fascia costiera".

Di seguito, per ciascuna delle unità fisiografiche in esame, si riportano i periodi di riferimento delle linee di costa utilizzate per le operazioni di calibrazione:

<b>Unità fisiografica (denominazione)</b>	<b>Periodo di riferimento della calibrazione</b>
Maronti	2002-2004
Punta Molina (spiaggia dei Pescatori)	1998-2004
San Pietro	1998-2004
Casamicciola	---
San Montano	2002-2004
San Francesco	1998-2004

Citara – Cava	1998-2004
Marina Grande	1998-2005
Pozzo Vecchio	1998-2005
Ciraccio	1998-2005
Corricella	1998-2005
Lucrino	1998-2005
Miseno - Miliscola	1998-2005
Fusaro-Cuma	1998-2005
Licola - Ischitella	1998-2005
Pinetamare	1998-2005

In quasi tutti i casi esaminati, le linee di costa utilizzate nel modello di evoluzione si riferiscono al periodo 1998-2004/2005. Solo nel caso dell'arenile dei Maronti e di quello di San Montano, le linee di riva utilizzate per la calibrazione del modello sono relative al biennio 2002-2004 e cioè si riferiscono al periodo successivo agli interventi di ripascimento effettuati lungo le suddette spiagge e terminati nell'anno 2002.

### *2.1. Risultati ottenuti dall'applicazione del modello*

I risultati ottenuti dall'applicazione del modello consistono nella determinazione della posizione assunta dalla linea di costa dopo gli  $n$  anni del periodo temporale preso a riferimento; nei casi esaminati, considerata la necessità di aggiornare periodicamente il presente Piano, si è ritenuto quale periodo temporale significativo da assumere nelle simulazioni quello di 10 anni.

Le simulazioni effettuate hanno consentito pertanto di individuare lungo la linea di riva delle unità fisiografiche studiate, i tratti di costa interessati da fenomeni di erosione e/o avanzamento, con i relativi tassi di crescita e/o arretramento; le zone in erosione sono state quindi perimetrate e ricomprese nelle aree a pericolosità da erosione, unitamente a quelle soggette a pericolosità da inondazione, di cui si dirà al par. 3 (v. "Carte della pericolosità da inondazione, erosione e da frana della costa in roccia").

I valori dei tassi di erosione/accrecimento sono stati rappresentati graficamente riportando lungo la linea di costa i tratti con tendenza all'arretramento e/o all'avanzamento ed evidenziando con differenti colorazioni i relativi tassi (v. "Carte della tendenza evolutiva della linea di costa e caratteristiche del clima ondoso").

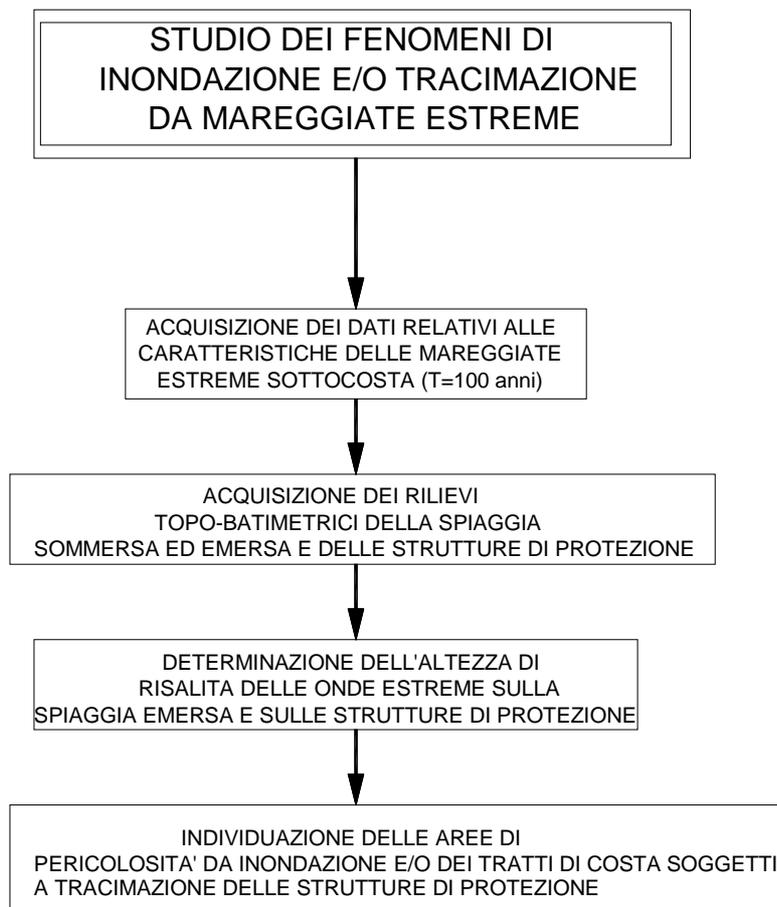
Infine, nelle tabb. 2.1 – 2.15, sono riportati in forma tabulare i valori dei tassi di erosione/accrecimento per i diversi tratti in cui sono state suddivise le linee di costa delle unità fisiografiche esaminate.

## **3. VALUTAZIONE DELLA RISALITA SULLA SPIAGGIA EMERSA E DELLA TRACIMAZIONE DELLE OPERE DI DIFESA ADERENTI.**

Al fine di individuare le porzioni di spiaggia soggette a fenomeni di inondazione connessi a mareggiate estreme con assegnato periodo di ritorno ( $T = 100$

anni) e di perimetrare le relative aree di pericolosità, si è provveduto a valutare l'altezza di risalita delle onde incidenti sulla spiaggia emersa (run-up – v. fig. 4). Parallelamente, in presenza di spiagge protette da strutture aderenti, si è proceduto alla valutazione del run-up delle onde incidenti sulle strutture, la fine di valutare l'eventuale insorgenza di fenomeni di tracimazione a tergo delle stesse.

Nello schema a blocchi di seguito riportato, viene fornito un quadro sintetico e semplificato delle procedure seguite nel calcolo.



### 3.1. Determinazione dell'altezza di risalita

In presenza di *arenili*, le valutazioni sono state effettuate mediante l'ausilio di una formulazione empirica (formula di Hunt [7]) che, a partire dai valori noti della pendenza media della spiaggia, dell'altezza d'onda significativa incidente e della lunghezza d'onda di largo, consente di determinare il valore del run-up,  $R$ , rispetto al livello medio mare:

$$R = H_s \frac{\operatorname{tg} \beta}{(H_s / L_0)^{1/2}} \dots\dots\dots(13)$$

dove:

$H_s$  = altezza d'onda significativa incidente con periodo di ritorno centennale;

$\operatorname{tg} \beta$  = pendenza media della spiaggia;

$L_0$  = lunghezza d'onda di largo

I valori delle altezze d'onda significativi estremi sono stati riportati, per ciascuna unità fisiografica, nelle tabb. 1.25 - 1.35; le lunghezze d'onda al largo, viceversa, sono state determinate mediante la nota relazione di Airy:

$$L_0 = \frac{gT^2}{2\pi} \dots\dots\dots(14)$$

Per quanto concerne le pendenze medie della spiaggia, queste sono state ottenute tenendo conto dei risultati della campagna di rilievi topo-batimetrici eseguita nel periodo 2004-2005.

Viceversa, in presenza di *strutture di protezione aderenti*, l'altezza di risalita è stata determinata mediante l'applicazione della relazione sperimentale di Van der Meer [8], mediante la quale il valore di  $R_{2\%}$  (e cioè dell'altezza di risalita

connessa all'onda  $H_{2\%}$  della serie delle altezze d'onda della mareggiata estrema) è esprimibile in funzione della  $H_s$ :

$$R_{2\%} = 1.86H_s \quad \dots\dots\dots (15)$$

In tal caso, la valutazione di  $R$  ed il relativo confronto con la quota di coronamento delle barriere, ha consentito di verificare la sussistenza di fenomeni di tracimazione a tergo delle barriere stesse.

Va osservato che, in presenza di barriere distaccate poste a protezione della linea di costa, il valore dell'altezza d'onda residuo a tergo delle opere di difesa è stato calcolato mediante l'applicazione della relazione di seguito riportata [9]: in essa il calcolo dell'indice di agitazione  $I$ , pari al rapporto tra l'altezza d'onda residua e quella incidente è espresso in funzione della lunghezza delle scogliere, dell'ampiezza degli eventuali varchi presenti tra le stesse, della larghezza e della quota del coronamento, nonché delle dimensioni dei massi costituenti le strutture:

$$I = \left[ \frac{B}{B+G} \cdot K_t^2 + \frac{G}{B+G} \cdot K_d^2 \right]^{0.5} \quad \dots\dots\dots (16)$$

in cui:

$B$  = lunghezza scogliera;

$G$  = ampiezza varco tra le scogliere;

$K_t$  = coefficiente di trasmissione a tergo delle scogliere;

$K_d$  = coefficiente di diffrazione.

I valori di  $K_t$  sono stati ricavati dalla seguente relazione (Van der Meer [8]):

$$K_t = p \cdot \frac{R_c}{D} + q \quad \dots\dots\dots (17)$$

dove:

$D$  = diametro dei massi costituenti le scogliere;

$R_c$  = quota del coronamento rispetto al livello medio mare;

$b$  = larghezza della cresta della scogliera;

$p, q$  = parametri adimensionali forniti dalle seguenti espressioni:

$$p = 0.031 \cdot \frac{H_s}{D} - 0.24 \quad (18)$$

$$q = -5.42 \cdot \frac{1.2 \cdot H_s}{L_p} + 0.0323 \cdot \frac{H_s}{D} - 0.0017 \cdot \left(\frac{b}{D}\right)^{1.84} + 0.51 \quad (19)$$

Viceversa, i valori di  $K_d$  sono stati ricavati dai diagrammi riportati in fig. 5, derivati da un apposito studio sperimentale (Benassai [10]); tali valori sono espressi in funzione del periodo  $T$  e dell'angolo di incidenza  $\alpha$  dell'onda rispetto all'asse delle scogliere ( $\alpha = 90^\circ$  - incidenza ortogonale), nonché del rapporto  $X/B$  tra la distanza delle scogliere dalla costa e la loro lunghezza.

In presenza di scogliere singole il valore di  $I$  è stato posto pari a quello di  $K$ , prima indicato.

### 3.2. Livello medio mare

Per quanto concerne il livello medio mare preso a riferimento nei calcoli, esso è stato posto pari alla somma del livello di marea (meteorologica ed astronomica) e di quello di set-up.

La marea meteorologica è somma di due aliquote:

- ..... il sovrizzo barico legato al passaggio di una bassa pressione caratterizzante i cicloni;
- ..... il sovrizzo di vento indotto dall'azione dei venti foranei spiranti verso la costa.

Per la valutazione del primo termine, si è preso a riferimento il valore minimo di pressione atmosferica registrato alla stazione di Ponza durante la tempesta del 28-29 dicembre 1999 (dati C.N.M.C.A.); il valore di pressione considerato di 981 mb dà luogo ad una depressione rispetto al valore standard di 1013 mb di circa 32 mb e pertanto, da un punto di vista prettamente statico, è possibile assumere un sovrizzo  $s_b = 0.32$  m.

Relativamente al secondo termine, denominato  $s_w$ , esso è stato stimato mediante la nota relazione implicita:

$$s_w = \frac{K_p L_p U^2}{g(D-h-s_w)} \ln\left(\frac{D}{d+s_w}\right) \quad \dots\dots\dots (20)$$

in cui:

..... D = 100 m - profondità limite assunta per la piattaforma continentale;

.....  $L_p$  = 1000 m - estensione della piattaforma continentale;

$h$  = profondità limite in corrispondenza della fascia attiva del litorale ( $h = 6.0-8.0$  m);

..... $K_p$  = coefficiente pari a  $3 \times 10^{-6}$ ;

..... $U = 50$  m/s (velocità del vento in condizioni estreme).

La (20) fornisce un valore di  $s_w$  pari a 0.02 m in corrispondenza della profondità di -8.0 m; il valore di  $s_w$  risulta, al più pari a 0.04 m in corrispondenza della linea di riva ( $h = 0$ ).

Assumendo un valore medio di 0.03 m per il valore di  $s_w$ , il massimo sovrizzo connesso alla marea meteorologica risulta, pertanto, di:

$$s_{mt} = 0.32 + 0.03 = 0.35 \text{ m}$$

Per la valutazione della marea astronomica, si è fatto riferimento alle previsioni pubblicate annualmente sulle "Tavole di marea" dall'Ufficio Idrografico della Marina Militare relative all'incirca all'ultimo decennio; nel caso in esame si è fatto riferimento alle previsioni relative al Porto di Napoli per il quale è stato osservato un andamento temporale risultante di tipo semidiurno (periodo pari a circa 12 ore) con due alte maree e due basse maree al giorno di ampiezza diversa.

Dai dati esaminati si è riscontrato che i massimi dislivelli positivi e negativi si verificano nei periodi sigiziali e raggiungono valori di circa 0.21 m rispetto al l.m.m. con una escursione massima di circa 0.42 m (valore previsto nel mese di febbraio 2002 nel Porto di Napoli); si può assumere quindi un valore massimo del sovrizzo di marea pari a:

$$s_{ma} = 0.21 \text{ m}$$

Il valore complessivo del *sovralzo di marea* (meteorologica ed astronomica) può essere quindi posto pari a:

$$S_m = S_{mt} + S_{ma} \cong 0.55 \text{ m}$$

Il set-up (sopraelevazione del l.m.m. in prossimità della linea di costa) è stato calcolato mediante la relazione di Longuet-Higgins:

$$S_{up} = 0.19H_s - 0.54 \frac{H_s^{3/2}}{g^{1/2}T_s} \dots\dots\dots (21)$$

in cui:

- .....  $H_s$  = altezza d'onda significativa estrema sottocosta;
- .....  $T_s$  = periodo d'onda significativo estremo.

In definitiva, il massimo sovralzo sottocosta è stato ottenuto sommando i contributi dovuti alla marea ed al moto ondoso ed assumendo, in via cautelativa, un coefficiente di contemporaneità pari al 75%.

### 3.3. Risultati ottenuti

Nelle tabb. 3.1 – 3.27, per ciascun tratto in cui è stata suddivisa la linea di costa relativa ai diversi casi esaminati, sono riportati i valori dell'angolo  $\beta$ , dell'altezza d'onda significativa centennale assunta nei calcoli e dell'altezza di risalita.

## **APPENDICI**

---

### RELAZIONE IDRAULICO-MARITTIMA

*studio del moto ondoso, dell'evoluzione della linea di costa e valutazione della risalita sulla spiaggia emersa e della tracimazione delle opere di difesa aderenti*

## 4. APPENDICE 1

### - *Il codice di calcolo Hindwave*

Il codice di calcolo utilizzato per l'impiego del modello matematico di *hindcasting* di previsione delle onde di largo è denominato *Hindwave* ed è parte integrante del pacchetto *Infowaves* della HR di Wallingford - UK; esso si adatta con successo a dati off-shore di molti paraggi costieri per i quali è richiesto il clima d'onda e la previsione degli eventi estremi, con o senza registrazioni di moto ondoso.

Il modello richiede come input una lunga sequenza di dati orari di alta qualità di velocità di vento, velocità che vengono assunte costanti nell'area di generazione del moto ondoso. I calcoli non includono una stima delle onde di mare morto, che potrebbe rendere il modello non adatto per il suo utilizzo in determinate aree di applicazione.

Una volta che il modello è stato calibrato, può essere impiegato per predire condizioni d'onda in un paraggio limitrofo che presenta una differente esposizione all'azione del moto ondoso, quindi con altri dati di vento, o può essere impiegato inserendo un singolo anno di dati di vento in una prospettiva a più lungo termine. Tuttavia è certamente modalità migliore utilizzare dati sintetici di vento che coprano un arco di tempo di 10-15 anni, piuttosto che basarsi su un solo anno di misure.

Inoltre il modello fornisce l'importante parametro della direzione di vento, che non sempre è disponibile dalle misurazioni in sito.

### - *Descrizione del codice di calcolo Hindwave*

I calcoli sono divisi in due grandi parti. La prima parte consiste nella produzione di una tabella contenente circa un migliaio di possibili condizioni d'onda, derivanti da uno stesso numero di specifiche condizioni di vento. I fetch o i raggi di mare aperto sono misurati a circa 10° di intervallo attorno al punto di previsione d'onda per poter essere utilizzati come input nel primo elemento di *Hindwave*, che è il sottomodulo di generazione d'onda *Jonsey*. Tale modello è utilizzato per assegnare un'altezza significativa d'onda ( $H_s$ ), un periodo medio ( $\bar{T}$ ), un periodo di picco ( $T_p$ ) e una direzione media ( $\theta$ ) per ogni elemento di uno specifico set di condizioni d'onda. Il set comprende tutte le possibili combinazioni di valori della velocità del vento, direzione e durata sufficiente a coprire l'intervallo atteso in uno specifico sito. Le altezze previste, i periodi e le direzioni sono immagazzinate in una tabella di consultazione che viene usata nella seconda parte del modello *Hindwave*.

La seconda parte consiste nell'analisi della velocità oraria del vento e delle direzioni registrate. Tale analisi richiede misure di dati di vento raccolte ad intervalli orari su un periodo di alcuni anni. Le velocità di vento orarie e le direzioni sono ottenute dall'Ufficio Meteorologico in formato digitale. A turno per ogni ora, il modello determina, per un definito gruppo di durate, la serie di condizioni d'onda dominante nel sito considerato, con riferimento alla tabella che raccoglie le altezze significative. Ciò è ottenuto facendo la media vettoriale delle velocità del vento sulle diverse durate scelte al fine di ottenere una velocità e una direzione media per ciascuna condizione. Il valore più alto è poi selezionato dalla corrispondente tabella contenente i valori di  $H_s$ . Tale valore è poi riportato insieme al periodo di picco e alla direzione del vento.

