

STUDIOGAGGERO

SAVONA – VIA PIA 130 R – FAX 019/8386702 – TEL 019/829463
CELL. 335/303133 – E–MAIL ing.gaggero@libero.it

El. A

COMUNE DI DIANO MARINA

Ripristino della funzionalità delle dighe poste a protezione del litorale compreso tra la foce del torrente San Pietro ed il confine con il Comune di San Bartolomeo al Mare. Realizzazione del sistema litoraneo difensivo della zona ad alta urbanizzazione di Borgo Paradiso. Opere fisse in massi lapidei e materiali sciolti. Lotto 1. cod. 484 del piano degli investimenti a valere sulle risorse di cui all'art. 1 comma 1028 della legge 30/12/2018 n° 145. Annualità 2020

COMPENDIO RELAZIONI

N.P. 2163

LUGLIO 2020

FILE: archivio/NP 2163 Diano Marina

Dott. ing. Paolo GAGGERO
C.F. GGGPLA49H27I480F
Collaboratore Dott. Ing. Luca Rossi

NP 2163

COMUNE DI DIANO MARINA

Ripristino della funzionalità delle dighe poste a protezione del litorale compreso tra la foce del torrente San Pietro ed il confine con il Comune di San Bartolomeo al Mare. Realizzazione del sistema litoraneo difensivo della zona ad alta urbanizzazione di Borgo Paradiso. Opere fisse in massi lapidei e materiali sciolti. Lotto 1. cod. 484 del piano degli investimenti a valere sulle risorse di cui all'art. 1 comma 1028 della legge 30/12/2018 n° 145. Annualità 2020

COMPENDIO RELAZIONI

Luglio 2020

Dott. Ing. Paolo Gaggero

Collaboratore Dott. Ing. Luca Rossi

INDICE

1. PREMESSE 4
2. STORIA DEL PROGETTO 6
3. STUDI PRELIMINARI 8
4. CENNI STORICI 9
5. ESAME DELLE CONCLUSIONI DEL SETTORE VIA SUL PROGETTO 2005 (DECRETO NUMERO 3358 DEL 02/11/2006) 14
6. ADEGUAMENTO PROGETTUALE 16
7. ADEMPIMENTI ALLE PRESCRIZIONI (vedi paragrafo 5) 19
8. ASPETTI ARCHEOLOGICI 34
9. ASPETTI GEOLOGICI 35
10. PROGETTO GENERALE 36
11. PROGETTO 1° LOTTO 37

Allegati

- Decreto n° 3358 del 02/11/2006 (screening su progetto preliminare)
- Decreto n° 16 del 14/01/2009 (conferenza art. 6 L.R. 13/99 su progetto I lotto)
- Volumi DEAN:
  - analisi delle condizioni meteomarine tipiche ed estreme
  - analisi del trasporto solido e verifica della stabilità della spiaggia nella situazione attuale
  - verifica del progetto preliminare di difesa - ripascimento
- Relazione archeologica (dott.ssa Frida Occelli)
- Relazione bionaturalistica (dott. Fulvio Garibaldi)
- Relazione geologica (prof. Pietro Maifredi)

ELENCO ELABORATI

SCRITTI

El. A Compendio relazioni (il presente elaborato)

El. B Computo metrico estimativo

El. C Quadro economico

El. D Elenco prezzi ed analisi

El. E Cronoprogramma

El. F Disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi tecnici

El. G Prime indicazioni e prescrizioni per la redazione del piano di sicurezza e coordinamento

El. H Relazione paesaggistica

El. I Studio preliminare ambientale

El. L Piano di monitoraggio

GRAFICI

Tav. 01 Inquadramento cartografico

Tav. 02 Stato attuale – Planimetria tecnica di rilievo dighe e sezioni

Tav. 03 Stato attuale – Rilievo batimetrico e fotogrammi

Tav. 04 Progetto – Planimetria, sezioni e modalità operative

Tav. 05 Progetto – 1° lotto – Planimetria, sezioni e schemi operativi

1. PREMESSE

L'Amministrazione Comunale di Diano Marina ha promosso già nel 2003 la progettazione e realizzazione di un importante intervento sul litorale a levante della foce del torrente San Pietro sino al confine con San Bartolomeo al Mare, inteso a ridisegnare il sistema difensivo esistente, costituito da dighe emerse prossime alla costa, realizzato dallo Stato nella prima metà del secolo scorso e dimostratosi inefficace, come peraltro analoghi sul litorale di Ventimiglia, Vallecrosia, Riva Ligure, Sanremo e San Bartolomeo al Mare; il progetto si mosse sulla scia di analoghi interventi ormai completati sui litorali di San Bartolomeo al Mare e Cervo Ligure, con i quali le Amministrazioni dei due Comuni avevano ottenuto un sensibile incremento della capacità difensiva delle opere costiere (opere fisse e distese di spiaggia) e una conseguente piena fruibilità della costa. In particolare gli interventi sul litorale di San Bartolomeo al Mare iniziarono le prime mosse negli anni '70 del secolo scorso, con un progetto (respinto dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici) di pennelli cosiddetti a martello in sostituzione delle preesistenti dighe emerse parallele molto prossime alle strutture urbane. Il Ministero dei Lavori Pubblici, attraverso il Genio Civile per le Opere Marittime, intervenne poi direttamente per realizzare cinque dighe emerse a grande distanza dalla costa, con finalità di difesa dell'abitato. L'iniziativa comunale concluse la trasformazione grazie ai primi finanziamenti delle misure europee, con il salpamento delle vecchie dighe prossime all'abitato ed il versamento di materiali sciolti che formarono le ampie spiagge oggi vanto delle aziende turistiche e locali. Mentre San Bartolomeo realizzava le opere, Diano Marina iniziava un analogo percorso, peraltro in un clima economico impoverito e sulla base di competenze amministrative e finanziarie molto diverse. Lo Stato aveva affidato alle Regioni il tema della difesa costiera, e la Regione Liguria ha disciplinato la materia con l'approvazione della Legge 13 del 1999.

Il complesso di competenze regionali, sviluppate attraverso la prima stesura del Piano Territoriale di Coordinamento della Costa, ha influito sensibilmente sulle modalità di approccio ai temi costieri: le soluzioni difensive longitudinali continue (dighe emerse o sommerse) che avevano perimetrato le coste italiane (ininterrottamente sul fronte adriatico e nella parte centrale del fronte tirrenico) si erano rivelate incapaci di risolvere armonicamente il tema della difesa della costa e degli arenili e pertanto le prospettive di intervento sul litorale di Diano Marina non potevano proseguire sulla scia di quanto già realizzato a San Bartolomeo al Mare. Il sistema chiuso di quest'ultimo non poteva essere mutuato anche davanti a Borgo Paradiso, pur avendo ottenuto un innegabile successo. Il mondo universitario e scientifico, come pure i centri di ricerca e studio delle opere marittime, cominciavano attorno al 2000 a promuovere il ripascimento strutturale come azione principe di intervento sui litorali; prontamente i criteri di progettazione e realizzazione si sono evoluti anche nella mentalità degli addetti ai lavori e le azioni sui litorali in erosione o comunque in pericolo sotto l'agitazione marina hanno subito una inversione del reciproco ordine di importanza: da opere fisse

(pennelli, dighe, secche, etc.) accompagnate da ripascimento si è passati ai ripascimenti (opera fondamentale) più o meno protetti da opere fisse, scelte tra le meno impattanti sotto i profili ambientali e paesistici.

In esito a questa evoluzione della filosofia di intervento il progetto sul litorale di Diano Marina si è sviluppato in termini molto differenti da quelli del confinante San Bartolomeo, anche se il tema da risolvere era ed è ancora molto simile, se non uguale.

Nelle due immagini seguenti è possibile ritrovare il percorso descritto.



Nel fotogramma si vedono le vecchie dighe di San Bartolomeo ancora presenti, le nuove al largo realizzate dal Genio Civile OOMM e le dighe attuali di Diano Marina



Nel fotogramma si vede il litorale di San Bartolomeo libero delle vecchie dighe aderenti al litorale che è coperto da ampie spiagge. In Diano Marina non è mutato nulla.

2. STORIA DEL PROGETTO

Nel 2003, con D.G.R. n° 1542 del 5 dicembre, la Regione Liguria ha finanziato con € 35.000,00 l'attività di progettazione di interventi prioritari di difesa della costa e dell'abitato del Comune di Diano Marina. Tale attività fu affidata dal Comune al sottoscritto ing. Paolo Gaggero ed all'ing. Valentino Castellini. Il progetto riguardava il tratto costiero compreso tra la foce del torrente San Pietro ed il confine con San Bartolomeo al Mare, in corrispondenza della foce del rio Rodine.

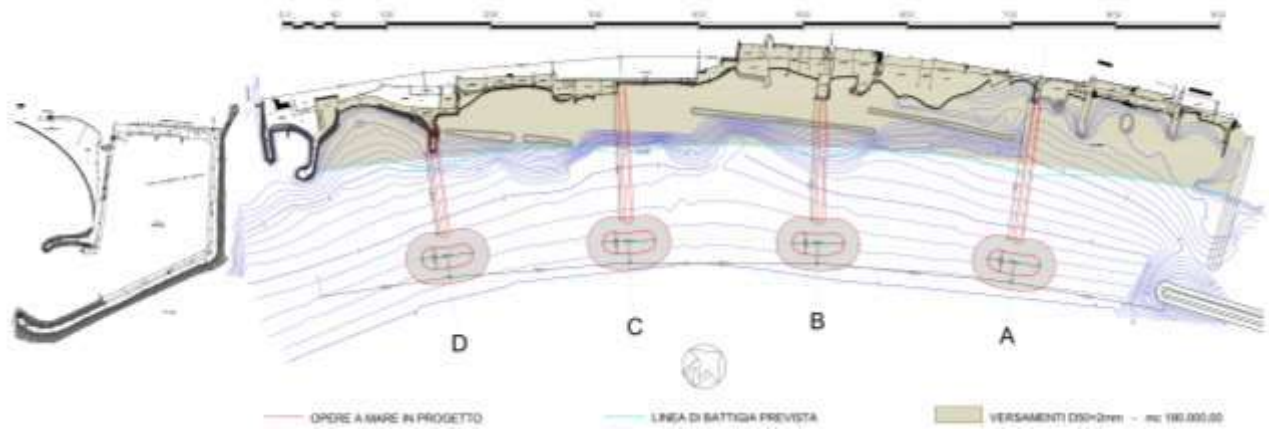
La costa era, come ancor oggi è, disseminata di un sistema confuso di opere fisse, realizzate a tergo di una serie di quattro dighe longitudinali parallele e leggermente sovrapposte con andamento scalare.

La progettazione fu assistita da studi modellistici sviluppati dalla società D.E.A.M. sotto la guida del Dott. Gianluigi De Filippi.

Furono studiate più soluzioni al tema; tra esse anche quella di un semplice ripascimento strutturale previo salpamento delle esistenti opere fisse.

La configurazione finale presentata all'approvazione era composta da un ripascimento di circa 180.000 mc di materiale sabbioso D_{50} > 2,00 mm protetto da quattro secche in massi naturali (di cui parte proveniente dal salpamento delle dighe esistenti) di dimensioni 50 X 20 ml al piano di berma, pendenza scarpate 5/1 esterna e laterale, 3/1 interna e distanza dalla costa inerodibile variabile da 80 a 135 ml.

Lo scenario previsto è descritto nel grafico seguente:



Il progetto generale è stato sottoposto a procedura di screening conclusosi con Decreto n° 3358 del 02.11.2006 (allegato). Nella figura precedente si rappresenta il progetto nella sua forma non ancora adeguata alle prescrizioni regionali, che avevano escluso il collegamento (inizialmente previsto) di pennelli tra le secche e la costa inerodibile.

3. STUDI PRELIMINARI

Il progetto preliminare generale era fondato su studi ed elaborazioni matematiche di ordine meteomarino elaborati dalla società D.E.A.M sotto la direzione del Dott. Gianluigi De Filippi. La relazione conclusiva è allegata al presente elaborato.

Il documento è suddiviso in:

- analisi delle condizioni meteomarine tipiche ed estreme
- analisi del trasporto solido e verifica della stabilità della spiaggia nella situazione attuale
- verifica del progetto preliminare di difesa - ripascimento.

Devesi rilevare che, rispetto alla situazione locale rilevata nel 2004 a base degli studi del Dott. De Filippi, lo scenario attuale è modificato dall'evoluzione dei fondali correlati alla realizzazione delle opere di San Bartolomeo al Mare e soprattutto dell'accumulo di sabbie fini che si sono incuneate nella parte più occidentale di quel sistema difensivo nonché al di fuori, per una pur modesta estensione ed appoggiate al pennello di chiusura disposto a levante della foce del rio Rodine.

Per inciso si ricorda che i voti di approvazione delle opere di San Bartolomeo al Mare hanno ipotizzato il salpamento di quel pennello in esito ai risultati dei monitoraggi pertinenti a quel progetto ed alla realizzazione (che allora pareva imminente) delle opere sul litorale di Diano Marina.

Nella primavera 2020 è stato pertanto effettuato un rilievo di aggiornamento della zona, nel quale si è riscontrato:

- le quote di fondo sull'intera zona non sono mutate in termini significativi rispetto al rilievo del 2004, salvo, in effetti, nella zona di levante verso S. Bartolomeo al mare dove il fondale si è alzato sensibilmente ed alla base esterna delle dighe/esito della mareggiata 2018 (2019)
- le dighe esistenti sono state oggetto di alcuni interventi di ripristino, conseguenti ai moti ondosi di fine 2018 e fine 2019. I volumi dei massi presenti sono stati incrementati rispetto alla situazione preesistente.

Pertanto possiamo rilevare che, considerate le approssimazioni dello stato dell'arte nel modello matematico, gli studi realizzati per il progetto generale del 2003/2005 hanno valenza attuale e ad essi ci si può riferire per le opportune valutazioni progettuali, in particolare ai primi due volumi.

4. CENNI STORICI

Si riportano alcuni brevi tratti del volume “Le nostre spiagge” edito a cura dell’EPT di IMPERIA.

LIDO DI DIANO MARINA

“Il lido di Diano Marina si svolge tra il crinale discendente dalla Torre Alpicella e le scogliere a levante del Borgo Paradiso.

La prima parte di esso è costituita dalla pendici del Capo Berta, con una costa alta e scoscesa molto esposta ai flutti e quindi di difficile utilizzazione per sistemarvi una spiaggia. In corrispondenza del rientro della costa verso la baia, a seguito della costruzione del molo, si è formata una bella spiaggia, frutto dell’arresto del movimento degli scarsi materiali da ponente. La baia è sensibilmente protetta dai flutti di libeccio che per effetto del fenomeno di diffrazione, attenuano notevolmente la loro violenza specialmente nella parte della baia verso Capo Berta.

Questo fenomeno è stato accentuato dalla costruzione del molo di Capo Berta per cui oggi, più che in passato, il flutto prevalente nella baia a ponente è lo scirocco e la spiaggia sarebbe ora naturalmente alimentata da levante in quanto i materiali che vi sono sospinti non possono essere ripresi dai flutti attenuati di libeccio ma solo da quelli di mezzogiorno che sono, come è noto, di scarsissima frequenza.

Il litorale dianese è sottoposto a gravissima retrocessione, minacciosa e continua. È difficile precisare la data di inizio del fenomeno, ma si deve presumere che i primi sintomi risalgano alla fine del secolo XVIII. Dalla carta settecentesca del Vinzoni, la chiesuola di S’Anna si può porre a 30 metri dal mare, l’abitato di Diano ad una quarantina, il bastione della Marina, a levante del paese, ad una ventina e la Torre di Santa Maria, oggi a mare, a circa 30-35 metri.

In seguito a perizia e disegni del misuratore Caldellari, nel 1823-24, si pensava di fare opera protettiva, procedendo al prolungamento di 44 metri di un piccolo molo, che già esisteva dinanzi alla chiesa parrocchiale. Una planimetria, che paragona il battente del 1838 con quello del 17 settembre 1850, fa vedere che, tra il Rio Mortola ed il S. Pietro, l’arretramento della spiaggia era stato di 10 metri in media e in qualche punto anche di 15. Nel 1840 poi, tutto l’arco tra Diano e Cervo era retrocedente. Il Sindaco Roggieri scriveva che il forte sul Torrente S. Pietro era già distrutto, la batteria sul Rio Calderina era a fior d’acqua, un forte attiguo a quello di S. Erasmo era nelle stesse condizioni, a ponente del paese, al giardino Lombardi, nella terra detta Capo de Barberi, si stavano scavando le fondamenta alle case e concludeva facendo voti per l’erezione di un molo al Capo Berta che avrebbe salvaguardato «il paese, assai da vicino minacciato dal mare spinto dal libeccio, e tutti i fabbricati lungo il lido (parte sono stati distrutti dal mare e nel mare sommersi) al momento che sono per distruggersi», nel 1842 si ritennero urgentissimi i lavori per riparare la via a mare tutta sconvolta dalle onde. Alcune stampe del 1846 mostrano bene queste condizioni.

Nel 1849 si ebbero opere di restauro al molo davanti al paese, nella piazza detta dei Carabinieri, oggi Dante. Ad ogni modo sulla destra del S. Pietro la spiaggia larga in media 30 metri, permetteva ancora la costruzione di piccoli bastimenti, l'ultimo dei quali fu la «Costanza», varato nel 1849. Sotto il bastione, sulla destra del Torrente S. Pietro, esisteva non solo la spiaggia, ma pure una sorgente alla quale, ancora nel 1888, abitanti del luogo si ricordavano di aver bevuto.

Gli arretramenti di questo periodo sono con ogni probabilità da porre in relazione con la costruzione del porto di Oneglia, che iniziò nel 1827 e che blocco praticamente le alluvioni dell'Impero.

Ulteriore elemento di perturbazione nell'equilibrio della zona fu la costruzione del molo del Capo Berta. Il progetto fu opera del maggiore del GENIO, Serra Cassano, che lo eseguì per incarico del Ministero della Marina, nel novembre 1850. Consisteva in due pennelli di massi naturali, l'uno al Capo, lungo 200 metri (metà normali alla costa e metà diretti a greco) e l'altro davanti all'abitato. In data 29 marzo 1851 il progetto era approvato e nell'ottobre 1852 era già ultimato al Capo il primo tratto rettilineo, al quale facevano seguito l'anno successivo altri 50 metri nella stessa direzione. La costruzione fu seguita da fenomeni erosivi lievi nella spiaggia di S. Anna, ma sensibilissimi più a levante. Tra il 1853 ed il 1859, per iniziativa privata, si riattava il pontile davanti alla chiesa parrocchiale sperandosi così di sistemare in definitiva, ma fu opera vana. Si rivolsero allora ancora le direttive sul molo che, con legge 20 novembre 1859, veniva allungato per altri 50 metri rettilinei e per 40 diretti a greco, raggiungendosi così i 176 e la corrosione continuò indisturbata sia tra il S. Pietro e Sant'Anna, come tra S. Anna ed il molo. Col febbraio 1861 il GENIO iniziava un prolungamento di m 95.50, che era terminato l'anno dopo. Piccoli avanzamenti sotto il paese, e la spiaggia, che nell'aprile 1861 si era formata a Sant'Anna, veniva asportata da tremendi colpi di mare nella fine di novembre; sulla destra del Varcavello il muro di sostegno della via litoranea fu scalzato per 60 metri di lunghezza e per l'ampiezza di 10, il bastione di levante che, prima degli uragani, aveva ancora una spiaggia di metri 2.50 rimase tutto scoperto in mare con una demolizione della costa in profondità di 10-12 metri e solamente inalterato rimase il tratto a sud di Sant'Anna (ormai protetto dal molo e quindi alimentato da levante).Gli ultimi lavori al molo furono fatti nel 1863 con nuovi 20 metri e nel 1865 con 25, raggiungendo la totale attuale lunghezza (300 metri circa). Evidentemente questo molo produce benefici effetti sulla breve spiaggia immediatamente a nord, ma a danno del litorale rimanente, le cui sabbie furono sospinte da scirocco verso Sant'Anna e da libeccio verso Cervo.

L'elenco delle opere artificiali eseguite è evidente documentazione di tutto ciò. Le mareggiate dei primi di gennaio 1868 distruggevano più di 100 metri di strada e poi gigantesche ondate nei giorni 10-16 febbraio 1870, causavano gravissimi danni alle estreme case di levante tanto che nel 1871 si rendeva necessaria la costruzione di una scogliera. Nel 1877 si pensò, per ovviare a tanti mali, di porre in mare un pennello lungo 70 metri, a levante dell'abitato (molo dell'Oratorio) su progetto 2

marzo 1874, ma l'effetto fu nullo, ed anzi dannoso perché con tale opera veniva disperse verso levante le alluvioni del S. Pietro mentre da ponente non potevano venire portate che quantità insufficienti di materiali per la povertà dei torrenti. Come anche per l'ostacolo posto alla traslazione del molo del Varcavello e minori da quello della chiesa.

Davanti all'abitato, nel 1889, non esisteva più spiaggia ed il mare era contro la muraglia del Corso Garibaldi. Non sapendo più quale rimedio usare, si decise la costruzione di giardini pubblici, tra il molo della chiesa ed il pennello di levante, ponendo addirittura in mare le fondamenta, e mettendo così sotto il Corso una parete riflettente. E in egual modo si agì, intorno al 1900, sulla spiaggia tra il Rio Murte e il molo, dove per costruire alcuni villini, si eressero terrapieni, sorretti da mura posate in acqua. Un breve avanzamento artificiale si ebbe alla radice settentrionale del molo nel 1922-23 con lo scarico dei materiali, provenienti dall'apertura della strada a mare per ONEGLIA.

In realtà la situazione rimase precaria; i giardini richiedevano sempre sottomurazioni, a valle della via litoranea si dovevano allineare blocchi e scogli, e nei pressi del molo, sebbene l'arena non manchi mai, non si riesce a costruire una spiaggia vasta.

Si continuò così fino ad oggi a seguire opere senza minimamente pensare agli squilibri che esse avrebbero procurato.

Si costruì un molo in sponda destra del Varcavello ripetendo l'errore che si era fatto con la costruzione del molo dell'oratorio e si continuò costruendo un altro molo più vicino alla foce del Torrente S. Pietro".

In seguito fu realizzato il porticciolo immediatamente a ponente della foce del Torrente S. Pietro.

LIDO DI SAN BARTOLOMEO E CERVO

Il lido di S. Bartolomeo del Cervo e Cervo si estende tra le scogliere di Borgo Paradiso ed il crinale discendente dal colle di Cervo.

Il primo tratto fino a Capo Cervo ha andamento da SW a NW ed è investito quasi frontalmente dal flutto di libeccio mentre il mare di scirocco ha decisa inclinazione in senso contrario; il secondo a ridosso di Capo Cervo è investito dall'espansione di libeccio tangenzialmente e, dal mare di scirocco, pressoché frontalmente ma con sensibile inclinazione verso levante per cui il trasporto risulta unidirezionale.

Il litorale dovrebbe essere alimentato dai Torrenti S. Pietro e Cervo e dai piccoli rivi a levante Steria e Schenazzi, ecc.

La retrocessione della spiaggia è in atto da gran tempo. Il Casalis scrivendo nel 1837, diceva che in cento anni la spiaggia di San Bartolomeo del Cervo si era ridotta della metà. Tra il S. Pietro e lo Steria nel 1840, molte case erano già state distrutte dalle onde. Per il periodo 1860-1934, si può

documentare un arretramento costiero di oltre 50 metri, con demolizione di terreni ed edifici. Il fenomeno ebbe ritmo accentuato specialmente dal 1906.

Anche la spiaggia tra lo Steria e lo Schenazzi, sotto l'abitato di Cervo, diminuisce da gran tempo. All'inizio del secolo XIX, il paese aveva 140 persone addette a cose marittime ed un commercio fiorente. La spiaggia veniva descritta con fondo di sabbia, con ancoraggio buono verso ponente "più favorevole che pericoloso".

Le stampe dell'epoca mostrano condizioni ancora buone. Un peggioramento decisivo si determinò verso la metà del secolo.

Si prese a considerare la spiaggia "cattivissimo scalo da sbarco e meschinissima". Sotto la Via Nazionale, all'altezza del paese, l'arenile nel 1857, non superava la ventina di metri e così pure nella zona detta "Marina delle barche" tra la foce dello Schenazzi e la punta rocciosa chiamata "il Pilone". In seguito, ebbe corso un periodo di imbonimento, tra il 1860 ed il 1880; la villa Scoffiero aveva dinanzi tanto arenile da trovarvi posto le imbarcazioni di piccolo cabotaggio, lunghe in media 15-20 metri. Nei primi quaranta anni del secolo si può riconoscere una demolizione per tutto il litorale di circa 20-25 metri. Le mareggiate dell'8 gennaio 1912 asportavano parte della scarpata a mare della ferrovia, nel 1931 numerosissime brecce avvenivano ai muri paraonde. Con le libecciate del novembre-dicembre 1933 dalla parte del cosiddetto "Porteghetto" e "Marina delle reti", i cavalloni oltrepassavano di qualche metro i piloni della ferrovia fino a raggiungere le case. Gli abitanti del Pilone e di Via Bagni stettero poi alcune giornate senza poter uscire di casa dalla parte del mare, dove tutto fu asportato e divelto.

Le cause delle erosioni si possono riassumere in ordine cronologico secondo lo schema seguente.

I primi lavori marittimi a Porto Maurizio ed Oneglia per la costruzione dei porti privarono il litorale di quanto vi giungeva dalle alluvioni da ponente e principalmente di quelle dell'Impero.

Il fenomeno fu in seguito accentuato dalla costruzione del Molo di Capo Berta e dai caotici lavori attuati a Diano Marina.

Contemporaneamente dall'inizio del secolo le estrazioni di sabbia e ghiaia del S. Pietro a Cervo, che erano già praticate in precedenza per uso agricolo, andarono crescendo in modo impressionante tanto che oggi si può affermare che la portata dei due torrenti sia nulla.

Per tamponare l'erosione negli ultimi quaranta anni si costruirono perciò scogliere per una lunghezza di ml 1 800 tra la foce del S. Pietro e del Cervo (Diano Marina e San Bartolomeo) e di ml 350 a levante di Cervo.

Più recentemente (1995-1998) venne realizzato un piccolo approdo immediatamente a ponente della foce del Torrente Cervo.

In ultimo nel decennio 1990 -2003 furono realizzate le nuove dighe (5) al largo di San Bartolomeo al Mare e successivamente l'opera di riassetto litoraneo tra le suddette dighe e la passeggiata, con ripascimenti, dighe e pennelli suffolti.
Sul litorale di Cervo si è intervenuti con ulteriori opere di difesa e ripascimenti ."

Nel volume edito nel 2010 a cura della Regione Liguria dal titolo "*Le spiagge della Liguria occidentale*" è confermata l'assenza pressappoco totale di apporti sedimentari da parte dei corsi d'acqua e la necessità di provvedere ad interventi di ripascimento con modifica delle opere preesistenti.

5. ESAME DELLE CONCLUSIONI DEL SETTORE VIA SUL PROGETTO 2005 (DECRETO NUMERO 3358 DEL 02/11/2006)

Il progetto descritto al paragrafo 2 è stato sottoposto a procedura di screening nel maggio 2006, con esito NO VIA con prescrizioni.

Le prescrizioni di cui al Decreto 3358/2006 sono le seguenti:

a) dovrà essere elaborato un piano di monitoraggio delle opere a progetto e delle spiagge interessate, comprendente anche lo stato delle praterie di Posidonia Oceanica, redatto ai sensi della D.G.R. 1793/2005, da sottoporre ai competenti uffici regionali, al fine di valutare l'efficacia delle opere a progetto;
b) dovranno essere fornite le verifiche di stabilità delle opere in progetto;
c) dovrà essere motivato il quantitativo proposto di materiale da utilizzare per il ripascimento;
d) dovranno essere condotti alla rete fognaria gli scoli idrici interessati dal progetto. Se tale soluzione non sarà realizzabile dovrà essere data motivazione e dovrà essere descritta in modo esaustivo la soluzione definitiva;
e) dovranno essere riutilizzati per la realizzazione del progetto, per quanto possibile, i massi recuperati dalle opere di difesa salpate;
f) dovranno essere utilizzati materiali aventi caratteristiche litologiche e cromatiche coerenti con l'intorno per le realizzazione delle opere fisse e per il ripascimento strutturale;
g) dovranno essere indicate le priorità di intervento e la suddivisione in lotti funzionali;
h) dovrà essere attentamente verificata, in sede di progettazione definitiva, la possibilità di eliminare dall'assetto finale i pennelli intestati alle isole, limitandone l'utilizzo per il singolo lotto funzionale e prevedendone la rimozione una volta attivato il lotto successivo;
i) dovranno essere segnalate le singole attività all'interno di ogni lotto e specificate le diverse fasi di cantiere in relazione alla realizzazione delle piste e dei versamenti dei materiali;
j) dovranno essere adottati tutti gli accorgimenti del caso al fine di evitare la dispersione di materiali fini durante la preparazione del cantiere, nelle operazioni di salpamento e demolizione di quanto esistente, durante la realizzazione delle isole e dei pennelli provvisori e durante il ripascimento;
k) dovrà essere effettuata la caratterizzazione dei sedimenti da utilizzare per il ripascimento, conformemente al protocollo di campionamento ed analisi di ARPAL;
l) sulla base di tale caratterizzazione dovrà essere acquisito il parere ARPAL da considerarsi vincolante per l'esecuzione delle opere di ripascimento (per gli standard relativi alla granulometria l'unico parametro da sottoporre a verifica è il limite del 5% di pelite);
m) dovranno essere individuati idonei criteri di valutazione ed accettazione in cantiere del tout-venant, finalizzati a limitare lo sversamento in mare di materiale pelitico;

n) la costruzione delle piste di cantiere dovrà utilizzare prioritariamente materiale di grande pezzatura e limitare il materiale più fine alla parte emersa.

Seguono le prescrizioni o), p), q) che riguardano l'ipotesi di un intervento giudicato urgente e che non è oggetto del progetto attuale.

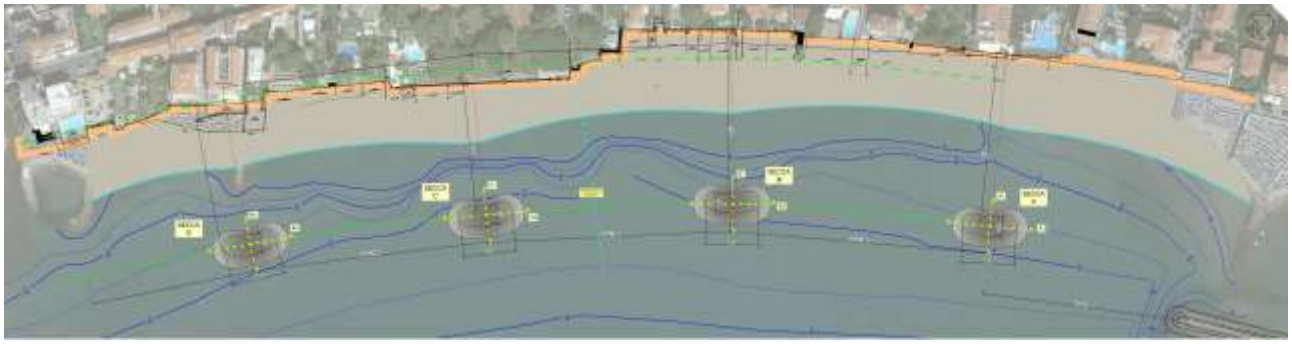
L'attuale progetto viene riferito alle prescrizioni formulate ed i relativi adempimenti vengono illustrati al capitolo 7.

6. ADEGUAMENTO PROGETTUALE

Il progetto generale del 2003/2005, sottoposto a screening nel 2006, era stato elaborato prima delle esperienze successivamente esperite relativamente alla realizzazione di secche sul litorale ligure.

In particolare il nostro studio tecnico ha realizzato la progettazione e direzione dei lavori di tre secche (due realizzate ed una di prossima realizzazione) in Borgio Verezzi, quattro secche (tre realizzate ed una di prossima realizzazione) in Borghetto Santo Spirito, una secca realizzata in Pietra Ligure, una secca in corso di ultimazione in Sestri Levante, due secche in Vado Ligure (di prossima realizzazione). In tutti i casi ciascuna secca è stata accompagnata da un importante ripascimento (in media 15000 mc) e le proporzioni dell'opera, la sua distanza dalla costa, l'interdistanza tra le diverse secche è stata testata su litorali assai simili a Diano Marina. Pertanto le realizzazioni possono essere considerate alla stregua di modelli in scala naturale del progetto. In particolare, per orientamento, profondità ed esposizione, il litorale di Borgio Verezzi si accomuna a quello di Diano Marina. In quel sito le secche sono state poste (baricentro) a circa 120 ml dalle strutture inerodibili della passeggiata, con un'interdistanza di circa 260 ml. L'esito dell'intervento è stato molto positivo: la spiaggia si è mantenuta con andamento di battigia leggermente sinuoso e stabile; durante le peggiori mareggiate la protezione esistente è stata efficace. Anche sulla costa (pur più inclinata rispetto al N) di Borghetto Santo Spirito l'esito del ripascimento e delle secche è stato efficace, ma meno gradito dall'utenza dei gestori balneari poiché l'avanzamento della spiaggia in corrispondenza dell'opera fissa è stato più sensibile e l'arco che collega le cuspidi è molto pronunciato; pur essendosi ampliata ovunque la spiaggia, la diversità evidente ha creato malumore. In quel caso le profondità locali sono meno pronunciate e la pista per la costruzione delle secche è stata realizzata con materiale grossolano, parzialmente lasciato in sito e non più asportato dai marosi con formazione, di fatto di pennelli sommersi centrati sulle secche.

Come abbiamo riferito, lo scenario progettuale 2005 per Diano Marina prevedeva impiego di risorse naturali (massi e sabbie) molto importanti, molto più importanti di quanto esperito altrove. Ed i conseguenti costi stimati sono stati proibitivi per le risorse comunali ed il progetto non è stato realizzato. Considerate pertanto le esperienze intervenute, il progetto viene attualmente rivisitato, secondo il criterio descritto nel grafico seguente



Le secche vengono poste nella stessa posizione trasversale a quella del progetto approvato, con interasse di circa 180 ml; quella più a levante dista circa 150 ml dalla testa della prima diga di San Bartolomeo al Mare.

La distanza tra il baricentro delle secche e la linea mediana delle opere fisse esistenti sul litorale è pari a circa 110 ml; la secca più a ponente è in corrispondenza di un pennello che in esito ai monitoraggi seguenti la realizzazione di tutto il sistema potrà essere salpato, come peraltro gran parte delle opere rigide e fisse esistenti sul litorale.

Le profondità baricentriche di imposta delle secche sono:

Secca	Profondità [ml]
A	**3,5**
B	**3,6**
C	**3,5**
D	**3,5**

Le dimensioni della berma a quota 0,00 di ciascuna secca (tutte uguali) è prevista in ml 40 X 15, pendenza 3/2 verso terra e 2,5/1 verso mare e lateralmente.

Il ripascimento in corrispondenza di ciascuna secca è pari a 22 000 mc di sabbie ben classate con $D_{50} \geq 2$ mm.

Ricordiamo che le sabbie locali hanno granulometrie variabili, derivanti sia dalla matrice locale, sia dai ripascimenti annuali effettuati con sorbonamento della bocca portuale, sia dal ripascimento delle spiagge di San Bartolomeo al Mare.

La realizzazione del sistema difensivo di quest'ultimo è stata effettuata con materiali diversificati nel tempo: mentre il primo versamento (nell'immediato ponente del punto nautico attrezzato PNA di San Bartolomeo) era costituito da ghiaia grossolana di cava terrestre, per la parte centrale sino alla penultima diga di ponente fu utilizzata una ghiaia 3/6 mm di cava di fiume.

L'ultimo tratto si è invece colmato spontaneamente di sabbia fine, che ha creato, come già ricordato, anche un'ampia spiaggia appoggiata al pennello di chiusura del sistema, a ponente del rio Rodine.

Questa spiaggia ha risolto parzialmente i problemi dei primi stabilimenti balneari di Diano Marina, senza raggiungere peraltro il litorale degli Hotel Caravelle e Majestic.

In esito alle osservazioni effettuate sul litorale di Borghetto Santo Spirito, e rapportate a tutti gli altri esempi di opere simili eseguite, la prescrizione del Settore VIA relativa alla possibile eliminazione dei pennelli di collegamento delle secche al litorale inerodibile viene adempiuta già in sede di progetto. Il tema legato alla prescrizione h) viene di fatto ribaltato: nel progetto definitivo i pennelli non sono previsti e si valuterà in sede di monitoraggio se ne sarà utile ed opportuna la

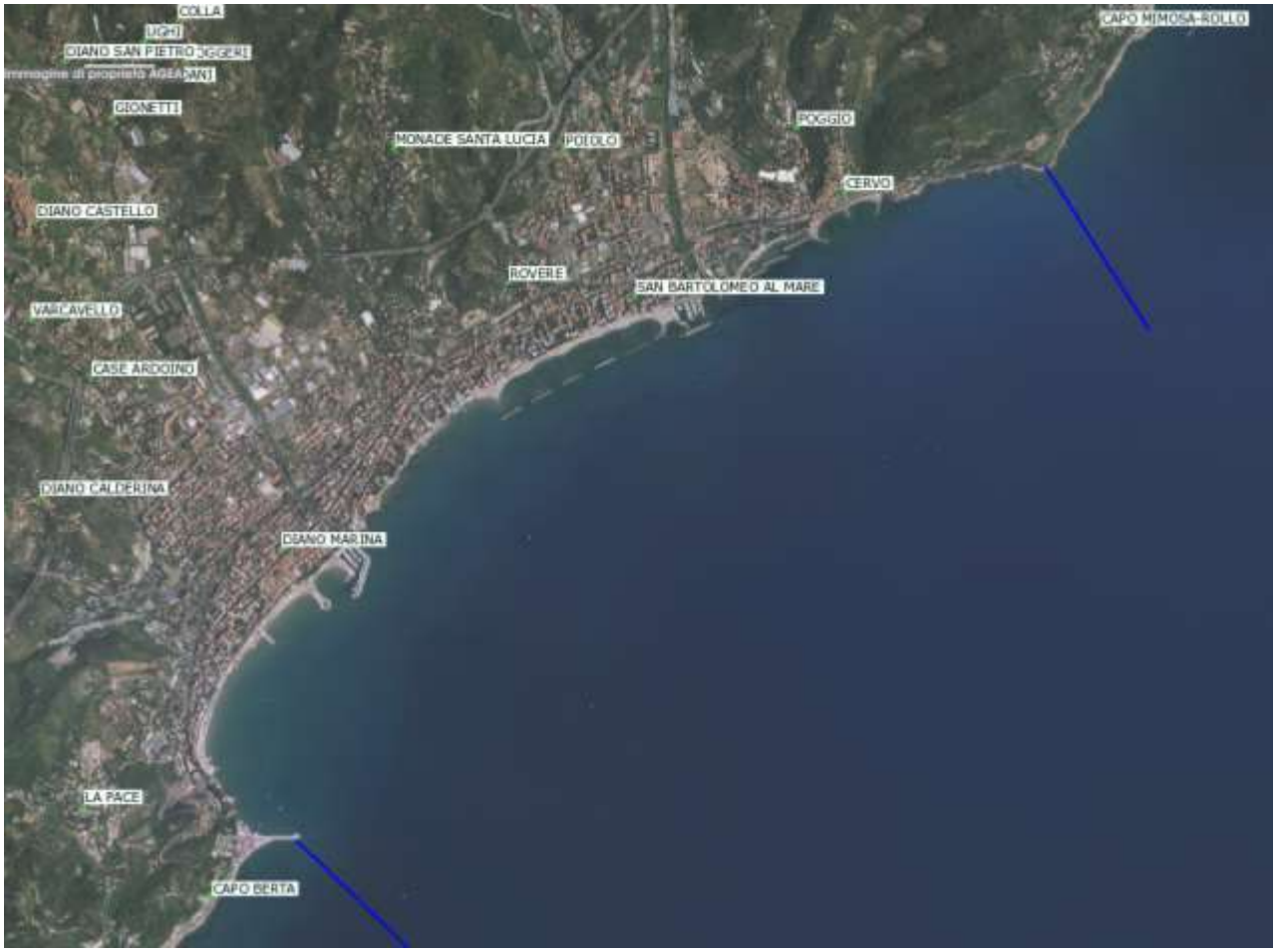
realizzazione. Peraltro già ora si evidenzia che l'esperienza esperita anche in San Bartolomeo ha rivelato che la presenza dei pennelli (anche se sommersi) può causare, durante le mareggiate, correnti molto veloci lungo gli stessi, ed indurre erosione a tergo delle secche, proprio dove invece si attende un accumulo di materiale sciolto.

7. ADEMPIMENTI ALLE PRESCRIZIONI (vedi paragrafo 5)

Nel presente paragrafo vengono illustrati i criteri e le azioni di adempimento alle prescrizioni contenute nel Decreto n° 3358 del 02/11/2006. Alcune di tali prescrizioni sono state risolte in un progetto di primo stralcio sottoposto a conferenza dei servizi nel febbraio 2008 e conclusasi con Decreto n° 16 del 14/01/2009. Peraltro nel presente paragrafo vengono analizzate tutte le prescrizioni con riferimento all'attuale rivisitazione del progetto generale e fornita adeguata risposta operativa.

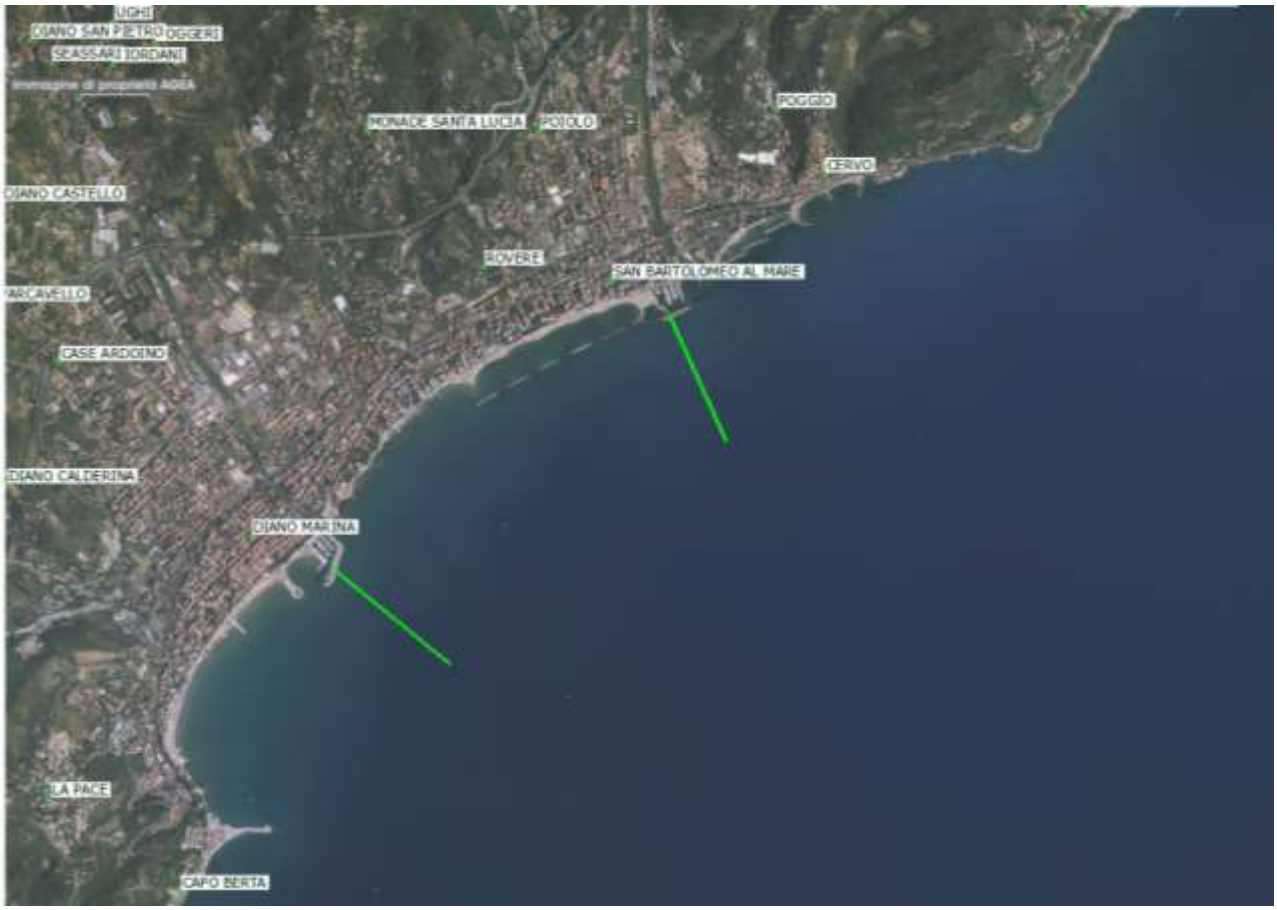
Prescrizione a) Il piano di monitoraggio viene allegato al progetto; esso è ripreso, con le debite modifiche, da quanto già inserito ed approvato nel progetto di 1° stralcio del 2008. Nel seguito peraltro si illustrano le caratteristiche dei fondali antistanti il litorale oggetto dell'intervento:

- **Unità fisiografica**



L'area di intervento ricade all'interno dell'unità fisiografica racchiusa dai limiti di unità fisiografica ID 129 - Capo Berta e ID 14 - Capo Cervo.

- **Paraggio**



L'area di intervento ricade all'interno del paraggio racchiuso nei limiti di paraggio ID 96 - Porto di Diano Marina e ID 97 - Porto di San Bartolomeo.

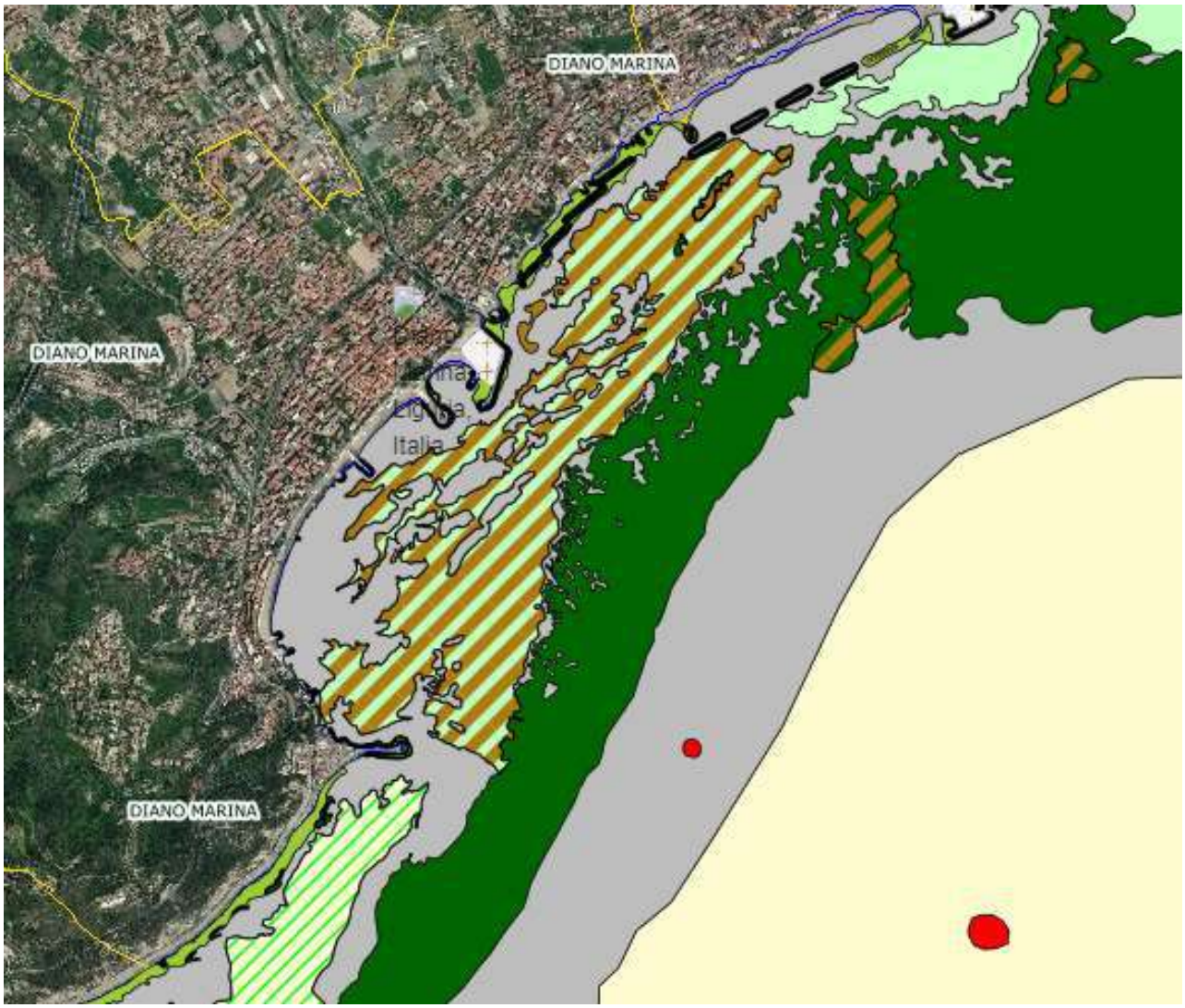
- **Cella litoranea**



IDENTIFICATIVO [n°]	CODICE CELLA [-]	LUNGHEZZA [ml]
174	UF_07020101	39
164	UF_07020102	40
172	UF_07020103	172
171	UF_07020104	49
170	UF_07020105	30
169	UF_07020106	177
168	UF_07020107	18
167	UF_07020108	79
166	UF_07020109	77

Come indicato nella tabella 1.4 dei *Criteri per la progettazione di ripascimenti stagionali* allegati alla D.G.R. 1209/2016, il litorale oggetto di intervento è compreso nel tratto di costa sensibile "Da molo est Imperia a porto di Loano" mentre non è compreso nei tratti di costa particolarmente sensibile.