I dati di vento sono disponibili solo dalle stazioni costiere e pertanto potrebbero non essere rappresentativi delle condizioni al largo. È quindi

necessaria una cosiddetta "speed-up function", che dipende sia dalla velocità che dalla direzione del vento. La calibrazione del modello in genere riguarda essenzialmente l'adattamento di questo fattore. La sua intensità può essere determinata mediante un esame generale dei dati anemografici del sito, o mediante il confronto con le frequenze del vento al largo. Infine mediante confronto tra le altezze d'onda calcolate dal modello e misurate, se disponibili. Un'ulteriore opzione è l'automatica estrapolazione dei valori estremi di altezza d'onda, per diversi settori di direzione, basata soprattutto sulla previsione della distribuzione di  $H_s$ . I risultati sono tabellati per diverse direzioni e periodi di ritorno.

I tipici risultati che si ottengono sono i seguenti:

- I. lista o grafici orari di  $H_s$  e  $T_p$ .
- II. istogrammi mensili di  $H_s$  e  $\theta$ .
- III. istogrammi medi stagionali ed annuali di  $H_s$  e  $\theta$ .
- IV. tabelle di persistenza delle mareggiate.
- V. analisi di valori estremi per diversi settori di direzione.

#### *- Il modello di generazione d'onda Jonsey*

Le onde generate dal vento presentano una certa variazione di direzione attorno alla loro direzione media di propagazione. Per incorporare quest'effetto nel modello, le componenti dello spettro totale di direzione delle onde sono calcolate per direzioni che si diramano a destra e a sinistra della direzione media; è poi ottenuta una media pesata utilizzando una funzione standard di diffusione.

Una volta che le direzioni componenti ( $i=1,n$ ) sono spaziate ad intervalli regolari ( $\Delta\theta$ ) nel range  $\pm 90^\circ$  dalla direzione media ( $\theta_0$ ), per definire lo spettro ( $S_i$ ) è usata l'equazione di *Jonswap* (Hasselmann, 1973). La somma degli spettri componenti viene poi eseguita usando l'equazione di Seymour (1977), che include la funzione coseno quadrato del flusso direzionale.

Se i fetches sono misurati ad intervalli di circa  $10^\circ$ , l'effettivo spettro d'onda ( $S$ ) per una particolare direzione è poi calcolato come media pesata dei diciassette spettri componenti ( $S_i(\theta_i)_{i=-80^\circ,-70^\circ,\dots,80^\circ}$  con  $i=1,17$ ), come indicato nell'equazione seguente :

$$S = \left( \frac{2\Delta\theta}{\pi} \right) \cdot \sum_{i=1}^{17} S_i \cdot \cos^2(\theta_i - \theta_0) \quad \dots\dots\dots (a)$$

Sebbene non faccia parte della teoria originale, l'esperienza indica che il coseno alla sesta, o eccezionalmente il coseno alla trentesima, è in alcuni casi una funzione di diffusione migliore da utilizzare. Tali alternative sono utili quando l'area di generazione delle onde è stranamente ristretta o quando il periodo di picco è troppo lungo.

I tre parametri d'onda più importanti,  $H_s$ ,  $\bar{T}$  e  $\theta$  si ottengono mediante integrazione numerica dell'equazione precedente .

#### - Calibrazione di Hindwave

Il modello di hindcasting *Hindwave*, impiega come input una serie temporale di dati di vento. È molto importante che questi dati siano rappresentativi dei venti dell'area di generazione. Pertanto necessari fattori di correzione vengono applicati ai dati di vento in modo tale da assicurare che questi siano equivalenti

alle velocità di vento in mare aperto. Il processo di calibrazione delle velocità dei venti viene svolta congiuntamente a confronti con le registrazioni misurate. L'output di *Hindwave* può essere calibrato su misure sperimentali, applicando un fattore di incremento alle velocità dei venti, basato sulla localizzazione dell'area di studio e sulla topografia circostante. Per quegli studi in cui sono disponibili dati ondametrici i risultati ottenuti dal modello vengono infatti con essi confrontati in termini di:

- a) Distribuzione delle altezze d'onda e della percentuale di persistenza in funzione dei settori direzionali;
- b) Curve cumulative di eccedenza delle altezze d'onda per controllare la distribuzione delle altezze d'onda estreme;
- c) Serie temporali di dati d'onda.

Il modello viene modificato fino a raggiungere una buona corrispondenza tra i risultati e i dati misurati, ottenendo quindi la definitiva calibrazione.

## 5. APPENDICE 2

### *- Il codice di calcolo Teluray*

Il codice di calcolo utilizzato per l'analisi di propagazione delle onde a costa è denominato *Teluray* ed è parte integrante del pacchetto *Infowaves* della HR di Wallingford - UK. Esso è basato sulla tecnica inversa spettrale e permette la trasformazione dello spettro delle onde al largo nello spettro delle onde sottocosta mediante un metodo di tracciamento a ritroso dei raggi, che è basato sul principio della reversibilità dei percorsi dei raggi stessi. Ad esempio il percorso di un raggio tracciato all'indietro (opposto alla reale direzione di spostamento delle onde) è identico al percorso tracciato in avanti (nella direzione di spostamento delle onde). Il modello di tracciamento a ritroso dei raggi è stato specificamente progettato per rappresentare gli effetti della rifrazione e dello shoaling e normalmente non include gli effetti delle correnti e i processi di dissipazione di energia. In molti casi ciò non comporta uno svantaggio e il modello dà un'accurata previsione delle condizioni d'onda sottocosta, perfino in acque basse.

Il processo computazionale include il tracciamento di un ventaglio di raggi con un incremento angolare molto piccolo a partire da un punto di interesse sottocosta fino a raggiungere acque profonde. Alcuni raggi non raggiungono le acque profonde ma si dirigono verso la spiaggia fino a urtare la costa.

Questi ultimi raggi sono generalmente ignorati; sono considerati solo quei raggi che raggiungono il largo. Una discretizzazione del periodo dello spettro è ottenuta costruendo una serie di ventagli di raggi con intervalli regolari di periodo ricoprenti almeno quelli sperimentati in sito. La costruzione di questi ventagli di raggi permette quindi di determinare lo spettro sottocosta in termini di spettro al largo. Data una serie temporale di dati di vento e lo spettro

sottocosta, viene poi prodotta una corrispondente serie temporale di onde nella zona sottocosta.

Dal momento che la teoria matematica di propagazione del moto ondoso su un fondale irregolare non è del tutto esauriente, è necessario introdurre delle ipotesi semplificative ed applicare metodi approssimativi. Due di queste ipotesi sono:

1. le onde sono lineari;
2. un'onda si comporta su un fondale con profondità locale  $h$  come un'onda su un fondale di profondità costante  $h$ .

Una volta introdotte queste ipotesi, si dimostra che le onde che si propagano su un fondale con isobate parallele, cambiano di direzione secondo la legge di Snell, cioè:

$$C/\sin\alpha = \text{costante}$$

dove  $\alpha$  è l'angolo compreso tra il fronte d'onda e le linee batimetriche, e  $C$  è la velocità di fase dell'onda (celerità), funzione della frequenza d'onda  $f$  e della profondità locale. Poiché la frequenza di un'onda rimane costante, la direzione d'onda varia solo in funzione della profondità.

Il metodo descritto, così come molti altri, si basa sul concetto di "raggi" d'onda, cioè linee perpendicolari ai fronti d'onda.

Per applicare la legge di Snell alle onde che si propagano su un fondale irregolare, il modello segue la procedura descritta di seguito.

Un reticolo di celle triangolari è poggiato su una mappa dell'area d'interesse e, in ogni vertice, si leggono i valori della profondità.

Il fondale marino si assume planare in ogni cella pertanto con una semplice interpolazione lineare è possibile calcolare la profondità nei punti interni al

triangolo. Con questa rappresentazione del fondale marino, la profondità è continua lungo le linee della maglia anche se non lo è sempre la pendenza.

Un'alternativa è applicare la legge di Snell in ciascuna cella e seguire un raggio d'onda che la attraversa partendo da un assegnato punto d'ingresso, con una certa direzione. Non appena il raggio d'onda lascia una cella, la sua posizione e direzione diventano le condizioni d'ingresso per il suo passaggio nella cella successiva.

Il tempo impiegato per calcolare il percorso di un raggio attraverso una cella può essere ridotto facendo un'ulteriore approssimazione semplificativa. Se le celle sono piccole e il fondale non è tanto ripido, la velocità di fase dell'onda  $C$ , nei punti interni alla cella, può essere approssimata con un'interpolazione lineare della celerità nei vertici. La traiettoria del raggio d'onda, in quest'ipotesi, è un arco di cerchio, che ha una direzione continua lungo le linee del reticolo ma una curvatura di solito discontinua.

Per la sua semplicità, questa procedura presenta molti vantaggi in termini di costi rispetto a metodi che necessitano, per esempio, di migliorie iterative ad ogni step o di rappresentazioni più complicate della topografia del fondale.

Il valore di una simulazione della rifrazione del moto ondoso non riguarda naturalmente la rapidità e l'accuratezza del calcolo delle traiettorie dei raggi d'onda ma piuttosto l'interpretazione delle informazioni che essi contengono.

Non ci si può aspettare che un metodo basato sulla teoria lineare e che usi il concetto di "raggi d'onda" riproduca gli effetti non-lineari del moto ondoso. Nelle aree in cui la topografia del fondale causa una forte concentrazione di raggi d'onda, l'applicazione della teoria dell'onda lineare è inadeguata e il suo uso genera inevitabilmente degli errori. Tuttavia, il metodo di calcolo delle condizioni d'onda adottato in questo caso riduce l'importanza di tali fenomeni e fornisce risultati realistici.

In un primo momento è stato ipotizzato che nell'area di studio esista una distribuzione d'energia  $S(\theta, f, r)$  associata al moto ondoso con:

$\theta$  = direzione dell'onda

$f$  = frequenza d'onda

$r$  = un vettore di posizione

Nelle acque profonde l'energia del moto ondoso dipende solo debolmente da  $r$ . Quindi, al contorno in mare aperto del dominio di calcolo, si può assumere che esista uno stato di mare omogeneo descritto da  $S_o(\theta, f)^1$ , dove cioè l'energia è funzione esclusivamente della direzione e della frequenza.

Lo scopo del modello di rifrazione delle onde è fornire informazioni sulle condizioni di moto ondoso o sulla distribuzione d'energia  $S_p(\theta, f)$ , in un punto  $P$  vicino alla costa per diverse condizioni di mare al largo, cioè per vari valori di  $S_o(\theta, f)$ .

Supponiamo che esista un raggio d'onda che, partendo dal contorno al largo dell'area oggetto di studio con direzione  $\theta_o$  e frequenza  $f_n$ , raggiunga il punto  $P$  con direzione  $\theta_p$  e frequenza  $f_n$ . Le funzioni  $S_o$  e  $S_p$  possono allora essere correlate usando il risultato di uno studio di Longuet-Higgins [2].

Lo studio ha dimostrato che, se espresso in funzione di due numeri d'onda perpendicolari,  $k_1$  e  $k_2$ , lo spettro direzionale  $S_o(k_1, k_2)$  rimane costante lungo un raggio. Quindi, usando l'ipotetico raggio definito sopra, si può dimostrare che:

$$S_p(\theta_p, f_n) = \mu(f_n) S_o(\theta_o, f_n) \dots\dots\dots (b)$$

dove:

<sup>1</sup> Il pedice "o" indica il valore del parametro al largo (offshore).

$$\mu(f_n) = (C C_g)_o / (C C_g)_p \dots \dots \dots \quad (c)$$

poiché :

$$S(\theta, f) df d\theta \square = S(k_1, k_2) dk_1 dk_2$$

e

$$dk_1 dk_2 = k dk d\theta = \frac{f}{C C_g} df d\theta$$

dove  $C = \frac{f}{k}$  è la velocità di fase

e  $C_g = \frac{df}{dk}$  è la celerità di gruppo delle onde.

Pertanto si ricava che  $C C_g S(\theta, f)$  è costante lungo un raggio d'onda e segue l'equazione (b). Se fosse possibile tracciare un numero sufficiente di raggi che collegano il contorno al largo con il punto P sotto costa, l'equazione (b) potrebbe essere usata ripetutamente per impostare un grafico di  $S_p(\theta, f)$  per ogni  $S_o(\theta, f)$ . A questo punto sarebbe sufficiente conoscere la profondità in corrispondenza del contorno al largo e nel punto P per stimare C,  $C_g$  e quindi  $\mu(f)$ .

Dal punto di vista computazionale, in primo luogo, si scelgono delle frequenze d'onda<sup>2</sup>. Sebbene la base teorica del metodo di rifrazione delle onde suggerisca l'uso di frequenze separate da un incremento costante, è possibile ottimizzare l'efficienza computazionale usando frequenze corrispondenti a periodi d'onda

<sup>2</sup> La frequenza d'onda (Hz) è semplicemente l'inverso del periodo misurato in secondi

separati da un incremento costante. Tipicamente le frequenze sono comprese nell'intervallo 0.05Hz - 0.50Hz.

In questa fase, per ogni frequenza, si proietta dal punto d'interesse P a costa un "ventaglio" di raggi. Ogni raggio è inizialmente separato da quello vicino da un piccolo incremento angolare,  $\Delta\theta_p$ ; per ragioni computazionali, la minima separazione scelta è di solito 0.25°, anche se l'esperienza ha dimostrato che si possono usare dei  $\Delta\theta_p$  maggiori per le frequenze più alte senza compromettere i risultati.

Poiché le onde con periodo più breve non interagiscono con il fondale nella maggior parte dell'area coperta dal reticolo di calcolo, è possibile usare  $\Delta\theta_p$  più grandi. D'altra parte, poiché la rifrazione delle onde con periodo più lungo è maggiore, è necessario selezionare un  $\Delta\theta_p$  più piccolo per descrivere accuratamente il loro comportamento mentre si avvicinano alla costa.

I raggi sono "seguiti", usando il metodo descritto sopra, fin quando raggiungono la costa o il contorno al largo. I risultati ottenuti durante questa fase assumono la forma di un elenco dei raggi che collegano il punto P al contorno del modello.

Per ogni raggio sono indicati la sua frequenza  $f_n$ , la direzione nel punto di partenza  $\theta_p$ , e la direzione quando raggiunge il contorno,  $\theta_o$ .

Per comodità questa lista è convertita in un set di tre matrici dette "funzioni di trasferimento" perché contengono tutte le informazioni necessarie per trasferire l'energia delle onde dal contorno del dominio di calcolo al punto sotto costa. Sebbene sarebbe interessante stimare  $S_p(\theta, f)$  (la distribuzione d'energia nel punto P), in molti casi è sufficiente avere un'idea della direzione media e della dispersione direzionale delle onde, nonché della distribuzione d'energia rispetto alla frequenza per ricavare l'altezza d'onda significativa ed il periodo.

Per ottenere l'energia associata ad ogni componente di frequenza,  $f_j$ , è necessario eseguire un'integrazione per cui l'equazione (b) diventa:

$$S_p(f_j) = \int S_p(\theta_p, f_j) d\theta_p = \mu(f_j) \int S_0(\theta_o, f_j) d\theta_o \dots \dots \dots (d)$$

Il secondo integrale può ora essere sostituito da una somma relativa a tutti i raggi associati a questa frequenza, per cui:

$$S_p(f_j) = \mu(f_j) \sum S_0(\theta_o, f_j) \Delta\theta_p \dots \dots \dots (e)$$

dove  $\Delta\theta_p$  è la separazione angolare usata nel punto sotto costa.

Se si assume che la funzione  $S_p(\theta_o, f_j)$  è costante per i settori angolari da  $(l-1) \Delta\theta_o$  a  $l \Delta\theta_o$ , con  $l = 1, 2, \dots, m$ , ed essendo  $A_l(f_j)$  l'area in ciascun settore, l'equazione (e) diventa:

$$S_p(f_j) = \mu(f_j) \frac{\Delta\theta_p}{\Delta\theta_o} \sum_{\ell=1}^m A_\ell(f_j) \cdot N_\ell \dots \dots \dots (f)$$

con:

- $\mu(f_j) = \frac{(CC_s)_0}{(CC_s)_p}$  ;
- $\Delta\theta_p$  la separazione angolare usata nel punto sottocosta;
- $\Delta\theta_o$  la separazione angolare a largo;
- $A_l(f_j)$  è l'area di ogni settore angolare;
- o  $N_l$  è il numero di raggi la cui direzione a largo è compresa tra  $(l-1)\Delta\theta_o$  a  $l\Delta\theta_o$ , con  $l = 1, 2, \dots, m$ .

Con l'energia così calcolata per tutte le frequenze considerate, per esempio  $f_j$ , con  $j = 1, 2, \dots, n$ , lo spettro completo di energia  $S_p(f)$  è stato approssimato. A questo punto è possibile definire l'altezza significativa d'onda come:

$$H_s = 4 \cdot \left[ \int S_p(f) \cdot df \right]^{1/2}$$

e il periodo medio zero-upcrossing come:

$$\bar{T} = \left( \frac{\int S_p(f) \cdot df}{\int S_p(f) \cdot f^2 \cdot df} \right)^2$$

Per ottenere una direzione media ed una dispersione angolare di  $S_p(\theta, f)$ , sono necessarie ulteriori indagini. Si definisce un vettore medio  $V$  in un punto come:

$$V(f_j) = \int S_p(\theta_p, f_j) \exp(i\theta_p) d\theta_p / \int S_p(\theta_p, f_j) d\theta_p \quad (g)$$

La direzione media  $\theta$  è quindi data da:

$$\theta \square(f_j) = \text{ph}(V(f_j)) \text{ (fase di } V_j)$$

e la varianza, o dispersione,  $\sigma^2(f_j)$ , da:

$$\sigma^2(f_j) = 1 - |V(f_j)|^2$$

Seguendo le stesse approssimazioni adottate in precedenza, l'equazione (e) conduce a:

$$V(f_j) = \frac{\sum_{\ell=1}^m A_{\ell} (U_{\ell} + iV_{\ell})}{\sum_{\ell=1}^m A_{\ell} T_{\ell}} \dots\dots\dots (h)$$

dove:

$$U_{\ell} + iV_{\ell} = \mu(f_j) \frac{\Delta \theta_p}{\Delta \theta_o} \sum \exp(i \theta_p) \dots\dots\dots (i)$$

Tale somma è riferita a tutti i raggi con un angolo al largo compreso nell'intervallo:

$$(\ell - 1) \Delta \theta_o - \ell \Delta \theta_o.$$

Le "funzioni di trasferimento" sono:

$$\begin{bmatrix} T_{\ell} \\ U_{\ell} \\ V_{\ell} \end{bmatrix} = \mu(f_j) \frac{\Delta \theta_p}{\Delta \theta_o} \sum \begin{bmatrix} 1 \\ \cos \theta_p \\ \sin \theta_p \end{bmatrix} \dots\dots\dots (l)$$

dove la somma è riferita ai raggi con direzione compresa nel settore:

$$(\ell-1) \Delta \theta_o - \ell \Delta \theta_o.$$

Si ha quindi:

$$S_p(f_j) = \sum_{\ell=1}^m A_{\ell} T_{\ell} \dots\dots\dots (m)$$

la direzione media è:

$$\theta(f_j) = \tan^{-1} \left( \frac{\sum_{\ell=1}^m A_{\ell} V_{\ell}}{\sum_{\ell=1}^m A_{\ell} U_{\ell}} \right) \dots\dots\dots (n)$$

e la varianza è espressa da:

$$\sigma^2(f_j) = 1 \left[ \frac{(\sum A_{\ell} V_{\ell})^2 + (\sum A_{\ell} U_{\ell})^2}{(\sum A_{\ell} T_{\ell})^2} \right] \dots\dots\dots (o)$$

Come si nota dall'equazione (l), le funzioni T, U e V possono essere calcolate semplicemente usando le informazioni sui raggi d'onda. E' soltanto per risolvere le equazioni (m), (n) e (o) che si rende necessario calcolare lo spettro al largo  $S_o$  per ogni frequenza  $f_j$  e settore angolare  $(\ell-1) \Delta\theta_o - \ell \Delta\theta_o$  per ottenere  $A_{\ell}$ .

In conclusione, per un set di raggi d'onda, e di conseguenza per un set di "funzioni di trasferimento", possono essere calcolate le condizioni di moto ondoso nel punto sotto costa per diverse funzioni  $S_o(\theta, f)$ . L'unica restrizione riguardo gli spettri al largo è che varino tanto lentamente con  $\theta_o$ , da poter essere considerati costanti in un settore angolare d'ampiezza  $\Delta\theta_o$ , e inoltre che le frequenze  $f_j$  permettano di rappresentare accuratamente la distribuzione d'energia in funzione della frequenza. Nella pratica, si scelgono prima gli spettri al largo e poi le quantità  $\Delta\theta_o$  e  $f_j$  che soddisfano queste limitazioni.

## 6. APPENDICE 3

### - *Il codice di calcolo Beachplan*

Il codice di calcolo "*Beachplan*" è un'applicazione software di supporto allo studio dei processi morfodinamici dei litorali che simula i processi di trasporto solido longitudinale che scaturiscono dall'azione delle onde e l'evoluzione planimetrica della linea di riva che questo processo genera. Si tratta di un modello del tipo "ad una linea" che permette la simulazione dell'evoluzione della posizione della linea di battigia nel tempo per litorali sabbiosi anche estesi.

Il software *Beachplan* è stato pensato e progettato come uno strumento di base per la comprensione non solo del comportamento della costa ma anche dell'impatto che gli interventi di ingegneria possono avere su di essa. È stato in particolare sviluppato a HR Wallingford più di venticinque anni fa e da allora è in continuo aggiornamento, fino a diventare uno degli strumenti più importanti per gli studi sull'erosione della costa e sulla pianificazione e ottimizzazione degli interventi di protezione delle spiagge per far fronte a questo fenomeno.

*Beachplan* usa una formulazione per il trasporto solido longitudinale che consta di due termini di cui, il primo è meglio noto come formula del CERC (Shore Protection Manual, 1984), il secondo è stato introdotto da Ozasa e Brampton (1980) per tener conto dei gradienti di altezza d'onda indotti dai fenomeni di diffrazione e trasmissione delle onde attraverso le eventuali strutture presenti in prossimità della costa. Il modello aggiorna la linea di riva ad ogni passo di calcolo, permettendo la corretta simulazione della variazione di trasporto solido con il tempo.

In particolare il codice *Beachplan* modella i seguenti processi:

---

#### RELAZIONE IDRAULICO-MARITTIMA

*studio del moto ondoso, dell'evoluzione della linea di costa e valutazione della risalita sulla spiaggia emersa e della tracimazione delle opere di difesa aderenti*

✓ *Trasformazione delle onde:*

- rifrazione,
- shoaling,
- diffrazione.

✓ *Strutture:*

- trasmissione delle onde attraverso le strutture,
- by-passing dei pennelli e frangiflutti,
- effetto della presenza di un muro di sponda sul trasporto dei sedimenti.

✓ *Trasporto di sedimenti:*

- trasporto longitudinale dovuto alla variazione dell'altezza d'onda al frangimento lungo costa,
- distribuzione trasversale del trasporto longitudinale,
- definizione del piede della spiaggia e limitazione della distribuzione trasversale.

✓ *Tecniche di gestione della spiaggia attiva:*

- ripascimento della spiaggia,
- prelievo di materiale dalla spiaggia.

Tipicamente *Beachplan* utilizza, come input, un'intera serie storica di condizioni d'onda, ovvero una condizione d'onda cosiddetta "statistica" rappresentata dall'onda di modellamento.

La planimetria della spiaggia viene specificata mediante la posizione del contorno, di solito corrispondente al livello medio marino e quando necessario al livello di alta marea. Il modello considera, per ogni punto della griglia, una pendenza media della spiaggia costante. La pendenza può variare tra i punti della griglia. Il modello non considera i cambiamenti della spiaggia a breve termine. Le condizioni di onda al largo vengono rifratte fino alla condizione di frangimento per ogni punto lungo la spiaggia. Vengono utilizzate le condizioni d'onda al frangimento per il calcolo del trasporto longitudinale, per ognuno dei punti. La variazione del contorno della spiaggia viene calcolata mediante la variazione del trasporto solido longitudinale.

Mediante il codice *Beachplan* è possibile rappresentare strutture rigide come pennelli, difese radenti, barriere distaccate emerse e sommerse, apporti solidi esterni (ripascimenti o quelli dovuti ai corsi d'acqua) o prelievi, essendo il modello in grado di simularne la presenza.

Nel caso di pennelli, deve essere aggiunto il processo di diffrazione a quello di by-pass delle strutture, al fine di stabilire accuratamente l'evoluzione della linea di costa a destra e a sinistra del pennello. *Beachplan* aggiorna il grado di by-passing in funzione della distanza tra il frangimento e la punta del pennello, per diverse altezze d'onda e differenti posizioni del profilo di spiaggia.

L'output del modello si presenta come una tabella o come una planimetria mostrante il movimento della linea di spiaggia. I file sono creati in modo da permettere di continuare la simulazione, inoltre i risultati vengono stampati in un formato leggibile anche sotto Excel, in modo da poter sviluppare ulteriori analisi dei risultati.

Nel seguito vengono illustrate le tecniche di calibrazione del modello.

### *- Calibrazione di Beachplan*

La calibrazione deve riprodurre, più fedelmente possibile, l'evoluzione della linea di spiaggia, l'accrescimento e l'erosione del sito in termini volumetrici e l'andamento temporale e lungocosta del trasporto longitudinale del sito studiato.

Il processo ha inizio calibrando il parametro  $k_1$ , che dipende dalla sedimentologia della spiaggia, per giungere alla calibrazione della quantità di trasporto longitudinale. Il modello viene fatto girare una prima volta senza opere, in modo da ottenere una analisi di sensitività relativa principalmente a direzione e quantità di trasporto solido. In seguito vengono inserite le opere e gli eventuali apporti o prelievi di materiale.

Viene quindi calibrata l'efficienza delle strutture, il movimento della linea di spiaggia e la variazione di volume dell'intera spiaggia o dei settori di interesse. Per quanto riguarda il confronto di volumi, è necessario conoscere la storia del sito, dei ripascimenti e dei prelievi avvenuti nel corso degli anni.

La calibrazione del modello in caso di pennelli è basata sulla corretta valutazione della loro efficienza, in caso di barriere sulla corretta valutazione dei coefficienti di trasmissione di energia.

È chiaro che la completezza e la bontà della calibrazione sono strettamente condizionate dalla qualità e dalla quantità dei dati in possesso.

## 7. APPENDICE 4

### **Diagrammi a “rosa”**

FIGURE

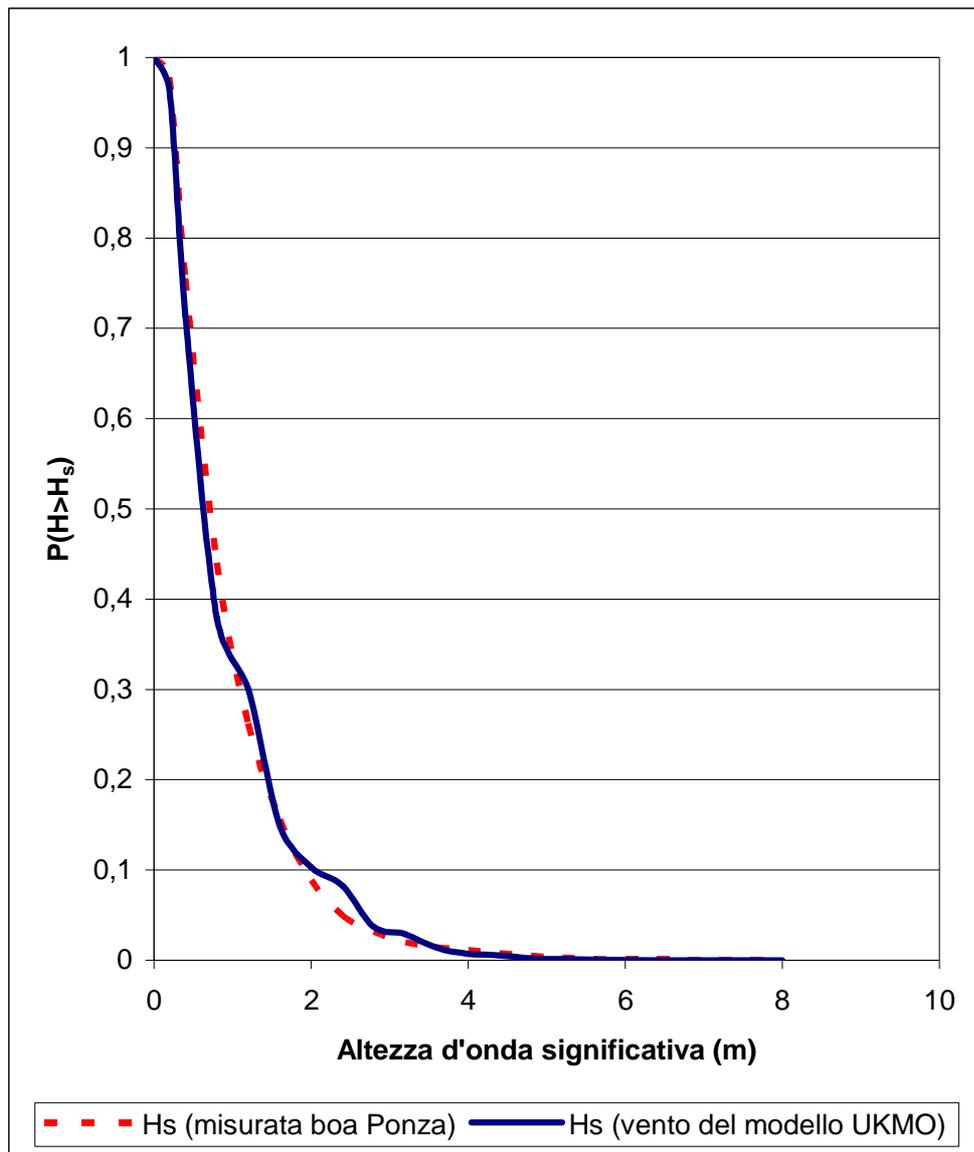


fig. 1

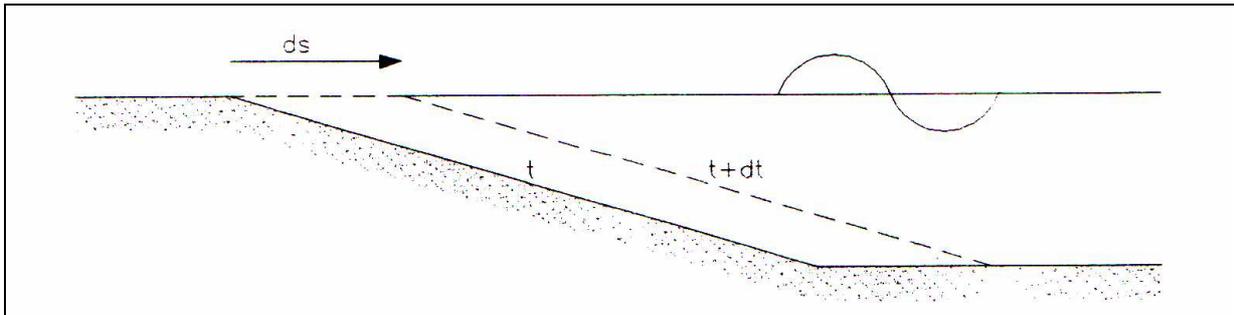


fig. 2

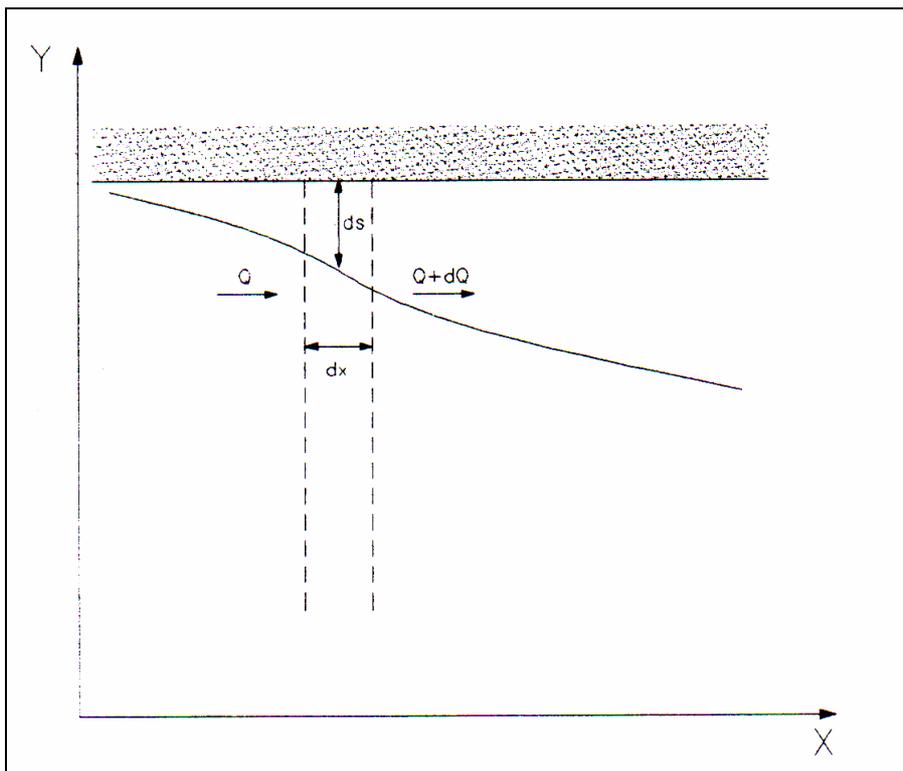


fig. 3

#### RELAZIONE IDRAULICO-MARITTIMA

*studio del moto ondoso, dell'evoluzione della linea di costa e valutazione della risalita sulla spiaggia emersa e della tracimazione delle opere di difesa aderenti*

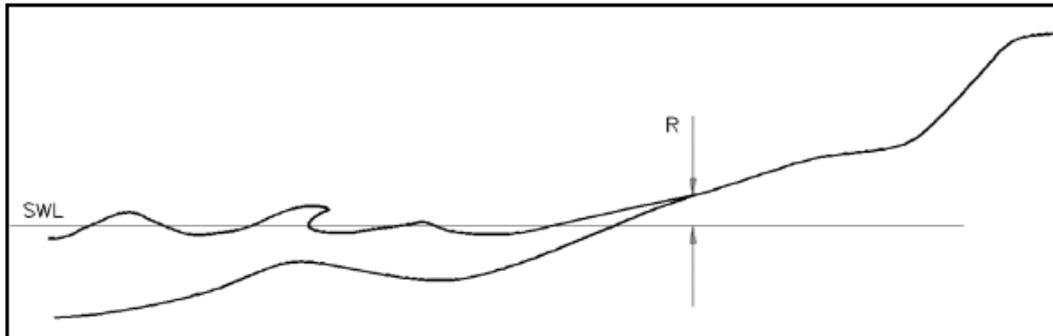


fig. 4

---

RELAZIONE IDRAULICO-MARITTIMA

*studio del moto ondoso, dell'evoluzione della linea di costa e valutazione della risalita sulla spiaggia emersa e della tracimazione delle opere di difesa aderenti*