La descrizione grafica del litorale contenuta nelle pagine di aggiornamento *dell'Atlante degli habitat marini della Liguria* a firma Coppo-Diviacco-Montepagano è la seguente:



- S = sabbia
- POS-ROC = posidonia su roccia
- POS = posidonieto
- P = bacino portuale
- MOS = posidonieto a chiazze
- MMP = matte morta di posidonia oceanica
- GR = grotta
- F = fango
- DI = detritico infangato
- CYM-POS = prato di Cymodocea con cespugli sparsi di posidonia
- CYM-MMP = prato di Cymodocea su matte morta di posidonia
- CYM-DENSA = prato denso di Cymodocea nodosa
- CYM e CAU = prato di cymodocea con presenza di caulerpe
- CYM = prato di Cymodocea nodosa
- CRAC = presenza di Caulerpa racemosa
- CAU = presenza di Caulerpa taxifolia
- C = coralligeno
- ASI = alghe sciafile infralitorali
- ASC = alghe sciafile circalitorali
- AF-BR = alghe fotofile su beach-rock
- AF = alghe fotofile
- AFA = alghe fotofile su substrato prevalentemente artificiale
- SGC = sedimenti grossolani
- SGC-C = sedimenti grossolani con formazioni e/o elementi di coralligeno
- DC = detritici costieri
- ZNI = zona non indagata
- CYL = caulerpa cylindracea
- RL = roccia del largo
- C-F = popolamenti del coralligeno sparsi su fanghi costieri

La descrizione discorsiva non è stata ancora aggiornata e risulta:

IMPERIA – SAN BARTOLOMEO AL MARE

L'area è compresa in parte nel SIC marino IT 1315670 (Fondali Capo Berta – Diano Marina – Capo Mimosa). La parte occidentale è interessata dagli insediamenti urbano e portuali di Imperia, città formata dall'unione di Porto Maurizio e di Oneglia. Quest'ultima costituisce inoltre un importante centro industriale del settore agroalimentare. La costa orientale è caratterizzata dalla presenza di numerose opere di difesa antierosione e dal porticciolo turistico di Diano Marina.

PRATERIA DI POSIDONIA OCEANICA DI CAPO BERTA

Caratteristiche principali

Questa prateria, in origine collegata probabilmente alla precedente, è situata tra Oneglia e San Bartolomeo al Mare per una lunghezza di circa 7 km. Si presenta allungata e sottile, in quanto l'ampiezza è compresa prevalentemente tra i 200 m ed i 500 m anche se non mancano estensioni maggiori, sia verso la costa, sia verso il largo. La superficie è di circa 157 ha. Il limite superiore è compreso tra 5 m e 20 m, mentre quello inferiore oscilla tra i 20 m ed i 35 m.

Descrizione

La porzione occidentale dista dalla costa circa 1 km, ed è molto degradata e frammentata, con ricoprimenti bassi e presenza di sabbia e di *matte* morta in parte colonizzata dall'alga *Caulerpa taxifolia*. Questa situazione, come ricordato anche da BIANCHI e PEIRANO (1995), è legata alla presenza delle opere portuali di Imperia (Porto Maurizio e Oneglia) e agli ancoraggi delle navi in rada, oltre che all'impatto di altri manufatti costieri e degli scarichi urbani. Tra Oneglia e Capo Berta la prateria avvicina notevolmente alla costa con una sorta di promontorio, costituito però in gran parte da formazioni a mosaico con *matte* morta ricoperta da *C. taxifolia*. In prossimità della costa sono inoltre presenti piccole formazioni sparse di *P. oceanica* su roccia.

Davanti a Capo Berta il posidonieto appare più omogeneo e meno degradato, ma il limite superiore si mantiene sempre tra 8 m e 12 m di profondità. Si ha inoltre una parziale interruzione in corrispondenza della Condotta fognaria.

Tra Capo Berta e San Bartolomeo al Mare la prateria è rigogliosa, ma il limite superiore si allontana nuovamente dalla costa, dalla quale dista circa 500-900 m, ed è molto frastagliato con formazioni allungate e perpendicolari alla linea di riva. Effettivamente la fascia

batimetrica compresa tra 9 m e 15 m è caratterizzata in questo tratto da strutture a “cordoni” e “colline” (VETERE *et al*,, 1989) Queste strutture hanno altezze comprese tra 1 m e 2 m ed i cordoni sono orientati secondo direzioni di 140 ° - 165 °. Esse sembrano possedere caratteristiche intermedie tra la prateria tigrata e la prateria di collina, ma secondo VETERE *et al*. (1989), né i cordoni descritti in Tunisia né le colline segnalate in Corsica esauriscono la descrizione delle strutture di Diano. Questi Autori ritengono che la particolare morfologia riscontrata sia dovuta all’azione idrodinamica e che i cordoni, orientati perpendicolarmente alla costa, derivino dall’azione delle “correnti di scarico” del moto ondoso prevalente.

GARIBALDI e BAVA (2005), studiando il tratto antistante il centro abitato di Diano Marina, confermano i dati di VETERE *et al.* (1989), sia sulla struttura della prateria, sia sulle sue condizioni generali, e segnalano alcune differenze rispetto alla cartografia di BIANCHI e PEIRANO (1995), soprattutto nel limite superiore, che in realtà è molto più frastagliato. GARIBALDI e BAVA (2005) segnalano anche la presenza di *matte* morta tra la costa e l'attuale limite superiore della prateria, con strutture talvolta emergenti dal fondo sabbioso e talvolta appiattite e semisommerse, e colonizzate da *Cymodocea nodosa* o da *Caulerpa taxifolia*. Essi evidenziano inoltre una discontinuità longitudinale della prateria in prossimità del limite inferiore, dovuta alla presenza di un solco sabbioso di alcuni metri di larghezza, dopo il quale si incontra nuovamente una stretta fascia di prateria e successivamente il vero limite inferiore.

GARIBALDI e BAVA (2005) riportano infine i risultati di alcuni rilevamenti svolti nella prateria lungo tre transetti costa-largo, che evidenziano, tra l'altro, i valori di densità fogliare e di ricoprimento del posidonieto.

L’ultima porzione di prateria, di fronte a San Bartolomeo, oltre a presentare sempre il limite superiore frastagliato, è anche scarsamente compatta al suo interno, caratterizzato da diverse zone sabbiose.

PRATO DI CYMODOCEA NODOSA DI IMPERIA

È un vasto prato che occupa il fondo sabbioso tra Porto Maurizio ed Oneglia, ormai in associazione mista con Caulerpa taxifolia. Esso è compreso tra 5 m e 20 m di profondità, è lungo circa 3 km ed ha una superficie di circa 171 ha. Al suo interno sono presenti fasci fogliari sparsi di P. oceanica, probabili ultimi testimoni del posidonieto originario.

PRATO DI CYMODOCEA NODOSA DI CAPO BERTA

Anche questo prato, che si estende a Sud di Capo Berta, tra 3 m e 10-12 m di profondità, è caratterizzato da un popolamento misto con *C. taxifolia*. Esso è lungo circa 1,5 km e la sua superficie è di 30 ha.

PRATO DI CYMODOCEA NODOSA DI DIANO MARINA

Tra Capo Berta e San Bartolomeo si sviluppa un rado ma esteso prato di *C. nodosa*, in parte su *matte* morta e talvolta in associazione mista con *Caulerpa taxifolia*. L'estensione batimetrica è compresa tra 3 m e 10 m circa, la lunghezza è di circa 2,4 km e la superficie raggiunge i 91 ha.

AFFIORAMENTI ROCCIOSI DI CAPO BERTA

Leggermente a Sud di Capo Berta, tra le profondità di 30 m e 40 m, emergono dal fondo sabbioso-fangoso alcune formazioni rocciose subparallele alla costa, ricche di tane, anfratti e popolamenti sciafili.

ALTRI HABITAT

Caulerpa taxifolia ha ormai colonizzato una vasta superficie del fondo marino di quest'area, sia in formazioni miste con *C. nodosa* e *P. oceanica*, come già descritto, sia con popolamenti monospecifici. Questi ultimi sono presenti all'interno di entrambi i bacini portuali di Imperia ad anche oltre il limite inferiore delle praterie di *P. oceanica*, tra 30 m e 40 m di profondità.

Si rileva che la descrizione grafica delle biocenosi contenuta nell'Atlante 2020 si differenziava dalla relazione del Dott. Garibaldi del 2005 per la vicinanza di alcune tipologie alla costa; il piano di monitoraggio previsto affronterà il tema.

Prescrizione b) Le verifiche di stabilità delle opere sono limitate alla struttura delle secche, poiché, come sopra indicato, il progetto non prevede allo stato i pennelli. Pare utile ricordare che nel progetto di 1° stralcio del 2008 al fine di agevolare l'eventuale eliminazione dei pennelli (allora ancora previsti) per questi era indicata una soluzione con geotubo, per la quale era stata fornita verifica di stabilità secondo gli algoritmi di Recio/Numeraci e Bouyze/Schram. L'eventuale opportunità dei pennelli (attualmente non previsto in esito alle risultanze su altre opere similari, come sopra ricordato) potrà essere risolta con i geotubi con la soluzione adottata e descritta nel

sopra richiamato progetto stralcio; la eventualità, comunque, sarà oggetto di ulteriore eventuale progettazione sottoposta ai procedimenti approvativi di prassi

Per l'opera fissa della secca invece viene nel presente progetto riproposta la verifica di stabilità già contenuta nello stralcio 2008 approvato, come segue:

VERIFICA STATICA DELLE OPERE

MANTELLATE DELLA SECCA

È a disposizione il modello di evoluzione dei moti ondosi verso riva (elaborato da DEAM): le scarpate possono essere verificate con l'onda ivi rilevabile (figure 4.1 ÷ 4.5 di DEAM) che si riportano nuovamente. Il valore massimo dell'altezza d'onda è pari a circa 2.2/2.4 ml. Il valore del set up massimo locale è di circa 20 cm. Il valore massimo positivo dell'oscillazione di marea è pari a circa 15 cm (figura 7.1 di DEAM). In totale l'altezza d'onda considerata

2.4 + 0.20 + 0.15 = 2.75 ml

L'algoritmo di HUDSON è tabellato in allegato: risulta che i massi devono essere di III° categoria, con peso minimo circa 3.05 ton .

La formula di Hudson e rappresentata dalla seguente espressione

$W=(Wr/(Sr-1)^3*A^3/(Kctg@))$

dove

Wr e' il peso specifico del litotipo usato per la scarpata	= t/mc	2.6	
A e' l'altezza d'onda incidente sull'opera	= m	2.75	
ctg@ e' la inclinazione della scarpata sull'orizzontale	=	2.5	
K e' un coefficiente	K =	2	
per cui nel caso in esame il valore del peso del singolo masso W risulta =ton		3.05	

volume masso mc. 1.17

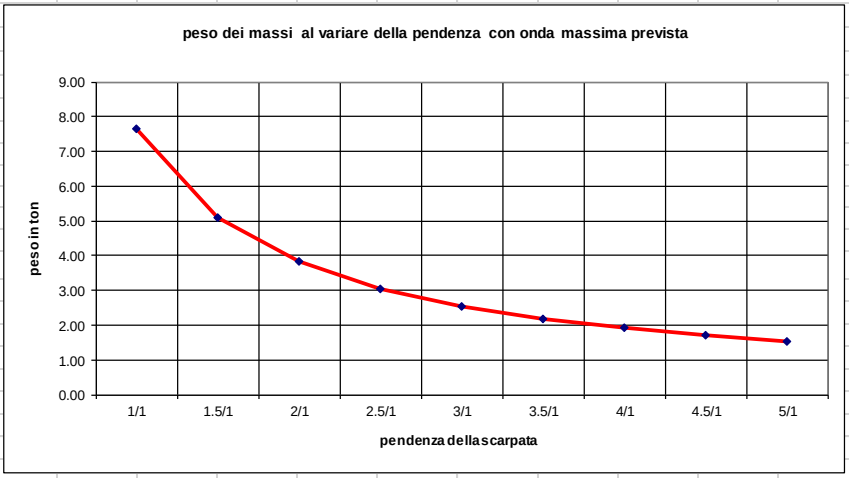
diametro sfera equivalente 1.31

Viene fornita peraltro una tabella di variazione dei valori di W al variare di A e di ctg@

	altezza d' onda incidente														
pendenza	1.5	1.75	2	2.25	2.5	2.75	3	3.25	3.5	3.75	4	4.25	4.5	4.75	5
1/1	1.24	1.97	2.94	4.18	5.74	7.63	9.91	12.60	15.74	19.36	23.49	28.18	33.45	39.34	45.88
1.5/1	0.83	1.31	1.96	2.79	3.82	5.09	6.61	8.40	10.49	12.91	15.66	18.79	22.30	26.23	30.59
2/1	0.62	0.98	1.47	2.09	2.87	3.82	4.96	6.30	7.87	9.68	11.75	14.09	16.72	19.67	22.94
2.5/1	0.50	0.79	1.17	1.67	2.29	3.05	3.96	5.04	6.30	7.74	9.40	11.27	13.38	15.74	18.35
3/1	0.41	0.66	0.98	1.39	1.91	2.54	3.30	4.20	5.25	6.45	7.83	9.39	11.15	13.11	15.29
3.5/1	0.35	0.56	0.84	1.19	1.64	2.18	2.83	3.60	4.50	5.53	6.71	8.05	9.56	11.24	13.11
4/1	0.31	0.49	0.73	1.05	1.43	1.91	2.48	3.15	3.93	4.84	5.87	7.04	8.36	9.84	11.47
4.5/1	0.28	0.44	0.65	0.93	1.27	1.70	2.20	2.80	3.50	4.30	5.22	6.26	7.43	8.74	10.20
5/1	0.25	0.39	0.59	0.84	1.15	1.53	1.98	2.52	3.15	3.87	4.70	5.64	6.69	7.87	9.18

categorie		
	1ª	da 50 kg a ton 1
	2ª	da ton 1.01 a ton 3.0
	3ª	da ton 3.01 a ton 7.0
	4ª	oltre 7.01 ton

pendenza	onda incidente prevista 2.75
1/1	7.63
1.5/1	5.09
2/1	3.82
2.5/1	3.05
3/1	2.54
3.5/1	2.18
4/1	1.91
4.5/1	1.70
5/1	1.53



A vantaggio di sicurezza saranno prescritti nel contratto di appalto massi di peso ≥ 3.50 ton.

Prescrizione c) Sulla base delle esperienze già esperite, con interdistanza delle secche anche superiori (260 m rispetto ai previsti 180 m) a quelle del progetto per Diano Marina, il quantitativo di materiale di ripascimento è indicato in 22 000 mc in corrispondenza di ogni secca. Tale valore, rapportato ai circa 875 ml di estensione del litorale, corrisponde ad un versamento di

$$(22\,000 * 4.00) / 875 \simeq 100 \text{ mc/ml}$$

La granulometria del materiale di apporto è caratterizzata dal valore $D_{50} \geq 2$ mm.

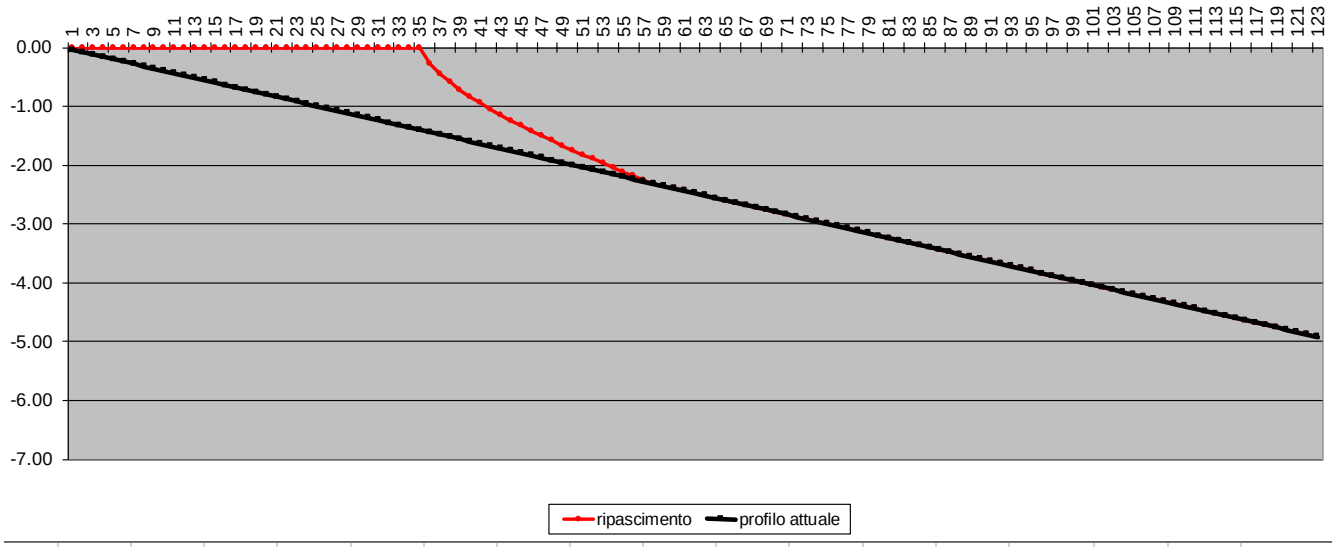
Considerata l'attuale conformazione del profilo di spiaggia, può essere verificato l'apporto medio di tale versamento con la formulazione di DEAN:

$$d = A(y)^{2/3}$$

dove

d	profondità del punto a distanza y dalla linea di riva	
y	distanza del punto dalla linea di riva	
A	parametro dipendente dal diametro medio D50 dei sedimenti	
	A=0,41*(D50)0.94	per D50<0.4
	A=0,23*(D50)0.32	per D50<10
	A=0,23*(D50)0.28	per 10<=D50<40
	A=0,46*(D50)0.11	per D50>=40

Il modello di DEAN trattato con un procedimento sulla matrice di Excell, fornisce i seguenti risultati:



Granulometria D50 [mm]	2
avanzamento battigia [ml]	35
h medio zona emersa [ml]	1.5
coefficiente di perdita	1.1

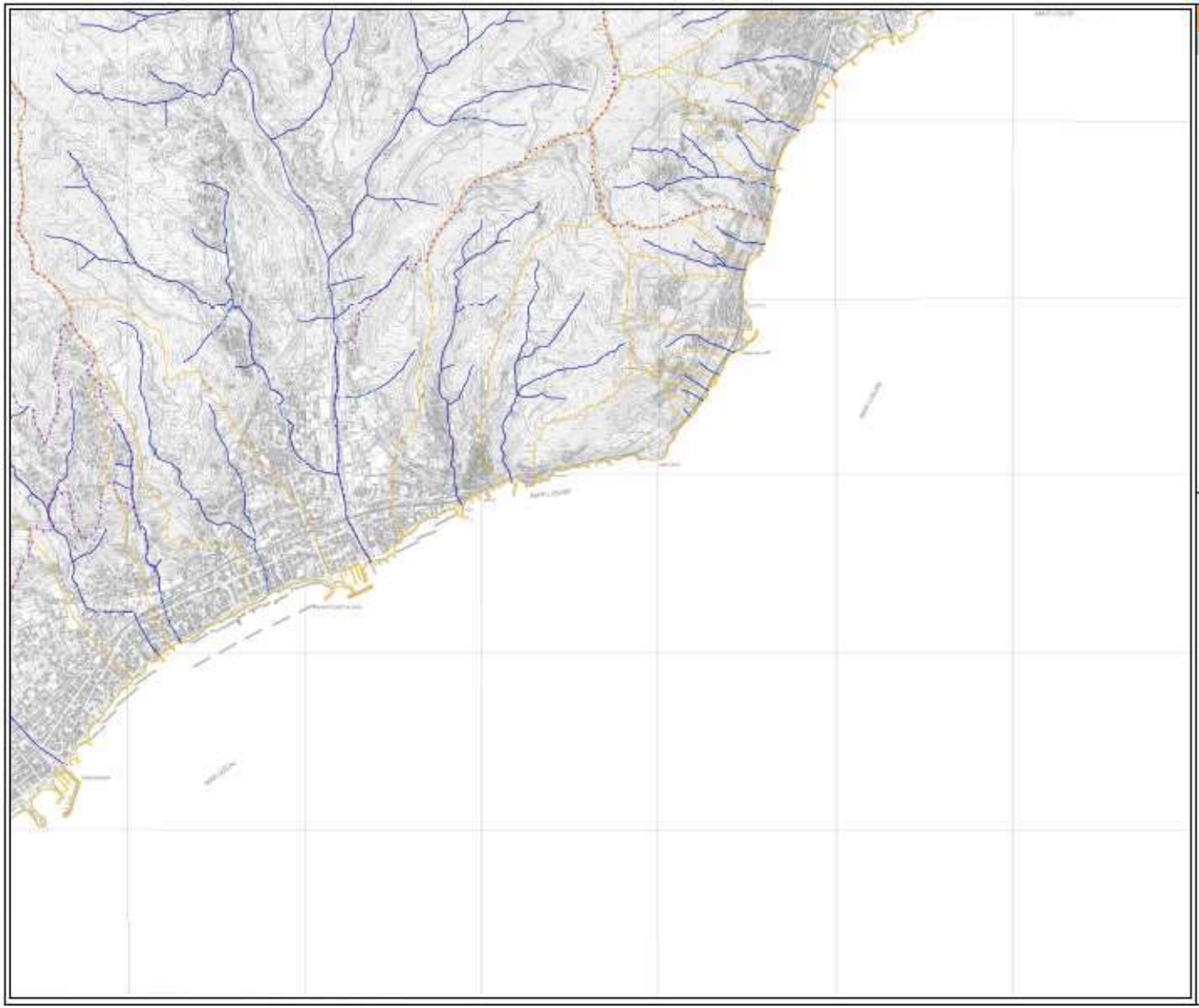
Volume necessario (mc/ml)	***100***

ove si è prevista una quantità media di spiaggia sul l.m.m. di circa 1.50 m con verifica della stabilità del ripascimento in avanzamento rispetto all'attuale battigia di circa 35 ml. Nella verifica si è adottato un coefficiente di perdita pari a 10%.

Prescrizione d) Sul litorale in progetto sono presenti due scoli idrici:

- Rio Rodine
- Rio Pineta

Non esistono altri corsi d’acqua correnti come da cartografia presente sul sito di Regione Liguria.

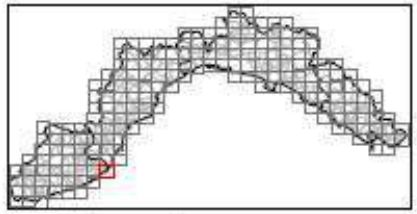


REGIONE LIGURIA

DIPARTIMENTO TERRITORIO, AMBIENTE, INFRASTRUTTURE E TRASPORTI

Settore Assetto del Territorio

Reticolo Idrografico Regionale



DGR n. 367 del 31/03/2014 Allegato 1	Scala 1:10000	Squadro n. 259060 Diano Marina

Rappresentazione centrata in Diano Regio

0 250 500 750 1000

Metri

Legenda

Reticolo Idrografico

- a cielo aperto
- tombinato
- arginatura/opera idraulica

- Rete di drenaggio urbano
- Confini comunali
- Bacini idrografici

Poiché il sistema difensivo è di tipo aperto (a differenza di quello di San Bartolomeo che realizza uno specchio acqueo praticamente chiuso tra dighe emerse e sommerse) riteniamo opportuno che gli scarichi dei rii restino liberi, al pari degli scarichi di acque meteoriche stradali. Le tubazioni di allontanamento degli scarichi (generalmente delle portate di magra) spesso si intasano risultando inutili e dannose sotto il profilo della occupazione di spazi destinati alla balneazione.
Evidentemente le foci devono essere prive di elementi inquinanti, e soggette ad un appropriato intervento di manutenzione (soprattutto nella stagione balneare).
Il sistema può essere agevolato, caso per caso, in corso di gestione mediante la realizzazione di tracce di argini realizzate in pali di legno, infissi nella sabbia, ed innalzati sino a 40/50 cm oltre la quota di spiaggia e per una estensione verso mare che lasci comunque libero il passaggio di 5 ml in battigia. Le portate di magra resteranno incanalate; quelle di piena esonderanno dagli argini.
Nei grafici viene riportato lo scarico esistente in corrispondenza di vico della Fabbrica ; per tale scarico è previsto il mantenimento tal quale.

Prescrizione e)

Per la realizzazione delle opere sarà utilizzato prioritariamente il materiale salpato dalle opere (dighe longitudinali emerse) esistenti. La stima di quanto derivato dal salpamento ed utilizzabile per la nuova costruzione è riportata nel computo metrico estimativo, e qui riassunta:

SECCA	MATERIALE LAPIDEIO RECUPERATO
A	1 850 mc
B	2 850 mc
C	1 450 mc
D	1 550 mc

Ovviamente il recupero del materiale lapideo sarà effettuato in progressione con la realizzazione delle nuove opere: ovvero, partendo da levante nella esecuzione, la diga esistente di levante sarà salpata progressivamente alla realizzazione della secca A; ed il sistema difensivo sarà integrato in pari tempo con i versamenti di materiale sciolto di competenza della secca A.

Prescrizione f)

Le caratteristiche litologiche e cromatiche dei materiali impiegati per la realizzazione saranno compatibili con le preesistenze. In particolare per i massi sarà utilizzato prevalentemente il calcare (presente nelle cave dell'imperiese) con esclusione di marmo di carrara. In caso di necessità di

approvvigionamento, si impiegheranno per le parti sommerse i graniti della Valdossola o della Sardegna, cavati o lavorati in forma appropriata.
Per il ripascimento si utilizzeranno materiali approvati da ARPAL, a bassissimo tenore di pelite < 3%, provenienti da cave di monte o di fiume. La colorazione sarà adeguatamente raffrontata con quella delle sabbie/ghiaia presenti nel golfo.

Prescrizione g)

Il progetto è finalizzato, allo stato attuale, con un fondo ex OCDPC 558/2018 per l'anno 2020 pari a € 2.500.000,00. Il quadro economico dell'intero progetto (progetto generale) assomma ad € 5.000.000,00 per cui nel 2020 può essere realizzato ½ dall'intero intervento, ovvero due secche (A e B) ed i relativi ripascimenti (22 000 mc cadauna). Il completamento potrebbe essere attuato con il fondo per l'anno 2021 (non ancora assegnato) e riguarda le secche C e D e relativo ripascimento (22 000 mc cadauna). Peraltro, ove si dovesse proseguire a lotti più modesti, si procederà da levante verso ponente.

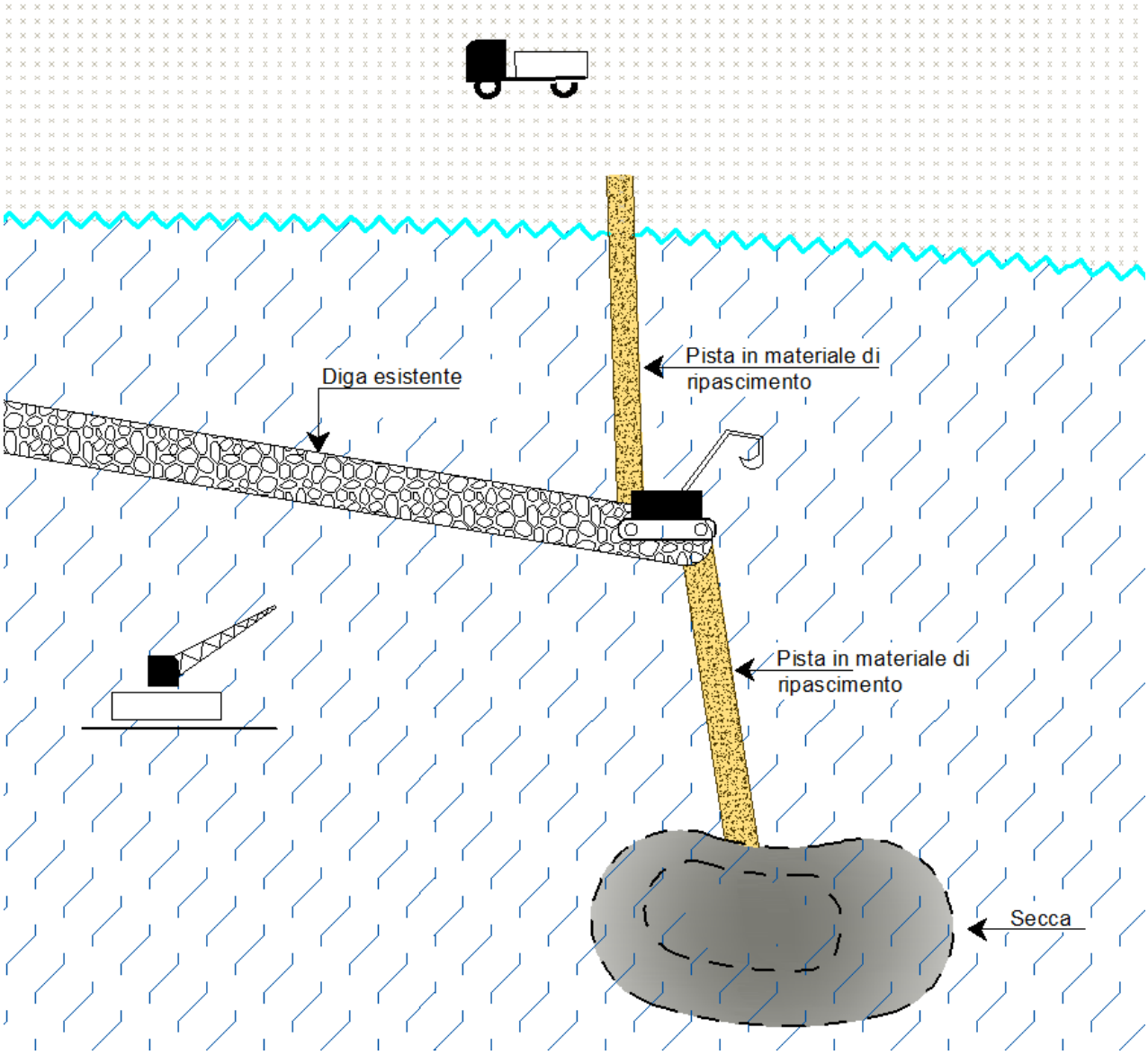
Prescrizione h)

Come già evidenziato le esperienze già sviluppate sul litorale ligure hanno evidenziato l'inopportunità dei pennelli di collegamento per cui il progetto già non li prevede.

Prescrizione i)

Le secche saranno realizzate in progressione: non verrà iniziata la costruzione della seconda sinché la prima non sarà ultimata insieme al ripascimento di competenza, e così di seguito.
La realizzazione delle secche è prevista con impiego di mezzi terrestri, senza peraltro precludere l'uso dei mezzi marittimi, e ciò anche in rapporto alla stagione annuale dei relativi cantieri. L'impiego del mezzo terrestre sarà comunque necessario per i ripascimenti, e lo stesso materiale di ripascimento potrà (dovrà) essere utilizzato per la realizzazione delle piste di cantiere. L'accesso alle aree di lavoro con mezzi terrestri (autocarri, escavatori) può avvenire agevolmente lungo poche vie trasversali che collegano la statale Aurelia alla spiaggia (Via degli Oleandri, Via delle Magnolie). Pertanto i mezzi terrestri potranno raggiungere sia le opere da salpare sia l'area di impianto delle nuove secche attraverso le piste longitudinali (corrispondenti all'attuale spiaggia ove esiste) e trasversali in sabbia. L'uso del mezzo marittimo sarà invece fortemente condizionato dalla profondità locale, e gli stessi natanti dovranno essere scelti tra modeste chiatte con ausilio di rimorchiatore (portata 500 ton) e navi da lavoro (portata 3 500 ton ed altre).

Il procedimento seguirà il seguente schema:



Il primo lotto inizierà con accesso da Via degli Oleandri: gli autocarri scaricheranno materiale di ripascimento contenuto tra due file di massi per realizzare la pista di accesso alla diga da smantellare. Attraverso la diga, con ulteriore pista, raggiungeranno la zona di impianto della secca dove sarà versato il materiale di fondazione (tout venant e scagliame di cava di apporto esterno). Poi inizierà il salpamento della diga esistente, con inizio dall'estremo più lontano dalla secca e via via approssimandosi alla posizione di quest'ultima progressivamente formata con il materiale salpato. Concluso il salpamento sarà apportato da cava materiale di appropriata pezzature sino al completamento della forma della secca (operazioni eventualmente effettuate via mare con mezzo marittimo). Terminato la secca, il materiale lapideo di categoria a bordo pista viene recuperato e ricondotto in cava (o al cantiere dell'ulteriore secca) e il versamento del materiale sciolto di spiaggia viene completato.

Prescrizione j)

Il materiale di apporto non produrrà materiali fini, poiché i massi saranno preventivamente lavati in cava e il materiale sciolto avrà contenuti in pelite inferiori al 3%. Per quanto riguarda i salpamenti, durante recenti lavori di ripristino delle dighe si è osservato che non esiste materiale fine nel nucleo.

Prescrizioni k ed l)

Come di prassi, il materiale di ripascimento dovrà essere caratterizzato mediante analisi sottoposte a parere ARPAL. Per analogia con i protocolli relativi ai ripascimenti stagionali, le analisi saranno effettuate sul materiale proposto dall'impresa aggiudicatario (art. 6 del Regolamento Regionale n. 6/2002) e riguarderanno i parametri della tab. 4a oppure 4b dei Criteri approvati con D.G.R. 1209/2016. La granulometria dovrà essere centrata su 2.00 mm $\leq D_{50} \geq$ 2.50 mm e dovrà essere ben classata (sabbia molto grossolana secondo la classificazione Wentworth) con deviazione standard inferiore a 0.50 . Prima dell'invio ad ARPAL la direzione lavori eseguirà una verifica di gradimento relativa ai parametri di Folk & Ward (media, mediana, classazione, asimmetria, curtosi).

Prescrizione m)

Il tout venant di apporto da cava dovrà essere privo di materiale pelitico (max 3 % come per il ripascimento).

Prescrizione n)

Le piste di cantiere saranno realizzate con materiale di ripascimento contenuto entro filari di massi destinati alla realizzazione delle opere o da recuperare al termine dei lavori. Per il contenimento su limitate profondità potranno essere impiegati e successivamente recuperati anche prefabbricati cementizi (cubi, parallelipedi, new jersey) purché integri.

8. ASPETTI ARCHEOLOGICI

Per le valutazioni di carattere archeologico si rimanda alla relazione della dottoressa Frida Ocelli, redatta in occasione del progetto 2005 e qui allegata; la relazione analizza nel dettaglio la zona del 1° lotto dei lavori 2020.

9. ASPETTI GEOLOGICI

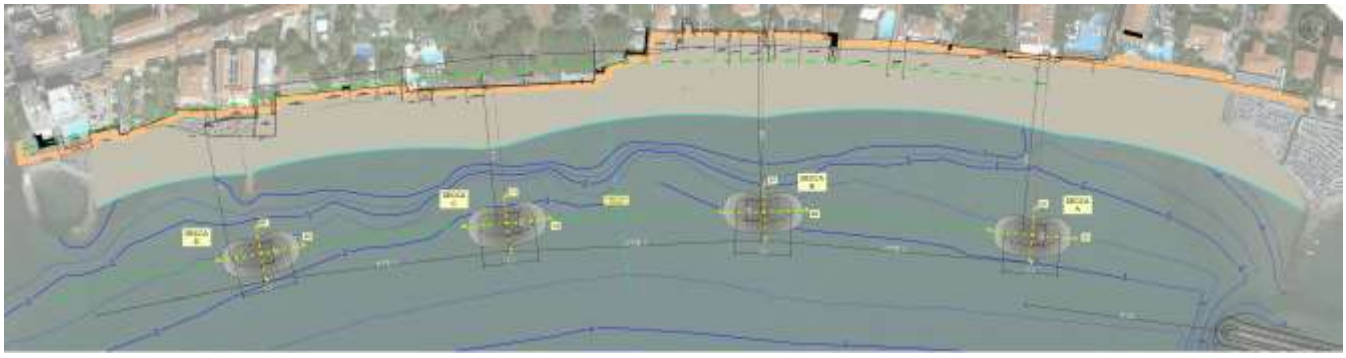
Per le valutazioni di geologia generale si riporta in allegato la relazione del dott. Maifredi redatta in occasione del progetto del 2003.

10. PROGETTO GENERALE

Il progetto generale prevede 4 secche A, B, C, D e 88 000 mc di ripascimenti.

Il quadro economico relativo è il seguente:

A) LAVORI			
	Lavori soggetti a ribasso	€	3 669 682.30
	Sicurezza	€	30 317.70
	TOTALE LAVORI A)	**€**	**3 700 000.00**
B) SOMME A DISPOSIZIONE DELL'AMMINISTRAZIONE			
B1	Lavori in economia, previsti in progetto ed esclusi dall'appalto , ivi inclusi i rimborsi previa fattura	€	-
B2	Rilievi, accertamenti ed indagini	€	35 000.00
B3	Allacciamento ai pubblici servizi	€	-
B4	Imprevisti	€	18 080.00
B5	Acquisizione aree o immobili, servitù, occupazioni	€	-
B6	Accantonamenti	€	-
B7	Spese tecniche relative alla progettazione, alle necessarie attività preliminari, al coordinamento della sicurezza in fase di progettazione, alle conferenze di servizi, alla direzione lavori e al coordinamento della sicurezza in fase di esecuzione, all'assistenza giornaliera e contabilità	€	275 000.00
B8	Spese per attività tecnico-amministrative connesse alla progettazione, di supporto al responsabile del procedimento, e di verifica e validazione	€	-
B9	Eventuali spese per commissioni giudicatrici	€	-
B10	Spese per pubblicità e, ove previsto, per opere artistiche	€	-
B11	Spese per accertamenti di laboratorio e verifiche tecniche previste dal capitolato speciale d'appalto, collaudo tecnico amministrativo, collaudo statico ed altri eventuali collaudi specialistici	€	10 000.00
B12	IVA sui lavori (22% di A))	€	814 000.00
B13	CNPAIA (4% di B7)	€	11 000.00
B14	IVA sui spese tecniche e CNPAIA (22% di B7+B13)	€	62 920.00
B15	Importo relativo all'incentivo di cui all'articolo 113 del 50/2016 nella misura corrispondente alle prestazioni che dovranno essere svolte dal personale dipendente	€	74 000.00
	TOTALE SOMME A DISPOSIZIONE DELL'AMMINISTRAZIONE B)	**€**	**1 300 000.00**
A) LAVORI		€	3 700 000.00
B) SOMME A DISPOSIZIONE DELL'AMMINISTRAZIONE		€	1 300 000.00
	TOTALE INTERVENTO	**€**	**5 000 000.00**



11. PROGETTO 1° LOTTO

Il primo lotto dei lavori finanziati per il 2020 in esito all'Ordinanza OCDPC 558/2018 prevede le secche di levante A e B ed il relativo ripascimento pari a 22 000 mc cadauna.

Il quadro economico relativo è il seguente:

A) LAVORI			
	Lavori soggetti a ribasso	€	1 781 035.74
	Sicurezza	€	18 964.26
	TOTALE LAVORI A)	**€**	**1 800 000.00**
B) SOMME A DISPOSIZIONE DELL'AMMINISTRAZIONE			
B1	Lavori in economia, previsti in progetto ed esclusi dall'appalto , ivi inclusi i rimborsi previa fattura	€	-
B2	Rilievi, accertamenti ed indagini	€	25 000.00
B3	Allacciamento ai pubblici servizi	€	-
B4	Imprevisti	€	9 616.00
B5	Acquisizione aree o immobili, servitù, occupazioni	€	-
B6	Accantonamenti	€	-
B7	Spese tecniche relative alla progettazione, alle necessarie attività preliminari, al coordinamento della sicurezza in fase di progettazione, alle conferenze di servizi, alla direzione lavori e al coordinamento della sicurezza in fase di esecuzione, all'assistenza giornaliera e contabilità	€	180 000.00
B8	Spese per attività tecnico-amministrative connesse alla progettazione, di supporto al responsabile del procedimento, e di verifica e validazione	€	-
B9	Eventuali spese per commissioni giudicatrici	€	-
B10	Spese per pubblicità e, ove previsto, per opere artistiche	€	-
B11	Spese per accertamenti di laboratorio e verifiche tecniche previste dal capitolato speciale d'appalto, collaudo tecnico amministrativo, collaudo statico ed altri eventuali collaudi specialistici	€	5 000.00
B12	IVA sui lavori (22% di A))	€	396 000.00
B13	CNPAIA (4% di B7)	€	7 200.00
B14	IVA sui spese tecniche e CNPAIA (22% di B7+B13)	€	41 184.00
B15	Importo relativo all'incentivo di cui all'articolo 113 del 50/2016 nella misura corrispondente alle prestazioni che dovranno essere svolte dal personale dipendente	€	36 000.00
	TOTALE SOMME A DISPOSIZIONE DELL'AMMINISTRAZIONE B)	**€**	**700 000.00**
A) LAVORI		€	1 800 000.00
B) SOMME A DISPOSIZIONE DELL'AMMINISTRAZIONE		€	700 000.00
	TOTALE INTERVENTO	**€**	**2 500 000.00**



Allegati

- Decreto n° 3358 del 02/11/2006 (screening su progetto preliminare)
- Decreto n° 16 del 14/01/2009 (conferenza art. 6 L.R. 13/99 su progetto I lotto)
- Volumi DEAN:
    - analisi delle condizioni meteomarine tipiche ed estreme
    - analisi del trasporto solido e verifica della stabilità della spiaggia nella situazione attuale
    - verifica del progetto preliminare di difesa - ripascimento
- Relazione archeologica (dott.ssa Frida Occelli)
- Relazione bionaturalistica (dott. Fulvio Garibaldi)
- Relazione geologica (prof. Pietro Maifredi)

SCHEMA N. 149506

DEL PROT GEN ANNO 2006

REGIONE LIGURIA - Giunta Regionale
Dipartimento Ambiente
Valutazione Impatto Ambientale - Settore

OGGETTO : Progetto preliminare per la realizzazione di opere di difesa del litorale a Diano Marina. No VIA con prescrizioni.

DECRETO | N. 3358 del REGISTRO ATTI AFFARI GIUNTA | DATA 2/11/06 di SOTTOSCRIZIONE

IL DIRIGENTE

VISTO:
- il D.P.R. 12 aprile 1996 avente ad oggetto "Atto di indirizzo e coordinamento per l'attuazione dell'art. 40, comma 1, della legge 22 febbraio 1994, n. 146, concernente disposizioni in materia di valutazione di impatto ambientale";

- la legge regionale n. 38 del 30 dicembre 1998 "Disciplina della valutazione di impatto ambientale", nell'ambito della quale viene altresì disciplinato l'iter da seguire nei casi di verifica-screening di cui all'art. 10, ed in particolare:
  - l'articolo 2, comma 4, secondo il quale la struttura competente in materia di VIA verifica, per i progetti relativi alle opere indicate nell'allegato 3 della medesima legge, se le caratteristiche degli stessi richiedano l'espletamento della procedura di VIA;
  - l'articolo 10, commi 2 e 3, secondo il quale la Giunta Regionale si pronuncia entro 60 giorni dal ricevimento della richiesta di screening, sulla base della verifica effettuata dalla struttura regionale competente con riferimento agli elementi di cui all'allegato 5 ed ai criteri di cui all'articolo 16 della stessa legge, individuando eventuali prescrizioni per la mitigazione degli impatti ed il monitoraggio delle opere e/o degli impianti;

- il Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 3 settembre 1999 ad oggetto "Atto di indirizzo e coordinamento che modifica ed integra il precedente atto di indirizzo e coordinamento per l'attuazione dell'art. 40, comma 1, della legge 22 febbraio 1994 n.146, concernente disposizioni in materia di valutazione dell'impatto ambientale";

- la deliberazione 26 novembre 1999, n.1415 della Giunta regionale, con la quale sono state approvate le norme tecniche per la procedura di valutazione di impatto ambientale, e la deliberazione 12 luglio 2002, n. 752 della Giunta Regionale, con la quale è stata modificata la precedente;

PREMESSO che:
- in data 16 maggio 2006 è stata attivata da parte del Comune di Diano Marina (IM) la procedura di verifica/screening per il progetto preliminare relativo alla realizzazione di opere di difesa del litorale di Diano Marina;
- le opere previste nel progetto di che trattasi rientrano nell'allegato 3 punto 10j) della citata legge regionale n.38/1998 e, non ricadendo in aree naturali protette, sono sottoposte alla procedura di verifica di cui al ridetto art. 10,
- in data 18.10.2006 sono pervenute le integrazioni richieste il 28.06.2006, comprensive di un progetto di intervento urgente presentato dal Comune di Diano Marina e proposto dai gestori degli stabilimenti balneari Majestic, Balneari Diana, Villa Rosa Marina, Hotel Gabriella, limitrofi al confine con il comune di San Bartolomeo al Mare, i cui arenili si presentano in forte e progressiva erosione;

Data - IL DIRIGENTE
2.11.06
(Dott.ssa Paola Solari)

ATTO

AUTENTICAZIONE COPIE
AFFARI GIUNTA
P..... C..... C.....
L'ISTRUTTORE
(Patrizia Dellasta)

CODICE PRATICA
307_06

COD. ATTO : DECRETO DEL DIRIGENTE

SCHEMA N. 149506

DEL PROT GEN ANNO . . . 2006

REGIONE LIGURIA - Giunta Regionale
Dipartimento Ambiente
Valutazione Impatto Ambientale - Settore

CONSIDERATO che:

- l'istruttoria condotta dal responsabile del procedimento del Settore VIA, con la collaborazione delle altre strutture regionali interessate, al fine di valutare gli impatti del progetto risultanti dall'analisi della documentazione fornita, si è concretizzata nella relazione tecnica di cui al documento allegato, che costituisce parte integrante e sostanziale del presente atto;
- il progetto di intervento sul litorale al confine con il comune limitrofo riveste effettivamente carattere di urgenza a causa dell'erosione indotta dalle opere di difesa lineari antistanti San Bartolomeo al Mare ed è un opera temporanea e facilmente salpabile nel momento in cui verrà intrapresa la realizzazione dell'intervento complessivo definitivo;
- dagli esiti dell'istruttoria, riportati nella suddetta relazione tecnica n° 307 del 2 novembre 2006, risulta che non è necessario assoggettare alla procedura di valutazione di impatto ambientale (V.I.A.) i progetti in parola, viste le caratteristiche degli interventi e la documentazione prodotta, a condizione che vengano osservate le prescrizioni ivi indicate;

DECRETA

per quanto illustrato in premessa

1. che il progetto preliminare per la realizzazione di opere di difesa del litorale di Diano Marina e il progetto relativo all'intervento urgente nel tratto di litorale limitrofo al comune di San Bartolomeo al Mare, presentati dal Comune di Diano Marina (IM), non debbano essere assoggettati a procedura di Valutazione di Impatto Ambientale, ai sensi dell'art.10 della l.r. 38/1998, a condizione che vengano rispettate le seguenti prescrizioni:
   a) dovrà essere elaborato un piano di monitoraggio delle opere a progetto e delle spiagge interessate, comprendente anche lo stato delle praterie di *Posidonia oceanica*, redatto ai sensi della D.G.R. 1793/2005, da sottoporre ai competenti uffici regionali, al fine di valutare l'efficacia delle opere a progetto;
   b) dovranno essere fornite le verifiche di stabilità delle opere in progetto;
   c) dovrà essere motivato il quantitativo proposto di materiale da utilizzare per il ripascimento;
   d) dovranno essere condotti alla rete fognaria gli scoli idrici intercettati dal progetto. Se tale soluzione non sarà realizzabile dovrà esserne data motivazione e dovrà essere descritta in modo esaustivo la soluzione definitiva;
   e) dovranno essere riutilizzati per la realizzazione del progetto, per quanto possibile, i massi recuperati dalle opere di difesa salpate;
   f) dovranno essere utilizzati materiali aventi caratteristiche litologiche e cromatiche coerenti con l'intorno per la realizzazione delle opere fisse e per il ripascimento strutturale;
   g) dovranno essere indicate le priorità di intervento e la suddivisione in lotti funzionali;
   h) dovrà essere attentamente verificata, in sede di progettazione definitiva, la possibilità di eliminare dall'assetto finale i pennelli intestati sulle isole, limitandone l'utilizzo per il singolo lotto funzionale e prevedendone la rimozione una volta attivato il lotto successivo;
   i) dovranno essere segnalate le singole attività all'interno di ogni lotto e specificate le diverse fasi di cantiere in relazione alla realizzazione delle piste e dei versamenti dei materiali;
   j) dovranno essere adottati tutti gli accorgimenti del caso al fine di evitare la dispersione di materiali fini durante la preparazione del cantiere, nello svolgimento delle operazioni di salpamento e demolizione di quanto esistente, durante la realizzazione delle isole e dei pennelli provvisori e durante il ripascimento;
   k) dovrà essere effettuata la caratterizzazione dei sedimenti da utilizzare per il ripascimento, conformemente al protocollo di campionamento ed analisi di ARPAL;

Data - IL DIRIGENTE
2.11.06 (Dott.ssa Paola Solari)

AUTENTICAZIONE COPIE

AFFARI GIUNTA

P..... C ..... C .....

L'ISTRUTTORE
(Patrizia Dellasta)

CODICE PRATICA :
307_06

ATTO

PAGINA : 2

COD. ATTO : DECRETO DEL DIRIGENTE

l) sulla base di tale caratterizzazione, dovrà essere acquisito il parere di ARPAL, da considerarsi vincolante per l'esecuzione delle opere di ripascimento (per gli standard relativi alla granulometria l'unico parametro da sottoporre a verifica è il limite del 5% di pelite);
m) dovranno essere individuati idonei criteri di valutazione ed accettazione in cantiere del tout-venant, finalizzati a limitare lo sversamento in mare di materiale pelitico;
n) la costruzione delle piste di cantiere dovrà utilizzare prioritariamente materiale di grande pezzatura e limitare il materiale più fine alla parte emersa;
o) dovrà essere studiata più approfonditamente la soluzione proposta nell'intervento urgente, valutando anche soluzioni alternative;
p) nell'ambito dell'intervento urgente dovranno essere previste opere provvisorie che dovranno essere rimosse in fase di attuazione degli interventi previsti nel progetto complessivo;
q) qualora nell'ambito dell'intervento urgente fosse perseguita la scelta di utilizzare come ripascimento il materiale a mare nella spiaggia sommersa, dovranno essere specificati i volumi interessati ed indicate le modalità e le aree interessate dal sorbonamento;

2 che:
a) deve essere data comunicazione al Dipartimento Provinciale ARPAL di Imperia della data di avvio della realizzazione delle opere previste, ai fini dell'espletamento delle funzioni di controllo e di verifica di cui all'art.14 della l.r. 38/98;
b) l'accettazione delle prescrizioni di cui sopra da parte del soggetto proponente dovrà essere inoltrata al Settore V.I.A. entro 30 giorni dalla pubblicazione del presente atto sul B.U.R.L;
c) la documentazione di cui al precedente punto 1 lettere a), b), c), d), g), h), i), p), q) dovrà essere inviata al Settore V.I.A. almeno 30 giorni prima della conferenza dei servizi deliberante al fine di poter procedere alla verifica dell'ottemperanza delle stesse;
d) il presente provvedimento acquisterà efficacia soltanto ad avvenuta positiva verifica da parte del Settore V.I.A. dell'ottemperanza alle suddette prescrizioni, ovvero dalla scadenza del suddetto termine di 30 giorni;

3. di disporre che il presente provvedimento sia pubblicato, per estratto, sul B.U.R.L..

Avverso il presente provvedimento può essere inoltrato ricorso al Tribunale Amministrativo Regionale della Liguria entro 60 giorni o alternativamente ricorso straordinario al Presidente della Repubblica entro 120 giorni dalla notifica, comunicazione o pubblicazione.

FINE TESTO

....., ...