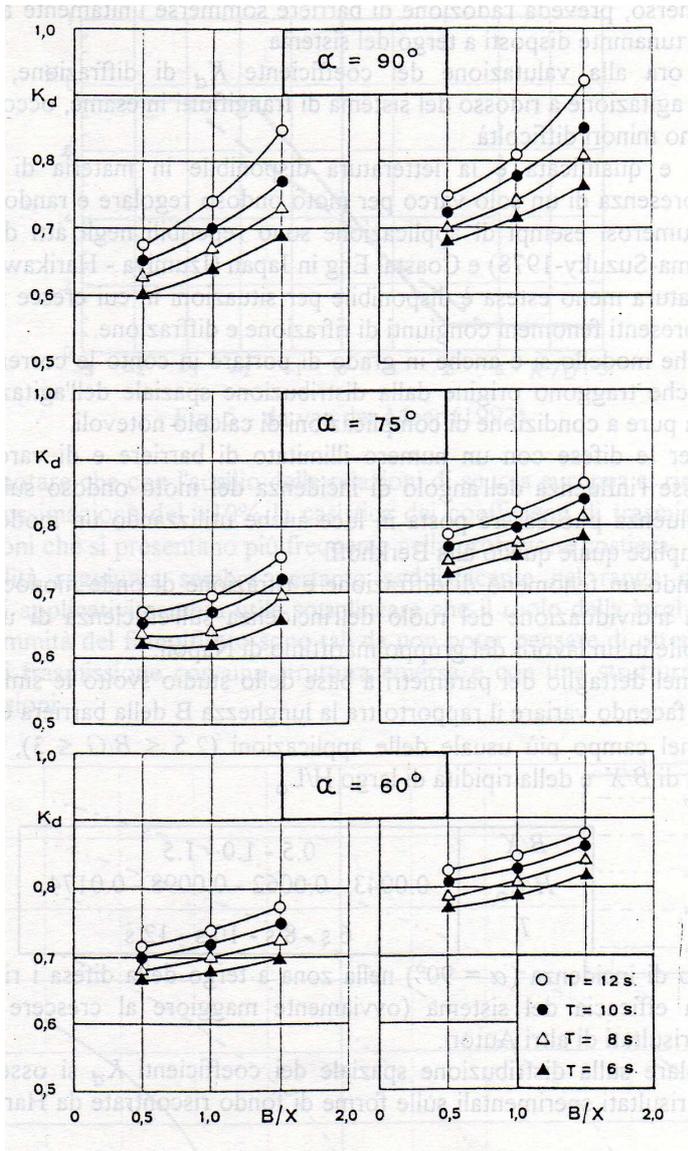


fig. 5

#### RELAZIONE IDRAULICO-MARITTIMA

*studio del moto ondoso, dell'evoluzione della linea di costa e valutazione della risalita sulla spiaggia emersa e della tracimazione delle opere di difesa aderenti*

## TABELLE

<b>Unità fisiografica: Maronti</b>	
DD (N)	Fetches geografici (km)
110	85,8
120	180,7
130	232,7
140	264,0
150	293,1
160	237,1
170	279,1
180	276,3
190	273,1
200	212,7
210	603,6
220	510,6

tab. 1.1

<b>Unità fisiografica: Punta Molino</b>	
DD (N)	Fetches geografici (km)
0	30,5
10	24,7
20	19,4
30	15,5
40	11,8
50	9,7
60	5,1
70	3,1
80	4,6
90	42,8
100	41,0
110	34,5

tab. 1.2

<b>Unità fisiografica: San Pietro</b>	
DD (‰)	Fetches geografici (km)
310	90,4
320	80,5
330	64,0
340	61,4
350	44,4
0	28,8
10	23,7
20	18,5
30	14,3
40	13,0
50	10,4
60	10,2
70	5,4
80	4,8

tab. 1.3

<b>Unità fisiografica: Casamicciola</b>	
DD (‰)	Fetches geografici (km)
300	431,8
310	87,7
320	78,3
330	59,7
340	59,7
350	44,4
0	28,8
10	24,4
20	20,0
30	17,2
40	14,0
50	12,3
60	10,1
70	20,0
80	5,2

tab. 1.4

<b>Unità fisiografica: San Montano</b>	
DD (N)	Fetches geografici (km)
350	52,4
0	39,2
10	28,3
20	24,6

tab. 1.5

<b>Unità fisiografica: San Francesco</b>	
DD (N)	Fetches geografici (km)
220	509,7
230	637,5
240	799,3
250	368,9
260	348,0
270	333,3
280	931,6
290	374,1
300	390,1
310	273,4

tab. 1.6

<b>Unità fisiografica: Citara - Cava</b>	
DD (N)	Fetches geografici (km)
190	284,2
200	311,2
210	475,7
220	497,4
230	624,2
240	735,9
250	371,8
260	344,7
270	332,2
280	359,1
290	376,7
300	392,0
310	362,6

tab. 1.7

<b>Unità fisiografica: Marina Grande</b>	
DD (N)	Fetches geografici (km)
290	376.5
300	392.6
310	74.6
320	67.6
330	58.7
340	48.1
350	50.1
0	47.5
10	41.8
20	35.3
30	30.2
40	28.3
50	27.3
60	26.7
70	26.7
80	26.5
90	26.8
100	28.1

tab. 1.8

<b>Unità fisiografica: Pozzo Vecchio</b>	
DD (‰)	Fetches geografici (km)
260	352.2
270	336.8
280	921.5
290	376.4
300	392.4
310	75.3
320	67.6
330	58.8
340	48.2
350	49.9
0	47.6
10	42

tab. 1.9

<b>Unità fisiografica: Ciraccio</b>	
DD (‰)	Fetches geografici (km)
220	516
230	649.1
240	810.2
250	370.9
260	352.3
270	336.8
280	921.6
290	376.5
300	392.5
310	75
320	67.6
330	58.8
340	48.2
350	50
0	47.6
10	41.9

tab. 1.10

<b>Unità fisiografica: Corricella</b>	
DD (N)	Fetches geografici (km)
40	46.9
50	48
60	49.5
70	36.3
80	22.8
90	82.4
100	88.9
110	85.8
120	180.8
130	232.8
140	264
150	293.1
160	237.1
170	279.1
180	276.2
190	273

tab. 1.11

<b>Località: S. Giovanni a Teduccio (Napoli)</b>	
DD (N)	Fetches geografici (km)
175	284
185	286
195	288
205	306
215	473
225	515
235	686
245	952
255	401

tab. 1.12

<b>Località: via Caracciolo (Napoli)</b>	
DD (N)	Fetches geografici (km)
165	295
175	299
185	302
195	295
205	326
215	510
225	529
235	702

tab. 1.13

<b>Località: via Posillipo (Napoli)</b>	
DD (N)	Fetches geografici (km)
160	295
170	291
180	302
190	306
200	320

tab. 1.14

<b>Località: la Gaiola (Napoli)</b>	
DD (N)	Fetches geografici (km)
155	302
165	295
175	298
185	302
195	290
205	324
215	509
225	522
235	695
245	432

tab. 1.15

<b>Località: Coroglio (Napoli)</b>	
DD (N)	Fetches geografici (km)
150	284
160	295
170	290
180	299
190	302
200	317
210	603
220	524
230	645
240	878
250	407

tab. 1.16

<b>Località: Bagnoli (Napoli)</b>	
DD (N)	Fetches geografici (km)
125	27
135	27
145	26
155	303
165	299
175	298
185	304
195	289
205	616
215	510
225	524
235	695
245	423
255	386

tab. 1.17

<b>Località: via Napoli (Napoli-Pozzuoli)</b>	
DD (N)	Fetches geografici (km)
125	28
135	28
145	27
155	304
165	300
175	299
185	300
195	291
205	225
215	512
225	525
235	696

tab. 1.18

<b>Unità fisiografica: Lucrino</b>	
DD (‰)	Fetches geografici (km)
120	33
130	32
140	31
150	292
160	31
170	299
180	307
190	311
200	327

tab. 1.19

<b>Località: Baia (Bacoli)</b>	
DD (‰)	Fetches geografici (km)
105	33
115	33
125	32
135	30
145	277
155	302
165	371

tab. 1.20

<b>Località: Marina Grande (Bacoli)</b>	
DD (‰)	Fetches geografici (km)
100	25
110	35
120	32
130	31
140	276
150	298
160	297
170	293

tab. 1.21

<b>Località: Porto Miseno (Bacoli)</b>	
DD (N)	Fetches geografici (km)
95	23
105	33
115	31
125	30
135	28
145	275
155	304
165	296

tab. 1.22

<b>Unità fisiografica: Miseno - Miliscola</b>	
DD (N)	Fetches geografici (km)
120	181
130	233
140	264
150	293
160	238
170	279
180	276
190	273
200	213
210	604
220	511
230	591
240	726
250	400
260	368
270	349
280	370
290	400

tab. 1.23

<b>Località: Acquamorta (Mte di Procida)</b>	
DD (N)	Fetches geografici (km)
140	17
150	335
160	270
170	319
180	319
190	301
200	333
210	500
220	516
230	649
240	810
250	371
260	352
270	337
280	922
290	377
300	393

tab. 1.24

<b>Unità fisiografica: Lago Patria - Litorale Domizio</b>	
<b>Sub unità fisiografica: Fusaro - Cuma</b>	
DD (N)	Fetches geografici (km)
180	319.2
190	300.7
200	333.2
210	500.1
220	516
230	649.2
240	810.2
250	370.8
260	352.3
270	336.8
280	921.6
290	376.5
300	392.5
310	74.9
320	67.6

tab. 1.25

---

RELAZIONE IDRAULICO-MARITTIMA

*studio del moto ondoso, dell'evoluzione della linea di costa e valutazione della risalita sulla spiaggia emersa e della tracimazione delle opere di difesa aderenti*

<b>Unità fisiografica: Lago Patria - Litorale Domizio</b>	
<b>Sub unità fisiografica: Licola - Ischitella</b>	
<b>DD (N)</b>	<b>Fetches geografici (km)</b>
170	319.1
180	319.2
190	300.7
200	333.2
210	500
220	516
230	649.1
240	810.2
250	370.9
260	352.3
270	336.9
280	921.6
290	376.5
300	392.6
310	74.8

tab. 1.26

<b>Unità fisiografica: Lago Patria - Litorale Domizio</b>	
<b>Sub unità fisiografica: Pinetamare</b>	
<b>DD (N)</b>	<b>Fetches geografici (km)</b>
160	269.8
170	319.2
180	319.2
190	300.7
200	333.2
210	500
220	516
230	649.2
240	810.2
250	370.9
260	352.3
270	336.9
280	921.6
290	376.5
300	392.6
310	74.7

tab. 1.27

Unità fisiografica: Maronti					
DD (N)	$0 < H_s \leq 1,0$ m	$1,0 \text{ m} < H_s \leq 2,0$ m	$2,0 \text{ m} < H_s \leq 3,0$ m	$3,0 \text{ m} < H_s \leq 4,0$ m	$H_s > 4,0$ m
0	0,24	-	-	-	-
10	0,36	-	-	-	-
20	0,18	-	-	-	-
30	3,58	-	-	-	-
40	11,42	-	-	-	-
50	0,79	-	-	-	-
60	1,09	-	-	-	-
70	0,55	-	-	-	-
80	0,67	-	-	-	-
90	1,52	-	-	-	-
100	1,70	-	-	-	-
110	1,28	-	-	-	-
120	1,64	-	-	-	-
130	614,52	-	-	-	-
140	672,78	-	-	-	-
150	407,96	29,47	-	-	-
160	317,07	95,26	11,60	1,03	0,00
170	220,96	130,56	50,61	4,01	0,55
180	202,49	120,90	46,42	3,40	1,09
190	227,34	114,40	45,38	5,53	0,24
200	366,52	107,96	40,77	11,00	0,79
210	641,80	244,84	25,03	0,24	0,00
220	1137,73	2,00	-	-	-
230	1299,76	-	-	-	-
240	237,73	-	-	-	-
250	2,19	-	-	-	-
260	1,82	-	-	-	-
270	2,19	-	-	-	-
280	1,64	-	-	-	-
290	1,58	-	-	-	-
300	1,34	-	-	-	-
310	1,52	-	-	-	-
320	1,76	-	-	-	-
330	7,11	-	-	-	-
340	1,15	-	-	-	-
350	0,12	-	-	-	-

tab. 1.28

RELAZIONE IDRAULICO-MARITTIMA

*studio del moto ondoso, dell'evoluzione della linea di costa e valutazione della risalita sulla spiaggia emersa e della tracimazione delle opere di difesa aderenti*

Unità fisiografica: Punta Molino					
DD (N)	$0 < H_s \leq 1,0 \text{ m}$	$1,0 \text{ m} < H_s \leq 2,0 \text{ m}$	$2,0 \text{ m} < H_s \leq 3,0 \text{ m}$	$3,0 \text{ m} < H_s \leq 4,0 \text{ m}$	$H_s > 4,0 \text{ m}$
0	-	-	-	-	-
10	48,00	-	-	-	-
20	-	8,00	-	-	-
30	-	9,00	-	-	-
40	203,00	7,00	-	-	-
50	-	-	-	-	-
60	776,00	-	-	-	-
70	360,00	-	-	-	-
80	411,00	-	-	-	-
90	194,00	1,00	-	-	-
100	-	-	-	-	-
110	-	-	-	-	-
120	-	-	-	-	-
130	-	-	-	-	-
140	-	-	-	-	-
150	-	-	-	-	-
160	-	-	-	-	-
170	-	-	-	-	-
180	-	-	-	-	-
190	-	-	-	-	-
200	-	-	-	-	-
210	-	-	-	-	-
220	-	-	-	-	-
230	-	-	-	-	-
240	-	-	-	-	-
250	-	-	-	-	-
260	-	-	-	-	-
270	-	-	-	-	-
280	-	-	-	-	-
290	-	-	-	-	-
300	-	-	-	-	-
310	-	-	-	-	-
320	-	-	-	-	-
330	-	-	-	-	-
340	-	-	-	-	-
350	-	-	-	-	-

tab. 1.29

Unità fisiografica: San Pietro					
DD (N)	$0 < H_s \leq 1,0$ m	$1,0 \text{ m} < H_s \leq 2,0$ m	$2,0 \text{ m} < H_s \leq 3,0$ m	$3,0 \text{ m} < H_s \leq 4,0$ m	$H_s > 4,0$ m
0	384,00	-	-	-	-
10	192,00	30,00	-	-	-
20	96,00	30,00	15,00	-	-
30	192,00	-	-	-	-
40	533,00	-	-	-	-
50	201,00	-	-	-	-
60	161,00	-	-	-	-
70	-	-	-	-	-
80	-	-	-	-	-
90	-	-	-	-	-
100	-	-	-	-	-
110	-	-	-	-	-
120	-	-	-	-	-
130	-	-	-	-	-
140	-	-	-	-	-
150	-	-	-	-	-
160	-	-	-	-	-
170	-	-	-	-	-
180	-	-	-	-	-
190	-	-	-	-	-
200	-	-	-	-	-
210	-	-	-	-	-
220	-	-	-	-	-
230	-	-	-	-	-
240	-	-	-	-	-
250	-	-	-	-	-
260	-	-	-	-	-
270	-	-	-	-	-
280	-	-	-	-	-
290	-	-	-	-	-
300	-	-	-	-	-
310	-	-	-	-	-
320	-	-	-	-	-
330	-	-	-	-	-
340	-	15,00	-	-	-
350	-	30,00	-	-	15,00

tab. 1.30

---

RELAZIONE IDRAULICO-MARITTIMA

*studio del moto ondoso, dell'evoluzione della linea di costa e valutazione della risalita sulla spiaggia emersa e della tracimazione delle opere di difesa aderenti*

Unità fisiografica: Casamicciola					
DD (N)	$0 < H_s \leq 1,0 \text{ m}$	$1,0 \text{ m} < H_s \leq 2,0 \text{ m}$	$2,0 \text{ m} < H_s \leq 3,0 \text{ m}$	$3,0 \text{ m} < H_s \leq 4,0 \text{ m}$	$H_s > 4,0 \text{ m}$
0	522,00	8,00	3,00	-	-
10	563,00	4,00	-	-	-
20	55,00	-	-	-	-
30	112,00	-	-	-	-
40	-	-	-	-	-
50	-	-	-	-	-
60	-	-	-	-	-
70	-	-	-	-	-
80	-	-	-	-	-
90	-	-	-	-	-
100	-	-	-	-	-
110	-	-	-	-	-
120	-	-	-	-	-
130	-	-	-	-	-
140	-	-	-	-	-
150	-	-	-	-	-
160	-	-	-	-	-
170	-	-	-	-	-
180	-	-	-	-	-
190	-	-	-	-	-
200	-	-	-	-	-
210	-	-	-	-	-
220	-	-	-	-	-
230	-	-	-	-	-
240	-	-	-	-	-
250	-	-	-	-	-
260	-	-	-	-	-
270	-	-	-	-	-
280	-	-	-	-	-
290	-	-	-	-	-
300	-	-	-	-	-
310	-	-	-	-	2,00
320	-	35,00	6,00	-	-
330	-	20,00	-	-	-
340	60,00	175,00	10,00	-	1,00
350	1360,00	25,00	-	-	-

tab. 1.31

Unità fisiografica: San Montano					
DD (N)	$0 < H_s \leq 1,0 \text{ m}$	$1,0 \text{ m} < H_s \leq 2,0 \text{ m}$	$2,0 \text{ m} < H_s \leq 3,0 \text{ m}$	$3,0 \text{ m} < H_s \leq 4,0 \text{ m}$	$H_s > 4,0 \text{ m}$
0	311,00	39,00	-	1,00	-
10	11,00	21,00	-	-	-
20	667,00	4,00	2,00	1,00	-
30	-	-	-	-	-
40	-	-	-	-	-
50	-	-	-	-	-
60	-	-	-	-	-
70	-	-	-	-	-
80	-	-	-	-	-
90	-	-	-	-	-
100	-	-	-	-	-
110	-	-	-	-	-
120	-	-	-	-	-
130	-	-	-	-	-
140	-	-	-	-	-
150	-	-	-	-	-
160	-	-	-	-	-
170	-	-	-	-	-
180	-	-	-	-	-
190	-	-	-	-	-
200	-	-	-	-	-
210	-	-	-	-	-
220	-	-	-	-	-
230	-	-	-	-	-
240	-	-	-	-	-
250	-	-	-	-	-
260	-	-	-	-	-
270	-	-	-	-	-
280	-	-	-	-	-
290	-	-	-	-	-
300	-	-	-	-	-
310	-	-	-	-	-
320	-	-	-	-	-
330	-	-	-	-	-
340	316,00	37,00	-	-	-
350	-	-	-	-	-

tab. 1.32

Unità fisiografica: San Francesco					
DD (N)	$0 < H_s \leq 1,0 \text{ m}$	$1,0 \text{ m} < H_s \leq 2,0 \text{ m}$	$2,0 \text{ m} < H_s \leq 3,0 \text{ m}$	$3,0 \text{ m} < H_s \leq 4,0 \text{ m}$	$H_s > 4,0 \text{ m}$
0	2,13	-	-	-	-
10	2,92	-	-	-	-
20	5,22	-	-	-	-
30	4,37	-	-	-	-
40	51,22	-	-	-	-
50	19,02	-	-	-	-
60	14,03	-	-	-	-
70	30,26	-	-	-	-
80	75,46	-	-	-	-
90	50,30	-	-	-	-
100	4,68	-	-	-	-
110	3,65	-	-	-	-
120	5,95	-	-	-	-
130	3,58	-	-	-	-
140	2,79	-	-	-	-
150	5,83	-	-	-	-
160	9,72	-	-	-	-
170	7,84	-	-	-	-
180	7,90	-	-	-	-
190	8,44	-	-	-	-
200	13,97	-	-	-	-
210	167,62	-	-	-	-
220	721,75	-	-	-	-
230	653,77	-	-	-	-
240	744,90	12,27	-	-	-
250	518,77	92,71	-	-	-
260	736,21	139,79	11,00	-	-
270	888,40	195,14	70,96	9,96	-
280	745,02	79,04	35,54	9,48	1,09
290	571,69	6,74	0,06	-	-
300	1067,80	-	-	-	-
310	166,22	-	-	-	-
320	8,75	-	-	-	-
330	16,52	-	-	-	-
340	18,04	-	-	-	-
350	13,49	-	-	-	-

tab. 1.33

---

RELAZIONE IDRAULICO-MARITTIMA

*studio del moto ondoso, dell'evoluzione della linea di costa e valutazione della risalita sulla spiaggia emersa e della tracimazione delle opere di difesa aderenti*

Unità fisiografica: Citara - Cava					
DD (N)	$0 < H_s \leq 1,0$ m	$1,0 \text{ m} < H_s \leq 2,0$ m	$2,0 \text{ m} < H_s \leq 3,0$ m	$3,0 \text{ m} < H_s \leq 4,0$ m	$H_s > 4,0$ m
0	2,49	-	-	-	-
10	3,34	-	-	-	-
20	4,68	-	-	-	-
30	4,80	-	-	-	-
40	35,54	-	-	-	-
50	15,31	-	-	-	-
60	0,43	-	-	-	-
70	0,97	-	-	-	-
80	0,49	-	-	-	-
90	0,61	-	-	-	-
100	0,55	-	-	-	-
110	0,49	-	-	-	-
120	1,22	-	-	-	-
130	2,31	-	-	-	-
140	3,22	-	-	-	-
150	2,98	-	-	-	-
160	9,36	-	-	-	-
170	67,44	-	-	-	-
180	90,77	-	-	-	-
190	720,66	-	-	-	-
200	542,35	-	-	-	-
210	487,12	5,04	-	-	-
220	418,53	142,95	-	-	-
230	299,64	170,72	11,42	-	-
240	284,99	164,03	21,93	0,12	-
250	340,10	267,98	32,99	5,35	1,34
260	483,17	198,42	61,85	9,05	5,53
270	748,97	101,15	22,96	1,15	0,24
280	660,02	17,62	0,12	-	-
290	576,73	0,97	-	-	-
300	1001,15	-	-	-	-
310	153,04	-	-	-	-
320	18,59	-	-	-	-
330	22,05	-	-	-	-
340	23,88	-	-	-	-
350	21,26	-	-	-	-

tab. 1.34

---

RELAZIONE IDRAULICO-MARITTIMA

*studio del moto ondoso, dell'evoluzione della linea di costa e valutazione della risalita sulla spiaggia emersa e della tracimazione delle opere di difesa aderenti*

Unità fisiografica: Marina Grande					
DD (N)	$0 < H_s \leq 1,0 \text{ m}$	$1,0 \text{ m} < H_s \leq 2,0 \text{ m}$	$2,0 \text{ m} < H_s \leq 3,0 \text{ m}$	$3,0 \text{ m} < H_s \leq 4,0 \text{ m}$	$H_s > 4,0 \text{ m}$
0	14.46	1.215	0.122	-	-
10	11.24	1.033	0.061	-	-
20	20.05	0.972	-	-	-
30	91.62	0.851	-	-	-
40	131.20	0.851	-	-	-
50	60.45	1.09	-	-	-
60	43.56	1.22	-	-	-
70	43.93	2.86	-	-	-
80	71.32	2.37	-	-	-
90	437.40	15.80	-	-	-
100	929.00	49.70	-	-	-
110	26.00	-	-	-	-
120	21.20	-	-	-	-
130	25.15	-	-	-	-
140	34.69	-	-	-	-
150	37.30	-	-	-	-
160	36.57	-	-	-	-
170	30.01	-	-	-	-
180	31.96	-	-	-	-
190	23.15	-	-	-	-
200	2.92	-	-	-	-
210	3.34	-	-	-	-
220	3.65	-	-	-	-
230	4.98	-	-	-	-
240	5.95	-	-	-	-
250	6.62	-	-	-	-
260	7.78	-	-	-	-
270	5.16	-	-	-	-
280	194.20	-	-	-	-
290	3989.00	-	-	-	-
300	1044.00	159.800	1.640	-	-
310	53.46	18.590	2.369	-	-
320	30.44	5.468	0.304	-	-
330	21.32	2.491	0.061	-	-
340	22.60	2.855	0.182	-	-
350	19.44	1.094	0.061	-	-

tab. 1.35

Unità fisiografica: Pozzo Vecchio					
DD (N)	$0 < H_s \leq 1,0 \text{ m}$	$1,0 \text{ m} < H_s \leq 2,0 \text{ m}$	$2,0 \text{ m} < H_s \leq 3,0 \text{ m}$	$3,0 \text{ m} < H_s \leq 4,0 \text{ m}$	$H_s > 4,0 \text{ m}$
0	8.566	-	-	-	-
10	9.295	-	-	-	-
20	13.790	-	-	-	-
30	13.970	-	-	-	-
40	3.827	-	-	-	-
50	9.295	-	-	-	-
60	5.529	-	-	-	-
70	10.085	-	-	-	-
80	14.340	-	-	-	-
90	2.005	-	-	-	-
100	-	-	-	-	-
110	25.700	-	-	-	-
120	1.337	-	-	-	-
130	2.066	-	-	-	-
140	2.491	-	-	-	-
150	1.458	-	-	-	-
160	1.944	-	-	-	-
170	3.281	-	-	-	-
180	4.010	-	-	-	-
190	3.706	-	-	-	-
200	4.313	-	-	-	-
210	384.800	-	-	-	-
220	423.800	-	-	-	-
230	324.700	-	-	-	-
240	241.500	-	-	-	-
250	279.300	-	-	-	-
260	189.400	-	-	-	-
270	283.900	-	-	-	-
280	1046.000	12.700	-	-	-
290	3060.000	254.800	7.169	0.425	-
300	732.300	-	-	-	-
310	6.926	-	-	-	-
320	5.832	-	-	-	-
330	5.286	-	-	-	-
340	7.230	-	-	-	-
350	7.412	-	-	-	-

tab. 1.36

Unità fisiografica: Ciraccio					
DD (N)	$0 < H_s \leq 1,0 \text{ m}$	$1,0 \text{ m} < H_s \leq 2,0 \text{ m}$	$2,0 \text{ m} < H_s \leq 3,0 \text{ m}$	$3,0 \text{ m} < H_s \leq 4,0 \text{ m}$	$H_s > 4,0 \text{ m}$
0	0.122	-	-	-	-
10	0.061	-	-	-	-
20	-	-	-	-	-
30	1.215	-	-	-	-
40	-	-	-	-	-
50	-	-	-	-	-
60	-	-	-	-	-
70	0.729	-	-	-	-
80	0.365	-	-	-	-
90	-	-	-	-	-
100	14.280	-	-	-	-
110	10.690	-	-	-	-
120	41.560	-	-	-	-
130	5.225	-	-	-	-
140	4.739	-	-	-	-
150	5.832	-	-	-	-
160	4.557	-	-	-	-
170	5.286	-	-	-	-
180	8.019	-	-	-	-
190	32.020	-	-	-	-
200	10.690	-	-	-	-
210	10.630	-	-	-	-
220	26.910	-	-	-	-
230	427.800	-	-	-	-
240	379.600	-	-	-	-
250	282.100	-	-	-	-
260	106.700	0.061	-	-	-
270	125.800	0.243	-	-	-
280	378.000	6.379	-	-	-
290	4001.000	193.900	3.524	-	-
300	965.600	0.243	-	-	-
310	0.122	-	-	-	-
320	0.304	-	-	-	-
330	0.122	-	-	-	-
340	0.425	-	-	-	-
350	-	-	-	-	-

tab. 1.37

Unità fisiografica: Corricella					
DD (N)	$0 < H_s \leq 1,0 \text{ m}$	$1,0 \text{ m} < H_s \leq 2,0 \text{ m}$	$2,0 \text{ m} < H_s \leq 3,0 \text{ m}$	$3,0 \text{ m} < H_s \leq 4,0 \text{ m}$	$H_s > 4,0 \text{ m}$
0	-	-	-	-	-
10	53.95	-	-	-	-
20	36.39	-	-	-	-
30	7.05	-	-	-	-
40	10.94	-	-	-	-
50	7.78	-	-	-	-
60	7.11	-	-	-	-
70	13.18	-	-	-	-
80	6.74	-	-	-	-
90	6.93	-	-	-	-
100	380.60	-	-	-	-
110	97.63	-	-	-	-
120	60.63	-	-	-	-
130	749.00	-	-	-	-
140	570.30	-	-	-	-
150	499.60	8.20	-	-	-
160	1045.00	234.20	5.41	-	-
170	1507.00	41.19	-	-	-
180	860.80	-	-	-	-
190	171.75	-	-	-	-
200	9.66	-	-	-	-
210	11.91	-	-	-	-
220	12.94	-	-	-	-
230	13.12	-	-	-	-
240	8.63	-	-	-	-
250	7.84	-	-	-	-
260	10.21	-	-	-	-
270	9.60	-	-	-	-
280	76.79	-	-	-	-
290	1.94	-	-	-	-
300	-	-	-	-	-
310	-	-	-	-	-
320	-	-	-	-	-
330	-	-	-	-	-
340	-	-	-	-	-
350	-	-	-	-	-

tab. 1.38

Località: S. Giovanni a Teduccio (Napoli)					
DD (N)	$0 < H_s \leq 1,0$ m	$1,0 \text{ m} < H_s \leq 2,0$ m	$2,0 \text{ m} < H_s \leq 3,0$ m	$3,0 \text{ m} < H_s \leq 4,0$ m	$H_s > 4,0$ m
0	15.61	-	-	-	-
10	20.11	-	-	-	-
20	0.18	-	-	-	-
30	-	-	-	-	-
40	-	-	-	-	-
50	-	-	-	-	-
60	-	-	-	-	-
70	-	-	-	-	-
80	-	-	-	-	-
90	30.68	-	-	-	-
100	2.86	-	-	-	-
110	2.92	-	-	-	-
120	1.64	-	-	-	-
130	1.09	-	-	-	-
140	6.38	-	-	-	-
150	5.22	-	-	-	-
160	5.47	-	-	-	-
170	4.62	-	-	-	-
180	499.09	-	-	-	-
190	412.88	-	-	-	-
200	513.43	42.28	-	-	-
210	808.81	164.70	13.91	-	-
220	1302.31	215.13	46.17	2.19	-
230	1611.79	108.87	5.47	-	-
240	624.79	-	-	-	-
250	0.67	-	-	-	-
260	0.61	-	-	-	-
270	0.67	-	-	-	-
280	0.85	-	-	-	-
290	0.49	-	-	-	-
300	0.49	-	-	-	-
310	0.30	-	-	-	-
320	0.24	-	-	-	-
330	0.79	-	-	-	-
340	2.00	-	-	-	-
350	7.90	-	-	-	-

tab. 1.39

Località: via Caracciolo (Napoli)					
DD (N)	$0 < H_s \leq 1,0$ m	$1,0 \text{ m} < H_s \leq 2,0$ m	$2,0 \text{ m} < H_s \leq 3,0$ m	$3,0 \text{ m} < H_s \leq 4,0$ m	$H_s > 4,0$ m
0	0.30	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-
20	-	-	-	-	-
30	-	-	-	-	-
40	-	-	-	-	-
50	-	-	-	-	-
60	-	-	-	-	-
70	-	-	-	-	-
80	-	-	-	-	-
90	-	-	-	-	-
100	-	-	-	-	-
110	-	-	-	-	-
120	-	-	-	-	-
130	-	-	-	-	-
140	0.12	-	-	-	-
150	-	-	-	-	-
160	-	-	-	-	-
170	526.85	-	-	-	-
180	474.97	3.16	-	-	-
190	903.04	191.98	4.50	-	-
200	1608.38	119.99	2.43	-	-
210	1895.87	-	-	-	-
220	323.39	-	-	-	-
230	17.38	-	-	-	-
240	18.65	-	-	-	-
250	20.29	-	-	-	-
260	0.20	-	-	-	-
270	10.57	-	-	-	-
280	9.48	-	-	-	-
290	10.81	-	-	-	-
300	9.90	-	-	-	-
310	56.14	-	-	-	-
320	82.38	-	-	-	-
330	7.90	-	-	-	-
340	23.27	-	-	-	-
350	34.75	-	-	-	-

tab. 1.40

---

RELAZIONE IDRAULICO-MARITTIMA

*studio del moto ondoso, dell'evoluzione della linea di costa e valutazione della risalita sulla spiaggia emersa e della tracimazione delle opere di difesa aderenti*

Località: via Posillipo (Napoli)					
DD (N)	$0 < H_s \leq 1,0 \text{ m}$	$1,0 \text{ m} < H_s \leq 2,0 \text{ m}$	$2,0 \text{ m} < H_s \leq 3,0 \text{ m}$	$3,0 \text{ m} < H_s \leq 4,0 \text{ m}$	$H_s > 4,0 \text{ m}$
0	8.51	-	-	-	-
10	15.07	-	-	-	-
20	25.03	-	-	-	-
30	1.58	-	-	-	-
40	0.79	-	-	-	-
50	1.28	-	-	-	-
60	1.58	-	-	-	-
70	0.85	-	-	-	-
80	0.85	-	-	-	-
90	0.91	-	-	-	-
100	1.09	-	-	-	-
110	1.40	-	-	-	-
120	0.73	-	-	-	-
130	2.61	-	-	-	-
140	5.10	-	-	-	-
150	113.73	12.27	-	-	-
160	1262.09	8.38	-	-	-
170	1904.01	-	-	-	-
180	1839.73	-	-	-	-
190	435.72	-	-	-	-
200	27.22	-	-	-	-
210	27.76	-	-	-	-
220	31.77	-	-	-	-
230	33.90	-	-	-	-
240	19.62	-	-	-	-
250	14.22	-	-	-	-
260	15.98	-	-	-	-
270	14.46	-	-	-	-
280	73.33	-	-	-	-
290	192.83	-	-	-	-
300	203.58	-	-	-	-
310	6.68	-	-	-	-
320	2.07	-	-	-	-
330	10.51	-	-	-	-
340	26.91	-	-	-	-
350	35.84	-	-	-	-

tab. 1.41

Località: la Gaiola (Napoli)					
DD (N)	$0 < H_s \leq 1,0 \text{ m}$	$1,0 \text{ m} < H_s \leq 2,0 \text{ m}$	$2,0 \text{ m} < H_s \leq 3,0 \text{ m}$	$3,0 \text{ m} < H_s \leq 4,0 \text{ m}$	$H_s > 4,0 \text{ m}$
0	27.76	-	-	-	-
10	4.98	-	-	-	-
20	4.25	-	-	-	-
30	0.06	-	-	-	-
40	-	-	-	-	-
50	-	-	-	-	-
60	-	-	-	-	-
70	71.45	-	-	-	-
80	5.65	-	-	-	-
90	4.86	-	-	-	-
100	4.56	-	-	-	-
110	3.95	-	-	-	-
120	17.25	-	-	-	-
130	13.67	-	-	-	-
140	13.55	-	-	-	-
150	10.15	-	-	-	-
160	532.87	-	-	-	-
170	425.64	-	-	-	-
180	425.64	13.12	0.49	-	-
190	413.43	110.51	32.75	8.93	-
200	569.02	251.58	41.68	-	-
210	937.73	42.35	-	-	-
220	997.39	-	-	-	-
230	1313.67	-	-	-	-
240	533.54	-	-	-	-
250	11.30	-	-	-	-
260	15.13	-	-	-	-
270	14.09	-	-	-	-
280	14.82	-	-	-	-
290	7.05	-	-	-	-
300	6.26	-	-	-	-
310	6.80	-	-	-	-
320	6.87	-	-	-	-
330	32.32	-	-	-	-
340	60.87	-	-	-	-
350	44.84	-	-	-	-

tab. 1.42

Località: Coroglio (Napoli)					
DD (N)	$0 < H_s \leq 1,0$ m	$1,0 \text{ m} < H_s \leq 2,0$ m	$2,0 \text{ m} < H_s \leq 3,0$ m	$3,0 \text{ m} < H_s \leq 4,0$ m	$H_s > 4,0$ m
0	1.70	-	-	-	-
10	6.32	-	-	-	-
20	18.59	-	-	-	-
30	5.35	-	-	-	-
40	0.12	-	-	-	-
50	-	-	-	-	-
60	0.61	-	-	-	-
70	-	-	-	-	-
80	-	-	-	-	-
90	-	-	-	-	-
100	0.12	-	-	-	-
110	0.67	-	-	-	-
120	0.67	-	-	-	-
130	-	-	-	-	-
140	-	-	-	-	-
150	139.98	-	-	-	-
160	663.43	-	-	-	-
170	381.29	-	-	-	-
180	358.81	31.53	-	-	-
190	386.94	92.04	6.08	-	-
200	493.62	137.30	27.22	1.88	-
210	94.41	168.23	43.92	3.40	-
220	1126.12	140.04	0.18	-	-
230	1513.61	-	-	-	-
240	487.18	-	-	-	-
250	10.87	-	-	-	-
260	13.79	-	-	-	-
270	13.73	-	-	-	-
280	0.14	-	-	-	-
290	5.95	-	-	-	-
300	6.26	-	-	-	-
310	6.14	-	-	-	-
320	6.56	-	-	-	-
330	32.69	-	-	-	-
340	49.03	-	-	-	-
350	15.31	-	-	-	-

tab. 1.43

---

RELAZIONE IDRAULICO-MARITTIMA

*studio del moto ondoso, dell'evoluzione della linea di costa e valutazione della risalita sulla spiaggia emersa e della tracimazione delle opere di difesa aderenti*