Data - IL DIRIGENTE
2.11.06 Rdo Solari
(Dott.ssa Paola Solari)

Data - IL DIRIGENTE
2.11.06 Rdo Solari
(Dott.ssa Paola Solari)

ATTO	AUTENTICAZIONE COPIE AFFARI GIUNTA F..... C ..... C ..... L'ISTRUTTORE (Patrizia Dallosta)	CODICE PRATICA 307_06

PAGINA : 3

COD. ATTO : DECRETO DEL DIRIGENTE

SCHEMA N. 149506
DEL PROT GEN ANNO 2006
N 3358
IN DATA 2/11/06

REGIONE LIGURIA - Giunta Regionale
Dipartimento Ambiente
Valutazione Impatto Ambientale - Settore

OGGETTO : Progetto preliminare per la realizzazione di opere di difesa del litorale a Diano Marina. No VIA con prescrizioni.

DOCUMENTI ALLEGATI COSTITUITI DAL NUMERO DI PAGINE A FIANCO DI CIASCUNO INDICATE

PER UN TOTALE COMPLESSIVO DI PAGINE N. 4

---------- FINE TESTO ----------

Data - IL DIRIGENTE
2.11.06 (Dott.ssa Paola Solari)

ALLEGATO

AUTENTICAZIONE COPIE
AFFARI GIUNTA
P..... C ..... C .....
L'ISTRUTTORE
(Patrizia Ballesta)

CODICE PRATICA
307_06

PAGINA : 1

COD. ATTO : DECRETO DEL DIRIGENTE

MAN. 149506 PROT GEN ANNO 2006	REGIONE LIGURIA - Giunta Regionale Dipartimento Ambiente Valutazione Impatto Ambientale - Settore

RELAZIONE ISTRUTTORIA n° 307 del 2 novembre 2006
Procedura di SCREENING
(art. 10 della l.r. n. 38/98)

OGGETTO: progetto preliminare per la realizzazione di opere a mare volte alla difesa del litorale di Diano Marina (IM)
PROPONENTE: Comune di Diano Marina (Imperia)
TIPOLOGIA PROGETTUALE: punto 10j) dell'allegato 3 alla l.r. n.38/98, sito non compreso in aree carsiche o protette.
PROCEDIMENTO.
data di avvio: 16 maggio 2006
collaborazioni attivate. Settore Ecosistema Costiero, Servizio Tutela del Paesaggio (n. 344 del 25.10.2006)

Integrazioni richieste in data 28.06.06. Pervenute in data 18.10.2006 e comprensive di un progetto di intervento urgente presentato dal Comune di Diano Marina e proposto dai gestori degli stabilimenti balneari Majestic, Balnearia Diana, Villa Rosa Marina, Hotel Gabriella, limitrofi al confine con il comune di San Bartolomeo al Mare, che prevede la posa di setti in geotessuto e un ripascimento mediante versamento di circa 6.000 mc di sabbia.

Quadro di riferimento programmatico
In base al PTCP l'area è assoggettata ai seguenti regimi:
assetto insediativo: SU. Proposta variante al PTCP relativamente al progetto del porto di Diano Marina da AI-MA a AI-CO
assetto geomorfologico: CO;

Quadro di riferimento progettuale e ambientale
Ubicazione: l'intervento interessa un tratto di costa lungo circa 800 m che si estende fra il torrente S. Pietro e il confine con il Comune di San Bartolomeo al Mare, dove sono assenti strade o passeggiate che separino l'arenile dall'abitato. Gli accessi al mare sono quindi per la maggior parte privati e questo ha favorito nel tempo la proliferazione di iniziative di singoli volte alla protezione di ridotte porzioni di arenile, stravolgendo l'assetto del paraggio e rendendo il paesaggio quanto mai caotico e disordinato. Tali interventi si sono sommati a numerose azioni di sfruttamento e modifica della costa, succedutesi fin dai primi anni del secolo scorso sull'intera unità fisiografica, favorendo l'erosione della costa. Tale situazione è stata ulteriormente accentuata sia da una serie di dighe parallele alla costa, molto vicine alla linea di battigia, realizzate negli ultimi quarant'anni con interventi statali, sia dal sempre più scarso apporto naturale di sedimenti da parte del Rio San Pietro e dalla realizzazione del porto turistico limitrofo.
L'unità fisiografica di riferimento coincide con il tratto di costa lungo circa 6 km compreso fra Capo Berta a ponente e Capo Cervo a levante e comprende i litorali di Diano Marina e porto turistico, San Bartolomeo al Mare e porto turistico e Cervo.
Tempi di realizzazione: circa 4 anni a partire dall'approvazione del progetto definitivo. La realizzazione avverrà per lotti.
Tipologia dell'intervento, dimensionamento dell'opera e stabilità: l'intervento proposto consiste nel salpamento delle opere fisse di difesa esistenti, nella realizzazione di 4 (o eventualmente 5) secche, di assi 50 e 20 m, ciascuna collegata a terra con 1 pennello, intestato al centro della stessa, di misura variabile fra 80 e 135 metri. Piano di berma delle secche 0.00 m s.l.m., piano di berma di pennelli a quota 1,2 m s.l.m., profondità di impostazione delle secche –3.5 m, distanza in asse fra le stesse 180 m. Inoltre è previsto il ripascimento dei 5 (o 6) ambiti residuali delimitati dalle secche mediante il versamento di materiale di granulometria D50 ≥ 2 mm per complessivi 180.000 mc ottenendo così la realizzazione di una spiaggia dell'ampiezza media di circa 80 metri suddivisa in celle di larghezza compresa fra 120 e 200 metri circa.
Si ritiene che possano essere eliminati dall'assetto finale i pennelli intestati sulle secche il cui utilizzo potrebbe quindi essere limitato alla realizzazione di ogni singolo lotto funzionale prevedendone la rimozione una volta attivato il lotto successivo.
La grande distanza dalla linea di costa determinerà la realizzazione di un spiaggia profonda anche 80 metri, pertanto è auspicabile che in fase di revisione e adeguamento delle concessioni demaniali una percentuale dell'arenile venga riservata alla fruizione pubblica.
Nel progetto definitivo dovranno essere colmate le lacune relative alle verifiche di stabilità delle secche e dei pennelli previsti e dovranno essere risolte le incongruenze relative alle secche per le quali, nella documentazione fornita per la procedura di screening, è indicato in maniera generica l'utilizzo di massi di I, II e III categoria mentre per i pennelli mancano riferimenti specifici. Inoltre nelle tavole relative alle sezioni delle secche è indicato solo l'utilizzo di massi di II categoria. Infine non è stato specificato come sia stato individuato il quantitativo di 180.000 mc previsto per il ripascimento.
Studio meteomarino e del moto ondoso: la dinamica dei sedimenti su questo tratto di litorale è dominata prevalentemente dalle azioni di libeccio che inducono i trasporti di riva in direzione Ovest-Est, malgrado lo scirocco determini talvolta accumuli fittizi anche cospicui, mentre nei fondali i transiti prevalenti sono verso il largo in direzione Sud-Est. Gli apporti naturali potenziali sono

Data - IL DIRIGENTE
2.11.06 (Dott.ssa Paola Solari)

AFFARI GIUNTA
P..... ..... C ..... C .....
L'ISTRUTTORE

stati stimati nell'ordine di 2.000/3.000 mc l'anno, quindi un quantitativo minimo, ma la presenza di numerose barriere emerse nell'intorno annulla tale contributo. Inoltre le numerosissimo strutture realizzate cui si sommano le barriere sotto costa rendono pressochè impossibile simulare le interazioni del moto ondoso incidente sul litorale. L'osservazione diretta rivela comunque che i fondali più prossimi alla costa hanno pendenze molto accentuate, il che dimostra che la riflessione delle onde indotta dalle barriere ha avuto un ruolo fondamentale nell'allontanamento dei sedimenti da quelle che un tempo erano acque basse. Inoltre lo studio batimetrico rileva un andamento regolare dell'isobata –4 m mentre l'isobata 3 m ha andamento tortuoso, modificatosi notevolmente nel tempo. La tendenza evolutiva di questo tratto di costa va verso l'allontanamento costante dei materiali sabbiosi cui segue un incremento della profondità che determina la presenza di onde di altezza considerevole nei pressi delle barriere o della battigia. Gli interventi dovrebbero quindi essere volti al ripristino di un andamento regolare delle isobate che non può essere garantito dalla sola realizzazione delle opere di difesa ma deve essere completato da un ripascimento eseguito con materiale di cui dovranno essere correttamente determinati granulometria e volumi.

Alternative progettuali: è stata presa in considerazione la soluzione consistente nella realizzazione di un riempimento strutturale protetto con un piede longitudinale sommerso continuo ma è stata scartata soprattutto in quanto non attuabile per lotti, condizione necessaria dato l'alto costo dell'intervento.

Interferenze: saranno intercettati 5 scoli idrici che si riversano sul tratto di litorale in esame mediante tubazioni in acciaio DN 400 prolungate fino alla batimetria –5.00 m. *Non è specificata la lunghezza delle condotte. Sarebbe preferibile che tali scoli venissero intercettati e convogliati alla rete fognaria. Sono stati georeferenziati su una planimetria fornita con le integrazioni.*

Geologia: l'unità fisiografica di riferimento è delimitata dal tratto di costa lungo circa 6 km compreso fra Capo Berta a ponente e Capo Cervo a levante e comprende i litorali di Diano Marina, San Bartolomeo al Mare e Cervo. La gran parte dell'arco di costa qui ricompreso è costituita da spiagge la cui origine litologica è molto eterogenea, rappresentata soprattutto da calcari marnosi e arenarie.

Aspetti bionaturalistici: i fondali interessati dal progetto sono stati caratterizzati, nel 2005, sotto il profilo biologico-naturalistico mediante una campagna di rilievi con telecamera trainata lungo 7 transetti ortogonali alla costa, fino alla profondità di circa 30 metri, integrati attraverso osservazioni e misure in immersione da parte di operatori specializzati. Lo studio permette un'idonea caratterizzazione ed evidenzia che di fronte al tratto di litorale interessato le praterie di *Posidonia oceanica* e di *Cymodocea nodosa* sono attestate a partire dalla profondità di –7 / -10 m.

In virtù della distanza dell'area interessata dalle opere a progetto e con l'adozione degli accorgimenti atti ad evitare la dispersione di materiali fini durante la realizzazione sarà possibile minimizzare gli impatti sulle biocenosi citate.

Paesaggio: l'unità paesaggistica di riferimento corrisponde al tratto di litorale compreso fra il porto turistico di Diano Marina e quello di San Bartolomeo al Mare. *La morfologia delle opere a progetto è differente rispetto a quanto si trova di fronte al litorale del comune confinante ma tali opere sono state realizzate, sebbene recentemente, sulla base di progetti molto datati. Negli ultimi anni, in seguito agli evidenti fenomeni di erosione causati dalle opere di difesa lineari parallele alla costa, sono state adottate soluzioni progettuali analoghe alla tipologia proposta nel presente progetto. Allo stato delle conoscenze attuali esse si stanno rivelando efficaci nella stabilizzazione della spiaggia sommersa ed emersa e non dimostrano evidenti e immediati effetti erosivi a carico dei litorali limitrofi. Pertanto, anche in considerazione del fatto che il piano della berma si troverà a 0 0 m s.l.m., tale soluzione progettuale è assentibile.*

Piano di monitoraggio: è necessario, data la vulnerabilità e la grande complessità di questo tratto di costa, che venga elaborato un piano di monitoraggio volto alla valutazione dell'efficacia dell'opera redatto ai sensi della D.G.R. 1793//2005. Sia il piano sia le successive risultanze dovranno essere sottoposti all'attenzione dei competenti uffici regionali, al fine di individuare le azioni e le metodologie di indagine più appropriate al raggiungimento dello scopo.

Progetto di intervento urgente.

È stato presentato, da parte del Comune di Diano Marina e su proposta dei gestori degli stabilimenti balneari Majestic, Balnearia Diana, Villa Rosa Marina, Hotel Gabriella, limitrofi al confine con il comune di San Bartolomeo al Mare, un progetto di intervento urgente a difesa degli arenili di competenza che si presenta in forte e progressiva erosione. L'intervento ha valenza di opera provvisionale, destinata allo smantellamento nel momento in cui verrà attuato il progetto comunale complessivo. Nello specifico il progetto prevede il posizionamento di 3 pennelli in geotubo, radicati alla linea inerodibile di costa, di diametro circolare di costruzione pari a circa 1.75 metri e di lunghezza pari a circa 35 metri e il ripascimento mediante l'utilizzo di circa 5-6 mila m^3 con materiale sorbonato a mare nella spiaggia sommersa.

Si ritiene condivisibile la necessità di intervenire in tempi brevi per ridurre la progressiva erosione in atto e si ritiene pertanto tale proposta assentibile anche in considerazione del fatto che l'entità delle opere previste non è tale da provocare conseguenze negative sull'ambiente circostante. Si ritiene comunque che l'intervento proposto possa avere una funzionalità limitata nel tempo, in quanto le condizioni al contorno sono tali da ripristinare la situazione attuale. All'interno del progetto definitivo dovrà essere studiata più approfonditamente la soluzione proposta, valutando anche soluzioni alternative. Si sottolinea l'importanza di prevedere opere provvisorie che dovranno essere facilmente rimosse in fase di attuazione degli interventi previsti nel progetto complessivo. Infine, qualora fosse perseguita la scelta di utilizzare come ripascimento il materiale a mare nella spiaggia sommersa, dovranno essere specificati i volumi interessati ed indicate le modalità e le aree interessate dal sorbonamento.

Data - IL DIRIGENTE
21.11.06 (Dottssa Paola Solari)

AFFARI GIUNTA
P..... C ..... C ...
L'ISTRUTTORE
(Patrizia Dallasta)

CONSIDERAZIONI E CONCLUSIONI

Il paraggio in esame è uno dei più degradati della costa ligure, presenta un aspetto decisamente disordinato anche a causa di un sistema di barriere emerse molto ravvicinate alla linea di riva che non favorisce la formazione di una spiaggia in equilibrio. Esso è anzi soggetto a evidente erosione, aggravata dagli ormai ridottissimi apporti da parte del rio San Pietro e dalla presenza del porto turistico. La costruzione di un altro sistema di barriere emerse, più distaccate, nel limitrofo comune di San Bartolomeo al Mare, negli ultimi anni ha provocato ulteriore squilibrio nell'intero paraggio, sottraendo materiale di spiaggia sommersa ai fondali di Diano Marina e intrappolandolo a tergo delle nuove barriere. Ultimamente la Regione Liguria ha investito proprie risorse per mitigare gli effetti negativi provocati dalle barriere emerse di S. Bartolomeo finanziando alcuni interventi puntuali nei pressi delle stesse e il ripascimento strutturale delle spiagge interessate. In conseguenza di questi fatti risultano fortemente condizionati i possibili scenari di intervento. Il progetto in esame contiene due possibili soluzioni progettuali tra le quali è stata scelta quella che prevede il ripascimento del litorale mediante la suddivisione del tratto di interesse in celle simmetriche.
In virtù del carattere di urgenza dell'intervento parziale proposto in sede di consegna delle integrazioni, per le caratteristiche di funzionalità limitata nel tempo e poiché le opere da realizzare sono facilmente salpabili, si ritiene che lo stesso sia assentibile.
Pertanto, per quanto sopra considerato, si ritiene che il progetto preliminare per la realizzazione delle opere di difesa della costa di Diano Marina e il progetto urgente in difesa del tratto di litorale dianese limitrofo al confine con il comune di S. Bartolomeo al Mare non siano da sottoporre alla procedura di VIA, a condizione che vengano rispettate le seguenti prescrizioni:

a) dovrà essere elaborato un piano di monitoraggio delle opere a progetto e delle spiagge interessate, comprendente anche lo stato delle praterie di *Posidonia oceanica*, redatto ai sensi della D.G.R. 1793/2005, da sottoporre ai competenti uffici regionali, al fine di valutare l'efficacia delle opere a progetto;
b) dovranno essere fornite le verifiche di stabilità delle opere in progetto;
c) dovrà essere motivato il quantitativo proposto di materiale da utilizzare per il ripascimento;
d) dovranno essere condotti alla rete fognaria gli scoli idrici intercettati dal progetto. Se tale soluzione non sarà realizzabile dovrà esserne data motivazione e dovrà essere descritta in modo esaustivo la soluzione definitiva;
e) dovranno essere riutilizzati per la realizzazione del progetto, per quanto possibile, i massi recuperati dalle opere di difesa salpate;
f) dovranno essere utilizzati materiali aventi caratteristiche litologiche e cromatiche coerenti con l'intorno per la realizzazione delle opere fisse e per il ripascimento strutturale;
g) dovranno essere indicate le priorità di intervento e la suddivisione in lotti funzionali;
h) dovrà essere attentamente verificata, in sede di progettazione definitiva, la possibilità di eliminare dall'assetto finale i pennelli intestati sulle isole, limitandone l'utilizzo per il singolo lotto funzionale e prevedendone la rimozione una volta attivato il lotto successivo;
i) dovranno essere segnalate le singole attività all'interno di ogni lotto e specificate le diverse fasi di cantiere in relazione alla realizzazione delle piste e dei versamenti dei materiali;
j) dovranno essere adottati tutti gli accorgimenti del caso al fine di evitare la dispersione di materiali fini durante la preparazione del cantiere, nello svolgimento delle operazioni di salpamento e demolizione di quanto esistente, durante la realizzazione delle isole e dei pennelli provvisori e durante il ripascimento.
k) dovrà essere effettuata la caratterizzazione dei sedimenti da utilizzare per il ripascimento, conformemente al protocollo di campionamento ed analisi di ARPAL;
l) sulla base di tale caratterizzazione, dovrà essere acquisito il parere di ARPAL, da considerarsi vincolante per l'esecuzione delle opere di ripascimento (per gli standard relativi alla granulometria l'unico parametro da sottoporre a verifica è il limite del 5% di pelite);
m) dovranno essere individuati idonei criteri di valutazione ed accettazione in cantiere del tout-venant, finalizzati a limitare lo sversamento in mare di materiale pelitico;
n) la costruzione delle piste di cantiere dovrà utilizzare prioritariamente materiale di grande pezzatura e limitare il materiale più fine alla parte emersa;
o) dovrà essere studiata più approfonditamente la soluzione proposta nell'intervento urgente, valutando anche soluzioni alternative;
p) nell'ambito dell'intervento urgente dovranno essere previste opere provvisorie che dovranno essere rimosse in fase di attuazione degli interventi previsti nel progetto complessivo;
q) qualora nell'ambito dell'intervento urgente fosse perseguita la scelta di utilizzare come ripascimento il materiale a mare nella spiaggia sommersa, dovranno essere specificati i volumi interessati ed indicate le modalità e le aree interessate dal sorbonamento.

FINE TESTO

ATTESTO che la presente COPIA, ricavata su fin... pagine da me singolarmente firmate, È CONFORME ALL'ORIGI...
...7 NOV. 2006...

Data - IL DIRIGENTE
2.11.06 (Dott.ssa Paola Solari)

L'ISTRUTTORE
(Patrizia Dallasta)

SCHEMA N.. ..... NP/630	**REGIONE LIGURIA - Giunta Regionale**
DEL 2009	Dipartimento Pianificazione Territoriale Procedimenti Concertativi - Servizio

IN DIANO MARINA
arenili = comune

TO : Comune di Diano Marina (IM) - Conferenza di Servizi ex art. 6 lr 13/1999 s.m. e art. 14 L. 241/1990 e s.m. e ovazione progetto definitivo per opere di difesa del litorale - 1° lotto.

DECRETO	**N.** 16 del REGISTRO ATTI AFFARI GIUNTA	**DATA** 16/01/2008 di SOTTOSCRIZIONE

IL DIRIGENTE

Visti gli art. 14 e seguenti della L. 241/1990 e s.m. e i., che regolano il procedimento della Conferenza di Servizi;

Visto l'art. 6 della l.r. 13/1999 e s.m. e i. che affida alla Regione il compito di indire una Conferenza di Servizi per l'approvazione dei progetti relativi ad interventi volti alla difesa della costa ed al ripascimento degli arenili;

Vista la deliberazione della Giunta Regionale n. 1349 del 11.11.2005 e s.m., di individuazione degli atti amministrativi di competenza degli organi e degli uffici della Regione, per effetto della quale l'emanazione del provvedimento di approvazione dell'intervento indicato in oggetto spetta al Dirigente del Servizio Procedimenti Concertativi;

Premesso

Che il Comune di Diano Marina in data 16.6.2006 ha attivato la procedura di verifica screening di cui all'art. 10 della l.r. 38/1998 sul progetto preliminare delle opere di difesa del litorale e sul progetto relativo all'intervento urgente nel tratto di litorale compreso tra il rio S. Pietro e il confine con il Comune di S. Bartolomeo al M., conclusasi con Decreto Dirigenziale n. 3358 del 2.11.2006 contenente la pronuncia di non assoggettamento a VIA del progetto a condizione dell'osservanza delle prescrizioni ivi contenute;

Che lo stesso Comune, con nota prot. n. 4690 del 1.2.2008 ha chiesto alla Regione di indire una Conferenza di Servizi ai sensi dell'articolo 6 della l.r. 13/1999 e s.m. e i. per l'approvazione del progetto definitivo relativo alla realizzazione del 1° lotto delle opere di difesa del litorale;

Che pertanto la Regione, con nota prot. n. 53525/1032 del 17.4.2008, ha convocato, per il giorno 7.5.2008, la conferenza referente per l'esame del progetto di che trattasi, trasmettendo contestualmente la relativa documentazione alle Amministrazioni ed agli Enti a vario titolo coinvolti nel procedimento;

Data - IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

(Sig.ra Annamaria Billi)

16.1.08

ATTO	AUTENTICAZIONE COPIE	CODICE PRATICA : 1814
PAGINA : 1	AFFARI GIUNTA P. C. Il (Dott. Roberto Rossi)	
	COD. ATTO : DECRETO DEL DIRIGENTE	

Che nel corso della suddetta conferenza è emersa l'esigenza di acquisire documentazione integrativa;

Che, nel frattempo, in data 14.2.2008, con procedura di Conferenza di Servizi indetta ai sensi del sopracitato art. 6 della l.r. 13/1999 e s.m. e i. è stato approvato il progetto volto alla realizzazione di opere provvisionali di difesa del litorale del Comune di Diano Marina, nel tratto compreso tra il rio S. Pietro e il confine con il Comune di S. Bartolomeo al Mare;

Che la sopra richiesta documentazione è stata inviata in data 16.9.2008, successivamente integrata in data 22.9.2007, in data 20.11.2008 e in data 19.12.2008;

Che infine la Regione, con nota prot. PG/2008/172024 del 23.12.2008, ha convocato per il giorno 16.1.2009 la conferenza deliberante per l'approvazione del progetto di che trattasi;

Considerato

Che il progetto di che trattasi prevede la realizzazione del il 1° lotto delle opere di difesa della costa nel territorio comunale di Diano Marina attraverso la realizzazione dei seguenti interventi:

- eliminazione per salpamento di tutte le opere di difesa fisse esistenti sino alla prima linea inerodibile urbana;
- realizzazione di una secca in materiale lapideo di dimensioni 50x20 m, con pendenza delle scarpate esterne e laterali pari a 5/1. La secca dista circa 150 m dalla linea inerodibile, presenta un piano di berma a quota 0.00 m sul l.m.m. ed è impostata su una profondità media di 3.50 m;
- realizzazione di un pennello in geotubo riempito di sabbia, intestato al centro della secca, formato da tre tronchi aventi diametro pari a 2, 2.5 e 3 m;
- versamento di 30000 mc. di materiale sciolto di cava di dimensione ≥ 2 mm;
- intercettazione degli scoli idrici mediante cinque tubazioni in acciaio aventi diametro DN 400;

Che il suddetto intervento è compatibile con le indicazioni del vigente Piano Territoriale di Coordinamento Paesistico, approvato con D.C.R. n. 6 del 26.2.1990, e del Piano Territoriale di Coordinamento della Costa, approvato con D.C.R. n. 64 del 19.12.2000, e conforme alle previsioni del vigente PUC del Comune di Diano Marina, entrato in vigore il 6.6.2002;

Che l'intervento di cui sopra, in quanto interessa aree ricadenti in zona soggetta al vincolo paesistico-ambientale di cui agli artt. 136 e 142 del D.Lgs. 22.1.2004 n. 42 e s.m. risulta assoggettato al rilascio della relativa autorizzazione paesistico-ambientale, ai sensi dell'art. 159 del citato D.Lgs. 42/2004;

Che infine il medesimo intervento interessa aree appartenenti al demanio marittimo la cui gestione è ora di spettanza dell'Amministrazione Comunale in attuazione dell'art. 105, comma 2, lettera l), del D.Lgs. n. 112/1998 e s.m. ed ai sensi dell'art. 12, comma 3, della l.r. n. 13/1999 e s.m. e pertanto risulta

Data - IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

(Sig.ra Annamaria Billi)
16.1.09

assoggettato al parere tecnico di cui all'art. 12 del Regolamento per la Navigazione Marittima;

Dato atto

Che il progetto di che trattasi consta degli elaborati grafici e descrittivi di seguito elencati:

Elaborato A	Relazione illustrativa
Elaborato B	Relazione tecnica e specialistica
Elaborato C	Computo metrico estimativo
Elaborato D	Disciplinare prestazionale degli elementi tecnici
Elaborato E	Piano di monitoraggio
Elaborato G	Rapporti delle opere con le attuali concessioni demaniali
Tavola 1	Stralcio del CTR con indicazione intervento
Tavola 2	Rilievo fotografico
Tavola 3	Rilievo dei fondali
Tavola 4	Planimetria del progetto generale
Tavola 5	Planimetria di progetto del lotto 1 attuale
Tavola 6	Schema tipologico sistema secca e pennello
Tavola 7	Pennello A
Tavola 8	Secca A
Tavola 9	Scarichi a mare acque di prima pioggia
Tavola 10	Pista provvisionale di cantiere
Tavola 11	Sovrapposizione planimetrica e stima dei salpamenti
Tavola 12	Fotomontaggi

Integrazioni

	Relazione
Elaborato F	Relazione paesaggistica
Tavola A	Planimetria con indicazione fascia libera litoranea
Tavola B	Planimetria quotata scala 1:500
Tavola 5bis	Planimetria di progetto del lotto 1 attuale
	Integrazioni verifiche geotubi

Che il Comune di Diano Marina, con deliberazione della Giunta n. 148 del 28.10.2008 ha approvato il progetto sotto il profilo tecnico e ha inserito l'intervento nel Piano Triennale delle Opere Pubbliche con previsione di realizzazione nell'anno 2009;

Che le strutture regionali a vario titolo competenti nel procedimento in parola si sono espresse in senso

Data - IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

(Sig.ra Annamaria Billi)
16.1.09

favorevole, sia pure con le prescrizioni e raccomandazioni indicate nei rispettivi pareri, allegati quali parti integranti e sostanziali al presente decreto e di seguito sinteticamente riportate:

1. oltre all'eliminazione per salpamento di tutte le opere di difesa fisse esistenti sino alla prima linea inerodibile urbana, dovranno essere rimosse anche le opere realizzate con l'intervento urgente a difesa dell'arenile in esame recentemente realizzato, secondo quanto prescritto dal Decreto Dirigenziale n° 227 del 12/2/2008;
2. il materiale utilizzato per la costruzione del nucleo della secca e per il ripascimento della spiaggia dovrà essere caratterizzato, conformemente ai protocolli di campionamento ed analisi di Arpal; Arpal esprimerà parere vincolante sulla compatibilità ambientale di detti materiali (per gli aspetti granulometrici l'unico parametro da sottoporre a verifica è la percentuale di pelite, che dovrà rispettare il limite del 5%); il parere di Arpal dovrà essere trasmesso al Settore Ecosistema Costiero;
3. dovranno essere individuati idonei criteri di accettazione in cantiere del tout-venant, finalizzati al rispetto della soglia del materiale pelitico;
4. dovrà essere data comunicazione preventiva, da parte del proponente, alla Capitaneria di Porto, all'ARPAL ed al Settore Ecositema Costiero della data di inizio lavori;
5. nei successivi lotti previsti dal progetto preliminare complessivo dovrà essere verificata la possibilità di eliminare il pennello di collegamento della secca a riva;
6. al momento della revisione delle concessioni, una volta stabilizzata la nuova linea di riva, venga esclusa dall'area in concessione agli stabilimenti, una fascia di circa 4 m. (come individuata nella Tavola 5bis), che rimarrà in concessione al Comune, per consentire il libero transito sull'arenile a monte;
7. nel programma di monitoraggio sia inserita un'attività analitica relativa alla condizione di inquinamento da idrocarburi riscontrata nell'ambito delle verifiche di idoneità svolte nel settembre 2007 a carico dei materiali di ripascimento (individuati in una cella di circa 200 x 100 m. compresa indicativamente tra le batimetriche –3 e –4 m. di fronte al litorale in oggetto), allo scopo di verificarne la reale consistenza e presenza e, se possibile, comprenderne le cause e rimuoverle;
8. sia particolarmente curato e mantenuto l'interramento del geotubo nella testata sulla spiaggia;
9. sia prevista una particolare ed appropriata cura nella scelta dei litotipi da utilizzarsi per il pennello sommerso, litotipi che dovranno avere le caratteristiche idonee, quali calcari, calcari marnosi, arenarie, che rientrano nelle unità tettoniche di riferimento caratterizzanti la zona stessa, evitando nel modo più assoluto l'utilizzo di tipi litologici salpati o provenienti da cava che si differenziano per colorazione e struttura quali il marmo bianco di Carrara ed etc.;
10. sia prevista una particolare cura nella scelta dei materiali di cava da utilizzare per il ripascimento sia a livello di granulometria che di scelta cromatica per mantenere la continuità con le spiagge esistenti;
11. l'avvio dei lavori approvati dovrà essere subordinato alla verifica di coerenza dei materiali da impiegarsi in conformità alle prescrizioni sopra indicate, in particolare attraverso l'invio di una

Data - IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

(Sig.ra Annamaria Billi)
14.1.09

ATTO

AUTENTICAZIONE COPIE

(Dott. Roberta Rossi)

CODICE PRATICA : 1814

COD. ATTO : DECRETO DEL DIRIGENTE

documentazione fotografica e di una certificazione con le caratteristiche dei litotipi da utilizzarsi per la rifioritura del pennello;

Ritenuto

Che, per quanto in precedenza evidenziato, il progetto sia meritevole di favorevole considerazione sotto i profili pianificatorio/territoriale, paesaggistico e demaniale subordinatamente all'osservanza delle prescrizioni e raccomandazioni sopra indicate;

DECRETA

di esprimere, per le motivazioni, con le prescrizioni e le raccomandazioni sopra menzionate, l'assenso regionale all'approvazione del progetto volto alla realizzazione del 1° lotto delle opere di difesa del litorale nel Comune di Diano Marina, dando esplicitamente atto che tale determinazione comporta, per quanto di competenza della Regione:

a) sotto il profilo paesaggistico, il rilascio dell'autorizzazione paesistico-ambientale di cui all'art. 159 del D.Lgs. n. 42/2004 e s.m., ai sensi e per gli effetti dell'art. 1, comma 2, lett. b) della l.r. 20/1991 e s.m.;

b) sotto il profilo demaniale marittimo, il rilascio, ai sensi dell'art. 5, lett.f), del Piano di Utilizzazione delle aree Demaniali Marittime, approvato con D.C.R. n. 418 del 9.4.2002, del parere tecnico favorevole di cui all'art. 12 del Regolamento per la Navigazione Marittima;

c) sotto il profilo ambientale l'autorizzazione di cui all'art.109 del D.Lgs. 152/2006;

FINE TESTO

14/1/09

Data - IL DIRIGENTE

(Arch. Antonio Gorgoni)

Data - IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

(Sig.ra Annamaria Billi)

16.1.09

SCHEMA N. .....NP/630 DEL PROT. ANNO .....2009 N. 16 IN DATA 14/1/2009	**REGIONE LIGURIA - Giunta Regionale** Dipartimento Pianificazione Territoriale Procedimenti Concertativi - Servizio

OGGETTO : Comune di Diano Marina (IM) - Conferenza di Servizi ex art. 6 lr 13/1999 s.m. e art. 14 L. 241/1990 e s.m. e i. per approvazione progetto definitivo per opere di difesa del litorale - 1° lotto.

DOCUMENTI ALLEGATI COSTITUITI DAL NUMERO DI PAGINE A FIANCO DI CIASCUNO INDICATE

PER UN TOTALE COMPLESSIVO DI PAGINE N. 11

- **parere del Servizio Tutela del Paesaggio espresso con nota n. IN/2009/768 del 14.1.2009;**
- **parere del Settore Valutazione di Impatto Ambientale espresso con nota n. IN/2009/720 del 14.1.2009;**
- **parere del Settore Ecosistema Costiero espresso con nota n. IN/2009/493 del 13.1.2009;**
- **parere del Settore Assetto del Territorio espresso con nota n. IN/2009/651 del 13.1.2009;**
- **parere dell'Ufficio Aree Demaniali Marittime espresso con nota n. IN/2009/743 del 14.1.2009**

FINE TESTO

Data - IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

(Sig.ra Annamaria Billi)

14.1.09

ALLEGATO	**AUTENTICAZIONE COPIE** Segretario (Dott. Roberta Rossi)	**CODICE PRATICA :** 1814
PAGINA : 1		
	COD. ATTO : DECRETO DEL DIRIGENTE	

REGIONE LIGURIA

DIPARTIMENTO PIANIFICAZIONE TERRITORIALE

SERVIZIO TUTELA DEL PAESAGGIO

Genova, 14. 01. 2009

Prot. n. 120 | 2008 | 76

Allegati:

Al Servizio Procedimenti Concertativi

Oggetto: ***Comune di Diano Marina (IM). Progetto per opere a mare volte alla salvaguardia del litorale.***

e p.c. Al Settore Valutazione di Impatto Ambientale

All' Ufficio Aree Demaniali Marittime

SEDE

REGIONE LIGURIA
PROGETTI INTEGRATI E CONCERTATI
PERVENUTO IN DATA
14 GEN. 2009
G11.6.2 FASC. 6/08
ASSEGNATO A: DILLI
IN DATA: PR. 1814 CONSEGNATE

CLASS. G11.6.8

FASCICOLO 2008/ 109

PRATICA N. 37.581

In merito alle richieste in oggetto, trasmesse con nota n. IN/2009/334 del 9-01-2009 dal Servizio Procedimenti Concertativi, si fa presente quanto segue.

Il tratto di litorale interessato dall'intervento è parte di un progetto complessivo compreso tra il confine comunale con San Bartolomeo al Mare e il Rio San Pietro nel Comune di Diano Marina, e rientra in un unità fisiografica più ampia che ricomprende anche il litorale del contermine Comune di San Bartolomeo al Mare, in cui si stanno attuando degli interventi di difesa a mare e di riqualificazione del litorale recentemente autorizzati da questa regione.

Detto litorale è stato oggetto nel tempo di trasformazioni dovute ad uno sviluppo urbanistico esponenziale con forti pressioni sulla costa, alla realizzazione di sistematiche opere di difesa a mare quali massicciate contigue alla linea di costa.

L'intervento in oggetto – 1° lotto funzionale - consiste nella realizzazione di una secca in massi distante dal litorale di circa 100 mt, nella posa in opera di geotubo soffolto, nel salpamento di alcune massicciate sotto costa e nel ripascimento del tratto di arenile in corrispondenza della nuova secca.

Le opere previste, pur sostanziali, sono tali da non stravolgere il litorale e le sue visuali e percezioni del paesaggio, in quanto la realizzazione della secca e della posa in opera del geotubo soffolti non crea alcun ulteriore impedimento visivo sulla percezione dell'orizzonte ed inoltre le opere relative al ripascimento della spiaggia non modificano in alcun modo il paesaggio, sempre che siano previsti sversamenti di inerti della stessa natura, tipologia e colore dell'esistente.

REGIONE LIGURIA - Via Fieschi - 16100 GENOVA - Tel. (010) 54851 -

(Dott. Roberta Rossi)

CLASS. G11.6.8
FASCICOLO 2008/
PRATICA N. 37.581

La prevista "isola" soffolta, pur non mantenendo una continuità tipologica con le recenti "dighe" leggermente sopraelevate realizzate nel tratto di litorale limitrofo nel Comune di San Bartolomeo al Mare, e le opere connesse sono tali da non contrastare con gli obiettivi di tutela del paesaggio che competono allo Scrivente Servizio, tenuto conto che tali imprescindibili opere si configurano come recupero e mantenimento di una spiaggia esistente senza modificare sostanzialmente la linea di costa.

Per quanto sopra espresso, si ritengono quindi gli interventi prospettati sostanzialmente assentibili sotto il profilo paesistico-ambientale, alle condizioni sottoriportate:

- sia particolarmente curato e mantenuto l'interramento del geotubo nella testata sulla spiaggia;
- sia prevista una particolare ed appropriata cura nella scelta dei litotipi da riutilizzarsi per il "pennello semisommerso ", litotipi che dovranno avere caratteristiche idonee, quali i calcari, calcari-marnosi, arenarie, che rientrano nelle unità tettoniche di riferimento caratterizzanti la zona stessa, evitando nel modo più assoluto l'utilizzo di tipi litologici salpati o provenienti da cava che si differenziano per colorazione e struttura quali il marmo bianco di Carrara ed ect.;
- sia prevista una particolare cura nella scelta dei materiali di cava da utilizzare per il ripascimento sia a livello di granulometria che di scelta cromatica per mantenere la continuità con le spiagge esistenti.

L'avvio dei lavori approvati dovrà essere subordinato alla verifica di coerenza dei materiali da impiegarsi in conformità alle prescrizioni sopra indicate, in particolare attraverso l'invio di una documentazione fotografica e di una certificazione che garantiscano il rispetto delle caratteristiche dei litotipi da utilizzarsi per la realizzazione del "pennello".

L'efficacia della presente autorizzazione è subordinata all'osservanza delle prescrizioni in essa contenute.

Distinti saluti.

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
(Geom. Massimo Fonnesu)

IL DIRIGENTE DEL SERVIZIO
(Dott. Arch. Giuliano Bernardini)

Il Responsabile del Procedimento
(Arch. Carla Bini)

REGIONE LIGURIA

DIPARTIMENTO AMBIENTE

Genova, 14/01/09

Prot. n. IN/2009/420
Allegati:

SETTORE: Valutazione Impatto Ambientale

Screening n. 307
Class./Fasc. 2009/G13.17.1/1

Oggetto: Interventi di difesa della costa a Diano Marina: progetto definitivo 1° lotto.

Al Servizio Procedimenti Concertativi

SEDE

Con riferimento alla Vostra nota n. IN/2009/334 del 9 gennaio 2009 ed esaminata l'ulteriore documentazione integrativa prodotta nel corso del 2008, si ribadisce che l'intervento in oggetto dovrà rispettare le prescrizioni di cui al decreto del dirigente n. 3358 del 2 novembre 2006, accettate dal Comune di Diano Marina con nota n. 4259 del 22/03/2007, con particolare riferimento a quanto riportato alle lettere e), h), i), j), k), l), m), n), p), q). Si sottolinea al riguardo che, come evidenziato in istruttoria, tutte le opere rigide presenti sul litorale dovranno essere eliminate e il materiale riutilizzabile dovrà essere impiegato per quanto possibile per la realizzazione del progetto. Inoltre dovranno essere eliminate le opere relative all'intervento urgente recentemente realizzato, valutato nell'ambito della procedura di verifica screening svolta sul progetto preliminare delle opere di difesa del litorale di Diano Marina e conclusasi con il decreto di cui sopra.

Si richiama inoltre la nota n. 61 del 15/01/2008 del settore scrivente in particolare per quanto riguarda l'opportunità di inserire nel programma di monitoraggio anche un'attività analitica relativa alla condizione di inquinamento da idrocarburi riscontrata nell'ambito delle verifiche di idoneità svolte nel settembre 2007 a carico dei materiali da ripascimento (individuati in una cella di circa 200 x 100 m compresa indicativamente fra le batimetriche –3 e –4 m di fronte al litorale in oggetto), allo scopo di verificarne la reale consistenza e presenza e se possibile comprenderne le cause e rimuoverle.

Rimanendo a disposizione per eventuali chiarimenti, si porgono distinti saluti

REGIONE LIGURIA
PROCEDIMENTI CONCERTATIVI
PERVENUTO IN DATA
14 GEN 2009
fase. N. 6/2008 5.11.6.2
ASSEGNATO A ex 1814

Il Dirigente
Dott.ssa Gabriella Minervini

FL/fl

PER COPIA CONFORME
(Dott. Roberta Bosi)

Dipartimento Ambiente Via D'Annunzio 111-Genova
Francesca Lupino - tel. 010 5485837 -
Fax 010 5484055 - E-mail francesca.lupino@regione.liguria.it

4

Il Responsabile del Procedimento

REGIONE LIGURIA

DIPARTIMENTO AMBIENTE

Genova, 13 gennaio 2009

Prot. n. IN/2009/493

Allegati:

Classif./Fasc.2008/G13.13.1/13.

SETTORE: Ecosistema Costiero

Al Servizio Procedimenti Concertativi
SEDE

REGIONE LIGURIA
PROCEDIMENTI CONCERTATI
PERVENUTO IN DATA
13 GEN 2009
fase N. 6/2008, G11.6.2
ASSEGNATO A 1816

OGGETTO: Comune di Diano Marina (IM). Progetto definitivo relativo ad interventi di difesa della costa – 1° lotto

Con riferimento alla pratica in oggetto, l'Ufficio scrivente ha eseguito una istruttoria finalizzata alla verifica di idoneità tecnica delle opere, i cui risultati sono riportati nel seguito.

1. Descrizione del progetto.

L'intervento in oggetto prevede il 1° lotto delle opere di difesa della costa nel territorio comunale di Diano Marina. Nello specifico il progetto prevede i seguenti interventi:

- eliminazione per salpamento di tutte le opere di difesa fisse esistenti sino alla prima linea inerodibile urbana;
- realizzazione di una secca in materiale lapideo di dimensioni 50x20 m, con pendenza delle scarpate esterne e laterali pari a 5/1. La secca dista circa 150 m dalla linea inerodibile, presenta un piano di berma a quota 0.00 m sul l.m.m. ed è impostata su una profondità media di 3.50 m;
- realizzazione di un pennello in geotubo riempito di sabbia, intestato al centro della secca, formato da tre tronchi aventi diametro pari a 2, 2.5 e 3 m;
- versamento di 30000 m^3 di materiale sciolto di cava di dimensione $\geq$ 2 mm;
- intercettazione degli scoli idrici mediante cinque tubazioni in acciaio aventi diametro DN 400.

2. Analisi tecniche contenute nella documentazione progettuale.

2.1 Analisi meteomarina e studio morfologico del litorale

La documentazione progettuale contiene le analisi meteomarine condotte dalla società DEAM s.r.l. per la definizione del clima ondoso al largo e a costa, con stima dei rispettivi valori estremi. Il clima ondoso al largo di Diano Marina è stato determinato facendo riferimento ai dati forniti dal modello European Wave Model in mare aperto e modellando la propagazione del moto ondoso verso riva mediante il modello numerico SWAN.
È stata, inoltre, valutata la stabilità della spiaggia nel suo stato attuale e nella configurazione di progetto e l'evoluzione del profilo trasversale mediante il modello matematico SBEACH.

2.2 Dimensionamento delle opere e stima dei volumi di ripascimento

Il dimensionamento della secca è stato effettuato secondo la formula di Hudson, relativamente ad un'onda di progetto Hs = 2.75 m, ricavata dallo studio meteomarino. Il peso dei massi ottenuto da tale formula è di 1.8 t, per cui verranno utilizzati massi di II categoria.

Il nucleo della secca sarà formato da tout-venant e scapolame; in Relazione è riportato che in fase esecutiva verrà valutata la possibilità di utilizzare per tale scopo lo smarino prodotto dalla galleria della nuova linea ferroviaria Genova-Ventimiglia in costruzione, se disponibile. Questo materiale sarà adeguatamente testato per verificarne le caratteristiche in rapporto all'uso cui viene destinato: a tal proposito sono indicate le prove a cui il materiale dovrà essere sottoposto per essere considerato idoneo.

Le analisi di stabilità del geotubo è stata condotta attraverso due relazioni di calcolo, proposte rispettivamente da Recio & Numeraci e da Bouyze & Schram. La prima deriva da test effettuati in vasca presso il dipartimento di idraulica dell'Università di Hannover nell'anno 2007, la seconda valuta la stabilità analizzando la velocità di un flusso unidirezionale che investe l'opera, l'altezza sommersa del geotubo e la relazione tra la densità del materiale di riempimento e dell'acqua marina. L'opera in progetto risulta stabile per entrambe le metodologie di calcolo.

La valutazione delle quantità di ripascimento e della stabilità del profilo di spiaggia è stata effettuata mediante modello di Dean e tramite il modello SBEACH prevedendo un'ampiezza di spiaggia emersa di progetto di 45 m.

2.3 Piano di monitoraggio

Il progetto contiene un piano di monitoraggio conforme a quanto previsto dalla D.G.R. 1793/2005.

Esito dell'istruttoria tecnica

Esaminati gli elaborati progettuali si ritiene la documentazione sufficiente per poter esprimere un parere tecnico favorevole riguardo la stabilità delle opere in progetto.

Preme sottolineare, comunque, che in fase esecutiva, oltre all'eliminazione per salpamento di tutte le opere di difesa fisse esistenti sino alla prima linea inerodibile urbana, dovranno essere rimosse anche le opere realizzate con l'intervento urgente a difesa dell'arenile in esame recentemente realizzato, secondo quanto prescritto dal DD n° 227 del 12/2/2008.

In riferimento agli studi sulla configurazione planimetrica di equilibrio della spiaggia, si segnala che la soluzione presentata nelle tavole di progetto risulta piuttosto irrealistica ma si ritiene che le volumetrie di versamento possano essere sufficienti a costituire un'ampiezza di spiaggia emersa sufficiente a dissipare l'energia del moto ondoso ed a consentire il passaggio stabile a tergo della spiaggia secondo quanto previsto in sede di conferenza di servizi referente.

Si ricorda, inoltre, che nei successivi lotti previsti dal progetto complessivo dovrà essere possibilmente eliminato il pennello di collegamento della secca a riva, in esito ai rilievi di monitoraggio successivi alla realizzazione del primo lotto.

Il Funzionario
(Dott. Roberta Rossi)

Il Responsabile del Procedimento
(Ing. Simone Alesso)

3. Aspetti naturalistico-ambientali

Sotto il profilo biologico-naturalistico i fondali interessati dal progetto sono stati caratterizzati, nel 2005, nell'ambito della procedura di verifica screening, mediante una campagna di rilievi con telecamera trainata lungo 7 transetti ortogonali alla costa, fino alla profondità di circa 30 metri, integrati attraverso osservazioni e misure in immersione da parte di operatori specializzati.
Lo studio permette un'idonea caratterizzazione.
Per quanto riguarda la natura dei materiali destinati al nucleo della secca ed al ripascimento non risulta ancora effettuata l'analisi delle caratteristiche chimico-fisiche e granulometriche.
Per quanto riguarda la realizzazione delle piste di cantiere si prevede l'utilizzo di tout-venant con contenuto di pelite inferiore al 5%.

Esito dell'istruttoria tecnica

I fondali direttamente interessati dall'intervento sono omogeneamente sabbiosi, debolmente colonizzati da *Cymodocea nodosa* a partire dai –7 m; a partire dall'isobata degli 8 metri è invece presente un'estesa prateria di *Posidonia oceanica,* habitat potenzialmente vulnerabile rispetto a fenomeni di infangamento dei fondali e torbidità delle acque.
Non sussiste alcuna interazione diretta dell'intervento con habitat oggetto di tutela, anche considerando una congrua fascia di rispetto.
Per quanto riguarda la natura dei materiali destinati al nucleo della secca ed al ripascimento non risulta ancora stabilita con certezza la fonte ed effettuata l'analisi delle caratteristiche chimico-fisiche; essa deve essere oggetto pertanto di adeguata prescrizione.
Per quanto riguarda la mitigazione degli effetti dovuti alla realizzazione delle piste di cantiere si ritiene idonea la soluzione individuata dal progetto, che prevede l'utilizzo provvisionale di tout-venant con contenuto di materiali pelitici inferiore al 5%.

4. Conclusioni

In conclusione si ritiene di poter esprimere, per quanto di competenza, parere positivo sull'iniziativa progettuale in oggetto, ferme restando le seguenti prescrizioni da ottemperare in fase esecutiva:

- oltre all'eliminazione per salpamento di tutte le opere di difesa fisse esistenti sino alla prima linea inerodibile urbana, dovranno essere rimosse anche le opere realizzate con l'intervento urgente a difesa dell'arenile in esame recentemente realizzato, secondo quanto prescritto dal DD n° 227 del 12/2/2008;
- il materiale utilizzato per la costruzione del nucleo della secca e per il ripascimento della spiaggia dovrà essere caratterizzato, conformemente ai protocolli di campionamento ed analisi di Arpal; Arpal esprimerà parere vincolante sulla compatibilità ambientale di detti materiali (per gli aspetti granulometrici l'unico parametro da sottoporre a verifica è la percentuale di pelite, che dovrà rispettare il limite del 5%); il parere di Arpal dovrà essere trasmesso allo scrivente Settore;
- dovranno essere individuati idonei criteri di accettazione in cantiere del tout-venant, finalizzati al rispetto della soglia del materiale politico;
- dovrà essere data comunicazione preventiva, da parte del proponente, alla Capitaneria di Porto, all'ARPAL ed allo scrivente Settore, della data di inizio lavori.

(Dott. Roberta Rossi)

Dipartimento Ambiente - Via D'Annunzio, 111 – 16121 Genova
Responsabile del procedimento: Ing. Alesso Simone - tel. 010/548 4669 - E-mail: simone.alesso@regione.liguria.it

Nei successivi lotti previsti dal progetto preliminare complessivo dovrà essere verificata la possibilità di eliminare il pennello di collegamento della secca a riva.

La presente costituisce altresì autorizzazione dell'intervento, comprese le opere provvisionali, ai sensi dell'art. 109 del D.lgs. 152/06.

Distinti saluti.

IL DIRIGENTE
(Dott.ssa Ilaria Fasce)

SASCCC/sasccc

Il Responsabile del Procedimento
(Arch. Anna Maria Cella)

REGIONE LIGURIA

DIPARTIMENTO AMBIENTE

Genova, 13/01/2009

Prot. n. IN/2009/651
Allegati:

Settore : ASSETTO DEL TERRITORIO

Al Servizio
PROCEDIMENTI
CONCERTATIVI

SEDE

Oggetto: **Comune di Diano Marina (Im) – Conferenza dei Servizi relativa progetto definitivo per opere di difesa del litorale – I° lotto.**

In relazione al progetto di che trattasi, si trasmettono le valutazioni, per quanto di competenza, dello scrivente Settore.

Distinti saluti.