Località: Bagnoli (Napoli)					
DD (N)	$0 < H_s \leq 1,0 \text{ m}$	$1,0 \text{ m} < H_s \leq 2,0 \text{ m}$	$2,0 \text{ m} < H_s \leq 3,0 \text{ m}$	$3,0 \text{ m} < H_s \leq 4,0 \text{ m}$	$H_s > 4,0 \text{ m}$
0	30	-	-	-	-
10	78	-	-	-	-
20	55	-	-	-	-
30	17	-	-	-	-
40	-	-	-	-	-
50	-	-	-	-	-
60	-	-	-	-	-
70	3	-	-	-	-
80	-	-	-	-	-
90	29	-	-	-	-
100	29	-	-	-	-
110	46	-	-	-	-
120	8	-	-	-	-
130	8	-	-	-	-
140	7	-	-	-	-
150	12	-	-	-	-
160	18	-	-	-	-
170	18	-	-	-	-
180	17	-	-	-	-
190	11	-	-	-	-
200	69	-	-	-	-
210	621	-	-	-	-
220	2549	-	-	-	-
230	2316	-	-	-	-
240	249	-	-	-	-
250	58	-	-	-	-
260	4	-	-	-	-
270	4	-	-	-	-
280	4	-	-	-	-
290	3	-	-	-	-
300	3	-	-	-	-
310	3	-	-	-	-
320	2	-	-	-	-
330	7	-	-	-	-
340	17	-	-	-	-
350	18	-	-	-	-

tab. 1.44

---

RELAZIONE IDRAULICO-MARITTIMA

*studio del moto ondoso, dell'evoluzione della linea di costa e valutazione della risalita sulla spiaggia emersa e della tracimazione delle opere di difesa aderenti*

Località: via Napoli (Napoli-Pozzuoli)					
DD (N)	$0 < H_s \leq 1,0 \text{ m}$	$1,0 \text{ m} < H_s \leq 2,0 \text{ m}$	$2,0 \text{ m} < H_s \leq 3,0 \text{ m}$	$3,0 \text{ m} < H_s \leq 4,0 \text{ m}$	$H_s > 4,0 \text{ m}$
0	14	-	-	-	-
10	16	-	-	-	-
20	1	-	-	-	-
30	-	-	-	-	-
40	-	-	-	-	-
50	9	-	-	-	-
60	35	-	-	-	-
70	3	-	-	-	-
80	4	-	-	-	-
90	3	-	-	-	-
100	3	-	-	-	-
110	6	-	-	-	-
120	6	-	-	-	-
130	5	-	-	-	-
140	5	-	-	-	-
150	403	-	-	-	-
160	492	-	-	-	-
170	394	5	-	-	-
180	520	97	4	-	-
190	855	173	32	-	-
200	1156	153	6	-	-
210	1635	-	-	-	-
220	426	-	-	-	-
230	27	-	-	-	-
240	31	-	-	-	-
250	33	-	-	-	-
260	34	-	-	-	-
270	11	-	-	-	-
280	12	-	-	-	-
290	13	-	-	-	-
300	14	-	-	-	-
310	124	-	-	-	-
320	9	-	-	-	-
330	15	-	-	-	-
340	21	-	-	-	-
350	40	-	-	-	-

tab. 1.45

Unità fisiografica: Lucrino (Pozzuoli)					
DD (N)	$0 < H_s \leq 1,0 \text{ m}$	$1,0 \text{ m} < H_s \leq 2,0 \text{ m}$	$2,0 \text{ m} < H_s \leq 3,0 \text{ m}$	$3,0 \text{ m} < H_s \leq 4,0 \text{ m}$	$H_s > 4,0 \text{ m}$
0	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-
20	-	-	-	-	-
30	-	-	-	-	-
40	-	-	-	-	-
50	-	-	-	-	-
60	39	-	-	-	-
70	3	-	-	-	-
80	3	-	-	-	-
90	2	-	-	-	-
100	3	-	-	-	-
110	6	-	-	-	-
120	-	-	-	-	-
130	5	-	-	-	-
140	5	-	-	-	-
150	613	-	-	-	-
160	691	20	-	-	-
170	1787	184	1	-	-
180	1845	-	-	-	-
190	111	-	-	-	-
200	30	-	-	-	-
210	32	-	-	-	-
220	37	-	-	-	-
230	32	-	-	-	-
240	22	-	-	-	-
250	18	-	-	-	-
260	22	-	-	-	-
270	84	-	-	-	-
280	92	-	-	-	-
290	154	-	-	-	-
300	30	-	-	-	-
310	34	-	-	-	-
320	-	-	-	-	-
330	-	-	-	-	-
340	-	-	-	-	-
350	-	-	-	-	-

tab. 1.46

Località: Baia (Bacoli)					
DD (N)	$0 < H_s \leq 1,0 \text{ m}$	$1,0 \text{ m} < H_s \leq 2,0 \text{ m}$	$2,0 \text{ m} < H_s \leq 3,0 \text{ m}$	$3,0 \text{ m} < H_s \leq 4,0 \text{ m}$	$H_s > 4,0 \text{ m}$
0	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-
20	-	-	-	-	-
30	-	-	-	-	-
40	-	-	-	-	-
50	-	-	-	-	-
60	101	-	-	-	-
70	7	-	-	-	-
80	7	-	-	-	-
90	6	-	-	-	-
100	12	-	-	-	-
110	12	-	-	-	-
120	27	-	-	-	-
130	31	-	-	-	-
140	229	3	-	-	-
150	3841	-	-	-	-
160	590	-	-	-	-
170	234	-	-	-	-
180	50	-	-	-	-
190	26	-	-	-	-
200	28	-	-	-	-
210	24	-	-	-	-
220	15	-	-	-	-
230	15	-	-	-	-
240	15	-	-	-	-
250	58	-	-	-	-
260	55	-	-	-	-
270	113	-	-	-	-
280	162	-	-	-	-
290	168	-	-	-	-
300	100	-	-	-	-
310	23	-	-	-	-
320	-	-	-	-	-
330	-	-	-	-	-
340	-	-	-	-	-
350	-	-	-	-	-

tab. 1.47

---

RELAZIONE IDRAULICO-MARITTIMA

*studio del moto ondoso, dell'evoluzione della linea di costa e valutazione della risalita sulla spiaggia emersa e della tracimazione delle opere di difesa aderenti*

Località: Marina Grande (Bacoli)					
DD (N)	$0 < H_s \leq 1,0 \text{ m}$	$1,0 \text{ m} < H_s \leq 2,0 \text{ m}$	$2,0 \text{ m} < H_s \leq 3,0 \text{ m}$	$3,0 \text{ m} < H_s \leq 4,0 \text{ m}$	$H_s > 4,0 \text{ m}$
0	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-
20	-	-	-	-	-
30	1	-	-	-	-
40	-	-	-	-	-
50	-	-	-	-	-
60	1	-	-	-	-
70	1	-	-	-	-
80	-	-	-	-	-
90	1	-	-	-	-
100	1	-	-	-	-
110	8	-	-	-	-
120	11	-	-	-	-
130	254	-	-	-	-
140	1531	-	-	-	-
150	3197	-	-	-	-
160	47	-	-	-	-
170	24	-	-	-	-
180	27	-	-	-	-
190	29	-	-	-	-
200	27	-	-	-	-
210	25	-	-	-	-
220	22	-	-	-	-
230	24	-	-	-	-
240	68	-	-	-	-
250	89	-	-	-	-
260	17	-	-	-	-
270	14	-	-	-	-
280	139	-	-	-	-
290	216	-	-	-	-
300	4	-	-	-	-
310	-	-	-	-	-
320	2	-	-	-	-
330	-	-	-	-	-
340	-	-	-	-	-
350	-	-	-	-	-

tab. 1.48

Località: Porto Miseno (Bacoli)					
DD (N)	$0 < H_s \leq 1,0 \text{ m}$	$1,0 \text{ m} < H_s \leq 2,0 \text{ m}$	$2,0 \text{ m} < H_s \leq 3,0 \text{ m}$	$3,0 \text{ m} < H_s \leq 4,0 \text{ m}$	$H_s > 4,0 \text{ m}$
0	9	-	-	-	-
10	15	-	-	-	-
20	2	-	-	-	-
30	-	-	-	-	-
40	-	-	-	-	-
50	32	-	-	-	-
60	3	-	-	-	-
70	2	-	-	-	-
80	3	-	-	-	-
90	2	-	-	-	-
100	5	-	-	-	-
110	7	-	-	-	-
120	12	1	-	-	-
130	306	51	-	-	-
140	1071	2	-	-	-
150	1628	-	-	-	-
160	1262	-	-	-	-
170	1148	-	-	-	-
180	219	-	-	-	-
190	24	-	-	-	-
200	27	-	-	-	-
210	-	-	-	-	-
220	31	-	-	-	-
230	20	-	-	-	-
240	18	-	-	-	-
250	19	-	-	-	-
260	20	-	-	-	-
270	94	-	-	-	-
280	115	-	-	-	-
290	98	-	-	-	-
300	87	-	-	-	-
310	20	-	-	-	-
320	1	-	-	-	-
330	2	-	-	-	-
340	5	-	-	-	-
350	7	-	-	-	-

tab. 1.49

Unità fisiografica: Miseno - Miliscola					
DD (N)	$0 < H_s \leq 1,0$ m	$1,0 \text{ m} < H_s \leq 2,0$ m	$2,0 \text{ m} < H_s \leq 3,0$ m	$3,0 \text{ m} < H_s \leq 4,0$ m	$H_s > 4,0$ m
0	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-
20	-	-	-	-	-
30	-	-	-	-	-
40	-	-	-	-	-
50	-	-	-	-	-
60	-	-	-	-	-
70	-	-	-	-	-
80	-	-	-	-	-
90	-	-	-	-	-
100	-	-	-	-	-
110	-	-	-	-	-
120	-	-	-	-	-
130	-	-	-	-	-
140	607	-	-	-	-
150	398	-	-	-	-
160	359	10	-	-	-
170	384	98	12	-	-
180	505	108	25	2	-
190	421	58	16	1	-
200	320	38	8	1	-
210	250	44	6	1	-
220	241	50	7	2	-
230	253	82	31	2	-
240	304	133	59	4	-
250	472	52	-	-	-
260	464	-	-	-	-
270	1577	-	-	-	-
280	705	-	-	-	-
290	73	-	-	-	-
300	-	-	-	-	-
310	-	-	-	-	-
320	-	-	-	-	-
330	-	-	-	-	-
340	-	-	-	-	-
350	-	-	-	-	-

tab. 1.50

---

RELAZIONE IDRAULICO-MARITTIMA

*studio del moto ondoso, dell'evoluzione della linea di costa e valutazione della risalita sulla spiaggia emersa e della tracimazione delle opere di difesa aderenti*

Località: Acquamorta (Monte di Procida)					
DD (N)	$0 < H_s \leq 1,0 \text{ m}$	$1,0 \text{ m} < H_s \leq 2,0 \text{ m}$	$2,0 \text{ m} < H_s \leq 3,0 \text{ m}$	$3,0 \text{ m} < H_s \leq 4,0 \text{ m}$	$H_s > 4,0 \text{ m}$
0	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-
20	-	-	-	-	-
30	-	-	-	-	-
40	-	-	-	-	-
50	-	-	-	-	-
60	5	-	-	-	-
70	57	-	-	-	-
80	5	-	-	-	-
90	4	-	-	-	-
100	4	-	-	-	-
110	4	-	-	-	-
120	15	-	-	-	-
130	10	-	-	-	-
140	11	-	-	-	-
150	12	-	-	-	-
160	113	-	-	-	-
170	1547	-	-	-	-
180	414	-	-	-	-
190	124	-	-	-	-
200	93	-	-	-	-
210	88	1	-	-	-
220	84	1	-	-	-
230	95	1	-	-	-
240	98	6	-	-	-
250	116	7	-	-	-
260	218	45	1	-	-
270	685	239	42	4	-
280	2343	80	1	-	-
290	986	-	-	-	-
300	437	-	-	-	-
310	-	-	-	-	-
320	-	-	-	-	-
330	-	-	-	-	-
340	-	-	-	-	-
350	-	-	-	-	-

tab. 1.51

Unità fisiografica: Lago Patria - Litorale Domizio					
Sub unità fisiografica: Fusaro - Cuma					
DD (N)	$0 < H_s \leq 1,0 \text{ m}$	$1,0 \text{ m} < H_s \leq 2,0 \text{ m}$	$2,0 \text{ m} < H_s \leq 3,0 \text{ m}$	$3,0 \text{ m} < H_s \leq 4,0 \text{ m}$	$H_s > 4,0 \text{ m}$
0	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-
20	-	-	-	-	-
30	-	-	-	-	-
40	-	-	-	-	-
50	-	-	-	-	-
60	1.28	-	-	-	-
70	0.55	-	-	-	-
80	-	-	-	-	-
90	36.39	-	-	-	-
100	46.17	-	-	-	-
110	22.96	-	-	-	-
120	2.55	-	-	-	-
130	2.43	-	-	-	-
140	2.61	-	-	-	-
150	1.52	-	-	-	-
160	6.32	-	-	-	-
170	61.12	-	-	-	-
180	66.59	-	-	-	-
190	69.26	-	-	-	-
200	773.82	-	-	-	-
210	324.30	-	-	-	-
220	184.57	-	-	-	-
230	169.44	-	-	-	-
240	243.32	-	-	-	-
250	404.43	14.46	-	-	-
260	709.36	140.40	7.41	1.22	-
270	1817.44	295.87	89.85	9.78	1.34
280	1041.68	13.55	-	-	-
290	955.35	-	-	-	-
300	277.46	-	-	-	-
310	-	-	-	-	-
320	-	-	-	-	-
330	-	-	-	-	-
340	-	-	-	-	-
350	-	-	-	-	-

tab. 1.52

Unità fisiografica: Lago Patria - Litorale Domizio					
Sub unità fisiografica: Licola - Ischitella					
DD (N)	$0 < H_s \leq 1,0 \text{ m}$	$1,0 \text{ m} < H_s \leq 2,0 \text{ m}$	$2,0 \text{ m} < H_s \leq 3,0 \text{ m}$	$3,0 \text{ m} < H_s \leq 4,0 \text{ m}$	$H_s > 4,0 \text{ m}$
0	11.79	-	-	-	-
10	15.92	-	-	-	-
20	131.59	-	-	-	-
30	1.94	-	-	-	-
40	-	-	-	-	-
50	0.61	-	-	-	-
60	5.95	-	-	-	-
70	4.62	-	-	-	-
80	56.26	-	-	-	-
90	5.95	-	-	-	-
100	4.62	-	-	-	-
110	4.01	-	-	-	-
120	3.71	-	-	-	-
130	15.31	-	-	-	-
140	15.25	-	-	-	-
150	0.15	-	-	-	-
160	8.99	-	-	-	-
170	240.77	-	-	-	-
180	384.39	-	-	-	-
190	371.39	-	-	-	-
200	230.44	-	-	-	-
210	264.28	2.79	-	-	-
220	305.71	19.62	-	-	-
230	380.32	66.04	11.54	0.06	-
240	473.75	124.30	39.73	25.46	6.56
250	750.55	204.13	54.01	11.66	1.70
260	996.54	99.76	4.62	-	-
270	933.96	11.48	-	-	-
280	860.33	-	-	-	-
290	510.09	-	-	-	-
300	19.87	-	-	-	-
310	29.53	-	-	-	-
320	26.97	-	-	-	-
330	34.20	-	-	-	-
340	10.27	-	-	-	-
350	10.51	-	-	-	-

tab. 1.53

RELAZIONE IDRAULICO-MARITTIMA

*studio del moto ondoso, dell'evoluzione della linea di costa e valutazione della risalita sulla spiaggia emersa e della tracimazione delle opere di difesa aderenti*