REGIONE LIGURIA
PROCEDIMENTI CONCERTATIVI
13 GEN 2009
G11.6.2 FASC.N.6/2008
BILLI
PR. 1814

Il Dirigente
(Dott. Geol. Renzo Castello)

AFFARI GIUNTA
P.....C.....C.....
Il Funzionario
(Dott. Roberta Rossi)

Il Responsabile del Procedimento
(Antonella Sibilla)

REGIONE LIGURIA

DIPARTIMENTO AMBIENTE

Settore : ASSETTO DEL TERRITORIO

Comune Diano Marina (Im) – Conferenza dei Servizi relativa al progetto definitivo per opere di difesa del litorale – I° lotto.

Aspetti tecnici.

L'intervento in oggetto (lotto I°) fa parte di un più generale progetto di difesa dell'intero litorale comunale; in particolare questo primo stralcio, localizzato nella parte più a levante, è costituito dalla realizzazione di una secca di dimensioni a l.m.m. 50 x 20, di un pennello di collegamento, di un ripascimento di circa mc. 30.000 di materiale inerte e dalla messa in opera di tubazioni per la raccolta di acque di prima pioggia.

Queste prime opere, sostanzialmente tutte a mare, sono localizzate all'interno dello sbocco delle foci di due piccoli rivi (Rio Pineta a ponente e Rio Rodino a levante); dalla lettura della documentazione tecnica pervenuta, si evince che, in considerazione dell'esigua consistenza di detti solchi idrici, della tipologia delle opere previste, nonché della loro localizzazione e distanza dai rivi medesimi, gli interventi menzionati non influiscono direttamente né indirettamente sui deflussi idrici.

Per quanto fin qui esplicitato, lo scrivente Settore ritiene di non esprimere particolari osservazioni tecniche in merito, ma rimanda l'attenzione alle indicazioni prescrittive derivanti dalla conclusione della procedura di screening (D.G.R. del novembre 2006), di cui era stato sottoposto il progetto generale di difesa dell'intero litorale.

Il Funzionario del Settore
(Dott. Geol. Maurizio Iallonghi)

AFFARI GENERALI
P.....Civ. Sez.
Il Funzionario
(Dott. Roberta Rossi)

Dipartimento Ambiente - Settore Assetto del Territorio - Via D'Annunzio 111 - Genova
Responsabile del procedimento : Dott. Geol. Maurizio Iallonghi, tel. 010/5485679, fax 010/5488426
E-mail: maurizio.iallonghi@regione.liguria.it

10

REGIONE LIGURIA

DIPARTIMENTO PIANIFICAZIONE TERRITORIALE

Il Responsabile del procedimento
(Arch. Corinna Artom)

Genova, 14 gennaio 2009

Prot. n. IN/2009/493

UFFICIO: **AREE DEMANIALI MARITTIME** *Riferimento nota n. PG/2008/172024*

Oggetto: Comune di Diano Marina (IM)

Conferenza di Servizi ex art. 6 l.r. 13/1999 e s.m. art. 14 L. 241/1990 e s.m. e i. per approvazione del progetto definitivo per opere di difesa del litorale - 1° lotto.

Servizio Procedimenti Concertativi
REGIONE LIGURIA - SEDE -
PROCEDIMENTI CONCERTATIVI
PERVENUTO IN DATA
14 GEN 2009
fasc. N. 6.9.2008 GII.6.2
ASSEGNATO A ox/Bll

Con riferimento alla richiesta di codesto Servizio formulata con la nota n. PG/2008/172024 del 23 dicembre 2008 con la quale è stato richiesto il parere di questo Ufficio in merito all'intervento in oggetto indicato si comunica quanto segue.

Esaminato il progetto, preso atto che:

- l' intervento per il quale si richiede l'autorizzazione, consiste, di massima, nella realizzazione di una secca (mt. 50x20) in materiale lapideo a circa mt. 150 dalla costa, in un ripascimento con materiale di cava di mc. 30.000, nella realizzazione di pennello un geotubo riempito di sabbia, l'intercettazione degli scoli idrici e nella conseguente rimozione di tutte le opere di difesa attualmente esistenti;

- che per l'intervento in argomento si è espresso, seppur con prescrizioni ai sensi dell'art. 12 del reg. cod. nav., il Dipartimento Ambiente - Settore Ecosistema Costiero di questo Ente con la nota prot. IN/2009/493 in data 13/12/2009;

- che è stata presentata dal Comune di Diano Marina, specifica planimetria, a seguito della richiesta dagli uffici regionali in sede di conferenza referente, nella quale è stata evidenziata, come richiesto, una fascia di circa 4 metri che, detratta all'atto del rinnovo dalle concessioni demaniali marittime, rimarrà in concessione al Comune, per consentire il libero a monte degli impianti di balneazione che attualmente risulta precluso.

Per quanto sopra, valutato che la soluzione progettuale non è in contrasto con le indicazioni e raccomandazioni fornite dal Piano Territoriale della Costa, approvato con DCR n. 64 del 19.12.2000, questo Ufficio esprime parere favorevole, alla realizzazione dell'intervento proposto a condizione venga realizzata la fascia di transito sopradescritta.

Cordiali saluti

ATTESTO che la presente COPIA, composta di n. 16 pagine, è conforme all'originale firmata, È CONFORME ALL'ORIGINALE agli atti.
16 GEN. 2009
L'ISTRUTTORE DIRETTIVO
(Roberta Rossi)

La DIRIGENTE
(arch. Corinna Artom)

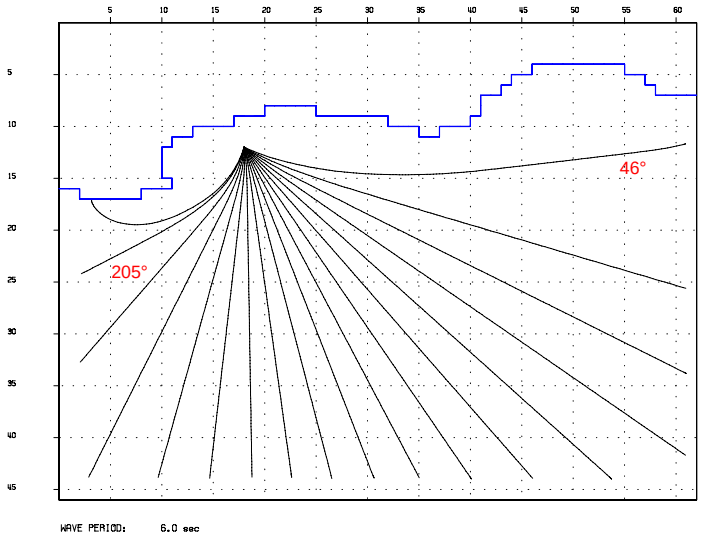
REGIONE LIGURIA – UFFICIO AREE DEMANIALI MARITTIME
Via D'Annunzio, 113 7° p. - 16121 GENOVA - tel. 010.548.4440 - fax 010.548.8746 - e-mail: demanio@regione.liguria.it

11

DEAM	COMUNE DI DIANO MARINA	
MAR LIGURE		400104
AREA	CLIENTE	COMMESSA

LITORALE DI

DIANO MARINA



ANALISI DELLE CONDIZIONI

METEO-MARINE TIPICHE ED ESTREME

REV.	DATA	DESCRIZIONE	AUTORI	APPROVATO
2				
1				
0	**Ottobre 2004**	**Emissione**	**Dr. Brunella GUIDA**	**Dr. Gianluigi DE FILIPPI**

ANALISI DELLE CONDIZIONI

METEO-MARINE TIPICHE ED ESTREME

INDICE

1. SCOPO 3

2. DATI DI BASE 4

3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DELL'AREA DI STUDIO 5

3.1 Settore di traversia del paraggio e fetches associati 5
3.2 Rilievi batimetrici 5

4. CONSIDERAZIONI GENERALI SULLA DEFINIZIONE DEL CLIMA DEL MOTO ONDOSO LUNGO L'ARCO LIGURE 6

4.1 Considerazioni generali sui metodi di definizione del clima del moto ondoso 6
4.2 Il metodo empirico 6
4.3 Il metodo parametrico 7
4.3.1 Il modello European Waters Model del Metoffice Inglese 7
4.3.2 I dati U.K.M.O. del Mar Ligure 9
4.4 Il metodo statistico 9
4.5 Le misure nei pressi di La Spezia 10
4.6 Le osservazioni visive 10
4.6.1 Calibrazione delle osservazioni visive delle onde 10
4.6.2 Calibrazione delle osservazioni visive del vento 11
4.6.3 I dati K.N.M.I. del Mar Ligure 11
4.6.4 I dati S.S.M.O del Mar Ligure-Tirreno 12
4.7 Conclusione 12

5. REGIME ANEMOLOGICO 13

6. CARATTERISTICHE DEL MOTO ONDOSO 14

6.1 Confronto tra climi provenienti da fonti diverse 14
6.1 Clima al largo nel lungo termine 15
6.2 Valori estremi delle onde al largo 16
6.3 Propagazione delle onde a costa 16
6.4 Clima a costa 18

7. VARIAZIONI DEL LIVELLO MARINO 19

7.1 Set up da vento 19
7.3 Innalzamento dovuto alla marea 20
7.4 Battimenti 21
7.5 Risultati 21

8. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI 23

1. SCOPO

L'obiettivo principale di questa prima parte dello studio è la definizione del clima del moto ondoso al largo e a costa e la stima dei valori estremi d'onda e livello del mare nell'area antistante Diano Marina.

Sono stati pertanto analizzati i dati disponibili, eseguiti confronti tra dati provenienti da fonti informative differenti, definito il regime meteo-marino tipico e stimati i valori estremi da utilizzare per le successive analisi.

I risultati ottenuti rappresentano la base sia per il successivo calcolo del trasporto sedimentario sia per la verifica della stabilità della spiaggia nella situazione attuale e nella configurazione di progetto.Lo studio è basato sull'utilizzo di modelli numerici, sinteticamente descritti nella relazione, ma riportati in dettaglio in **Appendice 1**.

2. DATI DI BASE

Nell'ambito del presente studio si è fatto uso dei seguenti dati di base (**Fig. 2.1**):

- dati K.N.M.I. relativi al Mar Ligure (vento e onde) per il periodo 1961-80;
- statistiche generali S.S.M.O. relative ad osservazioni di vento e di onde nei mari Ligure e Tirreno (Area 11), edite da U.S. Naval Weather Service Command;
- dati di moto ondoso, forniti dal Committente, ricostruiti dal modello "European Wave Model" dell'U.K.M.O. nel punto griglia di coordinate 44,0°N e 8.73°E e relativi al periodo 1/1/1987-31/12/1998;
- misure effettuate dalla boa ondametrica ubicata nell'area antistante La Spezia alle coordinate 43° 55.7' N e 9° 49.6' E relative a 12 anni (1989-2001). L'ondametro direzionale fa parte della Rete Ondametrica Nazionale (RON) del Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale;
- rilievi batimetrici e sedimentologici, appositamente effettuati, forniti dal Committente;
- dati batimetrici generali, desunti dalla carta nautica n° 1, in scala 1:100.000, emessa dall'Idrografico della Marina;
- dati mareografici desunti da "Admiralty Tide Tables" vol. 1, edito dall'Hydrographer of the Navy, Gran Bretagna.

3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DELL'AREA DI STUDIO

L'area di studio è mostrata in **Fig. 3.1**. Prima di analizzare i dati e di stimare i valori estremi delle onde finalizzati al dimensionamento della nuova configurazione portuale di progetto vengono evidenziati alcuni aspetti relativi all'esposizione del paraggio e alle caratteristiche batimetriche dell'area in esame.

3.1 Settore di traversia del paraggio e fetches associati

Il settore di traversia del paraggio di Diano Marina presenta un angolo di apertura di circa 175° (da 60° N a 235° N).
Nel campo di apertura del settore si possono identificare un settore di traversia principale esposto ai mari da SE a WSW, e settori secondari, compresi tra ENE e SE, caratterizzati da fetches di diversa estensione.
L'articolazione del settore di traversia é schematizzabile come segue:

Da	A	Fetch geografico	Fetch effettivo
60° N	75° N	≈ 135 km	≈140 Km
76° N	105° N	≈195 km	≈180 Km
106° N	135° N	≈245 km	≈185 Km
136° N	165° N	≈170 km	≈170 Km
166° N	235° N	> 1000 Km	> 1000 Km

3.2 Rilievi batimetrici

I dati disponibili derivano dai rilievi appositamente effettuati dal Committente. L'andamento dei fondali nell'area è generalmente regolare e non si osservano particolari problematiche legate alla presenza di barre o di zone particolarmente tormentate (**Fig. 3.2**).
Ciò è vero dal largo fino all'isobata dei –4 m. Da tale profondità fino a costa i fondali hanno risentito in misura evidente delle presenza delle varie strutture esistenti, strutture che hanno indotto riflessioni del moto ondoso incidente che hanno interessato i fondali fino all'isobata dei –3, - 3.5 m.

4. CONSIDERAZIONI GENERALI SULLA DEFINIZIONE DEL CLIMA DEL MOTO ONDOSO LUNGO L'ARCO LIGURE

Nel presente capitolo, dopo alcune brevi considerazioni sulle caratteristiche che il clima di moto ondoso deve possedere per poter essere considerato rappresentativo di un'area marina, vengono analizzate criticamente le fonti di dati disponibili lungo l'arco ligure.

4.1 Considerazioni generali sui metodi di definizione del clima del moto ondoso

Nel seguito vengono evidenziati e discussi brevemente i problemi che si presentano nella scelta del clima di moto ondoso per la progettazione di opere costiere.
L'obiettivo principale dell'analisi delle condizioni meteo-marine è quello di pervenire alla definizione del clima del moto ondoso al largo **rappresentativo del lungo termine**.
Ricordiamo che per clima del moto ondoso si intende una funzione $p(H,\theta,T)$ che rappresenti la distribuzione in frequenza di eventi definiti dall'altezza H, dal periodo T dell'onda e dalla sua direzione di provenienza θ.
La definizione del clima al largo, la sua rappresentatività statistica e la sua variabilità rivestono un'importanza notevole, in quanto, come già detto, il clima costiero, e quindi le interazioni onde-strutture-spiaggia, dipendono in modo preponderante da esso.
Si è pertanto ritenuto opportuno richiamare brevemente alcuni concetti fondamentali per la definizione di un clima al largo che sia rappresentativo dei fenomeni fisici dell'area di studio.
A questo proposito si ricorda che, in assenza di misure a lungo termine, è possibile ricostruire con buona approssimazione il clima ondoso mediante tecniche numeriche che sono schematizzabili in tre categorie principali:

- metodi empirici;
- metodi parametrici;
- metodi statistici.

4.2 Il metodo empirico

E' noto che lo stato del mare è condizionato da almeno tre fattori: la velocità del vento, la durata della perturbazione, l'estensione della regione interessata dal vento ("fetch").
I parametri caratteristici del moto ondoso (altezza d'onda significativa H_s e periodo associato T_s) possono essere calcolati utilizzando il ben noto metodo semi-empirico sviluppato da Svendrup e Munk e successivamente rivisto da Bretschneider (metodo SMB), [**rif. 1**].
Tale metodo ha spesso trovato applicazione anche nei mari italiani con risultati che si possono ritenere soddisfacenti, se applicato a singoli eventi perturbativi.
L'applicazione del modello richiede una preventiva opera di taratura, da effettuarsi in base a dati reali di moto ondoso rilevati nell'area di interesse. Ciò è essenzialmente dovuto al fatto che il campo di vento in mare aperto non è quasi mai disponibile e che i dati misurati a costa sono affetti da rotazioni e attenuazioni.

Inoltre, per calcolare il moto ondoso, il metodo utilizza un campo di vento uniforme lungo tutto il fetch.
L'attendibilità del valore di H_s dipende dalla durata e dalla direzione della perturbazione, poichè l'ipotesi di uniformità del campo può ritenersi valida solo per perturbazioni ben definite a grande scala e di lunga durata.
Nel Mar Ligure la maggior parte delle perturbazioni presenta caratteristiche di ciclogenesi con campi di vento che hanno scale spaziali spesso molto diverse da quelle geografiche.
Un altro aspetto importante è quello della identificazione della stazione costiera cui fare riferimento: non sempre infatti è possibile identificare una singola stazione rappresentativa di tutte le tipologie degli eventi perturbativi, il che rende spesso poco affidabile una applicazione del metodo SMB nel lungo termine. Ciò è particolarmente vero per la costa ligure.
Per quanto detto in precedenza si ritiene quindi che un'applicazione del metodo SMB per la caratterizzazione del clima ondoso non possa portare a risultati attendibili per il paraggio in oggetto.

4.3 Il metodo parametrico

Nell'ambito dei Progetti Finalizzati del CNR, dal 1979 al 1984, era stata sviluppata una metodologia per la valutazione dei valori estremi del moto ondoso che si avvaleva di modelli numerici per la ricostruzione del campo di vento e dell'energia spettrale delle onde.
Senza entrare nei dettagli, che esulano dallo scopo del presente studio, la metodologia allora definita è stata fatta propria, ad es. dal Servizio Meteorologico Inglese che, avendo a disposizione i campi di pressione e di vento praticamente su scala mondiale, ha realizzato prima un modello ("Global Wave Model") di ricostruzione del moto ondoso sugli oceani successivamente un modello europeo (" European Waters Model") che, innestato sul precedente, copre le acque europee, in particolare il Mar Mediterraneo.[**rif. 2, 3**]
Dopo alcuni anni di test e verifiche il modello è ormai operativo da un buon numero di anni e la sua applicazione ha permesso la creazione di un archivio di dati ricostruiti certamente molto interessante, soprattutto per la definizione del clima al largo in mare aperto.

4.3.1 Il modello European Waters Model del Metoffice Inglese

Si ritiene opportuno descrivere sinteticamente le caratteristiche essenziali di questo modello, denominato U.K.M.O., al fine di comprendere la validità dei dati da esso ricostruiti.
Per effettuare l'analisi del vento superficiale nel modo migliore possibile, tutti i dati disponibili di pressione superficiale, intensità e direzione del vento (da boe, piattaforme e stazioni costiere e terrestri) sono sottoposti ad un controllo di qualità prima di venire inseriti tra i dati di input del modello. Il vento risultante è poi utilizzato per modificare il campo di moto ondoso calcolato agli istanti precedenti.
Per ognuno dei 16 settori direzionali e delle 13 bande di frequenza utilizzate dal modello, le variazioni nell'energia del moto ondoso sono calcolate, in ogni punto del

reticolo, utilizzando il vento locale come input di energia e calcolando poi propagazione, dissipazione e trasferimento dell'energia tra bande spettrali.
La formulazione del modello ed i dettagli sono riportati negli articoli tecnici di Golding (1983) e Francis (1985) [**rif. 2,3**].
Esistono 2 versioni del modello di ricostruzione del moto ondoso: uno copre tutti gli oceani, l'altro le acque europee; entrambi sono operativi dal 1986.
Il Global Wave Model ha operato fino al 1988 su un grigliato latitudine/longitudine di 150 Km con un intervallo temporale di 12 ore. Dal giugno 1991 la risoluzione spaziale è di 85 Km e quella temporale di 6 ore. Esso opera in acque profonde, a profondità predefinita di 200 m.
L'European Wave Model ha una risoluzione spaziale di 25 Km e un intervallo temporale di 3 ore. Esso è innestato su quello globale, utilizza cioè come condizioni al contorno quelle calcolate dal Global Model, e tiene conto della profondità effettiva del fondale.
Come per tutti i modelli di utilizzo operativo, sono stati effettuati numerosi aggiornamenti nel corso degli anni: tra i più notevoli citiamo l'acquisizione dei dati trasmessi dal satellite ERS-1 (dal giugno 1993).
Nel corso degli anni si sono verificate occasionali interruzioni della routine operativa dovuti a malfunzionamenti e/o manutenzione del computer (ovviamente un "main-frame"): ne risultano alcuni periodi con dati mancanti, ma nella maggior parte dei casi le durate dell'interruzione sono inferiori a 12 ore.
Ad ogni istante temporale vengono forniti in output, per ogni punto-griglia, la velocità e direzione del vento ed i parametri caratteristici delle onde.
Allo stato attuale il modello calcola, ad ogni istante temporale, lo spettro di energia come funzione di 13 frequenze e 16 direzioni per un totale di 208 domini.
In ognuno di questi domini l'energia è calcolata considerando:

- l'input d'energia dovuto al vento locale, calcolato dal modello atmosferico;
- la propagazione dell'energia delle onde da punti-griglia adiacenti;
- il trasferimento di energia tra varie bande di frequenza;
- la dissipazione di energia dovuta a varie cause (attrito sul fondo, cappucci bianchi, etc.).

La distinzione tra mare da vento e mare lungo ("swell") è effettuata dal modello definendo automaticamente come swell tutta l'energia con direzione maggiore di 90° rispetto a quella del vento locale.
Dal punto di vista energetico, la soglia iniziale in frequenza, Fs, tra mare da vento e swell è calcolata come 0.8 volte la frequenza di picco F_p teorica: tutta l'energia la cui frequenza è maggiore di 0.8 F_p è chiamata "mare da vento", la rimanente è definita "swell".
In realtà il mare richiede un certo intervallo di tempo per "rispondere" al vento: quindi il mare da vento calcolato con la soglia iniziale potrebbe non aver raggiunto il suo stato di completo sviluppo ("Fully-Developed Sea") teorico. La differenza tra stato reale calcolato dal modello e stato teorico viene utilizzata per calcolare una frequenza di picco più realistica per il mare da vento ad ogni istante secondo la relazione:

$$Fp_{finale} = Fp_{teorica} \, (E_{teorica}/E_{modello})^{0.31} \qquad [4.1]$$

dove E è l'energia totale.
Dopo vari tests per minimizzare gli errori nel modello, la soglia in frequenza tra mare da vento e swell oggi utilizzata è la seguente:

$$Fs_{finale} = 0.7 \times 10^{(-0.04Y)} \qquad [4.2]$$

dove:

$$y = - 25 \log Fp_{finale}$$

Tali dati sono stati spesso utilizzati dalla DEAM, anche per studi lungo la costa ligure, quando era necessario conoscere in maniera dettagliata l'andamento locale del moto ondoso direzionale.
Resta comunque qualche perplessità sulla totale validità di tali dati nei pressi della costa, soprattutto quando essa è tortuosa e caratterizzata da baie e promontori, in quanto la schematizzazione del modello non è tale da permettere un'adeguata risoluzione spaziale.
Inoltre il modello è di "seconda generazione" e non è quindi in grado di ricostruire con sufficiente attendibilità il moto ondoso nel caso di eventi caratterizzati da vento rapidamente variabile nel tempo e nello spazio.
Per quanto concerne l'attendibilità dei dati di moto ondoso UKMO, essi, ove esistano misure e sia quindi possibile il confronto, generalmente sono in sostanziale accordo con le onde misurate per quanto concerne l'altezza d'onda, mentre non sempre l'accordo esiste per quanto riguarda la direzione, soprattutto in aree costiere.

4.3.2 I dati U.K.M.O. del Mar Ligure

I dati UKMO, messi a disposizione dal Committente per il presente studio, si riferiscono al punto-griglia di coordinate 44.0 N e 8.73 E, in acque profonde. Trattandosi dunque di dati al largo della costa in esame (**Fig. 4.1**), si presume che essi non siano affetti dalle problematiche sopra evidenziate tipiche dell'ambiente costiero.
Il periodo a cui si riferiscono i dati è dal 1/1/1987 al 31/12/1998, quindi il clima ondoso derivante dall'utilizzo di tali dati si riferisce a 12 anni.

4.4 Il metodo statistico

E' sicuramente complesso dedurre la relazione che intercorre tra vento e moto ondoso tramite rivelazioni simultanee a costa e al largo. E' comunque possibile, mediante un modello di tipo statistico basato sull'analisi multivariata, selezionare le variabili indipendenti più significative e quindi ricostruire il clima del moto ondoso [**rif. 4**].
Tuttavia esso non può essere applicato all'area in esame a causa della totale mancanza di misure.

4.5 Le misure nei pressi di La Spezia

Nell'area antistante La Spezia è ancorata, alle coordinate 43° 55.7' N e 9° 49.6' E, una boa ondametrica direzionale che fa parte della Rete Ondametrica Nazionale (RON) del Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale.
La boa è stata installata nel 1989 ed ha rilevato numerosi dati non solo di altezza, periodo e direzione delle onde, ma anche relativi allo spettro direzionale del moto ondoso.
Recentemente Il Servizio Idrografico ha cominciato a permettere l'accesso, su richiesta, alle statistiche effettuate sui dati rilevati dalla boa. Allo stato attuale, sono disponibili 12 anni, periodo che già avrebbe un notevole significato statistico; resta il fatto che il clima delle onde desumibile da tali dati può forse essere considerato rappresentativo del levante ligure, ma non certo del ponente, come verrà dimostrato nel seguito. Tali dati, essendo l'unica fonte di misure direzionali esistente, rappresentano comunque la base a cui fare riferimento per la definizione del clima ondoso nell'area in esame.

4.6 Le osservazioni visive

Storicamente, il primo tipo di statistica del moto ondoso disponibile deriva dalle osservazioni visive del vento e delle onde effettuate da navi in transito ("ship's observations").
Nei mari italiani, e al largo della Liguria in particolare, dove sono disponibili ben 20-30 anni di osservazioni, esse rappresentano spesso l'unica statistica a cui fare riferimento per analisi a lungo termine: risulta quindi di notevole importanza valutare l'attendibilità di tale data-base sia per quanto concerne le caratteristiche generali delle ship's observations che per quanto riguarda le caratteristiche peculiari del data-base relativo al Mar Ligure.
Naturalmente, la definizione delle proprietà del vento e del moto ondoso dalle osservazioni visive è un processo che comporta un significativo grado di variabilità nella stima: la raccolta di osservazioni visive effettuate volontariamente da navi in transito è una procedura relativamente poco costosa ed è dunque possibile, per molti anni, raccogliere una notevole messe di dati che possono in qualche modo compensare la variabilità delle singole osservazioni.
Un attento confronto tra dati misurati, dati ricostruiti ed osservazioni visive è stato effettuato da vari autori, in particolare da Soares [**rif. 5**], che pone l'accento sul fatto che, essendo le osservazioni effettuate da navi di differente tipo e dimensioni, i dati visivi mostrano una grande variabilità con conseguente "randomizzazione" dell'errore ed assenza di errori sistematici.
In conclusione è oggi accettato il fatto che un osservatore esperto tende a sottostimare leggermente le onde più basse ed a sovrastimare quelle più alte, mentre per altezze d'onda intermedie l'accordo tra l'altezza d'onda visiva H_v e l'altezza d'onda significativa H_s è considerato ottimo.

4.6.1 Calibrazione delle osservazioni visive delle onde

La necessità di tener conto, in fase di progettazione, della distorsione dei dati sopra-citati, ha generato una notevole letteratura sull'argomento, ma, anche a causa di

differenze sostanziali evidenziate nei risultati di differenti autori, la calibrazione è stata spesso trascurata e negli studi si è spesso effettuata l'implicita assunzione che altezza d'onda significativa H_s fosse coincidente con l'altezza d'onda visiva H_v .
Una revisione delle relazioni H_s - H_v è stata effettuata dal già citato Soares; le relazioni attualmente suggerite per valutare l'altezza d'onda significativa H_s dalle altezze d'onda visive H_v sono le seguenti:

$$H_s = 0.35 + 0.93\ H_v \quad \text{per } H_v < 5.0 \text{ m} \qquad [4.3]$$

$$H_s = 0.77 + 0.85\ H_v \quad \text{per } H_v \geq 5.0 \text{ m} \qquad [4.4]$$

I risultati ottenibili dalle relazioni precedenti necessitano di un breve commento.
La [4.3], applicabile ad altezze d'onda modeste, incrementa il valore di H_s rispetto a quello di H_v: onde visive di 1 m comportano H_s di 1.28 m, H_v di 2 m comportano H_s di 2.21 m e le differenze tendono a decrescere fino ad annullarsi per valori di $H_v = H_s = 5$ m. L'applicazione della [4.24 comporta, al contrario una diminuzione dell'H_s.
Considerando l'entità delle onde tipiche del Mar Ligure (per la maggior parte inferiori a 5 m), il clima, definito sulla base delle osservazioni visive, non sembra necessitare, in pratica, di calibrazione alcuna. Modificare le altezze d'onda anche di poco comporta tuttavia una differente pendenza nella distribuzione cumulata delle altezze d'onda e quindi un clima caratterizzato da un'energia diversa che si ripercuote ovviamente su tutte le applicazioni che necessitano in input del clima ondoso.

4.6.2 Calibrazione delle osservazioni visive del vento

Per quanto concerne i dati di vento KNMI, va notato che le osservazioni visive di intensità e direzione del vento rilevate a bordo di navi sono generalmente "corrette" adottando la relazione (Cardone et al., 1969) suggerita dallo Shore Protection Manual (**rif. 1**):

$$W = 2.16\ W_{obs}^{7/9} \qquad [4.5]$$

dove W_{obs} è la velocità del vento osservata e W è la velocità "corretta": entrambe sono espresse in nodi.

4.6.3 I dati K.N.M.I. del Mar Ligure

Le osservazione K.N.M.I relative al Bacino Ligure, nell'area di interesse, si riferiscono ad un periodo temporale di 20 anni, dal 1961 al 1980.
Per ogni osservazione vengono forniti: la posizione geografica della nave, la data di rilevamento, velocità e direzione di provenienza del vento, l'altezza e la direzione delle onde da vento, l'altezza e la direzione dello swell, il periodo delle onde ad altri parametri.
Per il presente studio sono stati selezionati i dati relativi ad un'area tale da garantire, nei limiti del possibile, la massima rappresentatività del clima al largo.

La **Fig. 4.1** riporta l'area selezionata, divisa in decimi di grado, e il numero dei dati contenuti. I due simboli indicano il baricentro dei dati e la maglia in cui è presente il maggior numero di osservazioni.
Effettuando un'attenta validazione dei dati, si ottiene un data-set di circa 7600 osservazioni, in quanto circa il 10% delle osservazioni risulta inattendibile per svariati motivi (errore nell'ubicazione, dati irrealistici, dati doppi e tripli).

4.6.4 I dati S.S.M.O del Mar Ligure-Tirreno

Le osservazioni visive da navi in transito denominate S.S.M.O si riferiscono, per il Mar Ligure-Tirreno, ad un periodo di osservazione di 60 anni (1910-1970).
Il numero di dati di moto ondoso è tuttavia esiguo, nonostante l'area sia decisamente molto vasta. Per tale motivo si è pertanto ritenuto opportuno non utilizzare tali dati, scarsamente significativi dal punto di vista statistico.

4.7 Conclusione

In conclusione, tenuto conto della scarsa presenza di dati misurati lungo l'arco ligure e la totale assenza lungo la riviera di ponente, la definizione di un clima ondoso rappresenta un problema non indifferente, come evidenziato in precedenza.
Nel seguito verrà effettuata un'analisi critica e un confronto tra i dati disponibili, e, sulla base di considerazioni che tengono conto di vari aspetti che saranno discussi, verrà definito il clima ondoso più opportuno da utilizzare per il paraggio in esame.

5. REGIME ANEMOLOGICO

La distribuzione della velocità del vento in funzione dei settori di provenienza è mostrata nella **Tab. 5.1**. La tabella si riferisce ai dati di vento ricostruiti dal modello U.K.M.O.
Il regime medio annuale è caratterizzato da una prevalenza dei settori da 0° a 60° N (circa 40%), mentre la frequenza degli eventi provenienti dagli altri settori è abbastanza uniforme.
Per quanto concerne le intensità, gli eventi con velocità inferiore a 6 m/s sono circa l'81%, mentre il 4% circa presenta velocità maggiori di 9 m/s.

La **Fig. 5.1** riporta la distribuzione del vento in forma grafica.

Ai fini dello studio è necessario valutare i valori estremi del vento trasversale e longitudinale alla costa.
Per ciascuna di tali distribuzioni sono stati calcolati i coefficienti α e β della funzione probabilistica di Weibull:

$$P(W>w) = 1 - \exp[-(w/\alpha)^{\beta}] \qquad [5.1]$$

dove w è la variabile (velocità del vento), α e β sono i parametri della distribuzione calcolati mediante la tecnica di best-fit ai minimi quadrati e quindi valutati i valori estremi per differenti periodi di ritorno.
Sono state considerate le distribuzioni direzionali 120-150° e 30-60° N (**Fig. 5.2**), in quanto rappresentative del vento trasversale e longitudinale rispettivamente (si ricorda che per avere set-up la costa deve trovarsi alla destra rispetto alla direzione di propagazione del vento).
I valori calcolati sono mostrati in **Tab. 5.2**.

6. CARATTERISTICHE DEL MOTO ONDOSO

Nel presente capitolo viene definito il clima del moto ondoso e calcolati i valori estremi al largo e a costa.

6.1 Confronto tra climi provenienti da fonti diverse

Per quanto discusso nel cap. 4, è fondamentale effettuare un confronto tra i climi derivanti dalle varie fonti informative disponibili, in modo da valutare le differenze e di definire il più rappresentativo per l'area in oggetto. Si ricorda che i dati sono relativi a:

- osservazioni visive S.S.M.O., scartate per quanto detto nel cap. 4;
- osservazioni visive K.N.M.I relative a 20 anni (1961-80).Il numero di dati è 7600. L'altezza d'onda visiva H_v, legata all'altezza significativa H_s dalle relazioni [4.3] e [4.4];
- dati ricostruiti ("hindcast data") dal modello U.K.M.O., relativi a 12 anni (1987-1998). Il numero di dati è 98760. In tal caso l'altezza d'onda è l'altezza significativa calcolata nel dominio della frequenza, denominata in genere H_{m0};
- misure di moto ondoso direzionale al largo di Spezia, relative a 12 anni (1989-2001). Anche in tal caso l'altezza significativa è calcolata a partire dallo spettro, è cioè H_{m0}.

Nel seguito verrà effettuata l'assunzione:

$$H_s \equiv H_{m0} \qquad [6.1]$$

anche se ciò non è rigorosamente vero (le differenze sono comunque insignificanti). Si sottolinea che l'adozione di H_{m0} è raccomandata in sede internazionale [**rif. 6**].
Nelle **Fig. 6.1, 6.2, 6.3** vengono mostrate, in forma grafica, le rose delle onde, cioè le distribuzioni della frequenza percentuale dell'altezza d'onda significativa per direzione di provenienza (**Tab. 6.1,6.2, 6.3**) relative ai differenti dati disponibili.
Dall'analisi di tali figure e tabelle si nota che:

- il clima di Spezia (**Fig. 6.1**) è caratterizzato dalla prevalenza e dominanza del settore 240°N, da cui proviene circa il 40% degli eventi; significativa anche la presenza di onda da 210° N (circa 16%) e da 180°N (circa 7%). Le altre direzioni presentano frequenze quasi trascurabili: ciò è dovuto alla particolare ubicazione della boa, aperta ai settori 180-270 e schermata, anche in misura notevole, per le altre possibili direzioni;
- il clima U.K.M.O. (**Fig. 6.2**) mostra anch'esso un'accentuata caratteristica direzionale, con prevalenza e dominanza dei settori 210° N (circa 27%) e 180°N (circa 13%), mentre gli eventi da 240°N si riducono al 9% circa. La presenza di onde da scirocco, associabile ai settori 120°-150°N, è dell'ordine del 15%;

- il clima K.N.M.I. (**Fig. 6.3**) mostra una distribuzione direzionale molto più uniforme, con frequenze identiche (circa il 9%) di eventi provenienti da 210° e 240°N, 7% di eventi da sud, circa 15% da scirocco.

Analizzando i punti di ubicazione delle fonti di dati (**Fig. 2.1**), si può notare che, procedendo verso ovest a partire dall'ondametro di Spezia, il settore di provenienza 240°N viene progressivamente schermata dalla costa ligure, mentre lo stesso non accade per il settore 210°; contemporaneamente le direzioni associate allo scirocco risultano sempre più aperte.
Conseguentemente il clima UKMO sembra, per quanto concerne la direzione, piuttosto congruente con quello che è logico attendersi sulla base del clima di Spezia, anche considerando che buona parte dei dati si riferiscono agli stessi anni di osservazione.

Procedendo ancora verso ovest, e cioè verso l'area costiera in esame, la schermatura diventa via via maggiore per il settore 240° e comincia ad interessare anche il 210°: per tali direzioni sembrerebbe abbastanza coerente anche il clima K.N.M.I., il cui baricentro delle osservazioni (**Fig. 4.1**) giace più vicino a costa rispetto al punto U.K.M.O., sebbene la riduzione della frequenza percentuale sembri troppo accentuata. Le direzioni corrispondenti allo scirocco mostrano le stesse frequenze di quelle U.K.M.O.. Completamente differenti invece le frequenze associate al NE-E che risultano di circa il 29% per il KNMI e del 16% per l'U.K.M.O.

Per quanto concerne la distribuzione delle altezze d'onda, la **Fig..** mostra il confronto tra le distribuzioni omnidirezionali dei vari data-set. Si noti come le rette relative ai dati di Spezia e a quelli U.K.M.O. siano praticamente parallele, indice dello stesso clima ondoso ma di energie diverse, la più elevata corrispondente alla boa di Spezia, come atteso dalla maggior esposizione del sito. La retta K.N.M.I., pur calibrando i dati secondo le relazioni [4.3] e [4.4], risulta decisamente differente; va tuttavia ricordato che i dati K.N.M.I. si riferiscono ad un periodo temporale completamente diverso rispetto agli altri due climi.
Dall'analisi complessiva dei risultati, sembra dunque maggiormente rappresentativo del sito in esame il clima U.K.M.O. a causa dei seguenti motivi principali:

- anni di osservazione compatibili con quelli delle misure
- elevato numero di dati su cui è basata la statistica
- soddisfacente congruenza con i dati misurati.

Occorre comunque tenere presente che, ai fini del quadro morfodinamico dell'area costiera, la maggiore percentuale di eventi dai settori meridionali dei dati U.K.M.O. comporta una andamento del trasporto longitudinale di segno opposto a quello che si otterrebbe con i dati KNMI.

6.1 Clima al largo nel lungo termine

La distribuzione dell'altezza d'onda al largo in funzione delle direzioni di provenienza principali è mostrata nella **Tab. 6.1.**
La **Fig. 6.1** riporta la distribuzione direzionale delle onde in forma grafica.

Per quanto riguarda il periodo associato alle onde, nel presente studio si farà uso della relazione:

$$H_s = 0.06\ T_s^2 \qquad [6.1]$$

generalmente utilizzata e che, dedotta da numerose misure effettuate nel Canale di Sicilia [**rif. 6**] e successivamente verificata su una gran messe di dati rilevati nel Mar Adriatico [**rif. 4**], può essere considerata ben rappresentativa del mare da vento.

6.2 Valori estremi delle onde al largo

Mediante best-fit con la funzione di distribuzione di Weibull sono stati stimati i valori estremi del moto ondoso per le direzioni all'interno del settore di traversia.
I valori stimati sono presentati in **Tab. 6.4**. I periodi significativi associati alle onde estreme sono stati ricavati mediante la relazione [6.1] precedentemente discussa.
Nella stessa tabella vengono presentati i valori dei parametri della distribuzione di Weubull calcolati e i coefficienti di correlazione tra funzione teorica e dati sperimentali.

6.3 Propagazione delle onde a costa

E' ben noto che nella propagazione dal largo verso acque meno profonde le onde subiscono delle trasformazioni dovute all'effetto del fondale (che inizia quando la profondità dell'acqua diventa circa metà della lunghezza d'onda).
Si hanno così i fenomeni di "rifrazione", cioè la rotazione dei fronti d'onda dovuta alla diminuzione della velocità delle onde con la profondità, di "shoaling", cioè un incremento o decremento dell'altezza d'onda legato alla concentrazione o dispersione dell'energia per effetto delle differenze tra velocità di fase dell'onda e velocità di gruppo (velocità con cui si propaga l'energia) causato dal fondale, di "attrito", cioè dalla dispersione di energia per effetto dell'attrito sul fondo che determina una riduzione dell'altezza dell'onda.
L'altezza dell'onda al largo H_o si modifica quindi continuamente nella sua propagazione verso le acque basse secondo la relazione:

$$H_i = H_o * K_r * K_s * K_f \qquad [6.2]$$

dove H_i è l'altezza d'onda locale, K_r, K_s, K_f sono rispettivamente i coefficienti di rifrazione, shoaling e attrito.
Senza entrare nei dettagli della teoria, va sottolineato che in caso di batimetria regolare, assimilabile ad un piano inclinato, l'altezza d'onda in acque basse è deducibile da relazioni analitiche che legano i parametri dell'onda a costa con quelli al largo.
Nel caso invece di batimetria irregolare, il metodo più opportuno per seguire un fronte d'onda che si avvicina a costa è la costruzione di un "diagramma di rifrazione"(o "piano d'onda"): tale metodo fornisce infatti una visione globale dei fronti d'onda evidenziandone la rotazione al variare della profondità. In generale, invece dei fronti, è preferibile tracciare gli "ortogonali d'onda" (o "raggi d'onda") definiti come linee perpendicolari in ogni punto al fronte d'onda.

Tali ortogonali, che in acque profonde sono equidistanti e paralleli, procedendo verso le acque basse variano la loro distanza e diventano convergenti o divergenti in funzione delle caratteristiche batimetriche, evidenziando quindi immediatamente (anche dal punto di vista grafico) le aree di maggiore e minore concentrazione di energia ondosa.
Per valutare il clima costiero all'imboccatura portuale si è fatto uso di un modello di tipo analitico, considerando i fondali al largo assimilabili ad un piano inclinato.
Per l'analisi dettagliata della propagazione a costa dei valori estremi si è invece fatto uso di un modello numerico che, nota la batimetria dell'area, consente di valutare le modifiche subite dal moto ondoso incidente per effetto di shoaling, rifrazione e attrito.
Un'ampia descrizione del modello utilizzato è fornita nell'**Appendice 1**.

La geometria del modello (**Fig. 6.5**) è stata estesa alla seguente area:

- dimensioni dell'area: 11470x8510 m
- dimensioni della maglia: 185x185 m
- dimensioni del reticolo: 62x46 maglie
- numero di punti totali: 1472.

In ciascuna maglia del modello è stato definito il valore della profondità mediante una procedura automatica di "gridding" a partire dalla batimetria misurata integrata dai valori al largo dedotti dalla carta nautica.
Il modello è stato utilizzato per la simulazione della propagazione a costa delle onde estreme.
In prima analisi sono stati valutati i limiti del settore direzionale da cui possono prevenire le onde, mediante la tecnica del "backtracing" (rifrazione inversa): a partire da un punto antistante l'area in esame sono stati calcolati i raggi d'onda verso il largo.
Alcuni esempi grafici sono riporttai nelle **Figg. 6.6-6.7**: nelle figure sono evidenziati gli estremi superiore e inferiore del settore di esposizione delle onde per i vari periodi di interesse.
Nelle vengono presentati alcuni esempi grafici delle varie simulazioni, relativamente alle onde caratterizzate da periodi di ritorno decennali:

- diagramma di rifrazione (**Figg. 6.8-6.12**)e limite esterno dell'area di frangimento delle onde (rappresentato da *);

- isolinee (**Figg. 6.13-6.14**) di altezza d'onda significativa (con passo di 0.3 m di altezza);

Dall'analisi dei grafici risultano evidenti i seguenti aspetti:

- per tutti i settori direzionali che interessano l'area in esame la propagazione a costa è regolare e non si osservano zone di convergenza dove l'energia venga concentrata;
- il frangimento delle onde avviene ovunque in maniera regolare, non esistono cioè aree interessate da frangimento più al largo;
- il campo di moto ondoso ondoso nell'area costiera è uniforme, con isolinee parallele alla costa.

Dal punto di vista generale non sembrano dunque esistere aree in cui il moto ondoso presenti energie più accentuate o dove il frangimento avvenga a distanze da costa tali da poter essere considerato l'elemento di instabilità dei litorali.

6.4 Clima a costa

Il clima a costa nel lungo termine è stato calcolato, sulla base del clima al largo di **Tab. 6.1**, nell'area antistante la spiaggia in progetto alla profondità di 10 m.
I risultati sono presentati in **Tab. 6.5** per settori direzionali di 15°. Si noti come l'area antistante Diano Marina sia caratterizzata dalla presenza di solo il 58% circa degli eventi ondosi che interessano il largo; il settore prevalente è il sud, con frequenze percentuali di circa l'11 % per la direzione 180°N e del14% per la direzione 195°N.
In **Fig. 6.15** le distribuzioni calcolate sono riportate in forma grafica.

7. VARIAZIONI DEL LIVELLO MARINO

La realizzazione del porto e la progettazione di una spiaggia artificiale prevedono la conoscenza dettagliata delle variazioni del livello del mare nell'area costiera antistante, in modo da poter definire l'altezza delle banchine e quantificare le dimensioni della spiaggia emersa attiva nei confronti del trasporto sedimentario.
La variazione del livello marino in prossimità della costa è dovuta a varie cause, nel seguito elencate e commentate.

7.1 Set up da vento

La variazione del livello del mare a costa, causata dallo stress del vento sulla superficie marina si può estendere ad una fascia costiera piuttosto ampia, le cui dimensioni trasversali sono dell'ordine del "raggio di deformazione di Rossby", R.
Non esistono dati di tale effetto lungo la costa ligure: tenuto conto della particolare orografia del golfo e del continuo passaggio di perturbazioni atmosferiche, si ritiene tuttavia che tale effetto possa risultare anche notevole. Andrebbero pertanto stimate le possibili componenti longitudinali e trasversali alla costa della velocità del vento e valutati, nei vari casi, le oscillazioni di livello generate. L'applicazione di un modello idrodinamico bidimensionale potrebbe risolvere il problema con ragionevole approssimazione, ma esso dovrebbe essere applicato a tutto il golfo, con un onere computazionale non trascurabile.
Si è quindi cercato di risolvere il problema, nell'attuale fase, mediante relazioni semplificate, considerando sia il vento longitudinale che quello trasversale alla costa. Vengono pertanto calcolati i contributi di vari termini forzanti nell'innalzamento complessivo del livello del mare.
L'equazione che descrive l'equilibrio tra lo stress del vento ortogonale a costa e la pendenza della superficie del mare è scritta come:

$$\frac{\partial \eta}{\partial x} = \frac{\tau_w}{\rho_w d_R} \qquad [7.1]$$

dove d_R è la profondità del fondale, ρw la densità dell'acqua, τ_w lo stress del vento che può essere calcolato in funzione della velocità del vento W come:

$$\tau_W \equiv \rho_{air} C_d W^2$$

ed il coefficiente di drag C_d può essere calcolato come (Garrat, 1977):

$$C_D = 6.9 \cdot 10^{-4} + 7.5 \cdot 10^{-5} W \qquad [7.2]$$

dove W rappresenta la velocità media del vento su un intervallo di 10' e alla quota di 10 m rispetto al livello medio del mare.
La distanza su cui si esplica la variazione del livello del mare espresso dall'equazione [7.1] può essere assunta uguale al "raggio di Rossby", definito come:

$$R = \frac{\sqrt{d_R}}{f} \qquad [7.3]$$

dove f = 2ωsin φ è il parametro di Coriolis, ω la velocità di rotazione della terra, φ la latitudine
L'innalzamento del livello medio per effetto del vento longitudinale a costa, con la costa a destra rispetto alla direzione da cui il vento spira, è descritta dall'equazione:

$$\eta = \frac{t\tau_w}{\rho_{air} fR} e^{-x/R} \qquad [7.4]$$

dove x è la distanza da costa e t è il tempo per cui spira il vento.
Tale formula viene ottenuta in approssimazione di costa infinita e assenza di attrito, da cui deriva che l'innalzamento cresce indefinitamente con il tempo. In realtà, anche con vento costante, si raggiungerebbe una condizione di equilibrio definita dai fenomeni di attrito.
Nei calcoli si è assunta una durata del vento di 3 ore, cioè la durata tipica stimata per i picchi di tempesta ed una profondità d_R pari a 50 m, che è all'incirca quella media antistante la costa in esame.

7.3 Innalzamento dovuto alla marea

La parte deterministica dell'oscillazione del livello, dovuta alla marea, risulta dal contributo di un gran numero di componenti elementari di periodicità nota (componenti armoniche) e può essere espressa con l'equazione:

$$L_D(t) = \sum_1^N A_k \cos(\omega_k t + \varphi_k) \qquad [7.5]$$

dove:

A_k è l'ampiezza della k-esima componente armonica della corrente di marea;

ω_k è la sua velocità angolare;

φ_k è la sua fase

N è il numero di componenti armoniche.

Poiché le ω_k sono note, l'individuazione dell'oscillazione di marea si riduce alla determinazione delle costanti armoniche A_k e φ_k delle principali componenti di marea.

Nell'area di studio l'oscillazione di marea può essere rappresentata, con approssimazione più che sufficiente, attraverso le sole componenti M2 e S2 (semi-diurne), 01 e K1 (diurne).
Ampiezza e fase di tali componenti armoniche per la stazione mareografica di Imperia sono riportate nella **Tab. 7.1.**
Attraverso tali componenti, dedotte dal volume "Tide Tables, European Waters" dell'Ammiragliato Inglese, è stata ricostruita una serie temporale di 1 mese dell'oscillazione di marea a Imperia.
La **Fig. 7.1** mostra l'oscillazione ottenuta ed evidenzia i due periodi tipici corrispondenti al "neap" (fase di quadratura) e allo "spring" (fase di sizigie).
Nella **Tab. 7.2** sono evidenziati i parametri tipici della marea e precisamente:

- M.H.W.S., cioè la media del livello, in fase di sizigie, durante l'alta marea;
- M.H.W.N., cioè la media del livello, in fase di quadratura, durante l'alta marea;
- M.L.W.N., cioè la media del livello, in fase di quadratura, durante la bassa marea;
- M.L.W.S., cioè la media del livello, in fase di sizigie, durante la bassa marea;
- M.T.L., cioè il livello medio di marea.

7.4 Battimenti

Per definizione, il battimento consiste nella variazione irregolare del livello medio su periodi di alcune decine di volte il periodo delle onde (quindi periodi dell'ordine dei 100 secondi). Una formula empirica di stima di tale variazione per onde irregolari è data da (Goda, 1985):

$$\eta = \frac{0.01 H_S}{\sqrt{\frac{H_S}{L}\left(1+\frac{d}{H_S}\right)}} \qquad [7.6]$$

dove d rappresenta la profondità dell'acqua immediatamente prima che le onde subiscano il frangimento.

7.5 Risultati

I risultati ottenuti dall'applicazione delle formule precedenti sono sintetizzati nella tabella seguente:

LIVELLO DEL MARE	VALORI ESTREMI 1 ANNO (cm)	VALORI ESTREMI 10 ANNI (cm)
wind set-up trasversale	19	34
wind set-up longitudinale	20	30
marea	20	30
surf-beat	5	8

I valori trovati necessitano di un breve commento:

- per i calcoli sono state utilizzate formule semplificate, alcune di tipo semi-empirico, che tuttavia hanno una loro validità generale. In particolare il wind set-up è stato calcolato con formule che hanno spesso avuto riscontri oggettivi: da sottolineare però che è stato totalmente trascurato l'attrito;
- per i valori di innalzamento del livello marino dovuti alla marea, si è ipotizzato che il valore estremo sia rappresentato dal MHWS sia per periodi di ritorno di 1 anno che di 10 anni: ciò in quanto i due valori hanno in pratica la stessa probabilità;
- nella stima non sono stati inclusi gli effetti dovuti alle depressioni atmosferiche, in quanto non sono risultate disponibili informazioni sui gradienti barici tipici dell'area.