Unità fisiografica: Lago Patria - Litorale Domizio					
Sub unità fisiografica: Pinetamare					
DD (N)	$0 < H_s \leq 1,0 \text{ m}$	$1,0 \text{ m} < H_s \leq 2,0 \text{ m}$	$2,0 \text{ m} < H_s \leq 3,0 \text{ m}$	$3,0 \text{ m} < H_s \leq 4,0 \text{ m}$	$H_s > 4,0 \text{ m}$
0	7.29	-	-	-	-
10	10.33	-	-	-	-
20	101.64	-	-	-	-
30	2.25	-	-	-	-
40	-	-	-	-	-
50	0.61	-	-	-	-
60	6.20	-	-	-	-
70	7.65	-	-	-	-
80	0.23	-	-	-	-
90	4.68	-	-	-	-
100	5.10	-	-	-	-
110	4.74	-	-	-	-
120	7.35	-	-	-	-
130	20.35	-	-	-	-
140	22.96	-	-	-	-
150	15.19	-	-	-	-
160	26.18	-	-	-	-
170	367.25	-	-	-	-
180	404.80	-	-	-	-
190	293.99	-	-	-	-
200	274.54	0.55	-	-	-
210	355.77	32.44	-	-	-
220	342.41	77.83	3.22	-	-
230	401.52	83.17	26.55	5.22	1.34
240	487.73	208.51	116.40	26.55	10.21
250	702.73	148.85	30.98	7.23	1.15
260	846.29	80.19	0.91	-	-
270	837.79	1.94	-	-	-
280	905.89	-	-	-	-
290	340.34	-	-	-	-
300	15.43	-	-	-	-
310	24.00	-	-	-	-
320	23.39	-	-	-	-
330	25.33	-	-	-	-
340	6.44	-	-	-	-
350	6.68	-	-	-	-

tab. 1.54

---

RELAZIONE IDRAULICO-MARITTIMA

*studio del moto ondoso, dell'evoluzione della linea di costa e valutazione della risalita sulla spiaggia emersa e della tracimazione delle opere di difesa aderenti*

<b>Unità fisiografica: Maronti</b>			
H <sub>s,e</sub> (m)	T <sub>s,e</sub> (s)	DD <sub>e</sub> (°N )	persistenza media annua (ore/anno)
1,14	5,11	188	2544
<b>Unità fisiografica: Punta Molino</b>			
H <sub>s,e</sub> (m)	T <sub>s,e</sub> (s)	DD <sub>e</sub> (°N )	persistenza media annua (ore/anno)
0,53	3,00	60	2017
<b>Unità fisiografica: San Pietro</b>			
H <sub>s,e</sub> (m)	T <sub>s,e</sub> (s)	DD <sub>e</sub> (°N )	persistenza media annua (ore/anno)
0,88	3,88	4	1894
<b>Unità fisiografica: San Montano</b>			
H <sub>s,e</sub> (m)	T <sub>s,e</sub> (s)	DD <sub>e</sub> (°N )	persistenza media annua (ore/anno)
0,79	3,66	357	1410

RELAZIONE IDRAULICO-MARITTIMA

*studio del moto ondoso, dell'evoluzione della linea di costa e valutazione della risalita sulla spiaggia emersa e della tracimazione delle opere di difesa aderenti*

<b>Unità fisiografica: San Francesco</b>			
H <sub>s,e</sub> (m)	T <sub>s,e</sub> (s)	DD <sub>e</sub> (°N )	persistenza (ore/anno)
1,15	4,61	270	2682
<b>Unità fisiografica: Citara - Cava</b>			
H <sub>s,e</sub> (m)	T <sub>s,e</sub> (s)	DD <sub>e</sub> (°N )	persistenza (ore/anno)
1,25	4,65	250	3016

tab. 1.55

<b>Unità fisiografica: Marina Grande</b>			
H <sub>s,e</sub> (m)	T <sub>s,e</sub> (s)	DD <sub>e</sub> (°N )	persistenza (ore/anno)
0,90	5,56	308	1249
<b>Unità fisiografica: Pozzo Vecchio</b>			
H <sub>s,e</sub> (m)	T <sub>s,e</sub> (s)	DD <sub>e</sub> (°N )	persistenza (ore/anno)

		)	
0.89	5.01	281	1175
<b>Unità fisiografica: Ciraccio</b>			
H <sub>s,e</sub> (m)	T <sub>s,e</sub> (s)	DD <sub>e</sub> (°N )	persistenza media annua (ore/anno)
0.83	5.14	284	1076
<b>Unità fisiografica: Corricella</b>			
H <sub>s,e</sub> (m)	T <sub>s,e</sub> (s)	DD <sub>e</sub> (°N )	persistenza media annua (ore/anno)
0.92	4.65	158	1196

tab. 1.56

<b>Unità fisiografica: Lucrino</b>			
$H_{s,e}$ (m)	$T_{s,e}$ (s)	$DD_e$ (°N )	persistenza media annua (ore/anno)
0,85	4.85	173	866
<b>Unità fisiografica: Miseno – Miliscola</b>			
$H_{s,e}$ (m)	$T_{s,e}$ (s)	$DD_e$ (°N )	persistenza media annua (ore/anno)
1.24	5.07	214	2342

tab. 1.57

<b>Unità fisiografica: Lago Patria – Litorale Domizio</b>			
<b>Sub unità fisiografica: Fusaro - Cuma</b>			
$H_{s,e}$ (m)	$T_{s,e}$ (s)	$DD_e$ (°N )	persistenza (ore/anno)
1.14	4.94	265	1881
<b>Sub unità fisiografica: Licola - Ischitella</b>			
$H_{s,e}$ (m)	$T_{s,e}$ (s)	$DD_e$ (°N )	persistenza (ore/anno)
1.27	4.94	255	2399
<b>Sub unità fisiografica: Pinetamare</b>			
$H_{s,e}$ (m)	$T_{s,e}$ (s)	$DD_e$ (°N )	persistenza (ore/anno)
1.31	4.94	250	2543

tab. 1.58

<b>Unità fisiografica: Maronti</b>	
DD (N)	H <sub>s,100</sub> (m)
345-15	-
15-45	-
45-75	-
75-105	-
105-135	-
135-165	3,95
165-195	5,26
195-225	5,40
225-255	-
255-285	-
285-315	-
315-345	-

tab. 1.59

<b>Unità fisiografica: Punta Molino</b>	
DD (N)	H <sub>s,100</sub> (m)
345-15	4,78
15-45	3,74
45-75	1,49
75-105	1,15
105-135	2,14
135-165	-
165-195	-
195-225	-
225-255	-
255-285	-
285-315	-
315-345	-

tab. 1.60

<b>Unità fisiografica: San Pietro</b>	
DD (N)	H <sub>s,100</sub> (m)
345-15	4,81
15-45	4,00
45-75	1,92
75-105	0,38
105-135	-
135-165	-
165-195	-
195-225	-
225-255	-
255-285	-
285-315	4,38
315-345	5,91

tab. 1.61

<b>Unità fisiografica: Casamicciola</b>	
DD (N)	H <sub>s,100</sub> (m)
345-15	6,69
15-45	6,25
45-75	-
75-105	-
105-135	-
135-165	-
165-195	-
195-225	-
225-255	-
255-285	-
285-315	4,89
315-345	8,30

tab. 1.62

<b>Unità fisiografica: San Montano</b>	
DD (N)	H <sub>s,100</sub> (m)
345-15	2,64
15-45	2,74
45-75	0,36
75-105	-
105-135	-
135-165	-
165-195	-
195-225	-
225-255	-
255-285	-
285-315	-
315-345	5,04

tab. 1.63

<b>Unità fisiografica: San Francesco</b>	
DD (N)	H <sub>s,100</sub> (m)
345-15	-
15-45	-
45-75	-
75-105	-
105-135	-
135-165	-
165-195	-
195-225	-
225-255	1,93
255-285	5,36
285-315	2,88
315-345	-

tab. 1.64

<b>Unità fisiografica: Citara - Cava</b>	
DD (N)	H <sub>s,100</sub> (m)
345-15	-
15-45	-
45-75	-
75-105	-
105-135	-
135-165	-
165-195	-
195-225	2,99
225-255	5,00
255-285	6,53
285-315	1,55
315-345	-

tab. 1.65

<b>Unità fisiografica: Marina Grande</b>	
DD (N)	H <sub>s,100</sub> (m)
345-15	2.93
15-45	2.48
45-75	2.28
75-105	2.27
105-135	-
135-165	-
165-195	-
195-225	-
225-255	-
255-285	-
285-315	3.59
315-345	3.26

tab. 1.66

<b>Unità fisiografica: Pozzo Vecchio</b>	
DD (N)	H <sub>s,100</sub> (m)
345-15	-
15-45	-
45-75	-
75-105	-
105-135	-
135-165	-
165-195	-
195-225	-
225-255	-
255-285	1.68
285-315	3.8
315-345	-

tab. 1.67

<b>Unità fisiografica: Ciraccio</b>	
DD (N)	H <sub>s,100</sub> (m)
345-15	-
15-45	-
45-75	-
75-105	-
105-135	-
135-165	-
165-195	-
195-225	-
225-255	0.87
255-285	1.55
285-315	3.47
315-345	-

tab. 1.68

<b>Unità fisiografica: Corricella</b>	
DD (N)	H <sub>s,100</sub> (m)
345-15	-
15-45	-
45-75	-
75-105	-
105-135	-
135-165	3.02
165-195	1.74
195-225	-
225-255	-
255-285	-
285-315	-
315-345	-

tab. 1.69

<b>Località: S. Giovanni a Teduccio (Napoli)</b>	
DD (N)	H <sub>s,100</sub> (m)
345-15	-
15-45	-
45-75	-
75-105	-
105-135	-
135-165	-
165-195	0.95
195-225	3.86
225-255	3.43
255-285	-
285-315	-
315-345	-

tab. 1.70

<b>Località: via Caracciolo (Napoli)</b>	
DD (N)	H <sub>s,100</sub> (m)
345-15	-
15-45	-
45-75	-
75-105	-
105-135	-
135-165	-
165-195	2.91
195-225	2.55
225-255	-
255-285	-
285-315	-
315-345	-

tab. 1.71

<b>Località: via Posillipo (Napoli)</b>	
DD (N)	H <sub>s,100</sub> (m)
345-15	-
15-45	-
45-75	-
75-105	-
105-135	-
135-165	1.48
165-195	-
195-225	-
225-255	-
255-285	-
285-315	-
315-345	-

tab. 1.72

<b>Località: la Gaiola (Napoli)</b>	
DD (N)	H <sub>s,100</sub> (m)
345-15	-
15-45	-
45-75	-
75-105	-
105-135	-
135-165	1.17
165-195	4.47
195-225	3.94
225-255	-
255-285	-
285-315	-
315-345	-

tab. 1.73

<b>Località: Coroglio (Napoli)</b>	
DD (N)	H <sub>s,100</sub> (m)
345-15	-
15-45	-
45-75	-
75-105	-
105-135	-
135-165	-
165-195	3.48
195-225	4.19
225-255	-
255-285	-
285-315	-
315-345	-

tab. 1.74

<b>Località: Bagnoli (Napoli)</b>	
DD (N)	H <sub>s,100</sub> (m)
345-15	-
15-45	-
45-75	-
75-105	-
105-135	-
135-165	-
165-195	-
195-225	1.34
225-255	3.19
255-285	-
285-315	-
315-345	-

tab. 1.75

<b>Località: via Napoli (Napoli-Pozzuoli)</b>	
DD (N)	H <sub>s,100</sub> (m)
345-15	-
15-45	-
45-75	-
75-105	-
105-135	-
135-165	-
165-195	3.58
195-225	3.38
225-255	-
255-285	-
285-315	-
315-345	-

tab. 1.76

<b>Unità fisiografica: Lucrino</b>	
DD (N)	H <sub>s,100</sub> (m)
345-15	-
15-45	-
45-75	-
75-105	-
105-135	-
135-165	2
165-195	2.5
195-225	-
225-255	-
255-285	-
285-315	-
315-345	-

tab. 1.77

<b>Località: Baia (Bacoli)</b>	
DD (N)	H <sub>s,100</sub> (m)
345-15	-
15-45	-
45-75	-
75-105	-
105-135	-
135-165	1.45
165-195	-
195-225	-
225-255	-
255-285	-
285-315	-
315-345	-

tab. 1.78

<b>Località: Marina Grande (Bacoli)</b>	
DD (N)	H <sub>s,100</sub> (m)
345-15	-
15-45	-
45-75	-
75-105	-
105-135	1.73
135-165	-
165-195	-
195-225	-
225-255	-
255-285	-
285-315	-
315-345	-

tab. 1.79

<b>Località: Porto Miseno (Bacoli)</b>	
DD (N)	H <sub>s,100</sub> (m)
345-15	-
15-45	-
45-75	-
75-105	-
105-135	2.06
135-165	1.33
165-195	-
195-225	-
225-255	-
255-285	-
285-315	-
315-345	-

tab. 1.80

<b>Unità fisiografica: Miseno - Miliscola</b>	
DD (N)	H <sub>s,100</sub> (m)
345-15	-
15-45	-
45-75	-
75-105	-
105-135	-
135-165	1.69
165-195	4.05
195-225	4.14
225-255	4.87
255-285	-
285-315	-
315-345	-

tab. 1.81

<b>Località: Acquamorta (Mte di Procida)</b>	
DD (N)	H <sub>s,100</sub> (m)
345-15	-
15-45	-
45-75	-
75-105	-
105-135	-
135-165	-
165-195	0.98
195-225	1.22
225-255	1.77
255-285	5.3
285-315	-
315-345	-

tab. 1.82

<b>Unità fisiografica: Lago Patria - Litorale Domizio</b>	
<b>Sub unità fisiografica: Fusaro - Cuma</b>	
DD (N)	H <sub>s,100</sub> (m)
345-15	-
15-45	-
45-75	-
75-105	-
105-135	-
135-165	-
165-195	-
195-225	-
225-255	1.58
255-285	5.62
285-315	-
315-345	-

tab. 1.83

<b>Unità fisiografica: Lago Patria - Litorale Domizio</b>	
<b>Sub unità fisiografica: Licola - Ischitella</b>	
DD (N)	H <sub>s,100</sub> (m)
345-15	-
15-45	-
45-75	-
75-105	-
105-135	-
135-165	-
165-195	-
195-225	2.16
225-255	6.51
255-285	3.25
285-315	-
315-345	-

tab. 1.84

<b>Unità fisiografica: Lago Patria - Litorale Domizio</b>	
<b>Sub unità fisiografica: Pinetamare</b>	
DD (N)	H <sub>s,100</sub> (m)
345-15	-
15-45	-
45-75	-
75-105	-
105-135	-
135-165	-
165-195	0.96
195-225	3.36
225-255	7.11
255-285	3.05
285-315	-
315-345	-

tab. 1.85

<b>Unità fisiografica: Maronti</b>	
L tratto Est - Ovest (m)	tasso erosione (m/anno)
360	0,50
280	1,50
840	3,50
340	> 5,00

tab. 2.1

<b>Unità fisiografica: Punta Molino</b>	
L tratto Nord - Sud (m)	tasso erosione (m/anno)
130	accrescimento
280	0,50

tab. 2.2

<b>Unità fisiografica: San Pietro</b>	
L tratto Nord - Sud (m)	tasso erosione (m/anno)
30	0,50
40	accrescimento
280	0,50
60	accrescimento
40	0,50
40	0,50
120	0,50

tab. 2.3

<b>Unità fisiografica: San Montano</b>	
L tratto Ovest - Est (m)	tasso erosione (m/anno)
110	3,50
100	1,50

tab. 2.4

<b>Unità fisiografica: San Francesco</b>	
L tratto Sud - Nord (m)	tasso erosione (m/anno)
10	accrescimento
20	1,50
20	accrescimento
20	0,50
80	accrescimento
120	3,50
80	1,50
40	0,50
70	3,50
20	1,50
40	3,50
60	1,50
120	0,50
20	accrescimento
20	0,50

tab. 2.5

<b>Unità fisiografica: Citara - Cava</b>	
L tratto Sud - Nord (m)	tasso erosione (m/anno)
350	accrescimento
240	0,50
120	1,50
60	0,50
80	accrescimento
270	0,50

tab. 2.6

<b>Unità fisiografica: Marina Grande</b>	
L tratto Ovest - Est (m)	tasso eros. (m/anno)
255	accrescimento

tab. 2.7

<b>Unità fisiografica: Pozzo Vecchio</b>	
L tratto Sud - Nord (m)	tasso eros. (m/anno)
40	accrescimento
60	0.5
140	accrescimento
80	1.5
70	0.5

tab. 2.8

<b>Unità fisiografica: Ciraccio</b>	
L tratto Sud - Nord (m)	tasso eros. (m/anno)
300	accrescimento
280	0.5
260	accrescimento
520	0.5
90	1.5

tab. 2.9

<b>Unità fisiografica: Corricella</b>	
L tratto Nord - Sud (m)	tasso eros. (m/anno)
730	1.5

tab. 2.10

<b>Unità fisiografica: Lucrino</b>	
L tratto Est - Ovest (m)	tasso eros. (m/anno)
950	0.5
300	1.5
350	0.5
100	1.5
950	0.5

tab. 2.11

<b>Unità fisiografica: Miseno - Miliscola</b>	
L tratto SudEst - NordOvest (m)	tasso eros. (m/anno)
240	3.5
200	1.5
680	0.5
800	accrescimento

tab. 2.12

<b>Unità fisiografica: Lago Patria - Litorale Domizio</b>	
<b>Sub unità fisiografica: Fusaro - Cuma</b>	
L tratto Sud - Nord (m)	tasso eros. (m/anno)
6200	accrescimento

tab. 2.13

<b>Unità fisiografica: Lago Patria - Litorale Domizio</b>	
<b>Sub unità fisiografica: Licola - Ischitella</b>	
L tratto Sud - Nord (m)	tasso eros. (m/anno)
3700	accrescimento
1500	0.5
300	accrescimento
2300	0.5
300	1.5
100	0.5
300	1.5
200	0.5
600	1.5
600	0.5

tab. 2.14

<b>Unità fisiografica: Lago Patria - Litorale Domizio</b>	
<b>Sub unità fisiografica: Pinetamare</b>	
L tratto Sud - Nord (m)	tasso eros. (m/anno)
200	3.5
150	accrescimento
150	3.5
700	1.5
350	accrescimento
150	0.5
100	1.5
750	accrescimento

tab. 2.15

Unità fisiografica: Maronti			
L tratto Est - Ovest (m)	$\beta$ (°)	$H_s$ (m)	R (m.s.m.)
70	3,36	5,40	1,34
52	4,21	5,40	1,68
61	4,80	5,40	1,91
48	4,93	5,40	1,97
47	7,90	5,40	3,16
45	6,05	5,40	2,42
47	6,89	5,40	2,75
50	6,78	5,40	2,71
46	7,68	5,40	3,07
48	9,06	5,40	3,63
52	8,33	5,40	3,34
53	9,30	5,40	3,73
65	8,78	5,40	3,52
65	9,84	5,26	3,90
56	8,00	5,26	3,16
54	8,51	5,26	3,37
50	10,70	5,26	4,25
46	11,90	5,26	4,74
45	12,74	5,26	5,09
62	9,52	5,26	3,77
62	5,64	5,26	2,22
59	14,96	5,26	6,01
57	11,32	5,26	4,50
48	7,56	5,26	2,99
53	12,91	5,26	5,16
51	16,11	5,26	6,50
65	13,57	3,95	4,34
62	10,92	3,95	3,47
46	14,90	3,95	4,78
48	13,50	3,95	4,32
47	12,00	3,95	3,82
46	10,24	3,95	3,25
33	6,83	3,95	2,15
49	9,81	3,95	3,11
50	10,40	3,95	3,30
48	9,00	3,95	2,85
46	9,99	3,95	3,17
21	7,12	3,95	2,25

tab. 3.1

---

 RELAZIONE IDRAULICO-MARITTIMA

*studio del moto ondoso, dell'evoluzione della linea di costa e valutazione della risalita sulla spiaggia emersa e della tracimazione delle opere di difesa aderenti*