La tabella riporta i valori di livello indotti dai vari termini forzanti: per conoscere le variazioni totali si ricorda che sommare tutti i contributi ha poco senso in quanto si otterrebbe una stima decisamente cautelativa. Una più corretta analisi dovrebbe portare alla stima della probabilità congiunta dei vari contributi, ma tale stima è impossibile per la totale mancanza di dati simultanei relativi ai vari processi fisici considerati.

Tenuto conto delle osservazioni precedenti, i valori di elevazione presentati in tabella debbono essere considerati esclusivamente come ragionevolmente indicativi delle variazioni di livello: considerare un valore complessivo di 40 cm per periodi di ritorno di 1 anno e di 50 cm per 10 anni sembra del tutto ragionevole.

8. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

1. U.S. CORPS OF ENGINEERS - Shore Protection Manual, 1984

2. GOLDING B., 1983 - A wave prediction system for real-time sea state forecasting, R. Met. Soc., 109, pp. 393-416.

3. FRANCIS P.E., 1988 - Sea surface wave and storm surge models, Meteorological Magazine, 114.

4. RAMPOLLI M., BIANCARDI A., DE FILIPPI GL., 1996 - “Meteoceanographic Premises for structural Design Purpose in the Adriatic Sea: Acquisition and Processing of Data “, O.M.A.E., Florence, (Italy)

5. SOARES C.G. - 1986 - Assessment of the uncertainty in visual observations of wave height - Ocean Engng., Vol. 13, No. 1, pp. 37-56

6. INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR HYDRAULIC RESEARCH, 1986 – List of Sea State Parameters, Suppl to Bulletin n. 52, PIANC

7. GRANCINI G.F., IOVENITTI L., DE FILIPPI G.L., 1979 - Analisi del moto ondoso nel Canale di Sicilia - Cetena, Genova.

INDICE DELLE TABELLE

TAB. 5.1 - FREQUENZA PERCENTUALE DELLA VELOCITA' DEL VENTO PER DIREZIONE DI PROVENIENZA – DATI RICOSTRUITI DA U.K.M.O.

TAB. 5.2 - VALORI ESTREMI DELLA VELOCITA' DEL VENTO LONGITUDINALE ALLA COSTA

TAB. 6.1 - DISTRIBUZIONE DELLA FREQUENZA PERCENTUALE DELL'ALTEZZA D'ONDA SIGNIFICATIVA PER DIREZIONE DI PROVENIENZA (DATI BOA DI SPEZIA)

TAB. 6.2 - DISTRIBUZIONE DELLA FREQUENZA PERCENTUALE DELL'ALTEZZA D'ONDA SIGNIFICATIVA PER DIREZIONE DI PROVENIENZA (DATI U.K.M.O.)

TAB. 6.3 - DISTRIBUZIONE (%) DELL'ALTEZZA D'ONDA AL LARGO IN FUNZIONE DELLA DIREZIONE DI PROVENIENZA (DATI K.N.M.I. 1961-80)

TAB. 6.4 - VALORI ESTREMI DELLE ONDE AL LARGO PER DIREZIONE DI PROVENIENZA

TAB. 6.5 - CLIMA ONDOSO A COSTA ALLA PROFONDITA' DI 10 m

TAB. 7.1 - AMPIEZZA E FASE DELLE COMPONENTI DI MAREA A IMPERIA

TAB. 7.2 - INNALZAMENTO DEL LIVELLO MARINO A IMPERIA DOVUTO ALLA MAREA

DIR	W (m/s)					
(°N)	<3	6	9	12	>12	TOTALE
0	3.54	8.65	3.03	1.06	0.22	16.50
30	3.25	6.90	3.42	1.00	0.12	14.69
60	2.88	4.03	1.48	0.36	0.03	8.78
90	2.26	2.10	0.62	0.10	0.04	5.12
120	2.25	1.46	0.36	0.09	0.02	4.18
150	2.58	1.78	0.30	0.07	0.04	4.77
180	3.52	3.73	0.78	0.12	0.03	8.18
210	3.88	6.13	1.80	0.32	0.04	12.17
240	3.20	3.29	0.86	0.13	0.04	4.52
270	2.68	1.88	0.35	0.06	-	4.97
300	2.71	1.97	0.38	0.05	0.01	5.12
330	2.93	3.88	0.87	0.23	0.09	8.00
TOTALE	35.67	45.80	14.24	3.59	0.69	100.00

TAB. 5.1 - FREQUENZA PERCENTUALE DELLA VELOCITA' DEL VENTO PER DIREZIONE DI PROVENIENZA – DATI RICOSTRUITI DA U.K.M.O.

W (m/s)	PERIODO DI RITORNO	
	1 ANNO	10 ANNI
VENTO TRASVERSALE	14.1	17.7
VENTO LONGITUDINALE	14.3	16.4

TAB. 5.2 - VALORI ESTREMI DEL VENTO TRASVERSALE E LONGITUDINALE ALLA COSTA

DEAM

DIR	Hs (m)															
(°N)	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	>7.0	TOTALE
0	1.93	1.86	0.35	0.01												4.15
30	1.95	1.17	0.20													3.32
60	0.59	0.27	0.04													0.90
90	0.46	0.17	0.02	0.01												0.66
120	0.74	0.86	0.26	0.05	0.01											1.92
150	2.38	2.88	1.14	0.24	0.03	0.01	0.00									6.68
180	4.67	4.61	1.48	0.53	0.16	0.05	0.01	0.01								11.52
210	5.53	4.88	2.78	1.45	0.76	0.26	0.08	0.04								15.78
240	11.29	12.17	6.07	3.75	2.28	1.39	0.74	0.50	0.21	0.09	0.04	0.01	0.01	0.00		38.55
270	5.86	2.73	0.66	0.17	0.09	0.03	0.01	0.00								9.55
300	2.62	1.17	0.29	0.05	0.01											4.14
330	1.37	1.09	0.22	0.01												2.69
TOTALE	39.39	33.86	13.51	6.27	3.34	1.74	0.84	0.55	0.21	0.09	0.04	0.01	0.01	0.00	0.00	99.86

CALMA: 0.14

Legenda: "0.00" significa percentuali <0.01 %

TAB. 6.1 - DISTRIBUZIONE DELLA FREQUENZA PERCENTUALE DELL'ALTEZZA D'ONDA SIGNIFICATIVA PER DIREZIONE DI PROVENIENZA (DATI BOA DI SPEZIA)

DEAM

DIR	Hs (m)									
(°N)	<0.5	0.6-1	1.1-1.5	1.6-2.0	2.1-2.5	2.6-3.0	3.1-3.5	3.6-4.0	4.1-4.5	TOT
0	2.54	2.88	1.38	0.28	0.08	0.01				7.17
30	2.61	2.35	1.28	0.19	0.01					6.44
60	2.30	1.61	0.72	0.27	0.06	0.01				4.97
90	2.52	1.52	0.53	0.19	0.06	0.01	0.00	0.00	0.00	4.84
120	3.06	1.80	0.63	0.24	0.05	0.01	0.00	0.01	0.01	5.81
150	5.27	3.02	0.91	0.19	0.11	0.05	0.03	0.01		9.59
180	7.36	3.93	1.06	0.35	0.11	0.05	0.03	0.01	0.00	12.90
210	12.38	9.14	3.61	1.43	0.42	0.14	0.03	0.00	0.00	27.16
240	4.64	3.18	0.71	0.31	0.05	0.01				8.90
270	1.69	1.86	0.30	0.07	0.01	0.01				3.94
300	1.19	1.56	0.29	0.10	0.03					3.17
330	1.50	2.93	0.49	0.14	0.04	0.00				5.11
TOT	47.06	35.78	11.91	3.76	1.03	0.31	0.09	0.04	0.02	100.00

Legenda: "0.00" significa percentuali <0.01 %

TAB. 6.2 - DISTRIBUZIONE DELLA FREQUENZA PERCENTUALE DELL'ALTEZZA D'ONDA SIGNIFICATIVA PER DIREZIONE DI PROVENIENZA (DATI U.K.M.O.)

DEAM

DIR	Hv (m)											
(°N)	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	>5	TOTALE
0	9.06	2.14	0.36	0.2	0.05	0.03	0.01					11.85
30	8.25	1.27	0.49	0.28	0.08	0.08	0.03		0.01			10.49
60	7.46	1.47	0.63	0.32	0.18	0.09	0.01	0.03	0.01	0.01		10.21
90	6.62	0.98	0.24	0.13								7.97
120	6.33	0.82	0.11	0.09	0.03							7.38
150	6.34	0.75	0.09	0.04	0.04	0.01						7.27
180	6.05	0.46	0.16	0.16	0.01	0.01	0.01					6.86
210	6.68	1.27	0.3	0.24	0.08	0.03	0.03	0.01				8.64
240	6.64	1.06	0.48	0.29	0.25	0.08	0.03	0.07	0.01			8.91
270	5.32	0.42	0.24	0.15		0.05	0.03			0.01	0.03	6.22
300	5.26	0.22	0.11	0.05	0.05	0.01		0.01				5.71
300	6.05	0.78	0.17	0.04	0.07	0.01						7.16
TOTALE	80.1	11.64	3.38	1.99	0.84	0.4	0.15	0.11	0.03	0.02	0.03	98.69

VARIABILE = 1.31

TAB. 6.3 - DISTRIBUZIONE (%) DELL'ALTEZZA D'ONDA AL LARGO IN FUNZIONE DELLA DIREZIONE DI PROVENIENZA
(DATI K.N.M.I. 1961-80)

DATI U.K.M.O.

	PERIODO DI RITORNO			
DIR.	1 anno		10 anni	
(°N)	Hs (m)	Ts (s)	Hs (m)	Ts (s)
90	2.6	6.6	3.6	7.7
120	2.8	6.8	3.9	8.1
150	2.8	6.8	3.8	8.0
180	2.9	7.0	4.0	8.2
210	3.2	7.3	4.1	8.3

TAB. 6.4 - VALORI ESTREMI DELLE ONDE AL LARGO PER DIREZIONE DI PROVENIENZA

DIR	Hs (m)									
(°N)	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	TOTALE
60	0.07	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10
75	1.08	0.62	0.16	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.88
90	1.41	0.99	0.36	0.07	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	2.84
105	1.45	0.92	0.36	0.14	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	2.88
120	1.61	1.01	0.38	0.15	0.04	0.01	0.01	0.01	0.00	3.19
135	2.12	1.29	0.43	0.13	0.05	0.03	0.01	0.00	0.00	4.07
150	2.77	1.70	0.55	0.13	0.09	0.03	0.01	0.00	0.00	5.27
165	3.54	2.30	0.75	0.23	0.05	0.02	0.01	0.00	0.00	6.90
180	5.53	3.92	1.03	0.19	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	10.70
195	8.95	4.36	0.65	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.96
210	4.66	1.41	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.16
TOT	33.18	18.54	4.76	1.07	0.27	0.09	0.03	0.01	0.00	57.95

EVENTI RESIDUI : 42.05

TAB. 6.5 - CLIMA ONDOSO A COSTA ALLA PROFONDITA’ DI 10 m

COMPONENTE	AMPIEZZA (cm)	FASE (gradi)
M2	8	266
S2	3	284
K1	4	206
01	2	123

TAB. 7.1 - AMPIEZZA E FASE DELLE COMPONENTI DI MAREA A IMPERIA

	ALTEZZA (cm)
MEAN HIGH WATER SPRING	30
MEAN HIGH WATER NEAP	20
MEAN TIDE LEVEL	15
MEAN LOW WATER NEAP	10
MEAN LOW WATER SPRING	0

TAB. 7.2 - INNALZAMENTO DEL LIVELLO MARINO A IMPERIA DOVUTO ALLA MAREA

INDICE DELLE FIGURE

FIG. 2.1 - DATI DI MOTO ONDOSO DISPONIBILI: DEL PUNTO GRIGLIA U.K.M.O. E DEL BARICENTRO DEI DATI K.N.M.I.

FIG. 3.1 - AREA DI STUDIO

FIG. 3.2 - BATIMETRIA DELL'AREA DI STUDIO

FIG. 4.1 - NUMERO DI OSSERVAZIONI K.N.M.I. DISPONIBILI NELL'AREA DI STUDIO, BARICENTRO DEI DATI E UBICAZIONE DEL PUNTO GRIGLIA U.K.M.O.

FIG. 5.1 - ROSA DEI VENTI

FIG. 5.2 - DISTRIBUZIONI DEL VENTO TRASVERSALE E LONGITUDINALE ALLA COSTA

FIG. 6.1 - ROSA DELLE ONDE (DATI BOA DI SPEZIA)

FIG. 6.2 - ROSA DELLE ONDE (DATI U.K.M.O.)

FIG. 6.3 - ROSA DELLE ONDE (DATI K.N.M.I.)

FIG. 6.4 - CONFRONTO TRA LE DISTRIBUZIONI OMNIDIREZIONALI DELLE ONDE AL LARGO PROVENIENTI DA FONTI INFORMATIVE DIVERSE

FIG. 6.5 - SCHEMA DEL MODELLO DI PROPAGAZIONE DELLE ONDE A COSTA

FIG. 6.6 - DIAGRAMMI DI RIFRAZIONE INVERSA PER ONDE DI PERIODO 5 E 6 s

FIG. 6.7 - DIAGRAMMI DI RIFRAZIONE INVERSA PER ONDE DI PERIODO 7 E 8 s

FIG. 6.8 - DIAGRAMMA DI RIFRAZIONE PER ONDE ESTREME DECENNALI DA 150° N – 8.0 s

FIG. 6.9 - DIAGRAMMA DI RIFRAZIONE PER ONDE ESTREME DECENNALI DA 90° N – 7.7 s

FIG. 6.10 - DIAGRAMMA DI RIFRAZIONE PER ONDE ESTREME DECENNALI DA 120° N – 8.1 s

FIG. 6.11 - DIAGRAMMA DI RIFRAZIONE PER ONDE ESTREME DECENNALI DA 180° N – 8.2 s

FIG. 6.12 - DIAGRAMMA DI RIFRAZIONE PER ONDE ESTREME DECENNALI DA 210° N – 8.3 s

FIG. 6.13 - ISOLINEE DI ALTEZZA D'ONDA SIGNIFICATIVA NELL'AREA COSTIERA

FIG. 6.14 - ISOLINEE DI ALTEZZA D'ONDA SIGNIFICATIVA NELL'AREA COSTIERA

FIG. 6.15 - ROSA DELLE ONDE A COSTA – PROFONDITA' 10 m

FIG. 7.1 ANDAMENTO DELL'OSCILLAZIONE DI MAREA A IMPERIA

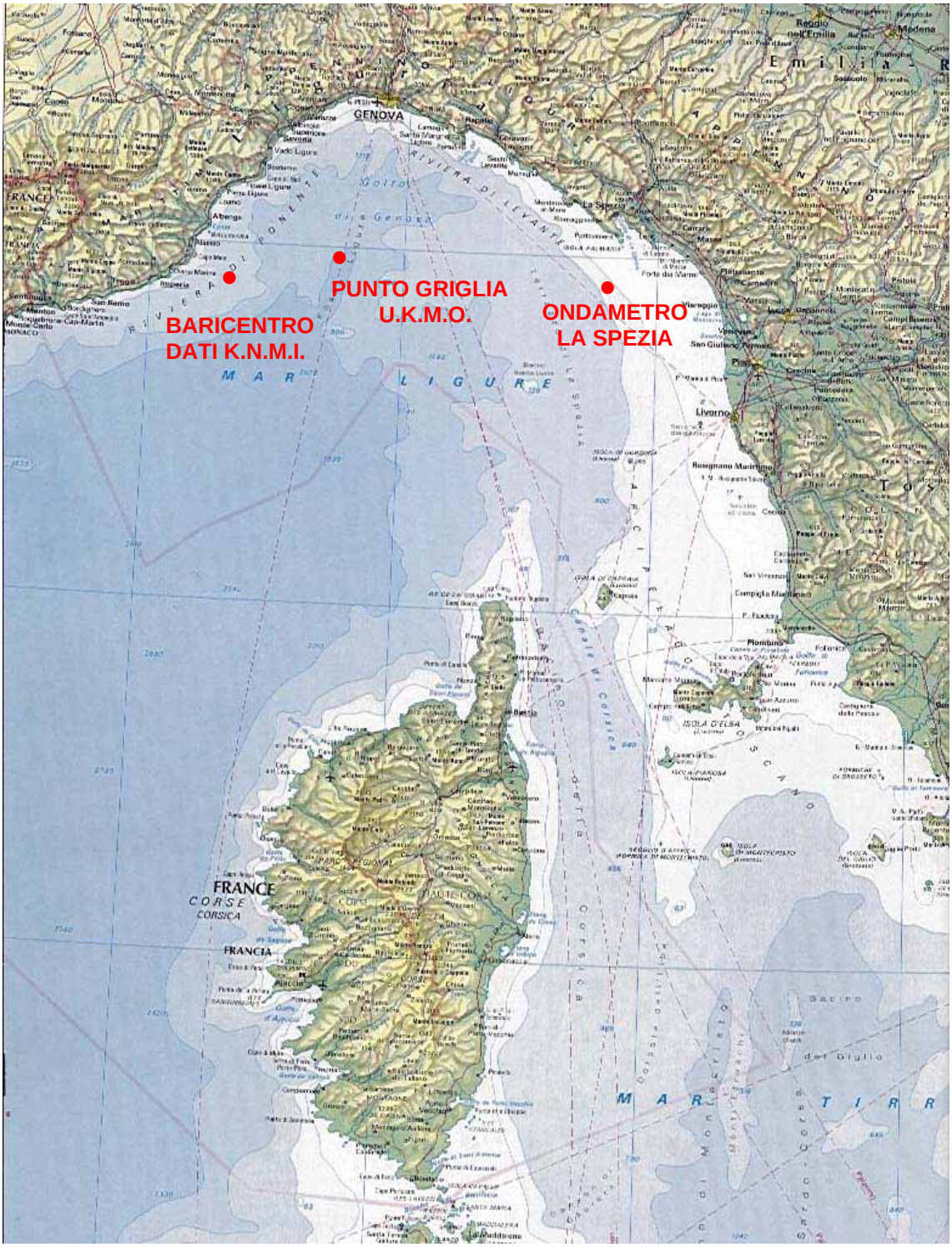


FIG. 2.1 – DATI DI MOTO ONDOSO DISPONIBILI: DEL PUNTO GRIGLIA U.K.M.O. E DEL BARICENTRO DEI DATI K.N.M.I.



FIG. 3.1 – AREA DI STUDIO

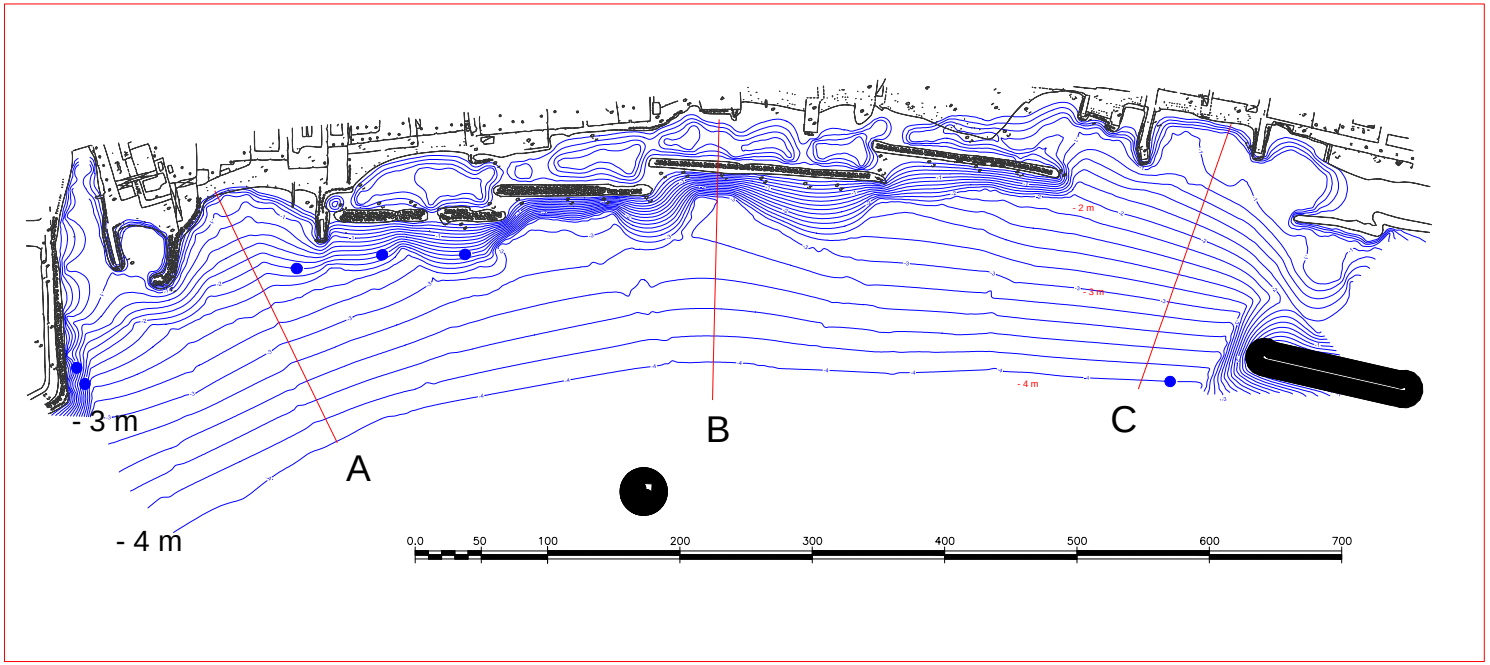


FIG. 3.2 – BATIMETRIA DELL'AREA DI STUDIO

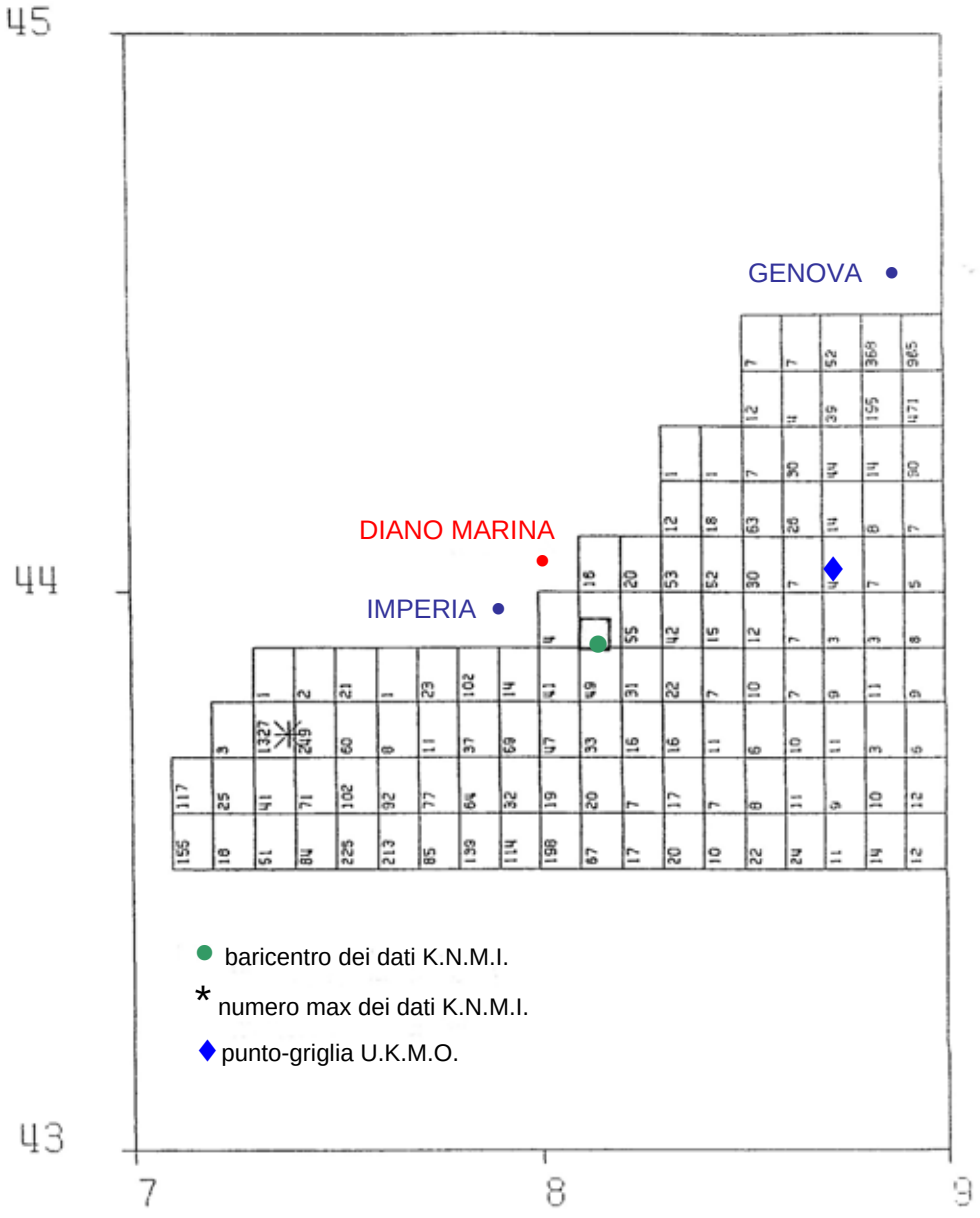


FIG. 4.1 - NUMERO DI OSSERVAZIONI K.N.M.I. DISPONIBILI NELL'AREA DI STUDIO, BARICENTRO DEI DATI E UBICAZIONE DEL PUNTO GRIGLIA U.K.M.O.

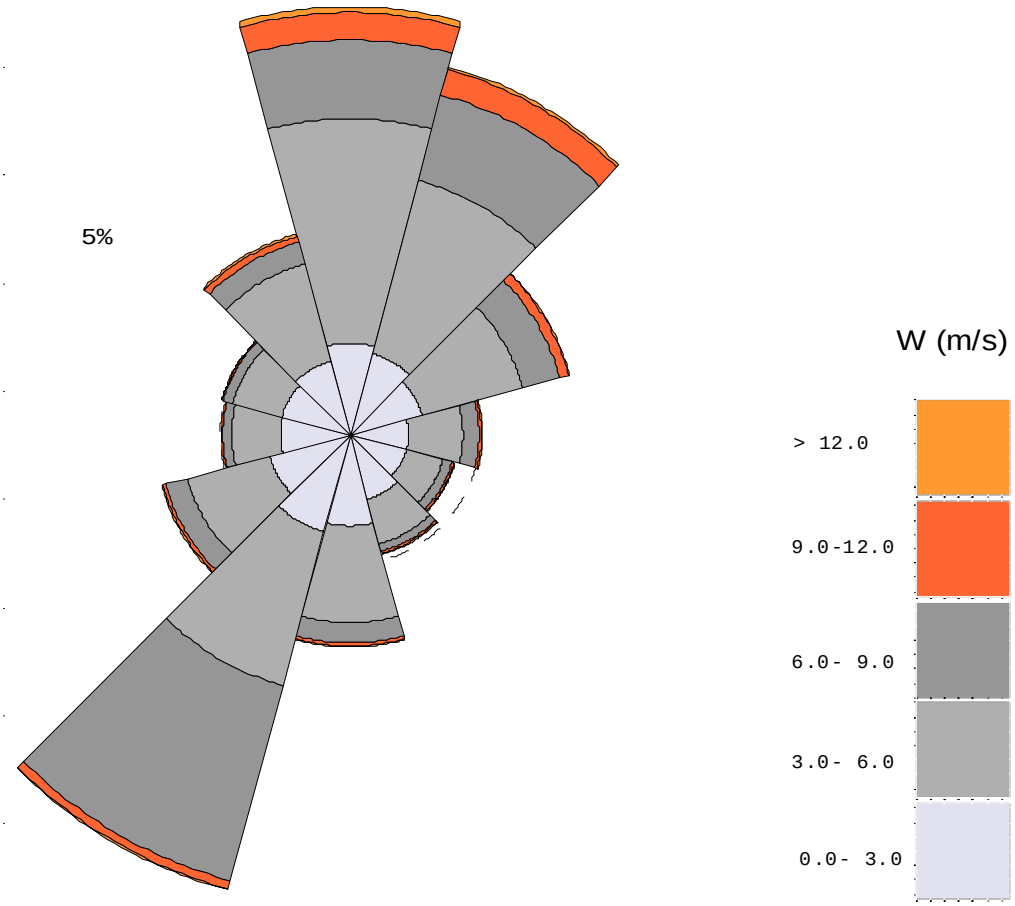


FIG. 5.1 – ROSA DEI VENTI

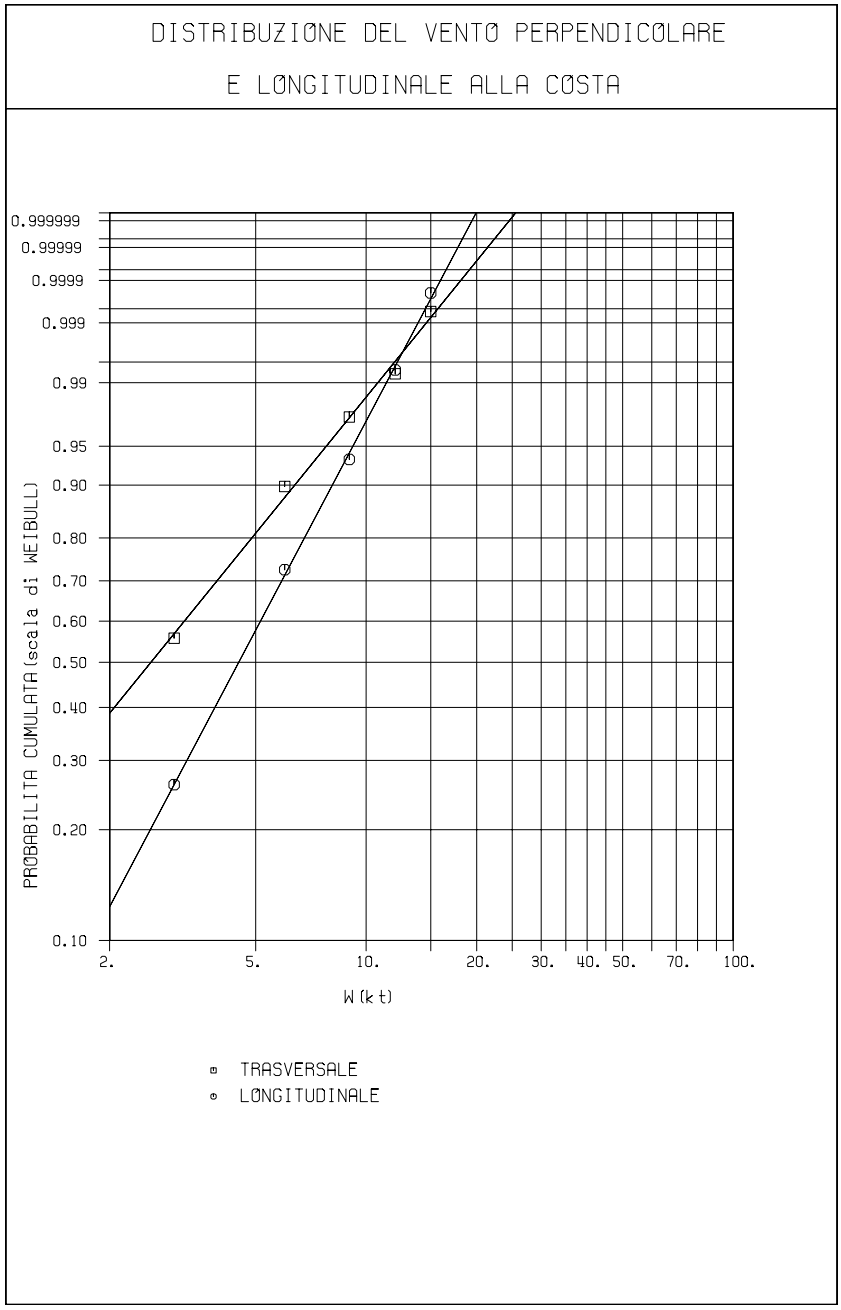


FIG. 5.2 - DISTRIBUZIONI DEL VENTO TRASVERSALE E LONGITUDINALE ALLA COSTA

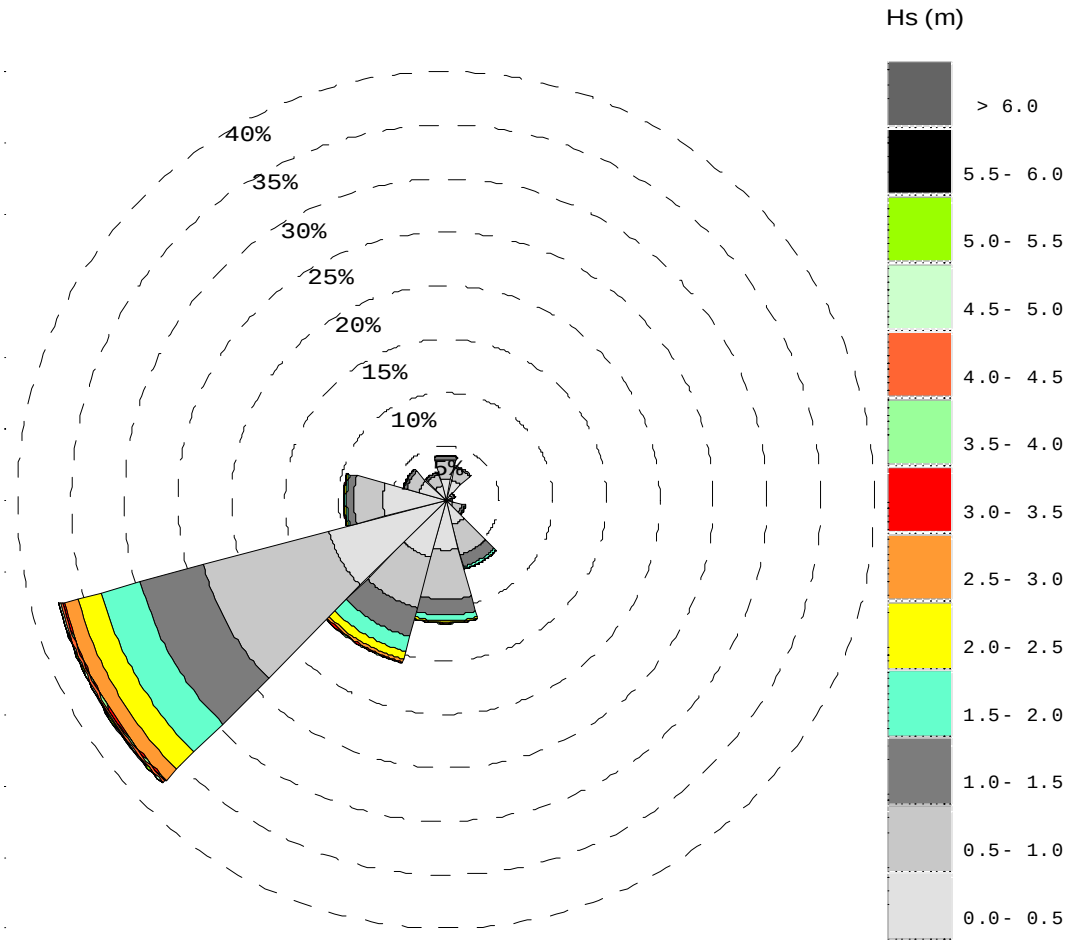


FIG. 6.1 – ROSA DELLE ONDE (DATI BOA DI SPEZIA)

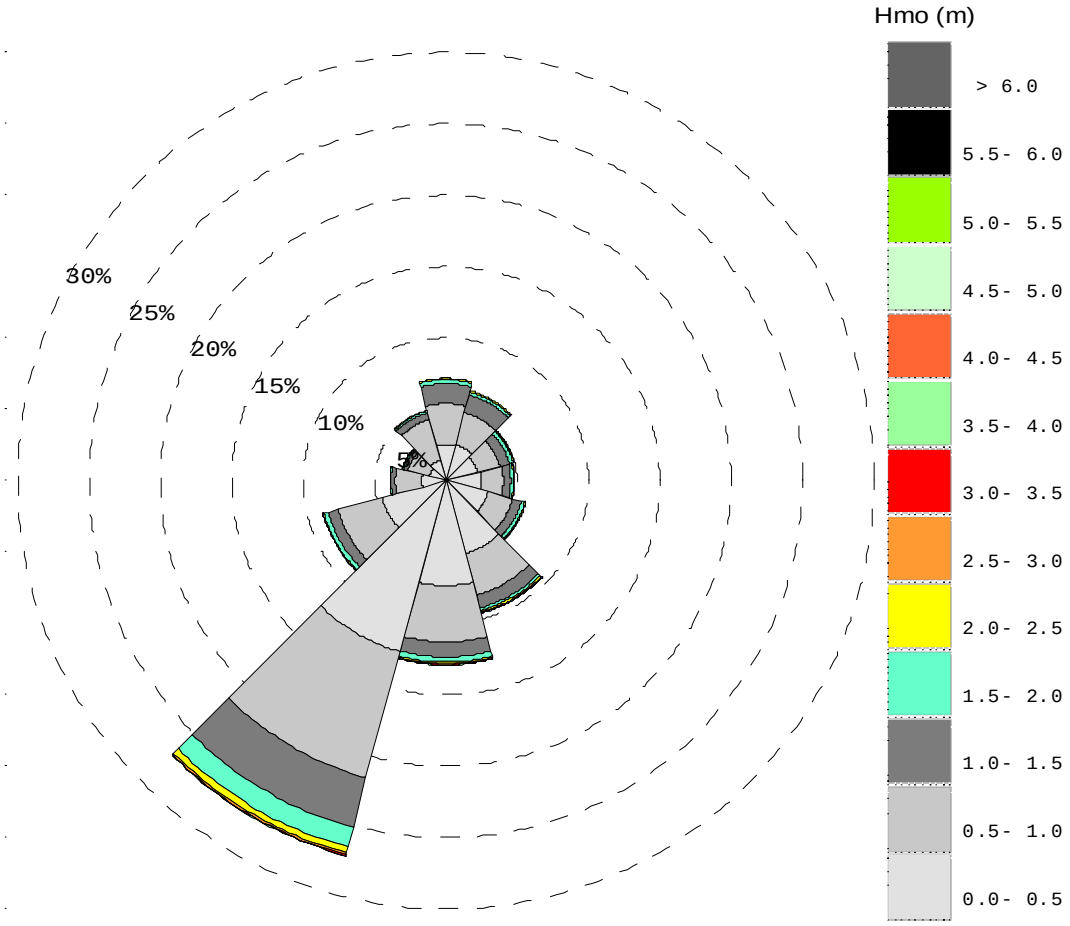
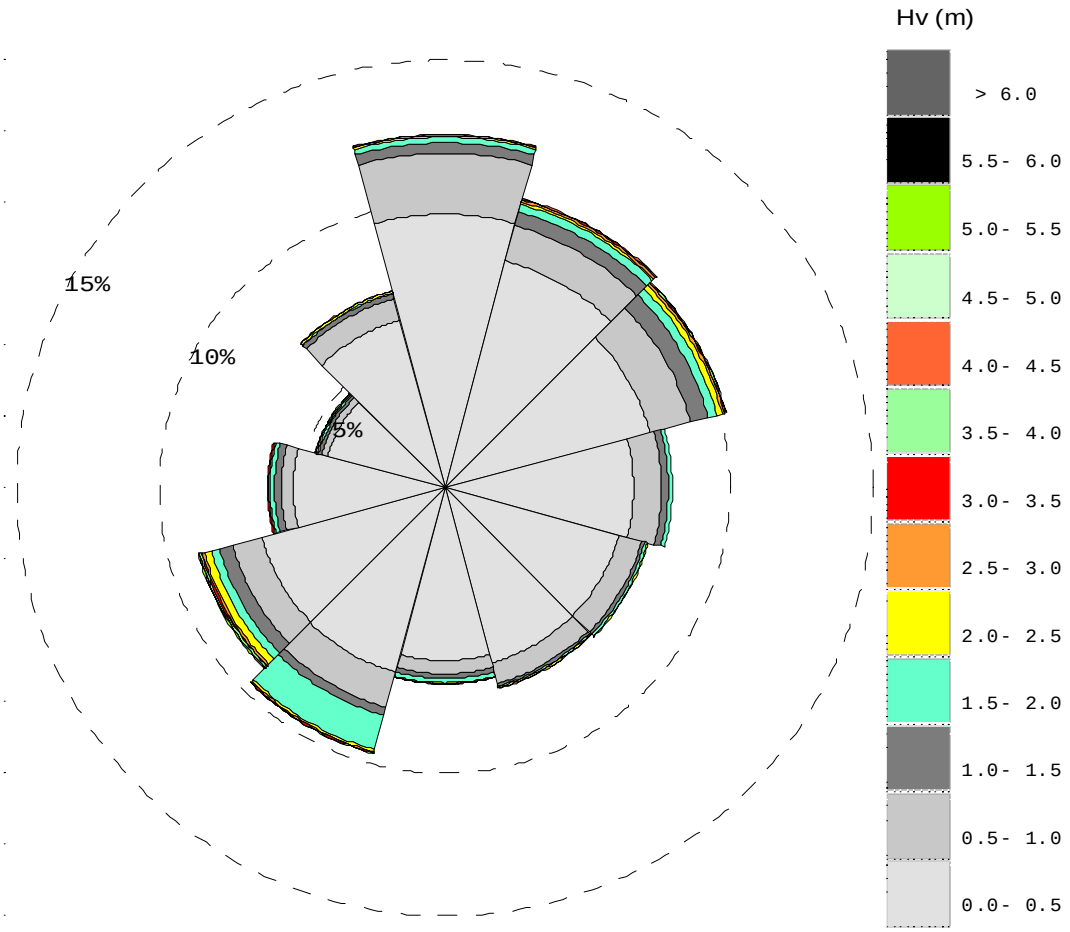


FIG. 6.2 – ROSA DELLE ONDE (DATI U.K.M.O.)



VARIABILE = 1.31

FIG. 6.3 – ROSA DELLE ONDE (DATI K.N.M.I.)

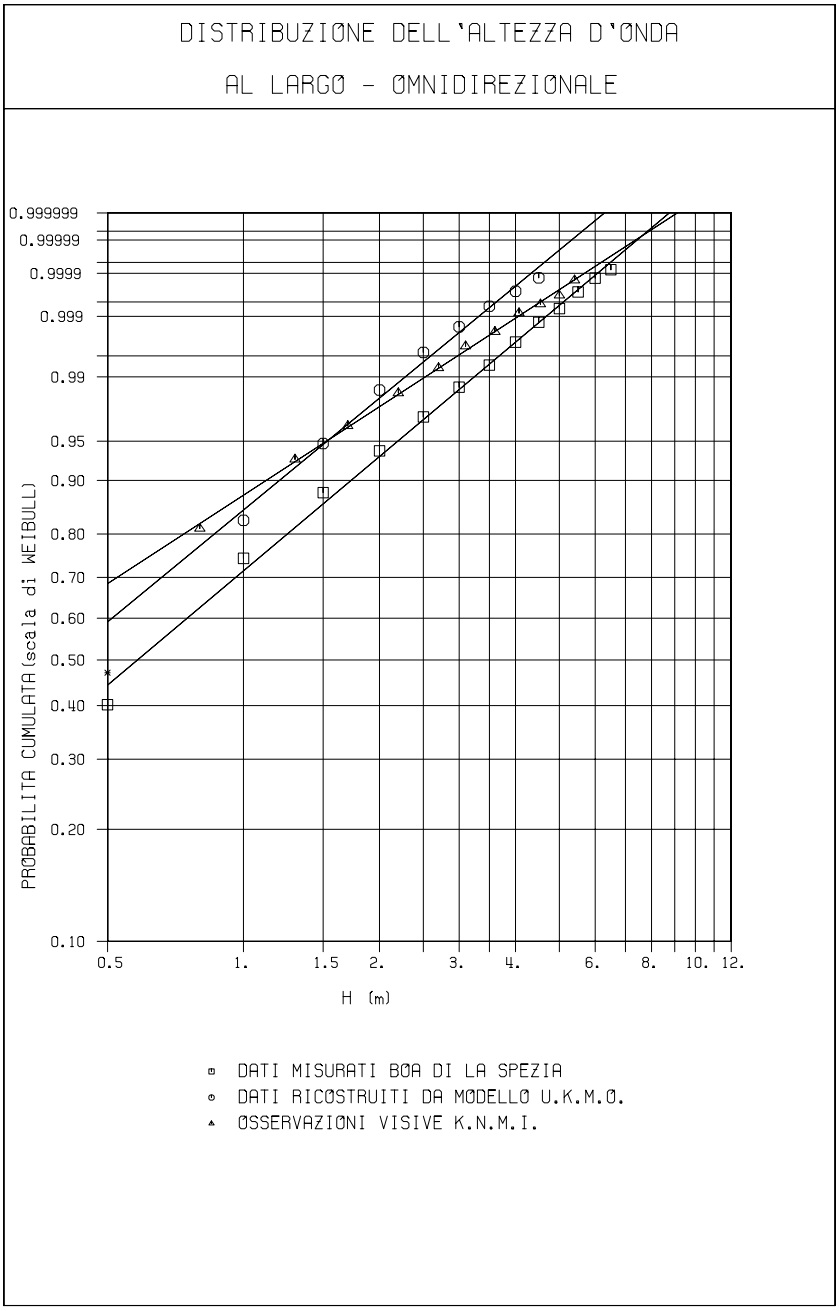


FIG. 6.4 – CONFRONTO TRA LE DISTRIBUZIONI OMNIDIREZIONALI DELLE ONDE AL LARGO PROVENIENTI DA FONTI INFORMATIVE DIVERSE

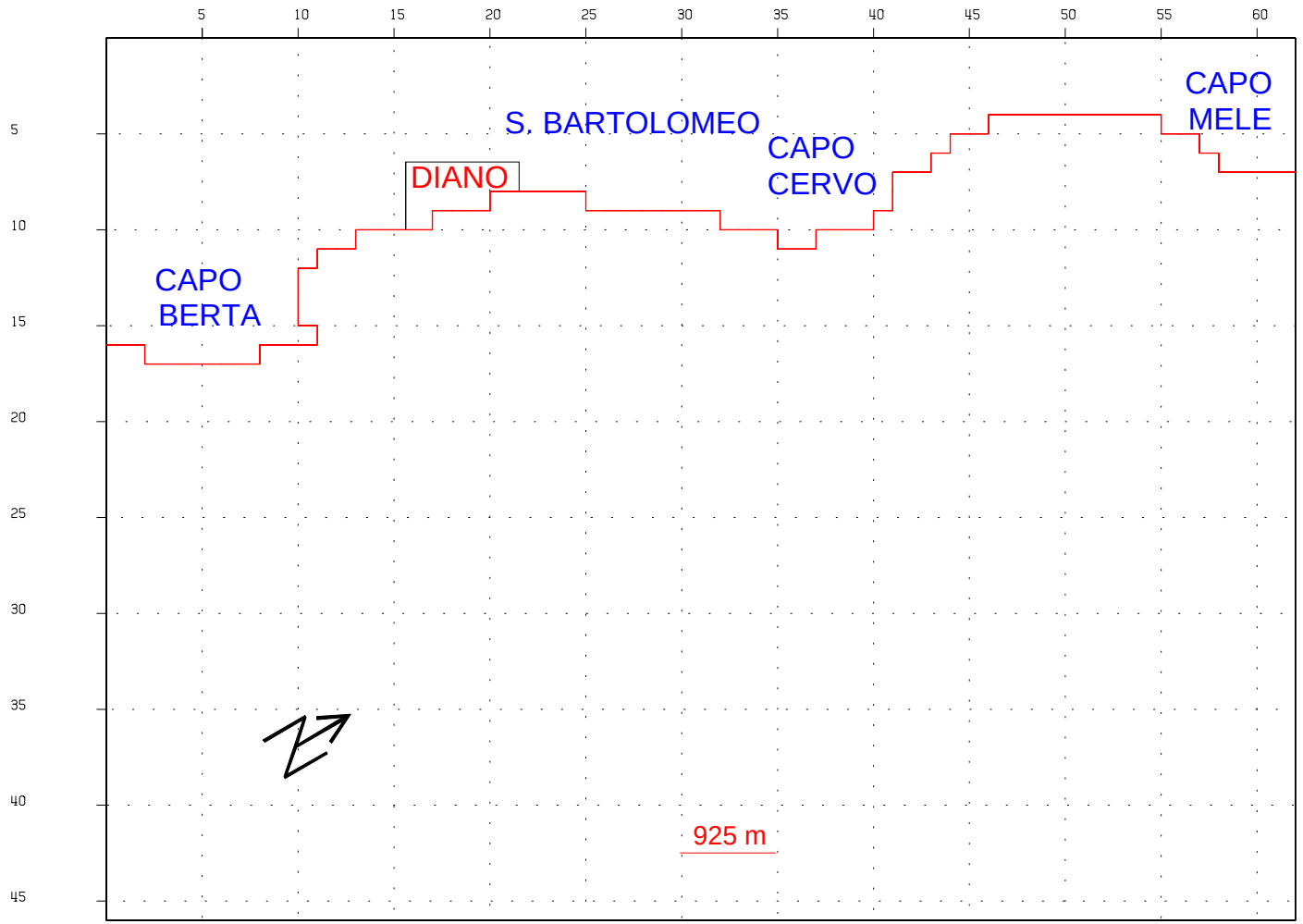
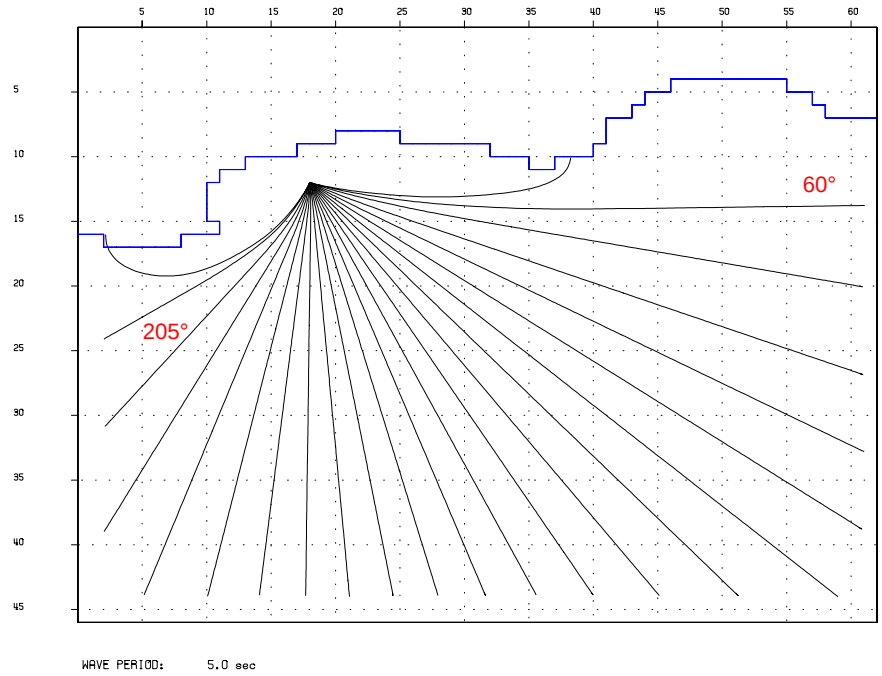


FIG. 6.5 – SCHEMA DEL MODELLO DI PROPAGAZIONE DELLE ONDE A COSTA



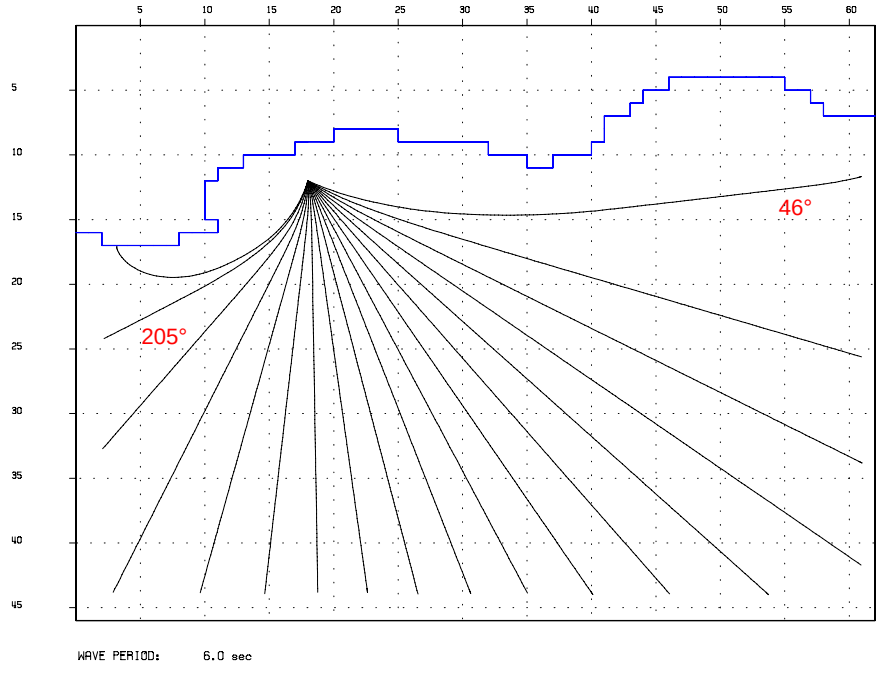
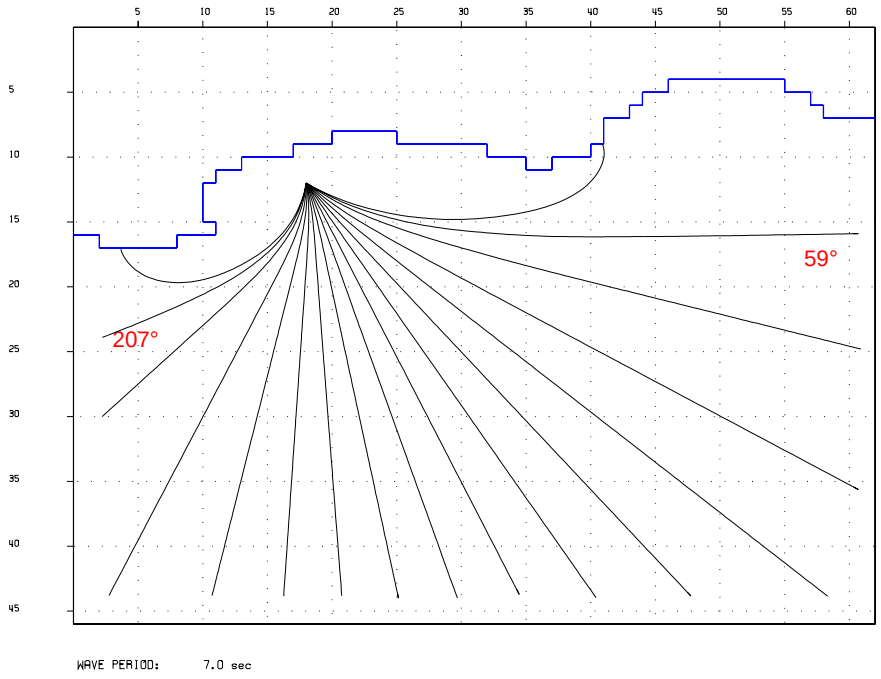


FIG. 6.6 - DIAGRAMMI DI RIFRAZIONE INVERSA PER ONDE DI PERIODO 5 E 6 s



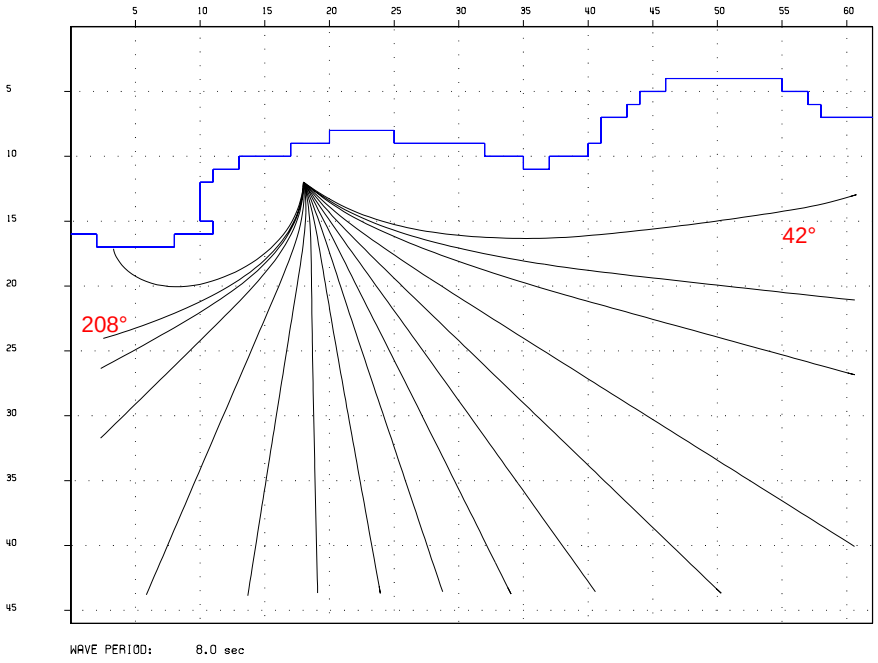


FIG. 6.7 - DIAGRAMMA DI RIFRAZIONE INVERSA PER ONDE DI PERIODO 7 E 8 s

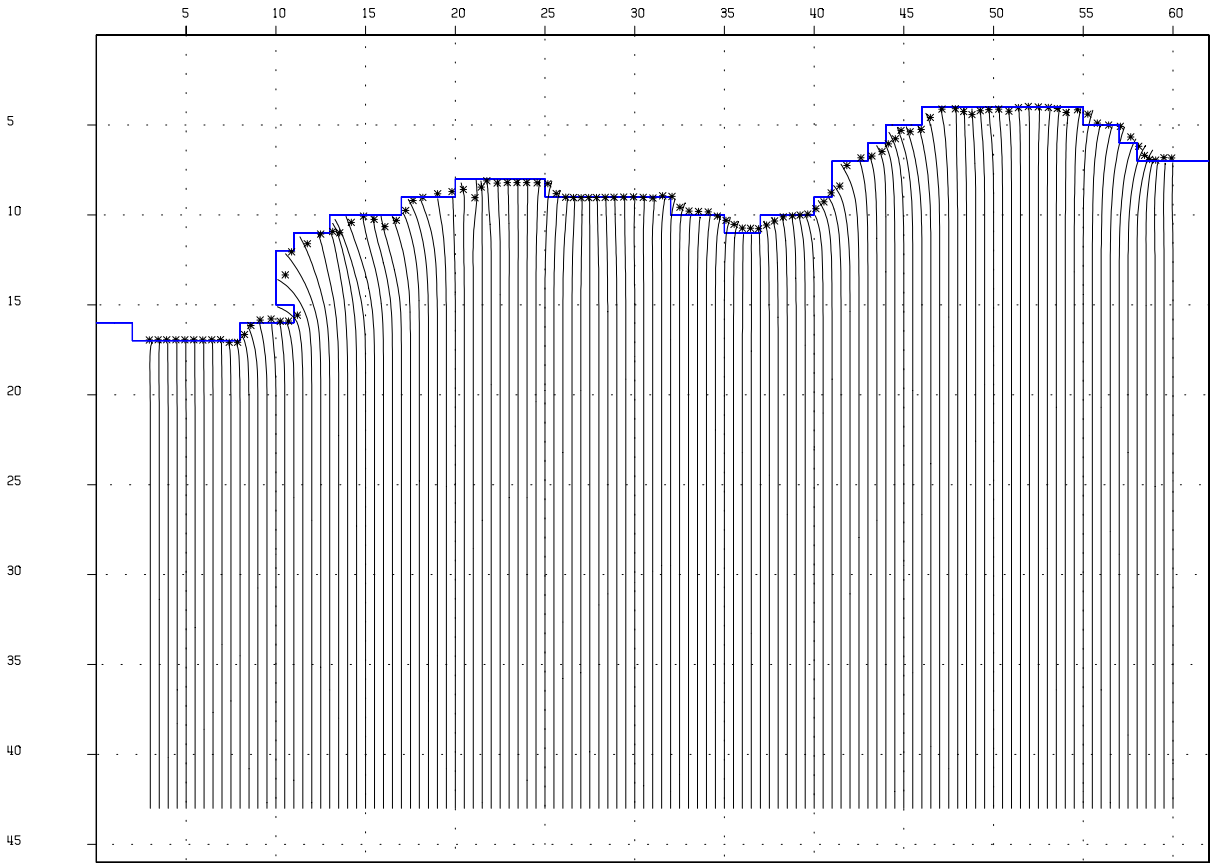


FIG. 6.8 – DIAGRAMMA DI RIFRAZIONE PER ONDE ESTREME DECENNALI DA 150° N – 8.0 s

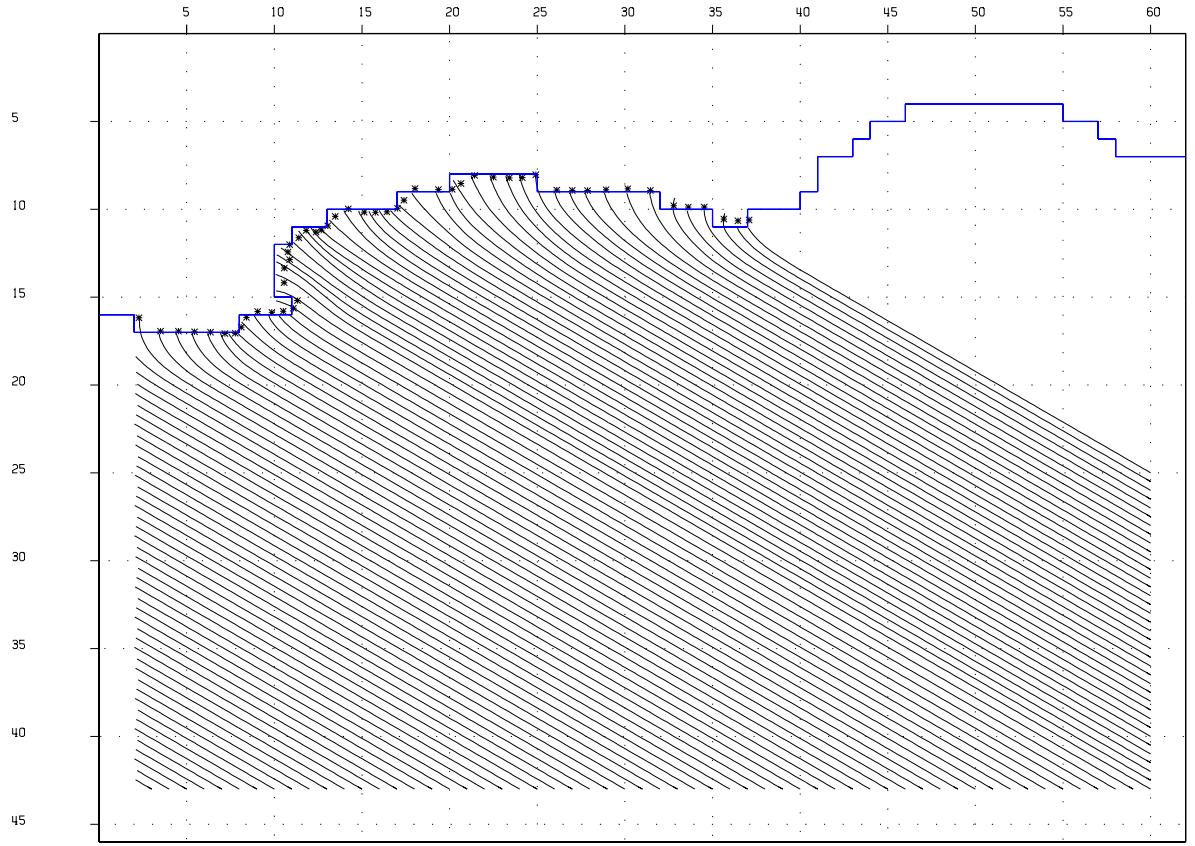


FIG. 6.9 – DIAGRAMMA DI RIFRAZIONE PER ONDE ESTREME DECENNALI DA 90° N – 7.7 s

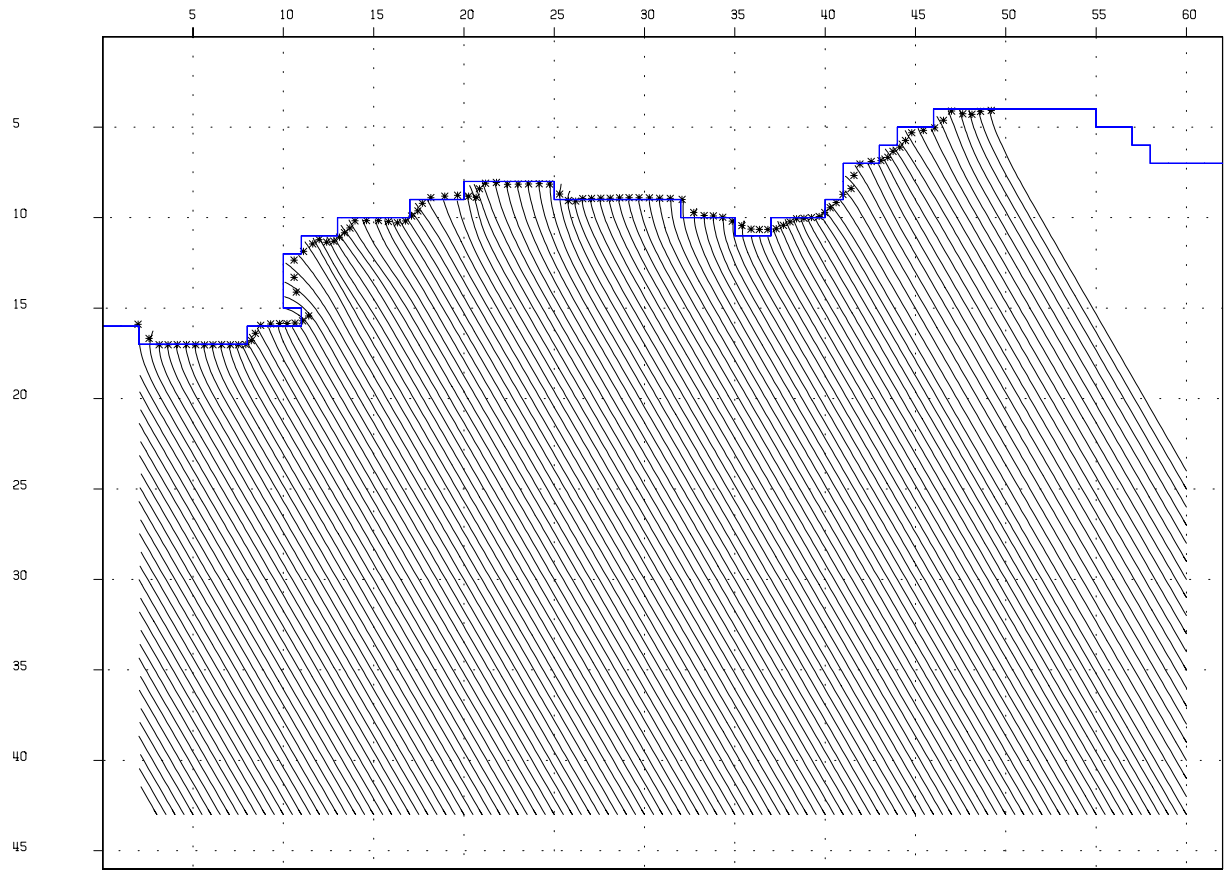


FIG. 6.10 – DIAGRAMMA DI RIFRAZIONE PER ONDE ESTREME DECENNALI DA 120° N – 8.1 s

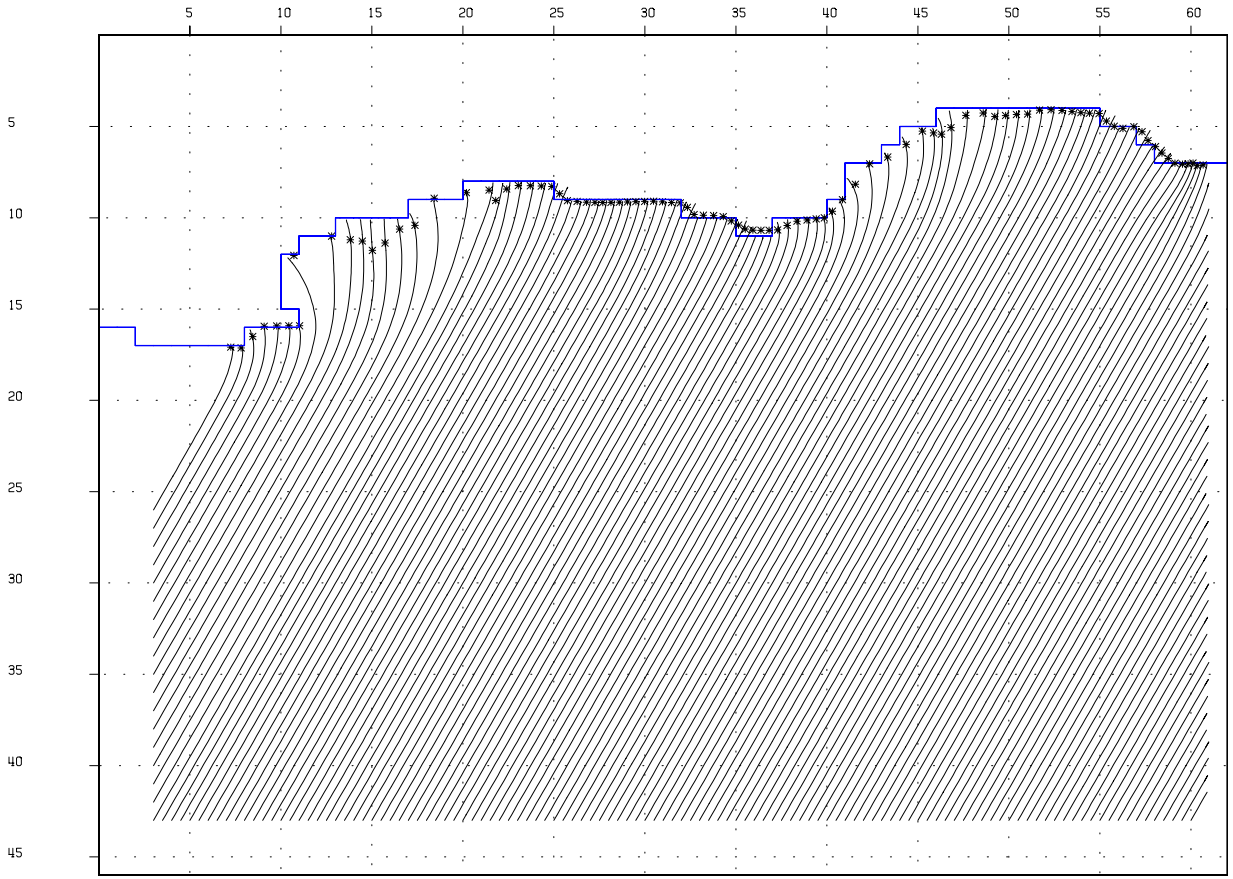


FIG. 6.11 – DIAGRAMMA DI RIFRAZIONE PER ONDE ESTREME DECENNALI DA 180° N – 8.2 s

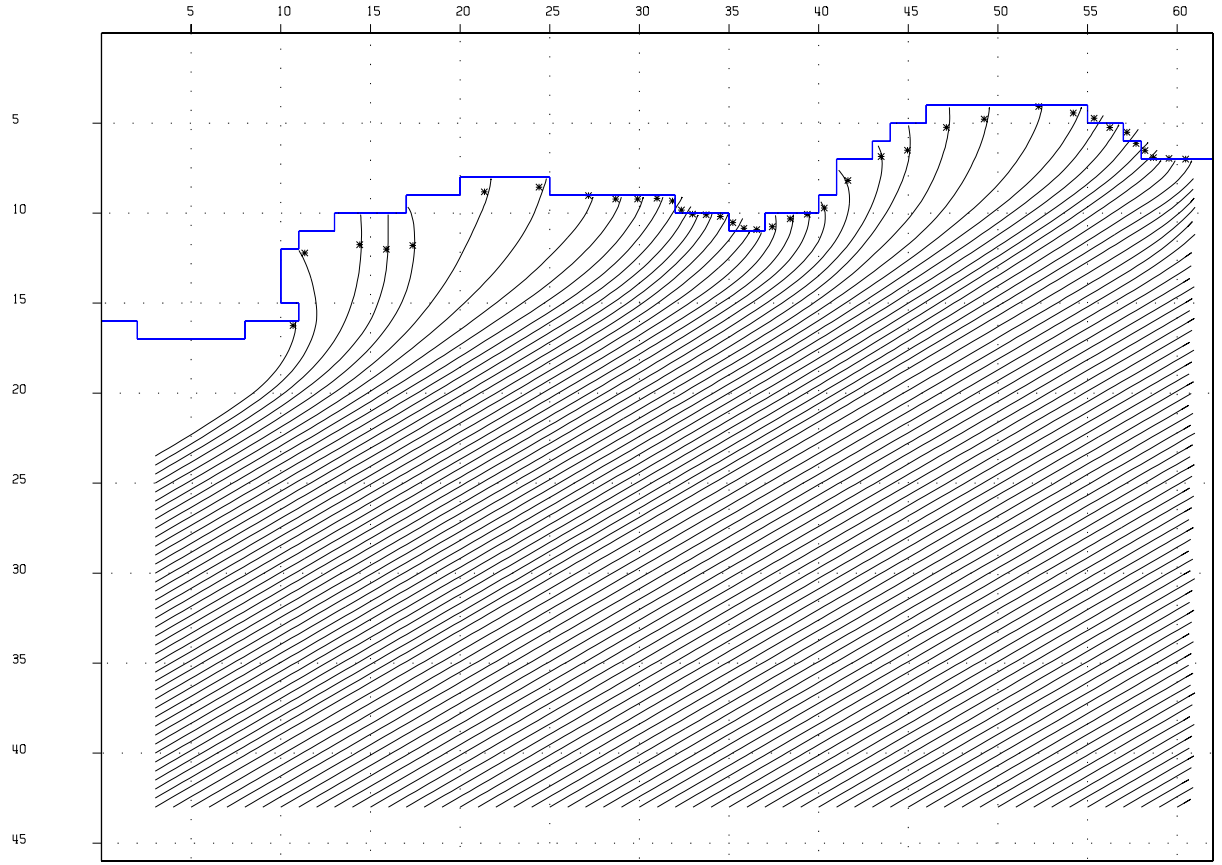
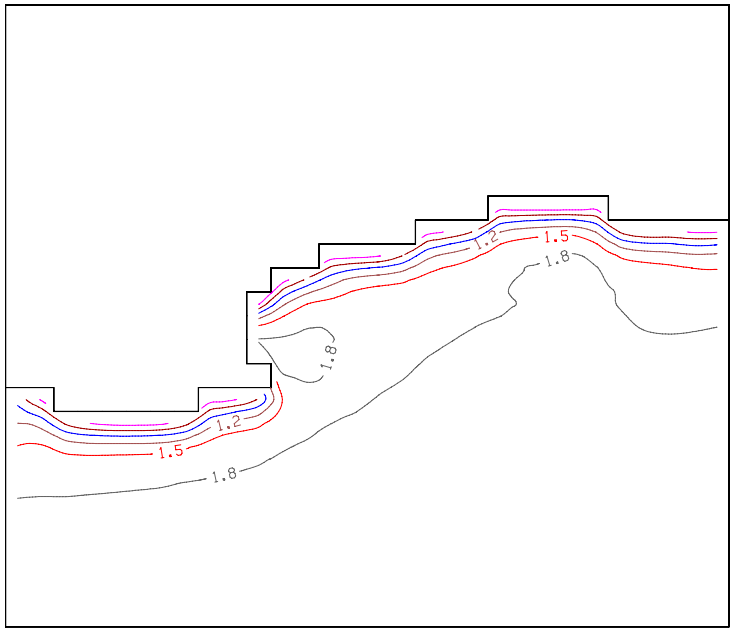


FIG. 6.12 – DIAGRAMMA DI RIFRAZIONE PER ONDE ESTREME DECENNALI DA 210° N – 8.3 s

90° N - T = 7.7 s



120° N - T = 8.1 s

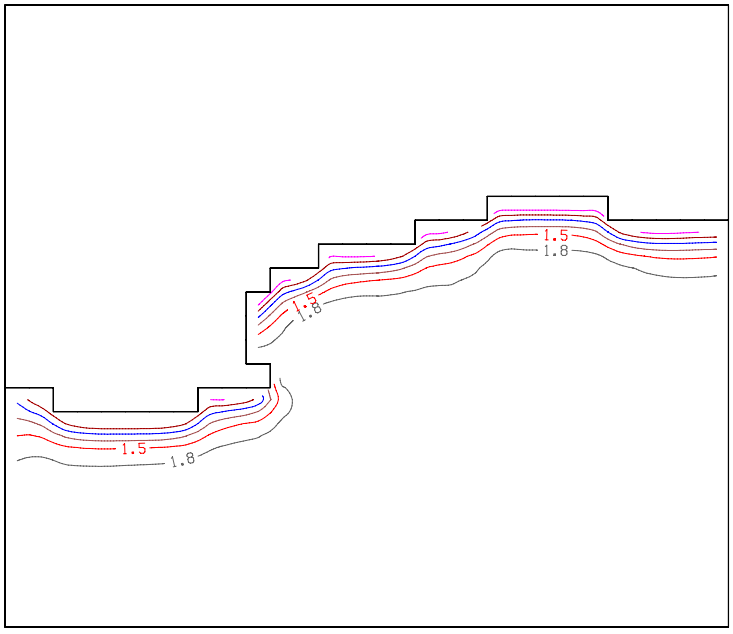
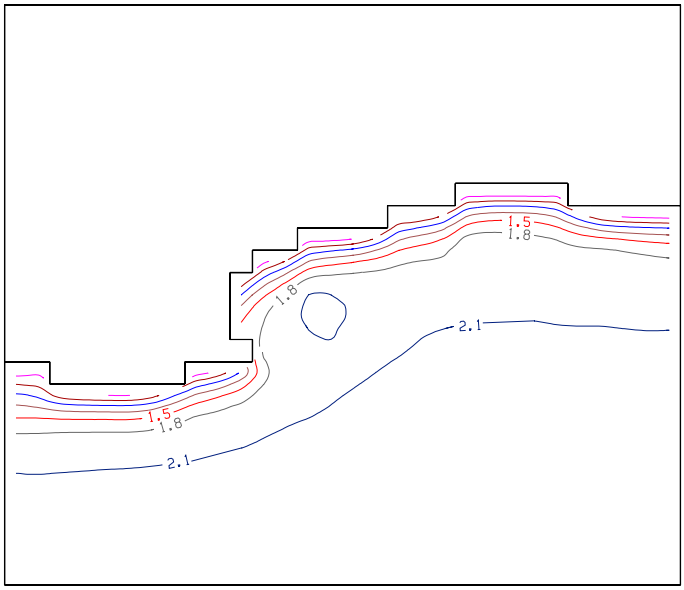


FIG. 6.13 - ISOLINEE DI ALTEZZA D'ONDA SIGNIFICATIVA NELL'AREA COSTIERA

150° N - T = 8.0 s



180° N - T = 8.2 s

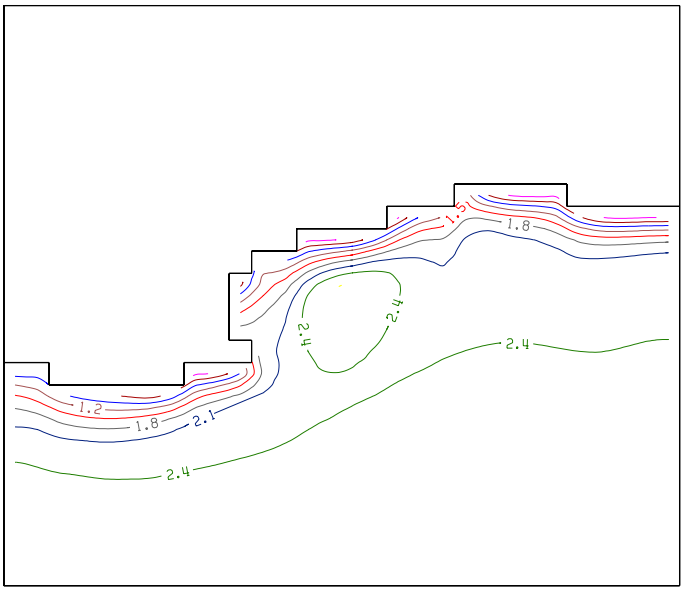


FIG. 6.14 - ISOLINEE DI ALTEZZA D'ONDA SIGNIFICATIVA NELL'AREA COSTIERA

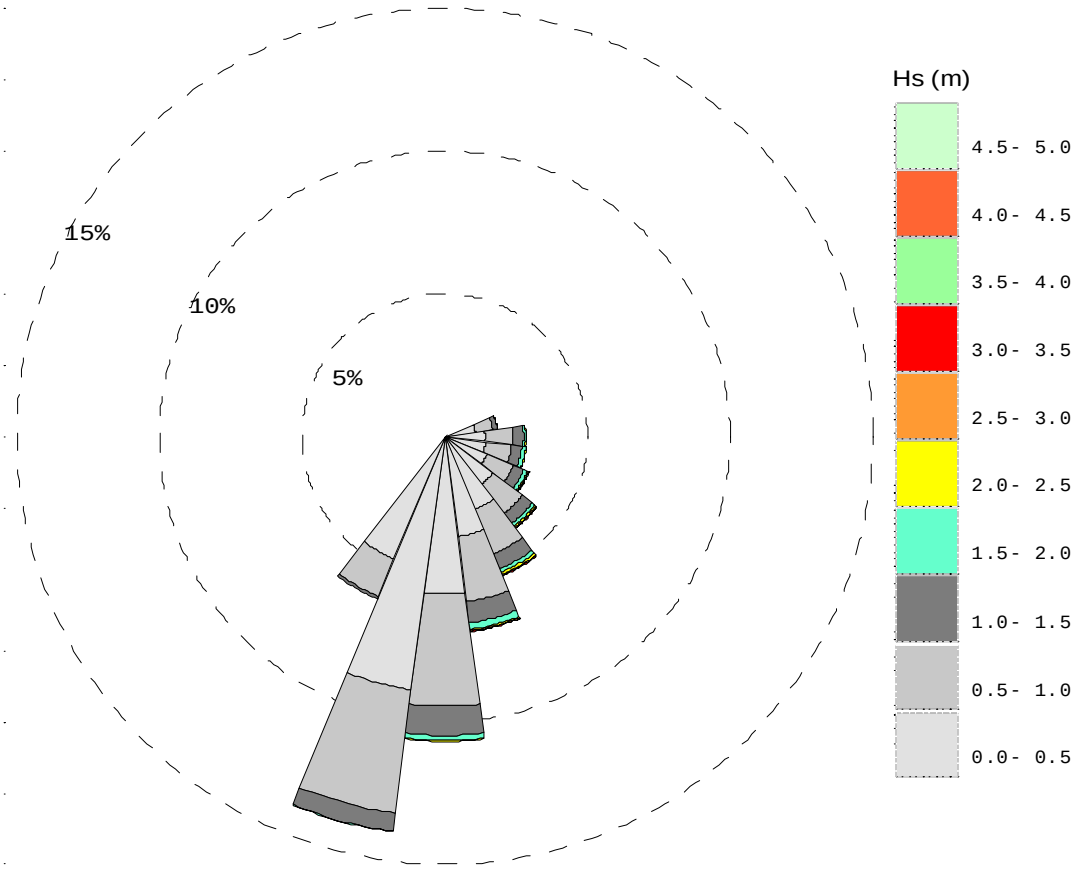


FIG. 6.15 – ROSA DELLE ONDE A COSTA – PROFONDITA’ 10 m

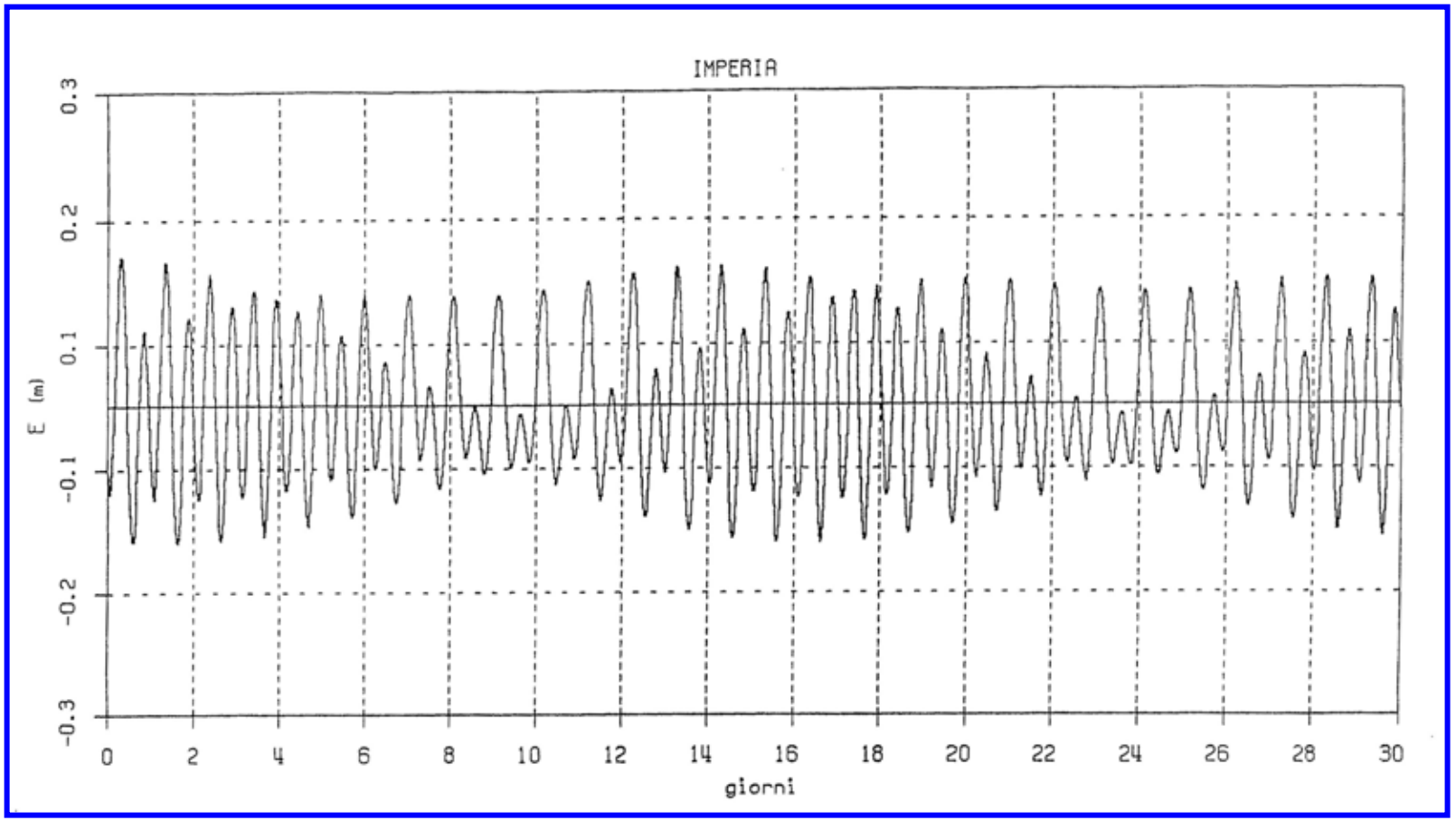
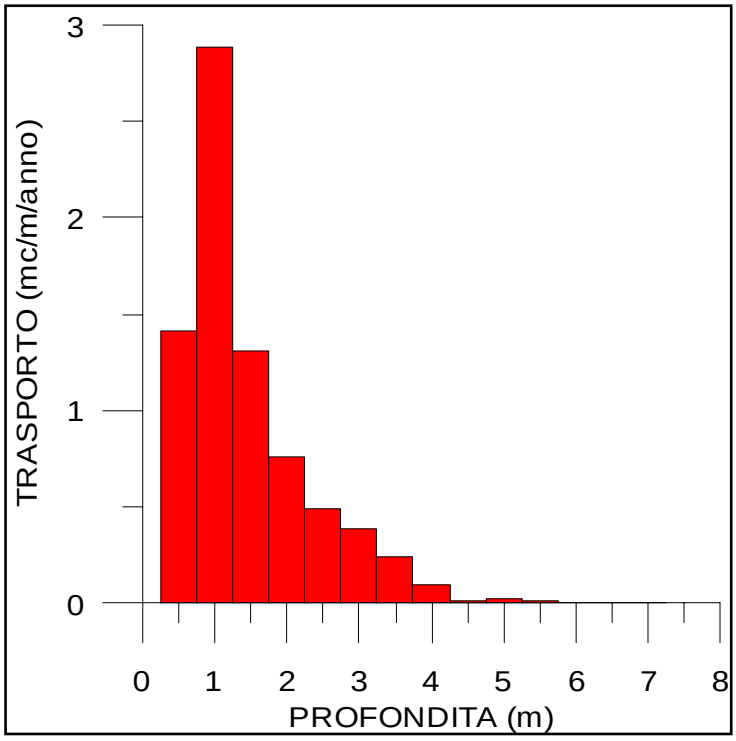


FIG. 7.1 – ANDAMENTO DELL'OSCILLAZIONE DI MAREA A IMPERIA

DEAM	COMUNE DI DIANO MARINA	
MAR LIGURE		400104
AREA	CLIENTE	COMMESSA

LITORALE DI DIANO MARINA



ANALISI DEL TRASPORTO SOLIDO E VERIFICA DELLA STABILITA' DELLA SPIAGGIA NELLA SITUAZIONE ATTUALE

REV.	DATA	DESCRIZIONE	AUTORI	APPROVATO
2				
1				
0	**Ottobre 2004**	**Emissione**	**Dr. Brunella GUIDA**	**Dr. Gianluigi DE FILIPPI**

DEAM

ANALISI DEL TRASPORTO SOLIDO E VERIFICA DELLA STABILITA' DELLA SPIAGGIA NELLA SITUAZIONE ATTUALE

INDICE

1. SCOPO 3
2. INQUADRAMENTO DELL'AREA DI STUDIO 4
2.1 Situazione attuale 4
2.2 Caratteristiche batimetriche e sedimentologiche 4
2.3 Alimentazione del litorale 5
3. FRANGIMENTO DELLE ONDE 6
4. TRASPORTO LITORANEO DEI SEDIMENTI 7
4.1 Trasporto longitudinale 7
4.2 Trasporto trasversale 7
4.3 Trasporto dei sedimenti nell'area tra Capo Berta e Capo Cervo 8
4.4 Trasporto dei sedimenti lungo il litorale di Diano Marina 9
4.5 Limiti della spiaggia sommersa 11
4.6 Limiti della spiaggia emersa 11
5. STIMA DELLA STABILITA' DELLA SPIAGGIA 12
5.1 Stima della stabilità della spiaggia mediante indici previsori 12
5.2 Stima della stabilità della spiaggia mediante simulazione del moto del profilo trasversale della spiaggia 13
6. CONCLUSIONI 16

Nota dei progettisti

Nel presente volume viene analizzata la dinamica dei sedimenti relativamente allo stato attuale. In alcuni paragrafi la situazione attuale viene messa in relazione ad un ipotetico scenario modificato con un'unica diga suffolta; riteniamo opportuno che tale confronto resti negli atti tecnici del progetto definitivo, a futura memoria, a testimonianza che tale soluzione (di aprioristico gradimento dei gestori balneari) è stata indagata e scartata.

1. SCOPO

Obiettivo della presente sezione è l'analisi del trasporto sedimentario e la stima della stabilità della spiaggia di Diano Marina nella situazione attuale, cioè dopo la realizzazione delle barriere emerse lungo il litorale contiguo di S. Bartolomeo.

Sono state quindi valutate, attraverso l'utilizzo di opportuni modelli numerici, le caratteristiche del trasporto sedimentario longitudinale e trasversale alla costa, la distribuzione della profondità di frangimento delle onde, i limiti della spiaggia emersa attiva nei confronti del trasporto sedimentario e il moto del profilo di spiaggia.

I risultati qui presentati sono stati ottenuti sulla base dei dati elaborati nella Sezione 1 dello studio (Studio meteo-marino), che costituisce quindi parte integrante della presente sezione.

2. INQUADRAMENTO DELL'AREA DI STUDIO

Nel seguito vengono, in sintesi, presentate le caratteristiche essenziali dell'area in esame.

2.1 Situazione attuale

La spiaggia in esame, nel tratto compreso tra la spiaggia di S. Bartolomeo e il porto di Diano Marina, è da tempo interessata da fenomeni erosivi più o meno localizzati, fenomeni che hanno richiesto la realizzazione in tempi diversi di varie strutture di difesa, diversamente ubicate e di differente tipologia e dimensioni.
Dal punto di vista complessivo la spiaggia appare caratterizzata da un insieme caotico di strutture, di sgradevole impatto visivo, la cui efficienza complessiva nella difesa dall'erosione è molto dubbia, in particolare dopo la recente realizzazione delle barriere emerse nell'area antistante la spiaggia di S. Bartolomeo.
La complessità dell'attuale configurazione è tale che lo studio dell'interazione tra moto ondoso incidente e strutture costiere risulterebbe di estrema difficoltà anche utilizzando modelli numerici morfodinamici tridimensionali o modelli idraulici: è tuttavia abbastanza evidente che l'insieme di opere di difesa esistenti non appare in grado di assicurare l'equilibrio della spiaggia rimasta, spiaggia ridotta ormai ad una stretta fascia di ridotta ampiezza.

2.2 Caratteristiche batimetriche e sedimentologiche

La batimetria della fascia costiera di interesse, appositamente rilevata in Agosto 2004 ai fini dello studio, è mostrata in **Fig. 2.1**. Sulla stessa figura vengono riportate le sezioni considerate nel seguito.
Dall'analisi di tale figura si osserva come i fondali più prossimi a costa, cioè quelli che vanno dalla linea di battigia fino all'isobata dei 3-3.5 m, siano caratterizzati da pendenze molto accentuate, in particolare nelle zone più vicine alle barriere, segno evidente che la riflessione delle onde indotta dalle barriere ha avuto un ruolo essenziale nell'allontanare i sedimenti dalle acque basse un tempo esistenti.
Dall'esame della batimetria si nota inoltre la notevole differenza tra l'andamento regolare dell'isobata – 4 m, parallela alla costa, e l'andamento irregolare e tortuoso dell'isobata dei – 3 m, il cui andamento si è notevolmente modificato nel tempo: sembra dunque che l'asporto di materiale dal fondo abbia interessato in prevalenza i fondali fino ai 3-3.5 m di profondità, mentre da tale profondità in poi le modifiche siano state modeste o nulle.
Per quanto riguarda i sedimenti, appositi prelievi sono stati recentemente effettuati (settembre 2004); le successive analisi hanno permesso di definirne le caratteristiche e le curve granulometriche, riportate nello studio geologico.
Nella **Tab. 2.1** vengono sintetizzati i valori dei diametri medi D_{50} dei campioni raccolti: la spiaggia emersa è caratterizzata da diametri medi di circa 0.2 mm, valori che decrescono a circa 0.14-0.16 mm già ad 1 m di profondità e a 0.13-0.14 mm alla profondità di 3 m. Sono dunque valori tipici delle sabbie fini.

2.3 Alimentazione del litorale

Nell'area sono presenti il Torrente San Pietro, che sfocia nelle immediate vicinanze del Porto di Diano Marina, e il Torrente Cervo, che sfocia immediatamente a nord del porto di San Bartolomeo.
Nelle simulazioni modellistiche effettuate nel corso del presente studio, la loro presenza è stata trascurata, in quanto ritenuti presumibilmente di scarsa influenza ai fini dell'alimentazione del litorale.
Ovviamente nel corso delle piene una certa quantità di sedimento può venire trasportata verso la foce, dove viene poi sollevata e distribuita dalle mareggiate e dalle correnti litoranee, ma tali quantità non dovrebbero costituire una sorgente di alimentazione sufficiente a compensare le perdite di materiale sedimentario che avvengono a causa del trasporto.
I risultati presentati nel seguito devono quindi essere considerati leggermente cautelativi, in quanto, come già affermato, è stata trascurata la presenza degli apporti torrentizi come "sorgente" di materiali per la spiaggia.

3. FRANGIMENTO DELLE ONDE

Il frangimento delle onde, la profondità e la conseguente distanza da costa a cui esso avviene, le modalità e la tipologia di frangimento rappresentano un elemento essenziale di ogni studio morfodinamico.
Ovviamente ogni onda frangerà a profondità differenti: si ricorda infatti che, in prima approssimazione, sono solo la profondità dell'acqua e la pendenza dei fondali che determinano il frangimento. Va dunque definita la distribuzione delle profondità di frangimento delle onde, che può essere calcolata sulla base del clima ondoso, considerando la pendenza della spiaggia lungo varie sezioni ed applicando le opportune relazioni, riportate nell'**Appendice 2**, ad ogni elemento della matrice del clima ondoso.
I risultati, molto simili in tutte le 3 sezioni considerate, sono presentati in **Fig. 3.1**, da cui si osserva che:

- il 95 % delle onde frange a profondità $\leq$ 1.5 m
- il 99 % delle onde frange a profondità $\leq$ 2.5 m
- la profondità massima di frangimento è 5.3 m

La **Tab. 3.1** mostra la profondità di frangimento media, quella al 95% di probabilità, e la profondità massima di frangimento lungo tre sezioni della spiaggia.
Per quanto concerne le modalità di frangimento, essa può essere calcolata attraverso il cosiddetto "indice di breaking" ε_b

$$\varepsilon_b = \tan(\beta)/(H_b / L_o)^{1/2} \qquad [3.1]$$

dove tanβ è la pendenza del fondale, H_b l'altezza d'onda al momento del frangimento, L_o la lunghezza d'onda al largo.
Il valore dell'indice tende a crescere passando da condizioni di rottura per spilling a quelle per plunging e surging, risultando inferiore a 0.4 nel caso di spilling, compreso tra 0.4 e 2 nel caso di plunging e maggiore di 2 nel surging.
Ricordiamo che con tali termini si fa riferimento, rispettivamente, alla rottura per "versamento" (spilling, frangimento graduale associato alle lunghezze d'onda tipiche del Mediterraneo su pendenze dei fondali medio-basse), per "cascata" (plunging, caratteristica delle onde più lunghe su fondali ripidi) e per "traslazione" (surging, tipica delle onde molto lunghe, scarsamente presente in Mediterraneo).
Ai fini della stabilità di una spiaggia, il frangimento per plunging rappresenta la tipologia più pericolosa, in quanto l'acqua ricade verticalmente con violenza ed ha una maggiore efficienza nel sollevamento del sedimento dal fondale. Al contrario il frangimento per spilling ha una minore efficienza nel sollevare il sedimento.
I risultati sono mostrati in **Tab. 3.2**: si noti che, per le pendenze della spiaggia attualmente presenti, la rottura per plunging risulta presente in circa l'80% degli eventi. Alla sezione B, che è ubicata in corrispondenza della barriera, il frangimento avviene solo per spilling, in quanto le onde frangono essenzialmente sulla scogliera.

4. TRASPORTO LITORANEO DEI SEDIMENTI

Nel presente capitolo dopo alcuni cenni sulla fenomenologia del trasporto litoraneo, vengono presentati e discussi i risultati ottenuti.

4.1 Trasporto longitudinale

Le onde che si propagano verso costa determinano, in prossimità del fondo, una corrente orizzontale, oscillante, nella direzione di propagazione delle onde.
Tale corrente costituisce la causa principale del sollevamento del sedimento, che ha luogo non appena lo "stress" sul fondo supera la resistenza d'attrito tra i granuli di sabbia di cui è costituito il fondale, resistenza che dipende, oltre che dalla natura e dalla dimensione dei granuli, anche dalla ripidità del fondale.
La dissimmetria della forma d'onda, tipica delle acque basse, si rispecchia nelle caratteristiche della velocità orbitale sul fondo, che risulta più intensa e di più breve durata in corrispondenza delle creste, quando la velocità è diretta nel verso della propagazione del moto ondoso, e meno intensa, ma di maggior durata, in corrispondenza del cavo d'onda dove la velocità orbitale è diretta in verso opposto.
Le particelle di sedimento in sospensione risultano sottoposte all'azione di tale corrente oscillante e alla forza di gravità. A causa della dissimmetria della velocità orbitale, esse subiscono spostamenti differenti nella direzione di propagazione delle onde e nella direzione opposta e, a seconda del rapporto tra la velocità di caduta delle particelle e la velocità orbitale massima, si ha un trasporto netto verso costa o verso il largo.
Se le onde incidono obliquamente sulla costa il flusso di quantità di moto verso riva determina correnti parallele alla costa, correnti che risultano confinate prevalentemente nella zona di frangimento. A causa di tali correnti il sedimento posto in sospensione dal moto ondoso viene trasportato parallelamente alla costa.
Dato il carattere unidirezionale delle correnti longitudinali, il trasporto netto parallelo alla riva risulta di gran lunga superiore al trasporto trasversale; quest'ultimo, inoltre, non è associato ad un vero e proprio trasporto netto bensì ad una selezione granulometrica e ad un modellamento trasversale del fondo.