<b>Unità fisiografica: Punta Molino</b>			
L tratto Nord - Sud (m)	$\beta$ (°)	$H_s$ (m)	R (m.s.m.)
11	1,24	1,71	0,37
23	2,00	1,71	0,60
27	7,30	1,71	2,18
29	7,00	1,45	1,77
29	5,36	1,45	1,36
28	8,48	1,45	2,15
32	9,43	1,45	2,40
37	4,75	1,47	1,22
34	5,82	1,47	1,49
33	7,58	1,47	1,95
32	4,85	1,47	1,24
29	7,45	1,49	1,94
37	5,00	1,57	1,37
49	3,30	1,47	0,84
42	9,00	1,45	2,29
30	6,50	1,47	1,67
14	6,80	1,45	1,72

tab. 3.2

<b>Unità fisiografica: San Pietro</b>			
L tratto Nord - Sud (m)	$\beta$ (°)	H <sub>s</sub> (m)	R (m.s.m.)
11	8,60	5,13	4,46
33	11,40	2,48	5,95
43	5,00	2,48	2,58
29	4,63	2,48	2,39
23	8,95	2,48	3,23
30	5,17	2,48	1,86
30	10,78	2,48	3,91
29	6,13	2,48	2,20
33	5,31	2,48	1,91
32	2,06	2,48	0,74
29	7,43	2,48	2,68
32	5,55	2,48	1,99
34	3,10	2,48	1,11
34	4,55	2,48	1,63
28	3,91	2,48	1,40
33	3,38	2,48	1,21
37	5,01	2,48	1,80
32	6,00	2,48	2,16
31	7,21	2,48	2,60
30	4,00	2,48	1,44
29	4,80	2,48	1,72
15	8,28	2,48	2,99

tab. 3.3

<b>Unità fisiografica: Casamicciola</b>			
L tratto Ovest - Est (m)	$\beta$ (°)	H <sub>s</sub> (m)	R (m.s.m.)
70	14,00	5,18	7,20
150	4,96	5,18	2,51
142	10,00	5,18	5,09
131	4,00	5,18	2,02
143	21,00	5,18	11,09
73	3,39	5,18	1,71
59	10,00	5,18	5,09
109	15,00	5,18	7,74
49	12,00	5,18	6,14

tab. 3.4

---

RELAZIONE IDRAULICO-MARITTIMA

*studio del moto ondoso, dell'evoluzione della linea di costa e valutazione della risalita sulla spiaggia emersa e della tracimazione delle opere di difesa aderenti*

<b>Unità fisiografica: San Montano</b>			
L tratto Ovest - Est (m)	$\beta$ (°)	H <sub>s</sub> (m)	R (m.s.m.)
22	4,49	3,00	1,80
46	3,87	3,00	1,55
48	7,71	3,00	3,11
48	4,31	3,00	1,73
24	6,13	3,00	2,46

tab. 3.5

<b>Unità fisiografica: San Francesco</b>			
L tratto Sud - Nord (m)	$\beta$ (°)	H <sub>s</sub> (m)	R (m.s.m.)
25	4,60	6,43	2,20
55	2,50	2,28	0,72
63	5,98	2,16	1,64
62	6,50	2,13	1,76
43	8,74	2,08	2,31
56	19,53	2,08	5,34
45	15,30	2,11	4,17
61	18,78	2,13	5,26
52	8,87	2,22	2,51
49	5,87	6,43	2,82
42	15,35	6,43	7,52
24	18,27	6,43	9,05
44	17,21	6,43	8,49
40	14,30	6,43	6,98

tab. 3.6

Unità fisiografica: Citara - Cava			
L tratto Sud - Nord (m)	$\beta$ (°)	$H_s$ (m)	R (m.s.m.)
19	7,92	6,53	3,42
28	6,48	6,53	2,80
36	6,23	6,53	2,69
44	14,57	6,53	6,40
36	8,46	6,53	3,66
36	8,50	6,53	3,68
31	8,79	6,53	3,81
33	6,08	6,53	2,62
37	6,68	6,53	2,88
46	5,70	6,53	2,46
46	8,05	6,53	3,48
41	7,22	6,53	3,12
34	7,70	6,53	3,33
25	10,26	6,53	4,46
23	11,61	6,53	5,06
18	10,50	6,53	4,56
25	7,44	6,53	3,21
26	5,00	6,53	2,15
23	5,99	6,53	2,58
30	6,42	6,53	2,77
34	9,73	6,53	4,22
24	7,36	6,53	3,18
18	8,32	6,53	3,60
18	13,13	6,53	5,74
23	4,15	6,53	1,79
25	13,37	6,53	5,85
22	7,30	6,53	3,15
21	10,63	6,53	4,62
21	11,31	6,53	4,92
20	14,46	6,53	6,35
9	13,81	6,53	6,05
36	2,00	6,53	0,86
26	7,00	6,53	3,02
28	6,47	6,53	2,79
40	7,43	6,53	3,21
45	11,51	6,53	5,01
39	8,12	6,53	3,51
30	11,11	6,53	4,83
13	10,45	6,53	4,54

tab. 3.7

---

RELAZIONE IDRAULICO-MARITTIMA

*studio del moto ondoso, dell'evoluzione della linea di costa e valutazione della risalita sulla spiaggia emersa e della tracimazione delle opere di difesa aderenti*

<b>Unità fisiografica: Marina Grande</b>			
L tratto Ovest - Est (m)	$\beta$ (°)	$H_s$ (m)	R (m.s.m.)
280	15.00	3.59	5.15
205	16.00	3.59	5.51

tab. 3.8

<b>Unità fisiografica: Pozzo Vecchio</b>			
L tratto Sud - Nord (m)	$\beta$ (°)	$H_s$ (m)	R (m.s.m.)
60	6.52	3.80	1.63
90	7.05	3.80	1.77
100	8.93	3.80	2.24

tab. 3.9

<b>Unità fisiografica: Ciraccio</b>			
L tratto Sud - Nord (m)	$\beta$ (°)	$H_s$ (m)	R (m.s.m.)
70	3.26	3.47	1.05
55	4.16	3.47	1.34
68	4.22	3.47	1.36
60	4.98	3.47	1.61
143	5.70	3.47	1.84
45	5.68	3.47	1.84
143	8.91	3.47	2.89
103	15.45	3.47	5.10
80	21.03	3.47	7.10
55	9.00	3.47	2.92
70	6.60	3.47	2.14
90	10.40	3.47	3.39
75	8.53	3.47	2.77
78	8.67	3.47	2.81
335	9.68	3.47	3.15

tab. 3.10

<b>Unità fisiografica: Corricella</b>			
L tratto Nord - Sud (m)	$\beta$ (°)	$H_s$ (m)	R (m.s.m.)
120	7.00	3.02	1.05
240	8.00	3.02	1.98
370	3.00	3.02	0.74

tab. 3.11

<b>Località: S. Giovanni a Teduccio (Napoli)</b>			
L tratto Est - Ovest (m)	$\beta$ (°)	$H_s$ (m)	R (m.s.m.)
410	7.00	3.86	2.76
170	11.00	3.86	3.89
240	6.00	3.86	2.48
250	30.00	3.86	7.65
420	4.42	3.86	2.26
415	6.00	3.86	2.77
380	8.00	3.86	3.42

tab. 3.12

<b>Località: via Caracciolo (Napoli)</b>			
L tratto Est - Ovest (m)	$\beta$ (°)	$H_s$ (m)	R (m.s.m.)
470	12.00	2.91	3.95
560	12.00	2.91	3.51
460	11.00	2.91	3.28
295	7.00	2.91	2.34
235	7.00	2.91	2.34
135	12.00	2.91	3.51
250	11.00	2.91	3.28
280	6.00	2.91	2.11

tab. 3.13

<b>Località: via Posillipo (Napoli)</b>			
L tratto Est - Ovest (m)	$\beta$ (°)	$H_s$ (m)	R (m.s.m.)
450	20.00	1.48	2.87
260	4.00	1.48	1.17
50	3.00	1.48	1.02
50	17.00	1.48	3.14
150	19.00	1.48	3.46
100	29.00	1.48	5.22

tab. 3.14

<b>Località: la Gaiola (Napoli)</b>			
L tratto Est - Ovest (m)	$\beta$ (°)	$H_s$ (m)	R (m.s.m.)
300	20.00	4.47	7.30
250	9.00	4.47	4.16
250	15.00	4.47	6.41

tab. 3.15

<b>Località: Coroglio (Napoli)</b>			
L tratto Est - Ovest (m)	$\beta$ (°)	$H_s$ (m)	R (m.s.m.)
140	1.00	4.19	1.19
100	6.00	4.19	2.87
710	20.00	4.19	6.80

tab. 3.16

<b>Località: Bagnoli (Napoli)</b>			
L tratto Nord - Sud (m)	$\beta$ (°)	$H_s$ (m)	R (m.s.m.)
390	1.15	3.19	1.10
445	14.00	3.19	4.30
115	1.74	3.19	1.30
730	27.00	3.19	5.90
340	15.00	3.19	4.50
175	1.00	3.19	1.10

tab. 3.17

<b>Località: via Napoli (Pozzuoli)</b>			
L tratto Est - Ovest (m)	$\beta$ (°)	$H_s$ (m)	R (m.s.m.)
930	20.00	3.58	5.60
280	7.58	3.58	2.80
1380	27.00	3.58	6.00
720	3.09	3.58	1.60
320	7.00	3.58	2.40
660	17.00	3.58	4.80

tab. 3.18

<b>Unità fisiografica: Lucrino</b>			
L tratto Est - Ovest (m)	$\beta$ (°)	$H_s$ (m)	R (m.s.m.)
580	10.00	2.50	2.60
1650	5.00	2.50	1.80
400	12.00	2.50	3.40
340	3.89	2.50	1.60
135	10.33	2.50	3.00

tab. 3.19

<b>Località: Baia (Bacoli)</b>			
L tratto Nord - Sud (m)	$\beta$ (°)	$H_s$ (m)	R (m.s.m.)
260	1.43	1.45	0.80
210	20.00	1.45	2.80

tab. 3.20

<b>Località: Marina Grande (Bacoli)</b>			
L tratto Nord - Sud (m)	$\beta$ (°)	$H_s$ (m)	R (m.s.m.)
125	5.07	1.73	0.50
545	10.00	1.73	1.40
315	6.29	1.73	1.20
170	2.92	1.73	0.90

tab. 3.21

<b>Località: Porto Miseno (Bacoli)</b>			
L tratto Nord - Sud (m)	$\beta$ (°)	$H_s$ (m)	R (m.s.m.)
260	1.21	2.06	0.90

tab. 3.22

<b>Unità fisiografica: Miseno - Miliscola</b>			
L tratto SudEst - NordOvest (m)	$\beta$ (°)	$H_s$ (m)	R (m.s.m.)
400	1.90	4.87	1.70
250	2.40	4.87	1.90
250	2.19	2.76	1.20
250	4.00	2.88	1.70
350	3.20	2.82	1.50
400	5.39	4.87	3.20

tab. 3.23

<b>Località: Acquamorta (Monte di Procida)</b>			
L tratto Sud - Nord (m)	$\beta$ (°)	$H_s$ (m)	R (m.s.m.)
405	3.00	5.30	2.30
245	3.00	5.30	2.30

tab. 3.24

<b>Unità fisiografica: Lago Patria - Litorale Domizio</b>			
<b>Sub unità fisiografica: Fusaro - Cuma</b>			
L tratto Sud - Nord (m)	$\beta$ (°)	$H_s$ (m)	R (m.s.m.)
250	2.61	5.62	2.16
250	3.00	5.62	2.33
375	4.10	5.62	2.82
375	3.26	5.62	2.45
250	3.41	5.62	2.51
250	3.00	5.62	2.33
375	3.38	5.62	2.50
375	4.10	5.62	2.82
250	4.17	5.62	2.85
250	4.27	5.62	2.89
250	3.85	5.62	2.70
250	3.05	5.62	2.35
250	3.73	5.62	2.65
250	2.67	5.62	2.18
250	4.11	5.62	2.82
250	1.99	5.62	1.88
250	1.80	5.62	1.80
250	2.34	5.62	2.04
250	3.35	5.62	2.48
250	2.80	5.62	2.24
250	1.80	5.62	1.80
375	2.33	5.62	2.04

tab. 3.25

<b>Unità fisiografica: Lago Patria - Litorale Domizio</b>			
<b>Sub unità fisiografica: Licola - Ischitella</b>			
L tratto Sud - Nord (m)	$\beta$ (°)	$H_s$ (m)	R (m.s.m.)
375	3.60	6.51	2.78
250	2.60	6.51	2.31
250	2.40	6.51	2.21
250	3.20	6.51	2.59
250	2.50	6.51	2.26
250	2.43	6.51	2.23
250	2.14	6.51	2.09
250	2.86	6.51	2.43
250	1.63	6.51	1.85
250	1.63	6.51	1.85
250	2.38	6.51	2.20
250	2.13	6.51	2.08
250	2.67	6.51	2.34
250	3.33	6.51	2.65
250	3.00	6.51	2.49
250	2.12	6.51	2.08
250	2.57	6.51	2.29
250	3.22	6.51	2.60
375	3.80	6.51	2.87
375	3.88	6.51	2.91
250	3.13	6.51	2.55
250	2.50	6.51	2.26
250	1.83	6.51	1.95
250	2.75	6.51	2.38
250	2.50	6.51	2.26
250	2.00	6.51	2.02
250	2.13	6.51	2.08
250	2.13	6.51	2.08
250	2.00	6.51	2.02
250	3.20	6.51	2.59
250	2.29	6.51	2.16
250	2.38	6.51	2.20
250	3.50	6.51	2.73
250	3.01	7.11	2.56
250	3.66	7.11	2.88
250	5.50	7.11	3.76
250	6.33	7.11	4.16
315	6.50	7.11	4.24

tab. 3.26

<b>Unità fisiografica: Lago Patria - Litorale Domizio</b>			
<b>Sub unità fisiografica: Pinetamare</b>			
<b>L tratto Sud - Nord (m)</b>	<b><math>\beta</math> (°)</b>	<b><math>H_s</math> (m)</b>	<b>R (m.s.m.)</b>
315	2.80	7.11	2.46
250	4.33	7.11	3.20
250	5.33	7.11	3.68
250	4.67	7.11	3.36
250	2.73	7.11	2.43
250	2.67	7.11	2.40
250	1.63	7.11	1.90
250	2.43	7.11	2.29
250	2.89	7.11	2.51
250	1.33	7.11	1.76
250	2.50	7.11	2.32
250	1.25	7.11	1.72

tab. 3.27

## 8. BIBLIOGRAFIA

[1] Hasselmann et al. 1973. *Measurement of Wind Wave Growth and Swell Decay During the North Sea Wave Project (JONSWAP)*. Deutsches Hydr. Inst., Amburgo

[2] Longuet-Higgins M. S. 1957. *The transformation of a continuous spectrum by refraction*. Proc. Camb. Phil. Soc, N° 1

[3] Scarsi G. 1993. *L'onda di progetto*. Giornate Italiane di Ingegneria Costiera, ICCE 92 – AIPCN Genova

[4] Hallermeier R. J. 1981. *A profile zonation for seasonal sand beaches from wave climate*. Coastal Engineering, vol. 4

[5] U.S. Army Corps of Engineers - Coastal Engineering Research Center 1984. *Shore Protection Manual* vol. 1

[6] Ozasa H. and Brampton A H. 1980 *Mathematical Modeling of Beaches Backed by Seawalls*. Coastal Engineering, vol. 4

[7] U.S. Army Corps of Engineers 2003. *Coastal Engineering Manual* Cap. 4, parte II

[8] Van der Meer J. W. 1992. *Conceptual Design of Rubble Mound Breakwaters*. Proceedings of the Short Course on Design and Reliability of Coastal Structures, ICCE Venezia

[9] National Association of Sea Cost 1987. *Technical Standard for shore protection works in Japan*

[10] Benassai E. 1993. *Progettazione di strutture rigide di difesa costiera*  
Giornate Italiane di Ingegneria Costiera, ICCE 92 – AIPCN Genova