4.2 Trasporto trasversale

Gli studi sperimentali e teorici sui meccanismi che determinano il trasporto del sedimento in direzione trasversale alla costa non sono ancora pervenuti ad una soddisfacente spiegazione del fenomeno, nè tanto meno si dispone di formule generali valide per il calcolo del trasporto solido trasversale.
Alcuni autori (Bakker 1968, Swart 1974-1976) hanno tentato di legare l'entità del trasporto netto trasversale agli scostamenti del profilo di spiaggia dal "profilo di equilibrio".
Dalle osservazioni effettuate è stato infatti evidenziato il fenomeno di selezione dei sedimenti nella direzione ortogonale alla costa dovuto al trasporto trasversale. E' stato

così sviluppato un modello interpretativo del fenomeno basato sul concetto di dimensioni del sedimento in equilibrio.
Secondo tale modello, fissate le caratteristiche del moto ondoso, per ciascuna posizione nella zona di frangimento delle onde esiste una dimensione del sedimento tale per cui esso risulta in equilibrio. Il sedimento di dimensione minore della "dimensione di equilibrio" si muove verso il largo, quello di dimensione maggiore si muove verso costa.
Sono stati sviluppati diversi modelli per lo studio del trasporto trasversale alla costa, alcuni empirici come quello proposto da Swart sulla base di numerose prove di laboratorio, altri numerici basati sull'integrazione dell'equazione di bilancio di massa del sedimento.
La loro applicabilità allo studio del trasporto trasversale in ambienti naturali sembra ancora piuttosto discutibile; specialmente quando si analizza l'effetto complessivo del clima del moto ondoso le varie procedure sono spesso in disaccordo, con risultati che comportano differenze anche di vari ordini di grandezza. Si preferisce allora:

- valutare, attraverso opportuni indici previsori, la tendenza all'erosione o all'accrescimento del profilo di spiaggia in funzione dei parametri meteo-marini, morfologici e sedimentologici;

- analizzare le variazioni del profilo trasversale della spiaggia nel corso delle varie mareggiate;

secondo la metodologia descritta nel prossimo capitolo.

4.3 Trasporto dei sedimenti nell'area tra Capo Berta e Capo Cervo

Al fine di valutare l'andamento del trasporto longitudinale lungo la spiaggia in progetto si è ritenuto opportuno applicare un modello matematico che, sulla base delle caratteristiche del profilo di spiaggia, delle caratteristiche sedimentologiche e del clima ondoso, è in grado di calcolare i volumi di sedimento messi in moto lungo costa.
Il modello è descritto in maniera esauriente nell'**Appendice 3**.
Prima di calcolare il trasporto locale, si ritiene tuttavia utile valutare l'andamento generale del trasporto nell'area compresa tra Capo Berta e Capo Cervo, in modo da poter inquadrare la fenomenologia locale di dettaglio in quella a più ampia scala.
A tale proposito si sono individuate due sezioni trasversali, le cui pendenze sono state rilevate dalla carta nautica, una ubicata a Capo Berta, l'altra a Capo Cervo, ed è stato applicato il modello ipotizzando la presenza della stessa granulometria dei sedimenti rilevati a Diano. Tale ipotesi non inficia i risultati, in quanto non è di interesse quantificare i volumi di sedimento potenzialmente disponibili, bensì le variazioni tra le due sezioni.
I risultati ottenuti evidenziano che:

- il trasporto medio annuo è diretto verso NE;
- il trasporto verso NE a Capo Cervo è maggiore del 10% circa rispetto a quello analogo calcolato a Capo Berta

- il trasporto trasversale in entrambe le sezioni è diretto prevalentemente verso il largo.

Tali aspetti sono importanti: infatti, qualunque sia l'effettivo valore del trasporto esistente lungo la fascia costiera su cui si affaccia Diano Marina, il trasporto uscente dall'area è maggiore, anche se in maniera non certo eccessiva, di quello che entra: ne consegue ovviamente che tutta l'area è in potenziale erosione, anche se modesta, per quanto concerne il trasporto longitudinale.
Per quanto riguarda l'andamento del trasporto trasversale, esso dipende ovviamente dall'esposizione dei singoli tratti al moto ondoso e dalle pendenze locali, quindi può essere decisamente variabile da zona a zona e da sezione a sezione. E' tuttavia indicativo che, anche nel caso di trasporto trasversale, l'andamento ai due Capi che racchiudono l'area in esame evidenzi un flusso dei sedimenti verso il largo nella maggioranza delle situazioni.
Quindi l'area dovrebbe essere considerata, dal punto di vista generale, soggetta a modesta erosione.

4.4 Trasporto dei sedimenti lungo il litorale di Diano Marina

Per il calcolo sono state considerate le tre sezioni mostrate in **Fig. 3.1**, denominate Sezioni A,B,C:

- Sezione A: ubicata sul lato SW della spiaggia, è caratterizzata da una normale a costa di 109° N e da un settore di esposizione compreso tra 66 e 157° N;

- Sezione B: ubicata all'incirca al centro della spiaggia, in corrispondenza della barriera frangiflutti, è caratterizzata da una normale a costa di 129° N e da un settore di esposizione compreso tra 65 e 194° N;

- Sezione C: ubicata sul lato NE della spiaggia in esame, ha una normale a costa di 133° N ed un settore di esposizione compreso tra 94 e 194° N.

In tutti i casi sono state considerate le pendenze reali dei fondali, dedotte dalle misure batimetriche effettuate in agosto 2004. I risultati sono mostrati in **Tab. 4.1**: per ogni sezione vengono mostrati i valori di trasporto netto, di trasporto verso verso nord-est e verso sud-ovest, espressi in metricubi/anno.
I valori stimati si riferiscono al trasporto potenziale, cioè al trasporto possibile sotto l'influenza del moto ondoso tipico dell'area. E' ovvio che il trasporto effettivo dipenderà dalla presenza o meno di sedimento nell'area, e di quanto "entra" lungo il tratto di litorale in esame. Inoltre il modello non è stato ovviamente calibrato per mancanza assoluta di dati misurati, come generalmente avviene. Per tali ragioni i volumi indicati non debbono essere considerati come valori assoluti, ma in termini relativi, cioè come confronto tra le varie sezioni.

Ciò premesso, dall'esame della tabella si nota come, procedendo da SW verso NE, il trasporto netto medio annuo aumenti. Essendo il flusso netto verso NE, questo fatto

implica che, attraverso la Sezione C, esca più materiale di quanto ne entri attraverso la Sezione A: il litorale di Diano Marina è quindi caratterizzato da asporto di sedimenti a causa del trasporto longitudinale.

Nella **Tab. 4.2** vengono riportati il flusso medio di energia a costa alle varie sezioni, che aumenta procedendo da SW a NE lungo il litorale, la frequenza degli eventi di moto ondoso che generano trasporto verso NE e verso SW: si noti la netta prevalenza degli eventi che generano trasporto verso NE.
Nella **Tab. 4.3** vengono invece evidenziati la frequenza degli eventi ondosi che generano trasporto verso costa o verso il largo, e quelli che mantengono la spiaggia in equilibrio (equilibrio ovviamente in senso dinamico: la linea di costa avanza ed arretra ma mediamente resta nella sua posizione di equilibrio). Alle Sezioni A e C il trasporto avviene nella stragrande maggioranza dei casi verso il largo, con conseguente perdita di materiale; alla sezione B, protetta dalla presenza della scogliera frangiflutti, la perdita verso il largo è ovviamente trascurabile.

I risultati riportati nelle varie tabelle necessitano di essere opportunamente interpretati in base a varie importanti considerazioni.
La **Fig. 4.1** evidenzia, per le sezioni A e B, l'andamento del trasporto in funzione della profondità dei fondali: si noti come il trasporto avvenga prevalentemente alle basse profondità e come, oltre i 3 m, i volumi che fluiscono sui fondali siano minimi.

In realtà, se viene considerata la presenza delle numerose strutture, di varia tipologia, che si incontrano lungo il litorale che va da Capo Berta al porto di S. Bartolomeo, si ritiene del tutto irrilevante il trasporto sedimentario locale.
Anche ammettendo infatti che esista un consistente flusso di sedimenti da Capo Berta verso nordest - fatto peraltro molto dubbio considerata l'assenza di accumulo di materiale lungo il molo di S. Elmo - e che il trasporto sedimentario potenziale calcolato sia "effettivo", esistano cioè effettivamente sui fondali costieri i volumi di materiale messi in moto dalle onde, i sedimenti, fluendo essenzialmente lungo costa alle basse profondità, verrebbero intercettati per buona parte dalle strutture esistenti.
Infatti a sud-ovest della spiaggia è presente il Porto di Diano Marina, il cui molo ha una lunghezza dell'ordine dei 300 m e interessa i fondali fino a circa 3.5 m di profondità, successivamente si trovano due pennelli a poca distanza dal porto, anch'essi di notevole aggetto, poi altre strutture di modesta estensione che probabilmente hanno scarsa influenza sul trasporto; nelle immediate vicinanze di Capo Berta è infine presente il molo di S. Elmo.
Dalle analisi quantitative effettuate, cioè dall'andamento dei volumi di sedimento spostati lungo il litorale in funzione della profondità, ne consegue che circa il 93% del trasporto potenziale verso NE non può quindi interessare la spiaggia di Diano Marina.
A nord-est della spiaggia sono state recentemente realizzate barriere emerse, che si propagano fino al Porto di S. Bartolomeo, su fondali di circa 4 m: ne segue che, anche per il flusso sedimentario verso SW, il 98% circa del trasporto potenziale viene intercettato.
La conseguenza diretta è che, lungo la spiaggia di Diano Marina, può dunque ragionevolmente fluire una quantità di sedimenti dell'ordine dei 2000-3000 mc/anno, quantità peraltro "potenziale".

4.5 Limiti della spiaggia sommersa

Per completezza di informazione, attraverso il modello è stata valutata l'ampiezza della fascia di litorale (spiaggia sommersa e spiaggia emersa) su cui il trasporto sedimentario agisce.
I valori della "profondità limite" calcolati sono mostrati nella **Tab.4.4**: i valori sono praticamente identici in tutte le sezioni. L'estensione della spiaggia sommersa arriva fino a circa 8.5 m di profondità, ma al 95 % di probabilità la profondità è di soli 3 m. Tale fatto giustifica appieno l'andamento del trasporto in funzione della profondità, discusso al paragrafo precedente.
Di conseguenza la spiaggia sommersa attiva nei confronti del moto sedimentario è compresa entro gli 8-9 m di profondità; al di là di tale valore non esiste trasporto longitudinale dovuto al moto ondoso.

4.6 Limiti della spiaggia emersa

La spiaggia emersa, oltre ai valori di innalzamento ("set-up") dovuti al livello del mare (vento + marea) discussi nello studio meteo-marino, è caratterizzata dal set-up dovuto al moto ondoso e dalla risalita delle onde sulla spiaggia ("run-up").
La somma di tutti i vari contributi costituiscono, in prima approssimazione, il limite della spiaggia emersa. E' ben noto che nella stragrande maggioranza delle spiagge liguri il limite della spiaggia emersa così calcolato è superiore al limite effettivo della spiaggia: ciò significa che, nel corso delle mareggiate più intense, tutta la spiaggia è interessata dalla risalita delle onde, risalita che va spesso "oltre" la spiaggia, costringendo alla realizzazione di scogliere aderenti o di altre opere di difesa ove la presenza di strade e/o case rendano necessario l'intervento di protezione.
I valori calcolati sono mostrati in **Tab. 4.5**: anche se del tutto teorici, i valori indicati, sommati a quelli delle variazioni di livello riportati nello studio meteo-marino, sono più che sufficienti a dimostrare come il limite teorico della spiaggia vada ben oltre l'effettiva ampiezza della spiaggia esistente: mareggiate di una certa entità possono quindi comportare la risalita delle onde oltre il limite della spiaggia.

5. STIMA DELLA STABILITA' DELLA SPIAGGIA

Nel presente capitolo viene valutata la stabilità della spiaggia attuale sia attraverso l'uso di "indici previsori" sia attraverso simulazioni matematiche dell'andamento generale del profilo trasversale della spiaggia nel corso delle mareggiate estreme.

5.1 Stima della stabilità della spiaggia mediante indici previsori

E' ben noto che le onde ripide che si verificano nel corso delle perturbazioni invernali tendono a rimuovere materiale dalla spiaggia ed a depositarlo al largo in forma di barre, mentre le onde più lunghe a carattere di swell, presenti durante la fase di decadimento delle perturbazioni, e le piccole onde estive tendono a riportare il materiale a costa, ricostruendo la berma ed ampliando la spiaggia.
L'effetto della ripidità H_o/L_o dell'onda è importante: Johnson (1949) dimostrò, mediante tests in laboratorio a piccola scala, che spiagge di sabbia fine tendono ad erodersi quando la ripidità dell'onda al largo è superiore a 0.025; Iwagaki e Noda (1963) dimostrarono che la ripidità dell'onda, associata al parametro H_o/D, dove D è la dimensione rappresentativa del sedimento, è un fattore importante nella previsione di erosione o ripascimento.
Successivamente sono stati effettuati numerosi studi sui previsori di erosione o ripascimento. Dean (1973) derivò un criterio semplice sul movimento di sabbia dovuto ad un'onda frangente. Quando:

$$H_b/L_o < \pi W/BgT \quad \text{si ha moto verso costa} \qquad [5.1]$$

$$H_b/L_o > \pi W/BgT \quad \text{si ha moto verso il largo}$$

Sostituendo H_b con H_o ed esaminando esperimenti in vasca grande effettuati da Saville, Dean ottenne il criterio:

$$Ho/Lo < 5.5 \cdot W\pi/gT \quad \text{accrescimento} \qquad [5.2]$$

$$Ho/Lo > 5.5 \cdot W\pi/gT \quad \text{erosione}$$

Hattori e Kamawata (1980) hanno evidenziato anche l'importanza della ripidità dell'onda e della pendenza del fondale sulla direzione del trasporto trasversale.
La relazione da loro proposta è:

$$I_H = (H_o\ m\ g\ T)/[L_o W(D_{50})] \qquad [5.3]$$

dove H_o, L_o, sono rispettivamente l'altezza, la lunghezza e il periodo dell'onda al largo, $W(D_{50})$ è la velocità di sedimentazione delle particelle di diametro D_{50}, m è la pendenza del profilo del fondo, g è l'accelerazione di gravità e I_H è un indice della tendenza all'erosione o all'accrescimento.

Per valori dell'indice di Hattori $I_H < 0.3$ si ha trasporto verso costa, $I_H>0.7$ si ha trasporto verso largo; per valori intorno a 0.5 si ha un sostanziale equilibrio nei due sensi.
Nelle relazioni precedenti H_b è l'altezza d'onda al frangimento, W è la velocità di caduta del sedimento, T è il periodo dell'onda, B è il rapporto tra l'elevazione z a cui il sedimento è sollevato nella colonna d'acqua e H_b.
Il moto verso costa implica un profilo di spiaggia in accrescimento, il moto verso il largo un profilo in erosione.
Di recente Krauss et al.(1991) hanno proposto un criterio di stabilità basato su relazioni empiriche dei seguenti indici:

$$D_o = H_o/D$$

$$F_o = W/(g\,H_o)^{1/2}$$

$$G_o = \pi W/(gT) \qquad [5.4]$$

$$N_o = H_o/WT$$

$$S_o = H_o/L_o$$

ricavate dall'analisi di dati di laboratorio in vasca (32 eventi di erosione e accrescimento) e dati sperimentali in campo (99 eventi).
Per valutare la tendenza evolutiva della spiaggia in esame, si è proceduto all'applicazione dei criteri sopra indicati, utilizzando il clima delle onde definito nello studio meteo-marino.
I risultati sono evidenziati nelle **Figg. 5.1-5.2**, che mostrano rispettivamente i nomogrammi di Dean e di Larson Krauss: le rette evidenziate dividono il nomogramma, secondo gli autori, in due zone distinte corrispondenti alle onde che generano erosione o ripascimento del profilo trasversale.
Sui nomogrammi è stato riportato un insieme di punti corrispondenti alle varie onde considerate: si noti che su entrambi i nomogrammi tutti i punti sono nella zona definita "eosione". La fascia compresa tra le rette, nel nomogramma di Larson Kraus, si riferisce ad un'area corrispondente a scarsi fenomeni erosivi o di accrescimento: anche in tal caso la maggioranza degli eventi cade all'esterno di tale fascia, segno di evidente tendenza all'erosione.

5.2 Stima della stabilità della spiaggia mediante simulazione del moto del profilo trasversale della spiaggia

Per valutare l'evoluzione del profilo trasversale della spiaggia in esame, valutazione indispensabile per una comprensione quantitativa, almeno come ordine di grandezza, delle variazioni che è possibile attendersi, si è ritenuto opportuno utilizzare un modello matematico di evoluzione considerato uno standard di riferimento per tale tipo di analisi.
Il modello, denominato **SBEACH** (**S**torm Induced **BEA**ch **CH**ange Model) é stato sviluppato presso l'US Army Corps of Engineers (Larson *et al.*, 1990), al fine di

simulare in maniera accurata la risposta del sistema-spiaggia a sollecitazioni meteorologiche e marine.
I fattori di cui tale modello tiene conto nello sviluppo delle simulazioni sono: onde (altezza, periodo, direzione), vento (velocitá e direzione), tipologia e dimensione del sedimento, livello del mare, temperatura dell'acqua (in quanto influenza la velocitá di sedimentazione), eventuali barriere artificiali e, naturalmente, profilo iniziale dell'area di studio.
Il modello restituisce in uscita una serie di dati di interesse tra cui il profilo al termine del periodo di simulazione e ad istanti intermedi, il volume di sedimento spostato in ogni punto del profilo, l'altezza d'onda e l'elevazione del livello del mare.
Essendo questo modello ritenuto in grado di fornire previsioni accurate sui cambiamenti di profilo delle spiagge, compresi la formazione ed il movimento delle principali caratteristiche morfologiche quali barre e berme, é potenzialmente indicato per molte applicazione nell'ambiente costiero, ed é stato effettivamente utilizzato per determinare la risposta di ipotesi di interventi di ripascimento sotto la sollecitazione di mareggiate, come pure per confrontare la validitá di varie proposte di opere di ingegneria costiera e per valutare l'impatto di eventi particolarmente catastrofici come gli uragani.
Il modello **SBEACH** é stato sviluppato utilizzando dati ottenuti da esperimenti realizzati in grandi vasche con onde monocromatiche. Sulla base dell'analisi di questi dati e su considerazioni fisiche fu sviluppato un modello numerico, validato dapprima su esperimenti in vasca e successivamente utilizzando misure in campo ottenute presso la Field Research Facility del Coastal Engineering Research Center (CERC), Duck, North Carolina, U.S.A., dimostrando un ottimo accordo tra valori misurati e calcolati (Larson *et al.*, 1990).
La versione di **SBEACH** utilizzata nel presente studio (ver. 2.0) é la piú recente (al momento della stesura di questo rapporto) rilasciata dagli autori del modello.
Una dettagliata illustrazione del modello (algoritmi, calibrazioni, verifiche con dati misurati), così come descritta dagli autori, è riportata nell'**Appendice 3.**

Sono state forniti in input al modello:

- i 3 profili rappresentati in **Fig. 2.1**;
- mareggiate provenienti da 90, 120, 150, 180 e 210° N caratterizzate da periodo di ritorno di 1 anno, di durata 72 ore. Ogni mareggiata raggiunge il picco (cioè l'altezza significativa decennale) alla 33^{a} ora, poi decade secondo un andamento lineare;
- elevazione del livello del mare di 0.4 m, come suggerito nello studio meteo-marino
- valori del diametro di sedimento pari a quelli misurati.

Esempi dei risultati più significativi sono mostrati graficamente nelle **Figg. 5.3-5.7**, dove sono evidenziati il profilo della spiaggia emersa e soomersa (linea blu) e il profilo ottenuto dopo la mareggiata (linea rossa). L'andamento è praticamente identico per tutte le mareggiate simulate: si osserva un leggero arretramento della linea di battigia e la formazione di una modesta barra sui fondali, a profondità di circa 2 m. Per il profilo B, corrispondente al tratto centrale della spiaggia dove è presente una delle barriere esistenti (**Fig. 5.7**), l'evoluzione nel corso della mareggiata mostra l'esistenza di parziale erosione ("scouring") al piede della struttura su entrambi i lati.

Sulle stesse figure, a titolo di esempio e di confronto con la situazione attuale, sono riportati gli andamenti dei profili del fondo nel caso venisse realizzata una barriera sommersa, con sommità ad 1 m dal livello del mare, e ubicata a circa 4 m di profondità, quindi come ideale prolungamento delle barriere emerse di S. Bartolomeo. In input sono stati ovviamente forniti gli stessi dati sopra elencati.
Dal confronto tra le due diverse configurazioni appare abbastanza evidente come l'andamento del profilo in presenza di barriera sommersa sia del tutto simile a quello attuale. Se poi si concentra l'attenzione sull'attraversamento del livello zero, corrispondente alla linea di battigia, si osserva come l'arretramento di tale linea sia più evidente, anche se di poco, in presenza della barriera, a causa del maggiore innalzamento del livello indotto dalla scogliera.

6. CONCLUSIONI

Lo studio effettuato permette di ritenere che la spiaggia di Diano Marina sia dotata allo stato attuale di una stabilità complessivamente insufficiente - tutti i risultati delle varie analisi effettuate sono sostanzialmente in accordo - e tale da richiedere adeguate misure di intervento
Anche se l'area, per quanto riguarda le onde incidenti, è interessata da un'energia ondosa che si potrebbe definire media, se comparata con quella ben superiore esistente lungo altri litorali dell'arco ligure, si ritiene del tutto irrilevante il trasporto sedimentario locale. Anche ammettendo infatti che esista un possibile flusso di sedimenti da Capo Berta verso nordest - fatto peraltro molto dubbio considerata l'assenza di accumulo di materiale lungo il molo di S. Elmo - e che il trasporto sedimentario potenziale calcolato sia "effettivo", esistano cioè effettivamente sui fondali costieri i volumi di materiale messi in moto dalle onde, i sedimenti, fluendo essenzialmente lungo costa alle basse profondità, verrebbero intercettati per buona parte dalle strutture esistenti.
Infatti a sud-ovest della spiaggia è presente il Porto di Diano Marina, il cui molo ha una lunghezza dell'ordine dei 300 m e interessa i fondali fino a circa 3.5 m di profondità, successivamente si trovano due pennelli a poca distanza dal porto, anch'essi di notevole aggetto, poi altre strutture di modesta estensione che probabilmente hanno scarsa influenza sul trasporto; nelle immediate vicinanze di Capo Berta è infine presente il molo di S. Elmo.
Dalle analisi quantitative effettuate, cioè dall'andamento dei volumi di sedimento spostati lungo il litorale in funzione della profondità, ne consegue che circa il 93% del trasporto potenziale verso NE non può quindi interessare la spiaggia di Diano Marina.
A nord-est della spiaggia sono state recentemente realizzate barriere emerse, che si propagano fino al Porto di S. Bartolomeo, su fondali di circa 4 m: ne segue che circa il 98 % del trasporto potenziale verso SW viene intercettato.

Lungo la spiaggia di Diano può dunque ragionevolmente fluire una quantità di sedimenti dell'ordine dei 2000-3000 mc/anno, quantità peraltro "potenziale".

Inoltre, considerata l'orientazione dei fondali, il trasporto trasversale è prevalentemente diretto verso il largo in circa il 95% degli eventi di moto ondoso.

Il quadro generale sopra-esposto, che denota una totale mancanza di rifornimento di materiale per la spiaggia di Diano, è ulteriormente complicato dalla presenza di numerosissime strutture, alcune di dimensioni minime realizzate nei pressi degli stabilimenti balneari, come ad esempio muretti di sostegno, altre di dimensione un po' maggiore, ad esempio modesti pennelli, altre di estensione notevole, come le barriere frangiflutti realizzate negli immediati pressi della battigia.
L'interazione tra le onde incidenti sull'insieme di tali strutture, del tutto caotico, non è certo simulabile con tecniche semplificate ed anche un modello morfodinamico tridimensionale fornirebbe risultati discutibili.

E' tuttavia facile rendersi conto dall'osservazione diretta e, soprattutto, dall'andamento dei fondali più prossimi a costa, cioè quelli che vanno dalla linea di battigia fino

all’isobata dei 3-3.5 m, che, in particolare nell’area più prossima alle barriere, le pendenze risultano molto accentuate, segno evidente che la riflessione delle onde indotta dalle barriere ha avuto un ruolo essenziale nell’allontanare i sedimenti dalle acque basse un tempo esistenti.
Dall’analisi della batimetria appositamente rilevata ai fini dello studio si notano le notevoli differenze tra l’andamento regolare dell’isobata – 4 m, parallela alla costa, e l’andamento irregolare e tortuoso dell’isobata dei – 3 m, il cui andamento si è notevolmente modificato nel tempo.

E’ noto, dall’esperienza derivante dall’osservazione di molti casi analoghi presenti lungo coste italiane, che l’evoluzione nel tempo sarà verso un ulteriore asporto di materiali in questa zona adiacente alle barriere, con conseguente incremento della profondità e della presenza di onde di altezza maggiore negli immediati pressi delle barriere o della battigia.

Occorrono dunque opportuni interventi atti a ripristinare una condizione di equilibrio del litorale in esame.
Si ritiene tuttavia che l’intervento di risistemazione della spiaggia dovrebbe comportare il ripristino di un corretto e regolare andamento delle isobate mediante, ad esempio, un ripascimento con materiale adeguato, mentre la sola realizzazione di ulteriori strutture di difesa, oltre a complicare ulteriormente il quadro dinamico, difficilmente potrà migliorare sostanzialmente l’attuale situazione. Ad esempio, come mostrato dalle simulazioni effettuate, la realizzazione di una barriera sommersa non porta a miglioramenti tali da giustificare la sua realizzazione, anzi, in qualche caso, inducendo un maggiore innalzamento del livello marino tra la barriera e la costa, potrebbe rilevarsi controproducente.

INDICE DELLE TABELLE

TAB. 2.1 - VALORI DEL DIAMETRO MEDIO DI SEDIMENTO DERIVATI DAI PRELIEVI APPOSITAMENTE EFFETTUATI

TAB. 3.1 - PROFONDITA' DI FRANGIMENTO DELLE ONDE

TAB. 3.2 - MODALITA' DI FRANGIMENTO DELLE ONDE LUNGO IL LITORALE DI DIANO MARINA

TAB. 4.1 - ANDAMENTO DEL TRASPORTO LONGITUDINALE ATTRAVERSO LE SEZIONI UBICATE LUNGO IL LITORALE DI DIANO MARINA

TAB. 4.2 - FREQUENZA (%) DEGLI EVENTI DI MOTO ONDOSO CHE GENERANO TRASPORTO VERSO NE O VERSO SW E FLUSSO MEDIO DI ENERGIA A COSTA ATTRAVERSO LE SEZIONI CONSIDERATE

TAB. 4.3 - FREQUENZA (%) DEGLI EVENTI DI MOTO ONDOSO CHE GENERANO TRASPORTO VERSO COSTA E VERSO IL LARGO (INDICE DI HATTORI)

TAB. 4.4 - VALORI DI PROFONDITA' LIMITE (m) DELLA SPIAGGIA SOMMERSA ATTIVA NEI CONFRONTI DEL TRASPORTO LONGITUDINALE

TAB. 4.5 - VALORI DI "SET-UP" E DI "RUN-UP"

LOCALITA' PRELIEVO	CAMPIONE	PROFONDITA' (m)	D_{50} (mm)
1) Ponterosso	1A	-3	0.145
	1B	-1	0.161
	1C	emersa	0.232
2) Hotel Gabriella	2A	-3	0.146
	2B	-1	0.123
	2C	emersa	0.245
3) Bagni Paradiso	3A	-3	0.135
	3B	-1	0.140
	3C	emersa	0.165
4) Hotel Holiday	4A	-3	0.131
	4B	-1	0.141
	4C	emersa	0.182

TAB. 2.1 - VALORI DEL DIAMETRO MEDIO DI SEDIMENTO DERIVATI DAI PRELIEVI APPOSITAMENTE EFFETTUATI

PROFONDITA' (m)	SEZIONE A	SEZIONE B	SEZIONE C
MEDIA	0.7	0.7	0.6
AL 95% DI PROBABILITA'	1.8	su barriera	1.6
MASSIMA	5.3	5.0	5.2

TAB. 3.1 - PROFONDITA' DI FRANCIMENTO DELLE ONDE

TIPOLOGIA DI FRANGIMENTO	SEZIONE A	SEZIONE B	SEZIONE C
SPILLING (%)	20.0	100.	17.5
PLUNING (%)	80.0	-	82.5
SURGING (%)	-	-	-

TAB. 3.2 - MODALITA' DI FRANGIMENTO DELLE ONDE LUNGO IL LITORALE DI DIANO MARINA

	SEZIONE A	SEZIONE B	SEZIONE C
TRASPORTO NETTO	13000	22000	29000
TRASPORTO VERSO SW	-14000	-21000	-15000
TRASPORTO VERSO NE	27000	43000	44000

Legenda: - = trasporto verso SUD-OVEST; + = trasporto verso NORD_EST

TAB. 4.1 - ANDAMENTO DEL TRASPORTO LONGITUDINALE ATTRAVERSO LE SEZIONI UBICATE LUNGO IL LITORALE DI DIANO MARINA

	SEZIONE A	SEZIONE B	SEZIONE C
FLUSSO MEDIO DI ENERGIA (KW/M)	0.42	0.52	0.60
TRASPORTO VERSO NE	12.2	23.5	22.7
TRASPORTO VERSO SW	7.1	11.1	7.2

TAB. 4.2 - FREQUENZA (%) DEGLI EVENTI DI MOTO ONDOSO CHE GENERANO TRASPORTO VERSO NE O VERSO SW E FLUSSO MEDIO DI ENERGIA A COSTA ATTRAVERSO LE SEZIONI CONSIDERATE

INDICE DI HATTORI (%)	SEZIONE A	SEZIONE B	SEZIONE C
TRASPORTO VERSO COSTA	0.9	59.0	0.6
CONDIZIONI DI EQUILIBRIO	4.7	39.0	2.2
TRASPORTO VERSO IL LARGO	94.4	2.0	97.2

TAB. 4.3 - FREQUENZA (%) DEGLI EVENTI DI MOTO ONDOSO CHE GENERANO TRASPORTO VERSO COSTA E VERSO IL LARGO (INDICE DI HATTORI)

	SEZIONE A	SEZIONE B	SEZIONE C
PROFONDITA' LIMITE MEDIA	1.2	1.1	1.2
PROFONDITA' LIMITE AL 95%	3.0	3.0	3.0
PROFONDITA' LIMITE MAX	8.4	8.5	8.5

TAB. 4.4 - VALORI DI PROFONDITA' LIMITE (m) DELLA SPIAGGIA SOMMERSA ATTIVA NEI CONFRONTI DEL TRASPORTO LONGITUDINALE

	SEZIONE A	SEZIONE B	SEZIONE C
SET-UP MEDIO (m)	0.23	0.15	0.23
SET-UP AL 95% (m)	0.41	0.37	0.39
RUN-UP MEDIO (m)	0.27	0.05	0.31
RUN-UP AL 95%	0.60	0.12	0.71

TAB. 4.5 - VALORI DI "SET-UP" E DI "RUN-UP"

INDICE DELLE FIGURE

FIG. 2.1 - BATIMETRIA DELL'AREA DI STUDIO

FIG. 3.1 - DISTRIBUZIONE DELLA PROFONDITA' DI FRANGIMENTO DELLE ONDE

FIG. 4.1 - ANDAMENTO DEL TRASPORTO LONGITUDINALE IN FUNZIONE DELLA PROFONDITA'

FIG. 5.1 - TENDENZA ALL'EROSIONE O ALL'ACCRESCIMENTO DEL LITORALE METODO DI LARSON KRAUS

FIG. 5.2 - TENDENZA ALL'EROSIONE O ALL'ACCRESCIMENTO DEL LITORALE METODO DI DEAN

FIG. 5.3 - PROFILO A: CONFRONTO TRA EVOLUZIONE DEL PROFILO TRASVERSALE ALLA SPIAGGIA NELLA SITUAZIONE ATTUALE E NELL'IPOTESI DI REALIZZAZIONE DI BARRIERA SOFFOLTA MAREGGIATA ANNUALE DA 90° N

FIG. 5.4 - PROFILO A: CONFRONTO TRA EVOLUZIONE DEL PROFILO TRASVERSALE ALLA SPIAGGIA NELLA SITUAZIONE ATTUALE E NELL'IPOTESI DI REALIZZAZIONE DI BARRIERA SOFFOLTA MAREGGIATA ANNUALE DA 120° N

FIG. 5.5 - PROFILO A: CONFRONTO TRA EVOLUZIONE DEL PROFILO TRASVERSALE ALLA SPIAGGIA NELLA SITUAZIONE ATTUALE E NELL'IPOTESI DI REALIZZAZIONE DI BARRIERA SOFFOLTA MAREGGIATA ANNUALE DA 150° N

FIG. 5.6 - PROFILO A: CONFRONTO TRA EVOLUZIONE DEL PROFILO TRASVERSALE ALLA SPIAGGIA NELLA SITUAZIONE ATTUALE E NELL'IPOTESI DI REALIZZAZIONE DI BARRIERA SOFFOLTA MAREGGIATA ANNUALE DA 180° N

FIG. 5.7 - PROFILO A: CONFRONTO TRA EVOLUZIONE DEL PROFILO TRASVERSALE ALLA SPIAGGIA NELLA SITUAZIONE ATTUALE E NELL'IPOTESI DI REALIZZAZIONE DI BARRIERA SOFFOLTA MAREGGIATA ANNUALE DA 210° N

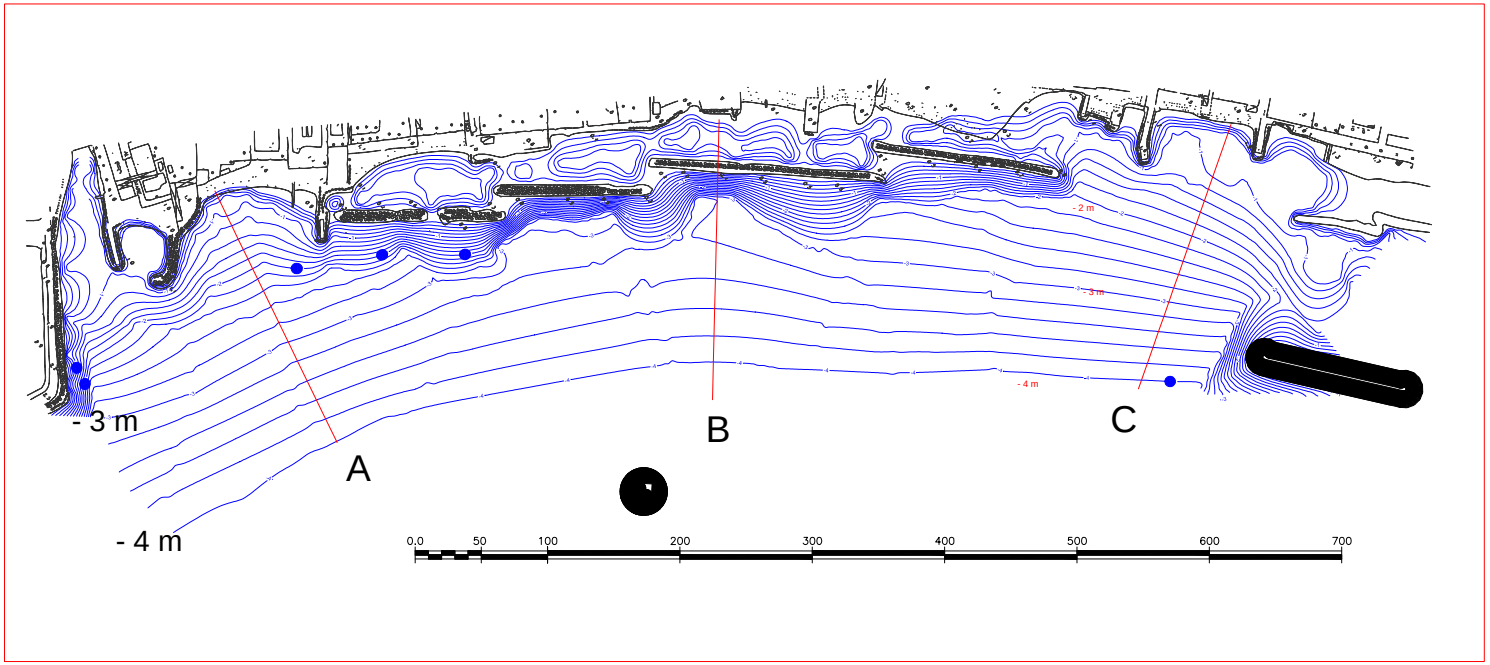


FIG. 2.1 – BATIMETRIA DELL'AREA DI STUDIO

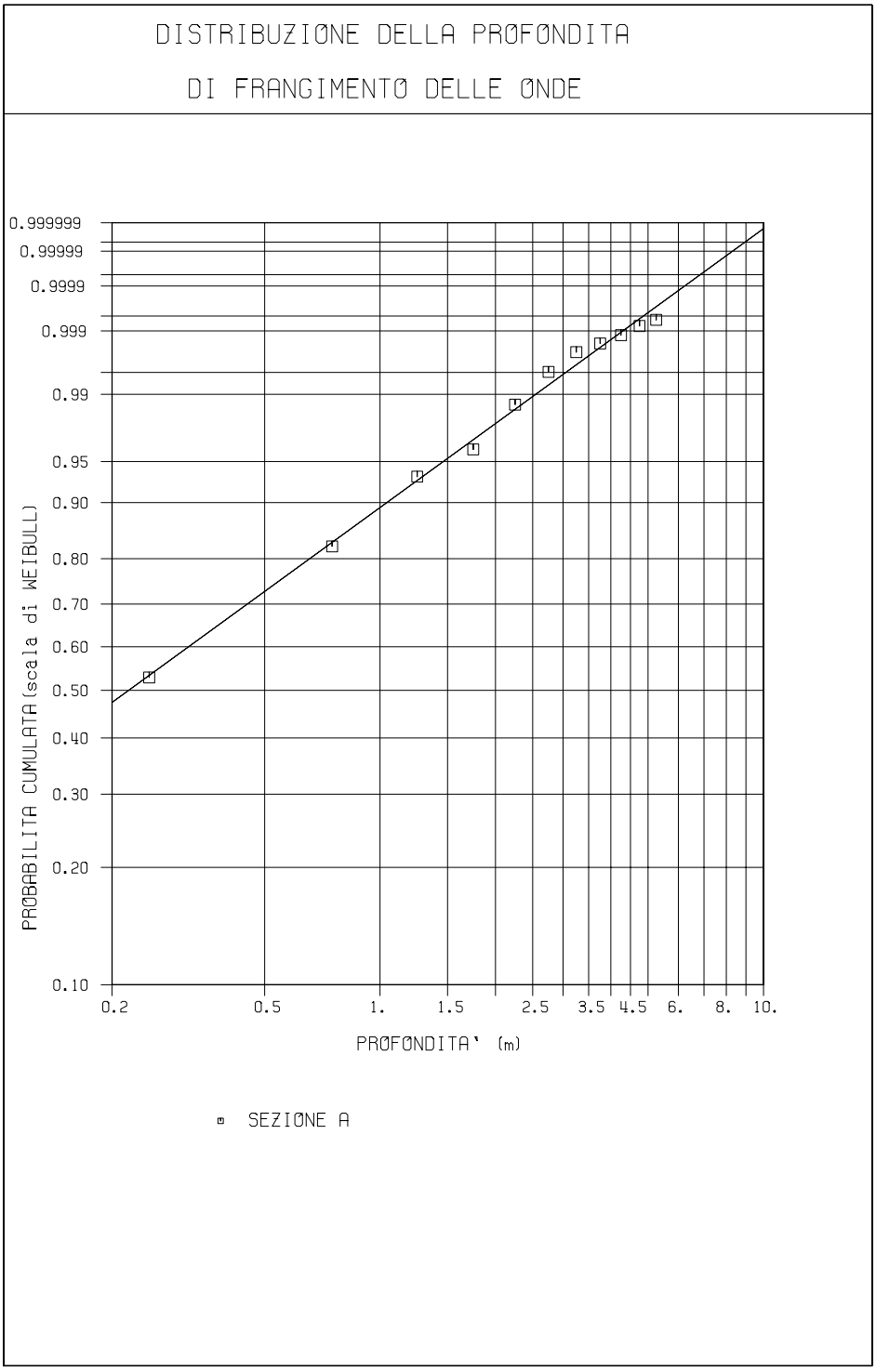


FIG. 3.1 - DISTRIBUZIONE DELLA PROFONDITA' DI FRANGIMENTO DELLE ONDE

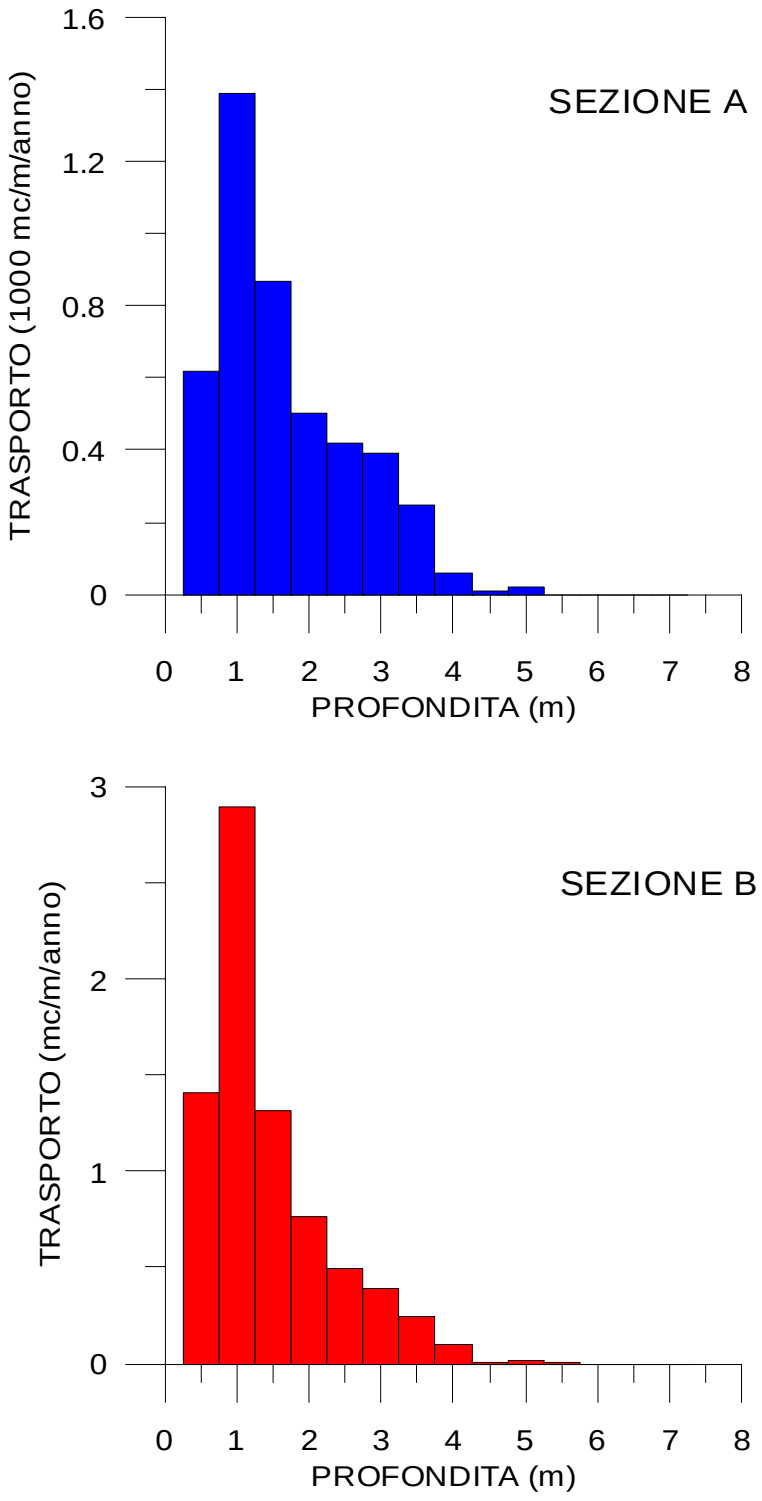


FIG. 4.1 - ANDAMENTO DEL TRASPORTO LONGITUDINALE IN FUNZIONE DELLA PROFONDITA'

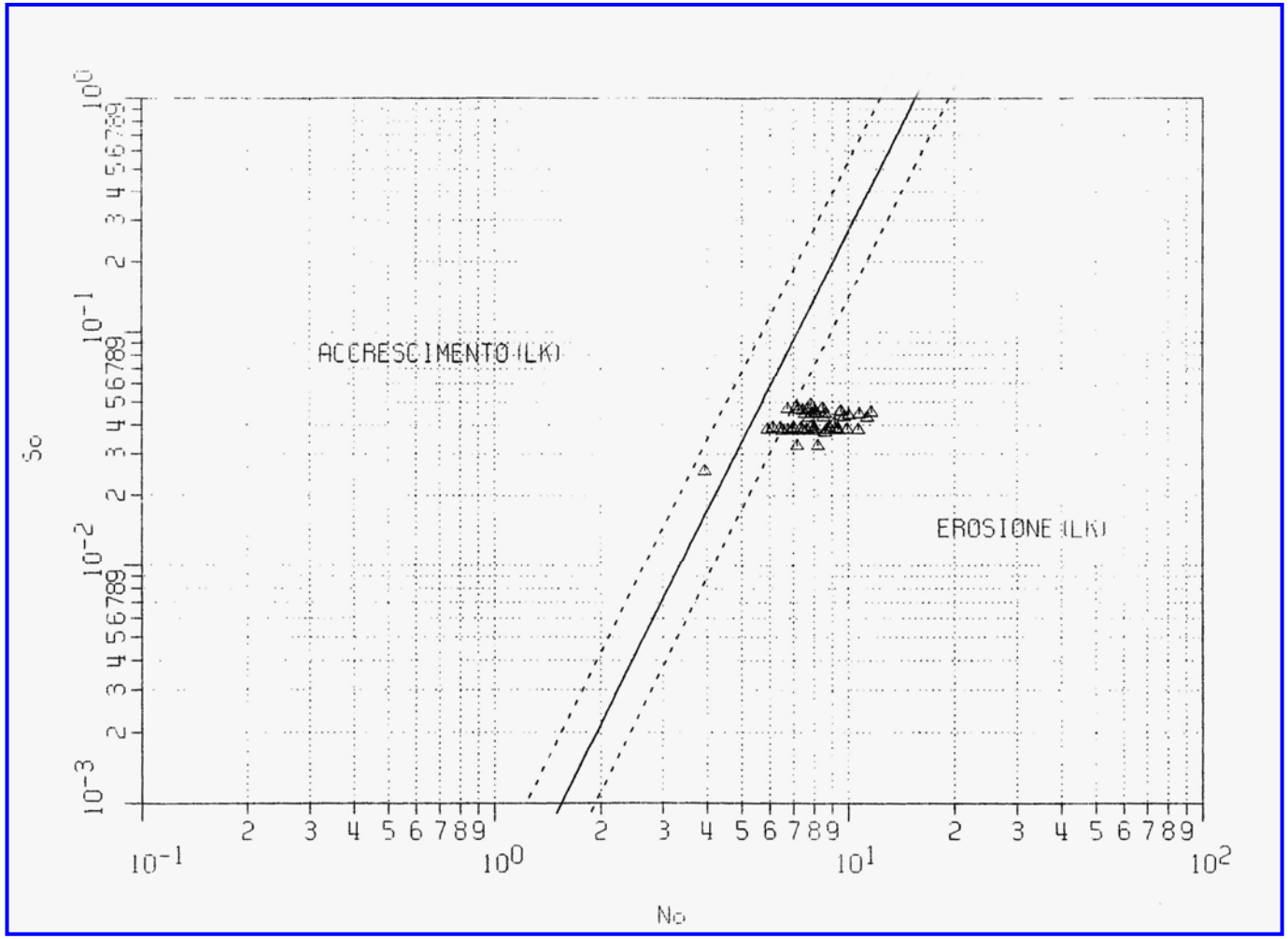


FIG. 5.1 – TENDENZA ALL'EROSIONE O ALL'ACCRESCIMENTO DEL LITORALE
METODO DI LARSON KRAUS

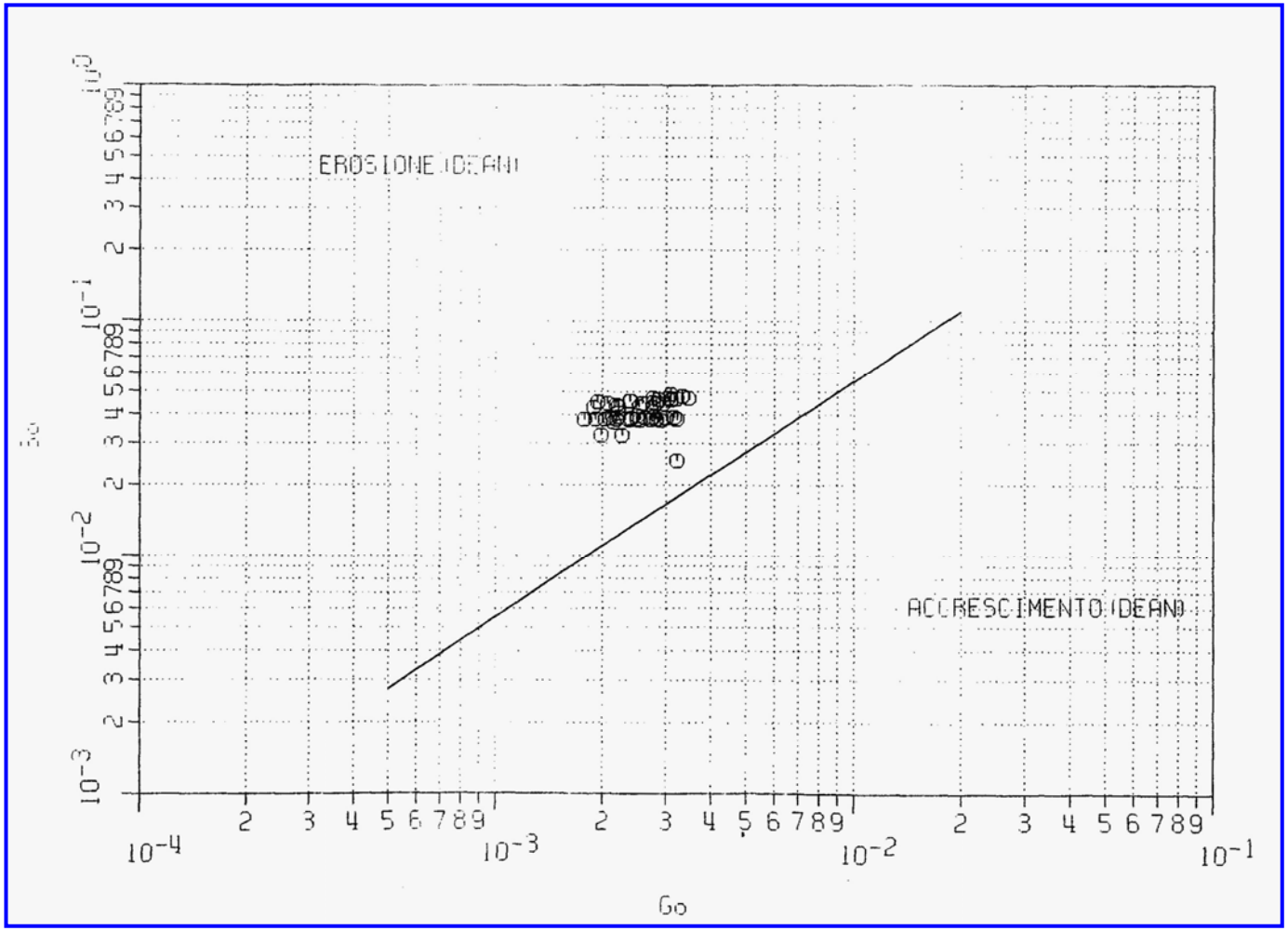


FIG. 5.2 – TENDENZA ALL'EROSIONE O ALL'ACCRESCIMENTO DEL LITORALE
METODO DI DEAN

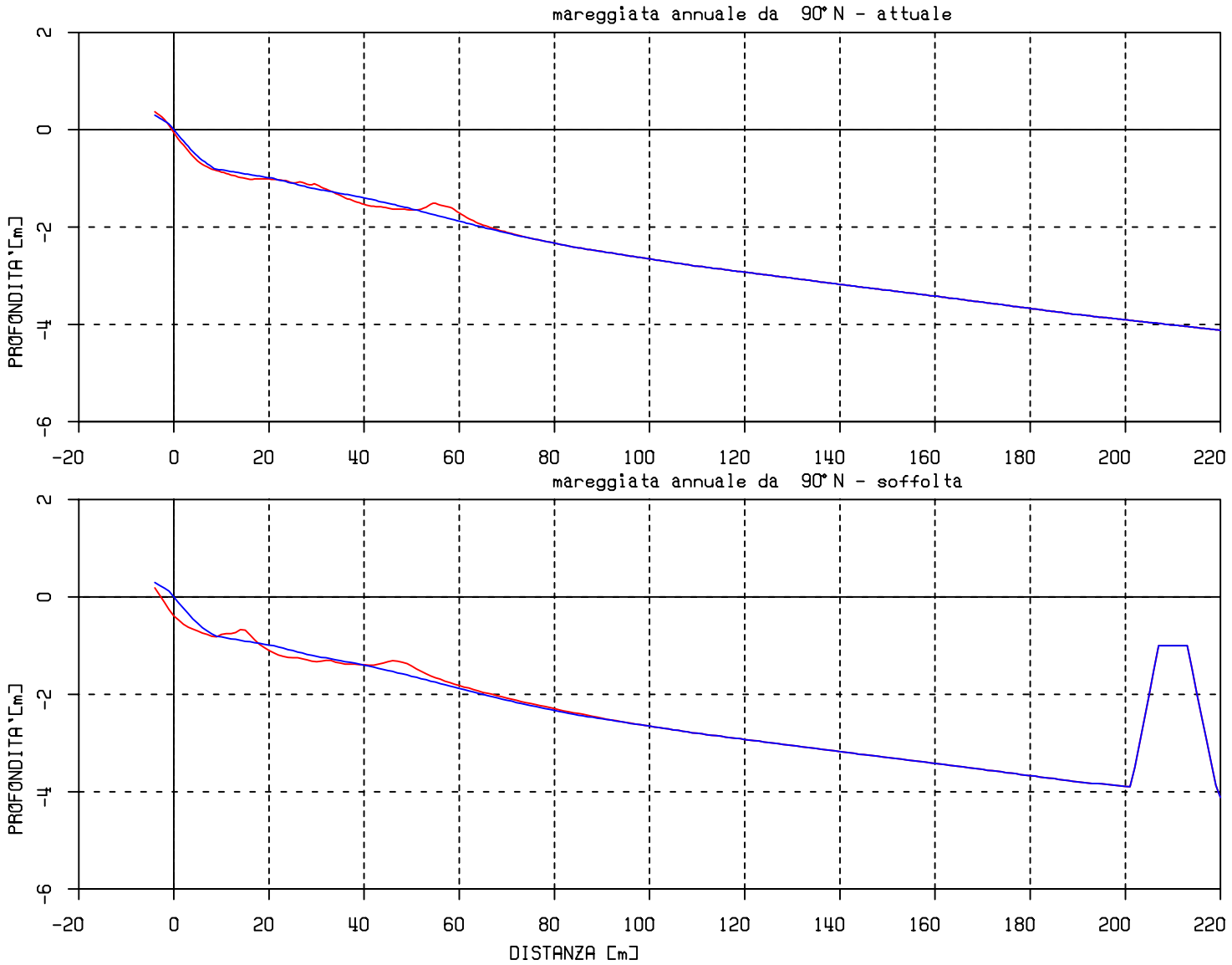


FIG. 5.3 - PROFILO A: CONFRONTO TRA EVOLUZIONE DEL PROFILO TRASVERSALE ALLA SPIAGGIA NELLA SITUAZIONE ATTUALE E NELL'IPOTESI DI REALIZZAZIONE DI BARRIERA SOFFOLTA MAREGGIATA ANNUALE DA 90° N

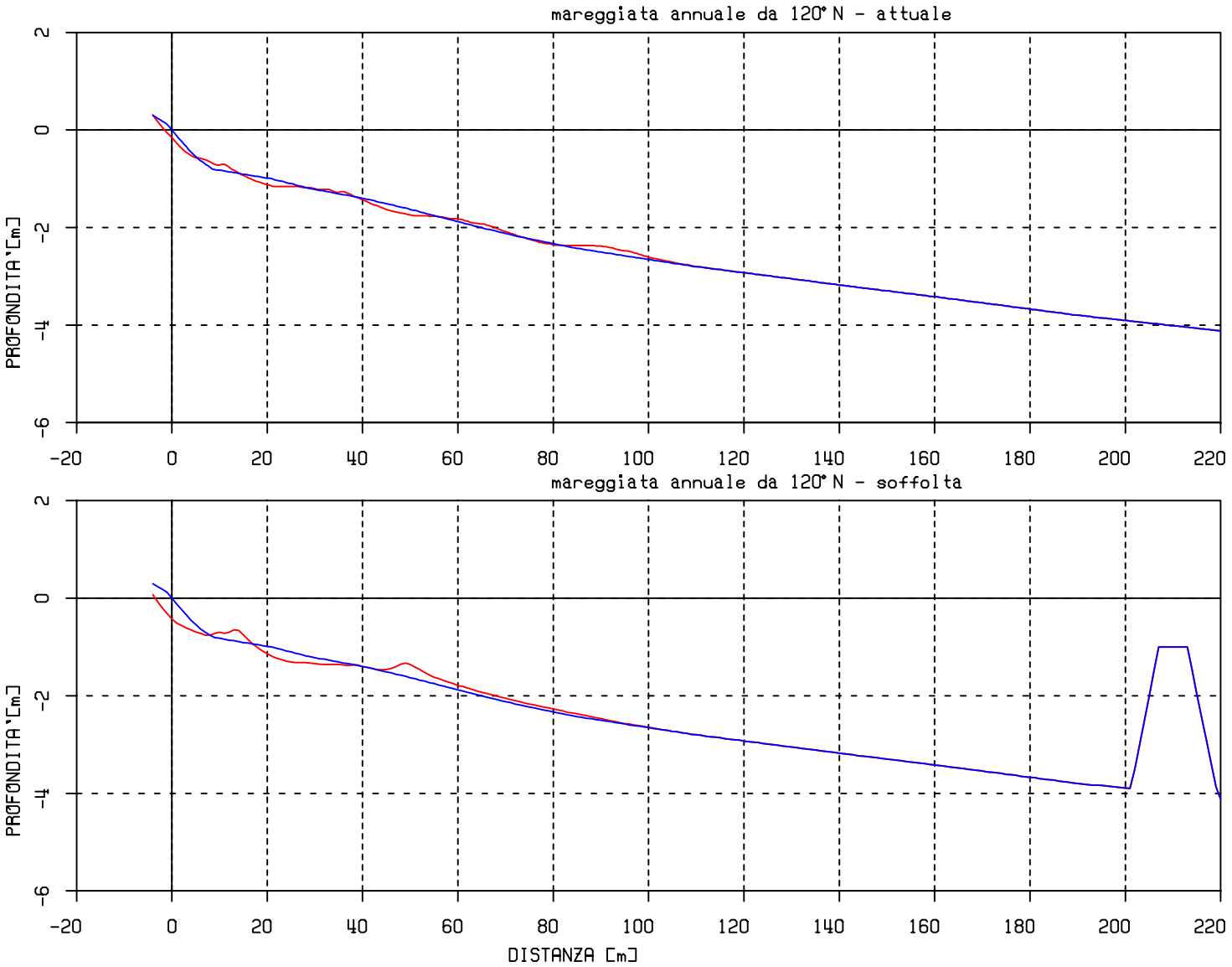


FIG. 5.4 - PROFILO A: CONFRONTO TRA EVOLUZIONE DEL PROFILO TRASVERSALE ALLA SPIAGGIA NELLA SITUAZIONE ATTUALE E NELL'IPOTESI DI REALIZZAZIONE DI BARRIERA SOFFOLTA MAREGGIATA ANNUALE DA 120° N

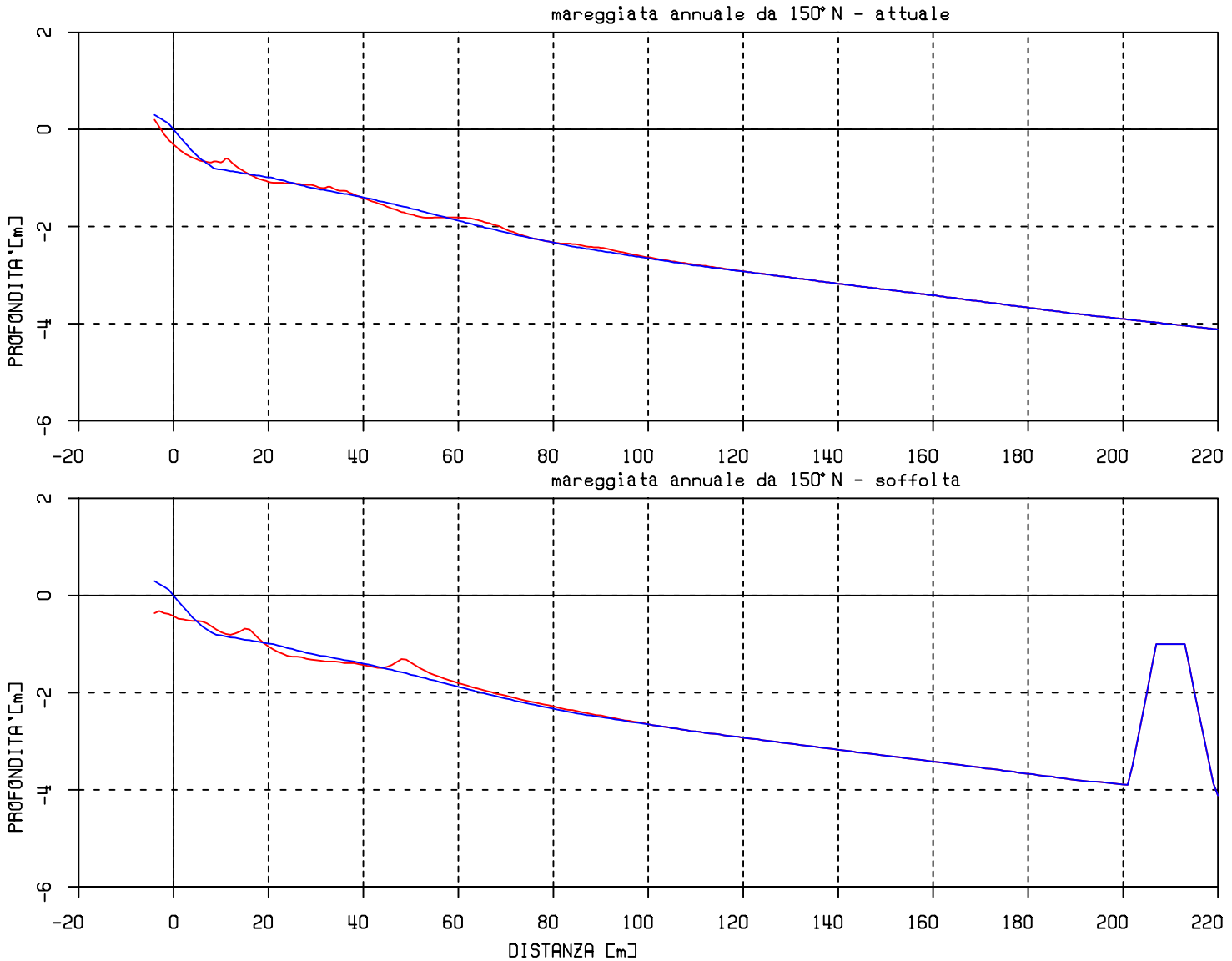


FIG. 5.5 - PROFILO A: CONFRONTO TRA EVOLUZIONE DEL PROFILO TRASVERSALE ALLA SPIAGGIA NELLA SITUAZIONE ATTUALE E NELL'IPOTESI DI REALIZZAZIONE DI BARRIERA SOFFOLTA MAREGGIATA ANNUALE DA 150° N

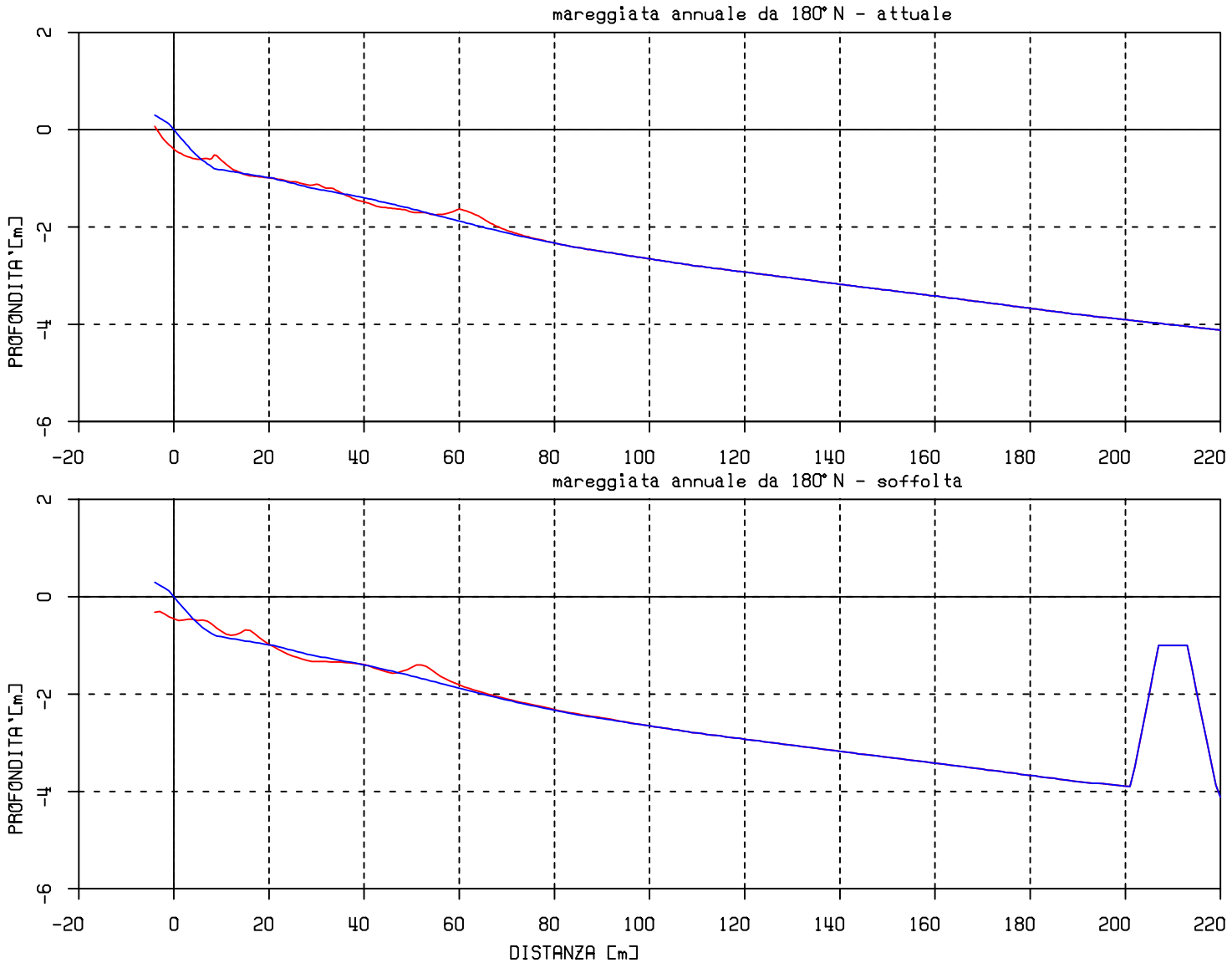


FIG. 5.6 - PROFILO A: CONFRONTO TRA EVOLUZIONE DEL PROFILO TRASVERSALE ALLA SPIAGGIA NELLA SITUAZIONE ATTUALE E NELL'IPOTESI DI REALIZZAZIONE DI BARRIERA SOFFOLTA MAREGGIATA ANNUALE DA 180° N

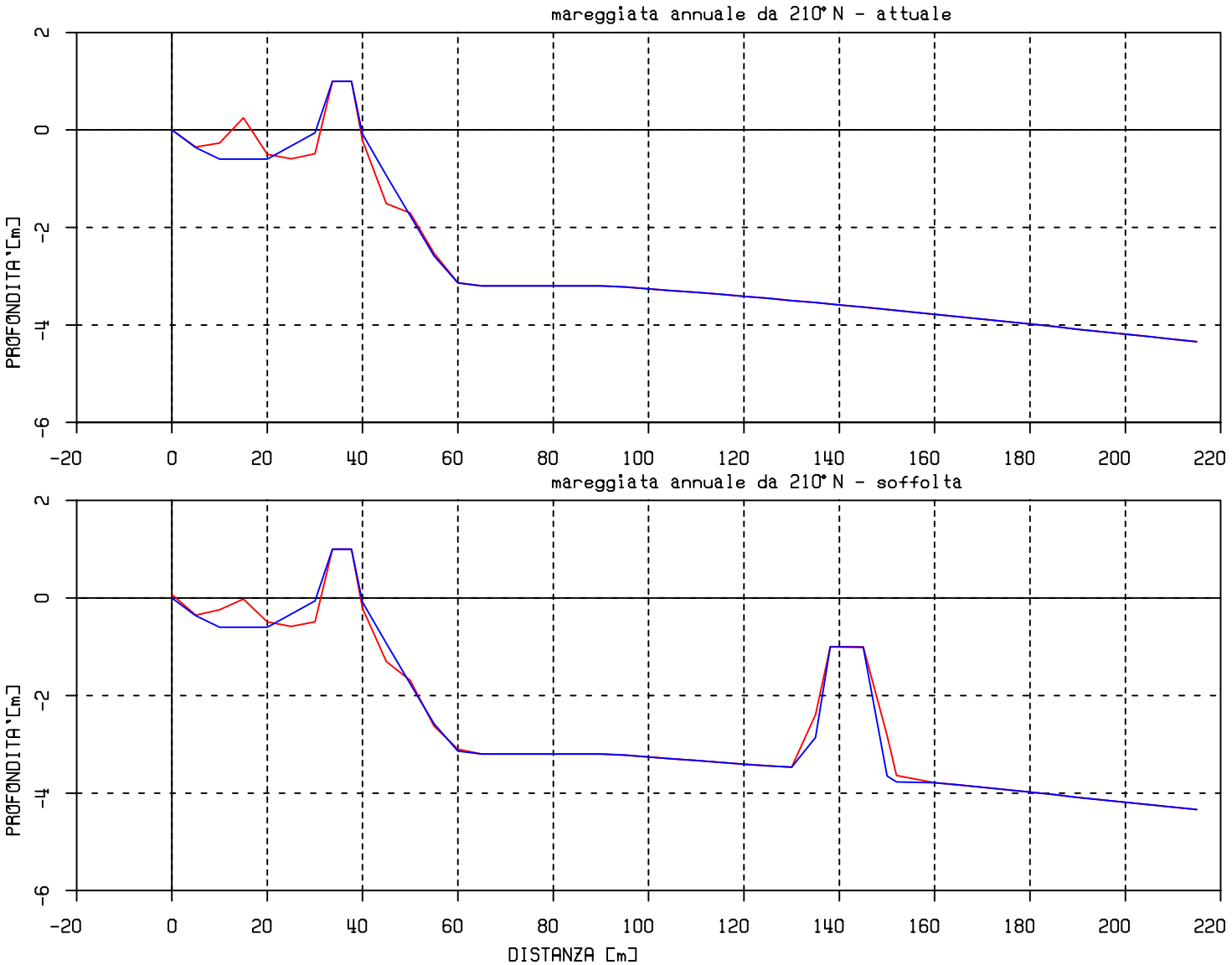


FIG. 5.7 - PROFILO B: CONFRONTO TRA EVOLUZIONE DEL PROFILO TRASVERSALE ALLA SPIAGGIA NELLA SITUAZIONE ATTUALE E NELL'IPOTESI DI REALIZZAZIONE DI BARRIERA SOFFOLTA MAREGGIATA ANNUALE DA 210° N

VERIFICA DELLA CONFIGURAZIONE PROGETTUALE

1. PREMESSE 3
2. SCENARIO DI RIFERIMENTO 4
3. SOLUZIONE PROGETTUALE 2: SPIAGGIA SUDDIVISA IN CELLE 5
3.2 Il campo di moto ondoso 5
3.2 Evoluzione del profilo trasversale 7
4. INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI 9
5. CONCLUSIONI 11

1. PREMESSE

Nelle pagine seguenti viene riportata la trattazione sviluppata utilizzando quanto già elaborato da DEAM relativamente allo scenario di progetto prescelto.
Ricordiamo che preliminarmente furono indagate tre soluzioni:

A) barriera sommersa continua: ne abbiamo lasciato traccia nei documenti del progetto definitivo (nel volume dedicato all'analisi della situazione attuale) a futura memoria, per rappresentare che tale soluzione (di aprioristico gradimento dei gestori balneari) è stata valutata e scartata su basi tecniche;

B) ripascimento con spiaggia continua e barriera al piede: la soluzione, valida sotto il profilo tecnico, non attuabile su quello economico e funzionale. Infatti l'impegno finanziario di tale soluzione è assai simile a quello della soluzione definitivamente adottata, ma non attuabile per lotti. Pertanto, considerate le attuali capacità de bilanci comunali e regionali, nonché la particolare congiuntura di quello statale e comunitario, è apparsa evidente l'impossibilità di una realizzazione in unica fase. Anche dal punto di vista operativo si presentano pesanti difficoltà: ove infatti si potesse disporre dell'intero finanziamento, la realizzazione dovrebbe comunque essere interrotta per il periodo di stagione balneare, con il grave rischio, in caso di mareggiate, di perdite importanti di materiale; è chiaro infatti che la barriera di piede dovrebbe essere realizzata con il salpamento delle attuali opere di difesa, e dovrebbe essere estesa a tutto il tratto; ciò comporterebbe una totale assenza di difesa del litorale sguarnito, almeno in parte, dell'ulteriore elemento di protezione formato dalla stessa spiaggia;

C) suddivisione del litorale in "celle" da realizzarsi progressivamente anche con interruzione temporale, e costituita da secche, pennelli in geotubi e ripascimento. La soluzione si è rivelata efficace, e potrà essere realizzata in lotti. Per quest'ultima riportiamo anche estratti della relazione di DEAM. Per la lettura del testo integrale si rinvia al progetto preliminare generale. Ricordiamo inoltre che l'analisi dei volumi di ripascimento necessari per realizzare lo scenario di progetto è riportata nell'elaborato "Relazione illustrativa", paragrafo 3 punto g). Ed ancora evidenziamo che i modelli seguenti si sviluppano su tutto il litorale oggetto d'intervento: la scelta localizzativi del 1° lotto è funzione:
    a) delle preesistenze ormai consolidate a levante (sistema difensivo di S. Bartolomeo al mare) che realizzano un appoggio laterale al 1° lotto di Diano Marina e
    b) della criticità della zona indotta dalle latistanti opere di S. Bartolomeo al mare; infatti le recenti dighe emerse hanno cancellato le azioni distributive delle sabbie prodotte dalle agitazioni di levante, impoverendo progressivamente il litorale.

È evidente che lo scenario di 1° lotto sviluppa un sistema chiuso sotto le agitazioni di ponente, mentre resta parzialmente aperto sotto quelle di levante; è certamente chiaro che al 1° lotto devono seguire in tempi non biblici il 2°, il 3° e poi il 4°. Nell'attesa tra le realizzazioni dei diversi lotti è possibile che forti agitazioni di levante inducano spandimenti delle sabbie verso ponente; peraltro la risultante della deriva è indirizzata da W → E, per cui a saltuarie distribuzioni verso ponente seguiranno rinnovate concentrazioni di materiale a ridosso della secca ormai esistente più a levante.

2. SCENARIO DI RIFERIMENTO

Lo scenario progettuale è il seguente: ripascimento del litorale mediante suddivisione del tratto di interesse in varie "celle" simmetriche, ognuna stabile al moto ondoso incidente, da realizzarsi in tempi successivi. Le celle sono caratterizzate dalla presenza di pennelli di contenimento ai lati, e da due "isole" a pelo d'acqua, denominate per comodità "secche", ubicate opportunamente (**Fig. 2.2**).
Nella **Fig. 2.3** vengono riportate due sezioni tipo, quella in prossimità dei pennelli, denominata Profilo 1, e quella relativa alla parte centrale della cella, denominata Profilo 2.

La soluzione ha il pregio di poter essere realizzata in lotti successivi, ma prevede sia strutture di difesa che strutture di contenimento delle singole celle in cui viene suddiviso il litorale.
Le strutture di difesa (secche sommerse) sono ubicate intorno all'isobata - 4 m, in modo da essere allineate con le scogliere già realizzate nel contiguo litorale di S. Bartolomeo al Mare.

Va sottolineato che il progetto di difesa-ripascimento del litorale di Diano Marina si inquadra in un tratto di costa in notevole evoluzione, causata dalla realizzazione delle barriere frangiflutti di S. Bartolomeo al Mare, che hanno comportato importanti modifiche della distribuzione dei sedimenti sui fondali costieri, modifiche che ancora oggi presentano consistenti variazioni spaziali e temporali.

3. SOLUZIONE PROGETTUALE 2: SPIAGGIA SUDDIVISA IN CELLE

Il tratto di litorale in oggetto è stato suddiviso in 5 celle, da realizzare in tempi successivi, e quindi ognuna stabile al moto ondoso incidente indipendentemente dalle successive realizzazioni.
Ogni cella è protetta da strutture laterali di contenimento, tali da non innescare fenomeni erosivi nella cella adiacente, il che rappresenta in problema di non facile soluzione.
In sintesi, i problemi principali sono:

- la dimensione longitudinale della cella;
- la tipologia di strutture di contenimento della cella stessa;
- la dimensione delle strutture di difesa a pelo d'acqua, denominate "secche";
- la distanza tra le secche tale da permettere lo sviluppo di un campo ondoso diffratto sufficientemente attenuato;
- la profondità di ubicazione delle secche, adeguatamente valutata in funzione di pendenza del litorale e frangimento delle onde;
- ampiezza della spiaggia che per ogni cella sia dell'ordine dei 40-45 m;
- pendenze e granulometria tali da garantire una stabilità complessiva almeno all'onda decennale.

Il progetto è stato sottoposto a verifica utilizzando il modello spettrale di moto ondoso SWAN (l'unico che permetta di tener conto delle tipologia delle strutture ipotizzate) per quanto concerne la simulazione delle mareggiate e il modello SBEACH per l'analisi dell'evoluzione del profilo di progetto.

3.2 Il campo di moto ondoso

Il ben noto SWAN (Simulating Waves Nearshore) è un modello numerico che produce stime realistiche dei parametri delle onde in aree costiere, a partire da condizioni definite al largo, tenuto conto delle condizioni del vento, delle correnti e delle caratteristiche del fondale.
SWAN è un modello spettrale di terza generazione, che tiene conto dei seguenti processi:

- propagazione spaziale rettilinea;
- rifrazione dovuta a variazioni spaziali di profondità e corrente;
- shoaling dovuto a variazioni spaziali di profondità e corrente;
- attrito e rifrazione indotti da correnti contrarie;

- trasmissione o dissipazione dovuti alla presenza di ostacoli (ad esempio barriere frangiflutti).

In SWAN sono formulati I seguenti processi di generazione e dissipazione:

- vento;
- “white-capping”;
- frangimento;
- attrito al fondo;
- interazioni non-lineari onda-onda.

SWAN differisce dagli altri modelli analoghi e dai suoi predecessori per alcuni aspetti principali:

- è un modello spettrale (è, quindi, possibile selezionare il profilo spettrale da definire per le condizioni al contorno così come la funzione di spreading direzionale);
- considera la generazione di onde da vento anche in acque basse;
- considera l’interazione onda-corrente anche in acque basse;
- grazie ai tre punti sopra enunciati, SWAN definisce con maggiore completezza la dissipazione dell’energia (mentre altri modelli tengono conto solo dell’attrito al fondo).
- tiene conto inoltre della tracimazione delle onde al di là delle strutture.

La descrizione del modello è riportata in **Appendice**.

Lo schema del modello è mostrato in **Fig. 4.1**: il colore rosato della figura rappresenta sia l’area in cui viene versato il sedimento che le strutture, emerse o sommerse, previste dal progetto, mentre il colore nero si riferisce alla costa, così come attualmente si presenta. La barriera emersa parallela al litorale, che si nota sulla sinistra della figura, rappresenta l’ultima scogliera, già realizzata, dell’adiacente litorale di S. Bartolomeo.

Per quanto concerne i dati di input, sono state simulate 4 mareggiate decennali, provenienti da 120°, 150°, 180° e 210°N e caratterizzate da altezza significativa rispettivamente di 3.9, 3.8 , 4.0 e 4.1 m. Analogamente a quanto effettuato nella prima parte dello studio, è stata associata alle mareggiate una durata di 72 ore; ogni mareggiata raggiunge il picco (e cioè l’altezza significativa decennale) alla 33° ora, poi decade secondo un andamento lineare. Alle mareggiate è associata un’elevazione del livello del mare di 0.4 m, come suggerito nello studio meteo-marino.

Esempi illustrativi dei campi di moto ondoso simulati, ottenuti dall'applicazione del modello, sono mostrati nelle **Fig. 4.2, 4.3, 4.4, 4.5**. Tutti gli esempi si riferiscono al momento di picco della mareggiata, cioè all'istante in cui l'ondazione raggiunge la massima energia.
I valori dell'altezza d'onda sono presentati secondo una scala cromatica identica per tutti i casi simulati, in modo da agevolare il confronto tra le varie mareggiate, a cui sono sovrapposte isolinee di altezza d'onda significativa (espressa in metri). Nelle stesse figure vengono anche evidenziati i dettagli dell'innalzamento del livello marino (set-up) in forma di isolinee di livello.
I risultati evidenziano i seguenti aspetti:

- mareggiata da 120°N (**Fig. 4.2**): le onde si presentano all'ingresso dell'area protetta con valori di Hs dell'ordine di 1.8 m, subendo poi la diffrazione da parte delle "secche" a pelo d'acqua: nella parte centrale si ha una penetrazione più consistente dell'onda, ma l'attenuazione è tuttavia notevole. Anche i valori di set-up indotti dal moto ondoso presentano la stessa simmetria in tutte le celle, anche se i valori a costa sono abbastanza elevati, dell'ordine di 40 cm;

- mareggiata da 150°N (**Fig. 4.3**): anche in questo caso la situazione che si osserva è del tutto analoga al caso precedente, con isolinee praticamente identiche in tutte le celle in cui è stato suddiviso il litorale. Anche i valori di set-up sono in linea con quelli indotti dalla mareggiata precedente;

- mareggiata da 180°N (**Fig. 4.4**): pur caratterizzate da maggior energia al largo, le onde provenienti da questa direzione subiscono una maggiore rifrazione a causa dell'orientazione dei fondali, con conseguente presenza di valori, nell'area antistante le strutture di difesa, dello stesso ordine di grandezza di quelli dei casi precedenti. Il set-up è inferiore ai casi precedenti, con valori di circa 25 cm a costa;

- mareggiata da 210°N (**Fig. 4.5**): per tale direzione la rifrazione è massima e le onde giungono in prossimità delle strutture con valori più ridotti, dell'ordine di 1.5 m e valori di set-up molto contenuti, dell'ordine dei 15 cm nei pressi della battigia.

3.2 Evoluzione del profilo trasversale

La stima dell'evoluzione del profilo trasversale sotto l'influenza delle mareggiate decennali è stata effettuato con il modello BEACH.
I risultati sono presentati nelle **Fig. 4.6-4.9**, nelle quali sono riportati il profilo di progetto e il profilo al termine della mareggiata considerata.
In questo caso l'analisi è stata effettuata sia per il profilo 1, corrispondente all'area prossima al pennello e in corrispondenza delle secche, sia per il profilo 2, corrispondente alla parte centrale della cella, dove non esistono strutture di difesa sommerse.
Dal confronto tra le due situazioni si osserva quanto segue:

- mareggiata decennale da 90°N: il profilo 1 (**Fig. 4.6**) mostra variazioni del tutto insignificanti, mentre il profilo 2 (**Fig. 4.8**) evidenzia un parziale asporto di materiale fino a circa 2 m di profondità, al di là della quale si forma una barra, causata dalla deposizione di sedimento, a 1.5 a 2.5 m di profondità. La spiaggia emersa viene interessata solo parzialmente e la linea di battigia arretra di circa 4 m ;

- mareggiata decennale da 120°N: il profilo 1 (**Fig. 4.6**) evidenzia variazioni minime mentre il profilo 2 (**Fig. 4.8**) ha un andamento analogo al caso precedente: si forma una barra alta circa 1 m a circa 2.5 m di profondità. La spiaggia emersa viene interessata solo parzialmente e la linea di riva arretra di circa 5 m;

- mareggiata da 150°N: il profilo 1 (**Fig. 4.7**) viene interessato dalla mareggiata in misura trascurabile, mentre il profilo 2 (**Fig. 4.9**) assume le caratteristiche tipiche già evidenziate per i casi precedenti. L'arretramento della linea di riva è contenuto in circa 2 m;
- mareggiata da 180°N: anche in questo caso il profilo 1 (**Fig. 4.7**) mostra variazioni trascurabili e il profilo 2 (**Fig. 4.9**) un andamento molto simile a quello dei casi precedenti. In questo caso la linea di battigia arretra di circa 5 m.

I valori di set-up, di run-up e l'arretramento-avanzamento della linea di riva sono riassunti in **Tab. 4.1**. Dall'analisi della tabella si nota che:

- l'arretramento della linea di riva, pur soggetta a mareggiate decennali, è molto contenuto: nel caso del profilo 1 risulta sempre inferiore al metro, mentre nel caso del profilo 2 si osservano variazioni massime dell'ordine di 5 m rispetto alla posizione originale;

- i valori di set-up massimi sono dell'ordine di 130 cm nel caso della mareggiata da 120°N, mareggiata che induce anche valori di run-up massimo dello stesso ordine di grandezza;

- il limite massimo della spiaggia sommersa è di 4.5 m nel caso del profilo 1, di circa 3.5 m nel caso del profilo 2.

Viene infine valutata la stabilità della spiaggia attraverso l'uso degli "indici previsori".
Un esempio grafico dei risultati è mostrato in **Fig. 4.10**: anche in questo caso la nube dei valori di altezza-periodo delle onde considerate cade nel tratto corrispondente alla zona delimitata dalle due rette che indica generali condizioni di equilibrio.

4. INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI

Il progetto è tale da:

- indurre un campo di moto ondoso diffratto, uniforme e sostanzialmente identico in tutte le celle in cui è stato suddiviso il litorale;

- innescare il frangimento delle onde più elevate sulle secche, mentre nella parte centrale della cella il frangimento avviene direttamente sul profilo che verrà realizzato;

- minimizzare le perdite di sedimento verso il largo dovute al trasporto trasversale: ciò è ottenuto con l'utilizzo di materiale sedimentario di almeno 2 mm di diametro medio;

- per quanto concerne il trasporto longitudinale, i pennelli di contenimento hanno una lunghezza tale da impedire il passaggio di sedimenti longitudinalmente alla costa.

Le onde nell'area antistante le strutture di difesa presentano altezze simili: infatti, pur caratterizzate da altezze diverse al largo, la differente direzione di provenienza, comportando un maggiore o minore coefficiente di rifrazione, fa sì che i valori risultino dello stesso ordine di grandezza. In tutti i casi simulati il campo di moto ondoso antistante l'area in esame è anche uniforme, si presenta cioè sulle secche in maniera spazialmente omogenea, senza mostrare convergenze o divergenze dell'energia.
All'interno il moto ondoso presenta caratteristiche sostanzialmente analoghe in tutte le varie celle in cui è suddiviso il tratto di litorale secondo la configurazione di progetto: i risultati confermano, almeno dal punto di vista generale, l'adeguatezza del progetto in termini di moto ondoso incidente e la particolare simmetria che si evidenzia tra le varie celle consente di ipotizzare lo stesso analogo comportamento anche in termini di evoluzione della spiaggia e dei fondali. E' dunque ragionevole ipotizzare che, anche realizzando il progetto in tempi successivi, la singola cella risulti in equilibrio (purchè venga ovviamente totalmente completata e si segua un opportuno programma-lavori che tenga conto delle caratteristiche del trasporto longitudinale dell'area in esame).
Per quanto concerne l'evoluzione del profilo trasversale, i risultati sono confortanti: con diametri medi di sedimento dell'ordine dei 2 mm l'arretramento della spiaggia risulta molto contenuto in tutte le situazioni ed i sedimenti messi in moto dalle mareggiate restano quasi sempre confinati entro la spiaggia attiva e non sono dunque da considerare persi ai fini del trasporto trasversale.
La quantità di sedimento che va a depositarsi sui fondali è abbastanza limitata, per cui la spiaggia dovrebbe risultare ragionevolmente stabile nel tempo.
Set-up e run-up possono essere considerati sufficientemente accettabili (si ricorda tuttavia che i valori di set-up calcolati mediante modello monodimensionale sono in generale più elevati di quelli calcolati con modello bidimensionale: dal confronto tra i valori riportati nelle **Fig 4.6-4.8** ed i valori di **Tab. 4.1** si nota che questi ultimi sono circa il doppio e conseguentemente vanno considerati decisamente cautelativi).
L'applicazione degli indici previsori al Profilo 2, cioè all'area centrale della cella dove non esistono strutture di difesa, conferma una accettabile stabilità della spiaggia.

Le 2 aree "esterne" alle celle, e cioè la zona tra Diano e S. Bartolomeo e quella compresa tra l'ultima cella e il porto di Diano, non costituiscono celle simmetriche, per l'ovvia ragione che

parte delle strutture sono già esistenti (scogliera parallela a est, molo del porto a ovest). Le simulazioni sembrano comunque mostrare una certa “tranquillità” complessiva.

5. CONCLUSIONI

Il Progetto, caratterizzato da sedimenti di granulometria media dell'ordine dei 2 mm, risulta caratterizzato da una distribuzione spaziale del campo di moto ondoso e dei valori di innalzamento del livello che si presentano identici in ogni singola cella. Ciò è dovuto al fatto che il moto ondoso incidente, grazie alla creazione di un profilo di pendenza adeguata, si presenta uniforme (senza cioè convergenze o divergenze dell'energia), lungo tutto il tratto considerato mentre le strutture a pelo d'acqua,ubicate in corrispondenza dei pennelli, e di dimensioni identiche, creano un campo di onde diffratto che si propaga all'interno delle celle in modo regolare, come regolare risulta l'andamento dell'innalzamento del livello marino per set-up.
Per quanto concerne il frangimento delle onde, esso avverrà sulle strutture a pelo d'acqua in corrispondenza dei pennelli, mentre nella parte centrale avverrà direttamente sui fondali.
Per quanto concerne il trasporto trasversale (si ricorda che il trasporto trasversale nella situazione attuale è diretto verso il largo in circa il 95% degli eventi di moto ondoso) le simulazioni con le onde decennali evidenziano la formazione di una barra di altezza circa 0.5 m a profondità comprese tra 2 e 3 m e una rimodellazione del profilo da tale profondità fino a costa. L'arretramento della linea di riva è moderato come i valori di run-up, che risultano compatibili con l'altezza della spiaggia (1.5 m) rispetto al l.m.m.
Una perdita di materiale, nel senso che parte dei volumi versati uscirà dalla singola cella, è certamente possibile e potrà interessare fondali fino a circa 6 m di profondità: sarà tuttavia la frazione più fine di sedimento quella prevalentemente interessata dal trasporto verso mare e si assisterà dunque nel tempo ad una selezione naturale che rimodellerà il profilo di progetto realizzato, che appare, come evidenziato dagli indici previsori, dotato di una sufficiente stabilità.

Ricordiamo che il modello esposto ha considerato emerse le strutture dei pennelli di collegamento; peraltro, dall'osservazione dei risultati, si è potuto constatare che l'influenza dei pennelli risolve positivamente il contenimento longitudinale dei sedimenti. Il progetto definitivo, in esito a valutazioni di ordine ambientale paesistico, prevede per i pennelli l'impiego di geotubi sommersi, di diametro importante (2.00, 2.50, 3.00 ml) e progressivamente crescente verso il largo, per costruire un'efficace barriera, seppure lievemente sommersa (50 cm), al passaggio delle sabbie. Pertanto, anche sulla base di precedenti esperienze, riteniamo che il modello percepisca identicamente le due soluzioni; in tal senso possiamo citare il vicino campo di studio sul litorale di S. Bartolomeo al mare. Così pure dobbiamo riconoscere che l'effetto reale dei pennelli di collegamento non è così sostanziale come potrebbe apparire, ed in tale ottica è apprezzabile la prescrizione h) contenuta nella DGR 3358/2006 di screening: abbiamo potuto notare infatti su altri lidi (Borghetto S. Spirito, Pietra Ligure, Borgio Verezzi) che anche durante le mareggiate il tombolo sabbioso a ridosso delle secche permane, per consolidarsi immediatamente al termine dell'evento. Ciò produce un contenimento del trasporto longitudinale anche in assenza dei pennelli strutturali. Pertanto confermiamo che, in sede di monitoraggio degli interventi (ed in particolare del 1° lotto) si potrà valutare se i pennelli possano essere asportati; in tale ottica la soluzione con geotubi rende l'operazione facile e poco costosa.

INDICE DELLE TABELLE

TAB. 4.1 - SOLUZIONE PROGETTUALE VALORI DI SET-UP, RUN-UP, POSIZIONE DELLA LINEA DI RIVA E LIMITI DELLA SPIAGGIA SOMMERSA CONDOTTI DA MAREGGIATE DECENNALI

PROFILO 1

DIR (°N)	Set-up (m)	Run-up (m)	Variazioni posizione linea di riva (m)	Limiti spiaggia sommersa Profondità (m)
90°	0.90	1.10	<1	-4.0
120°	1.34	1.27	<1	-4.0
150°	0.96	1.25	<1	-4.5
180°	1.12	1.26	<1	-4.5

PROFILO 2

DIR (°N)	Set-up (m)	Run-up (m)	Variazioni posizione linea di riva (m)	Limiti spiaggia sommersa Profondità (m)
90°	0.67	1.20	-4	-3.5
120°	1.07	1.60	-5	-3.0
150°	0.51	1.04	-2	-3.5
180°	0.72	1.33	-5	-3.5

TAB. 4.1 - SOLUZIONE PROGETTUALE VALORI DI SET-UP, RUN-UP, POSIZIONE DELLA LINEA DI RIVA E LIMITI DELLA SPIAGGIA SOMMERSA INDOTTI DA MAREGGIATE DECENNALI

INDICE DELLE FIGURE

FIG. 4.1 - SCHEMA GEOMETRICO DEL MODELLO E BATIMETRIA

FIG. 4.2 - VALORI DI SET-UP E DI ALTEZZA D'ONDA SIGNIFICATIVA GENERATI DA UNA MAREGGIATA DECENNALE DA 120° N

FIG. 4.3 - VALORI DI SET-UP E DI ALTEZZA D'ONDA SIGNIFICATIVA GENERATI DA UNA MAREGGIATA DECENNALE DA 150° N

FIG. 4.4 - VALORI DI SET-UP E DI ALTEZZA D'ONDA SIGNIFICATIVA GENERATI DA UNA MAREGGIATA DECENNALE DA 180° N

FIG. 4.5 - VALORI DI SET-UP E DI ALTEZZA D'ONDA SIGNIFICATIVA GENERATI DA UNA MAREGGIATA DECENNALE DA 210° N

FIG. 4.6 - DIANO MARINA: SOLUZIONE PROGETTUALE, PROFILO 1 – EVOLUZIONE DEL PROFILO TRASVERSALE INDOTTA DA MAREGGIATE DECENNALI DA 90° e 120° N

FIG. 4.7 - DIANO MARINA: SOLUZIONE PROGETTUALE, PROFILO 1 – EVOLUZIONE DEL PROFILO TRASVERSALE INDOTTA DA MAREGGIATE DECENNALI DA 150° e 180° N

FIG. 4.8 - DIANO MARINA: SOLUZIONE PROGETTUALE, PROFILO 2 – EVOLUZIONE DEL PROFILO TRASVERSALE INDOTTA DA MAREGGIATE DECENNALI DA 90° e 120° N

FIG. 4.9 - DIANO MARINA: SOLUZIONE PROGETTUALE, PROFILO 2 – EVOLUZIONE DEL PROFILO TRASVERSALE INDOTTA DA MAREGGIATE DECENNALI DA 150° e 210° N

FIG. 4.10 - DIANO MARINA : SOLUZIONE PROGETTUALE, PROFILO 2 – TENDENZA ALL'EROSIONE O ALL'ACCRESCIMENTO DEL LITORALE SECONDO LARSON - KRAUS

SCHEMA DEL MODELLO

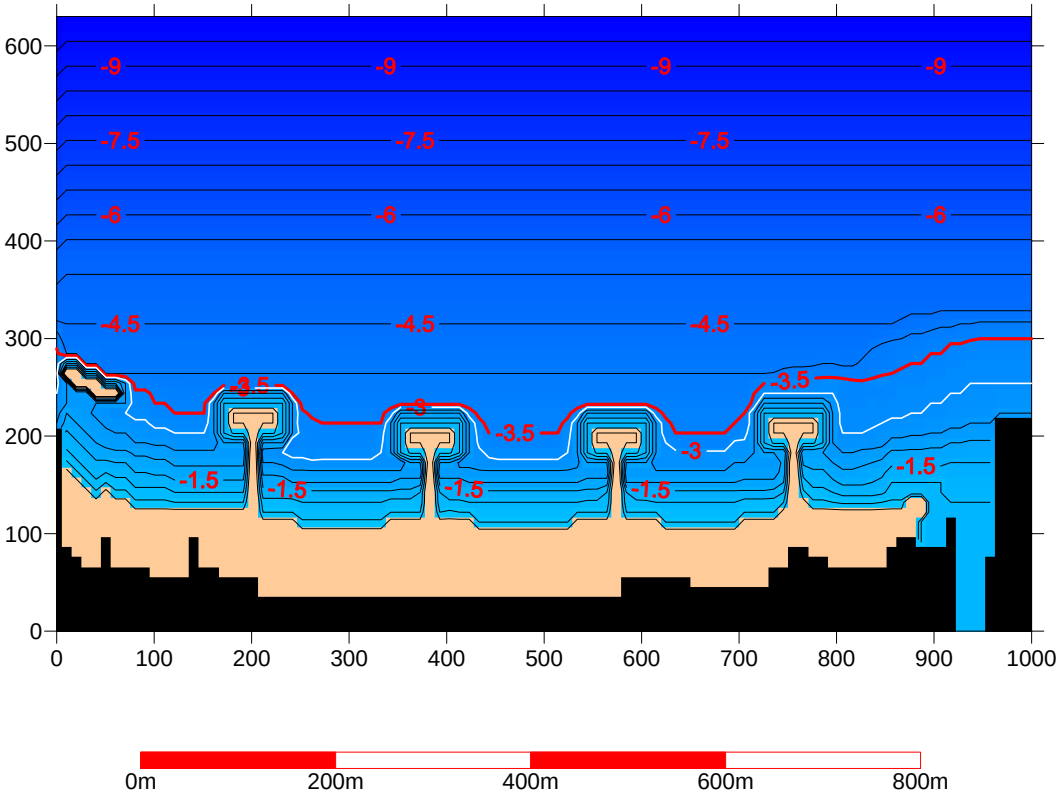
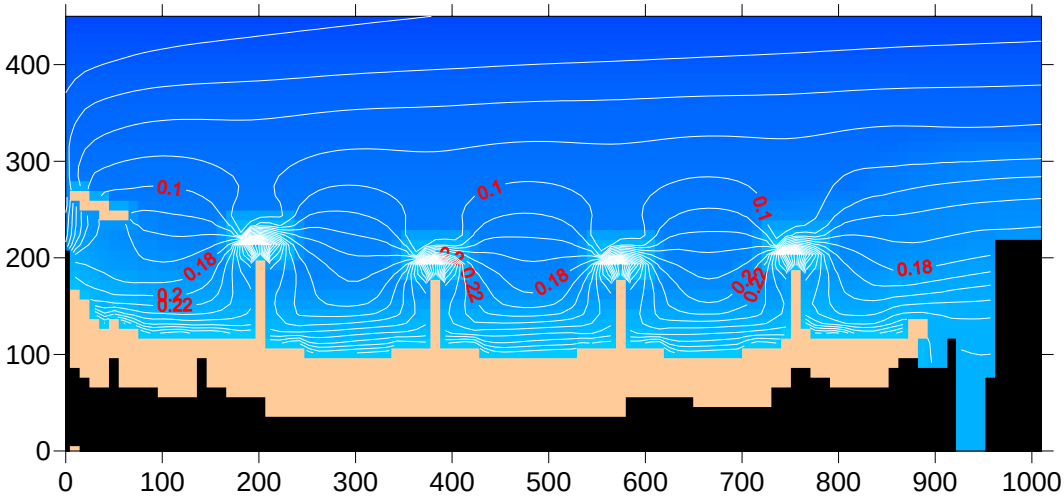


FIG. 4.1 - SCHEMA GEOMETRICO DEL MODELLO E BATIMETRIA

MAREGGIATA DA 120° N - VALORI DI SET-UP



DIREZIONE DI PROVENIENZA AL LARGO: 120° N

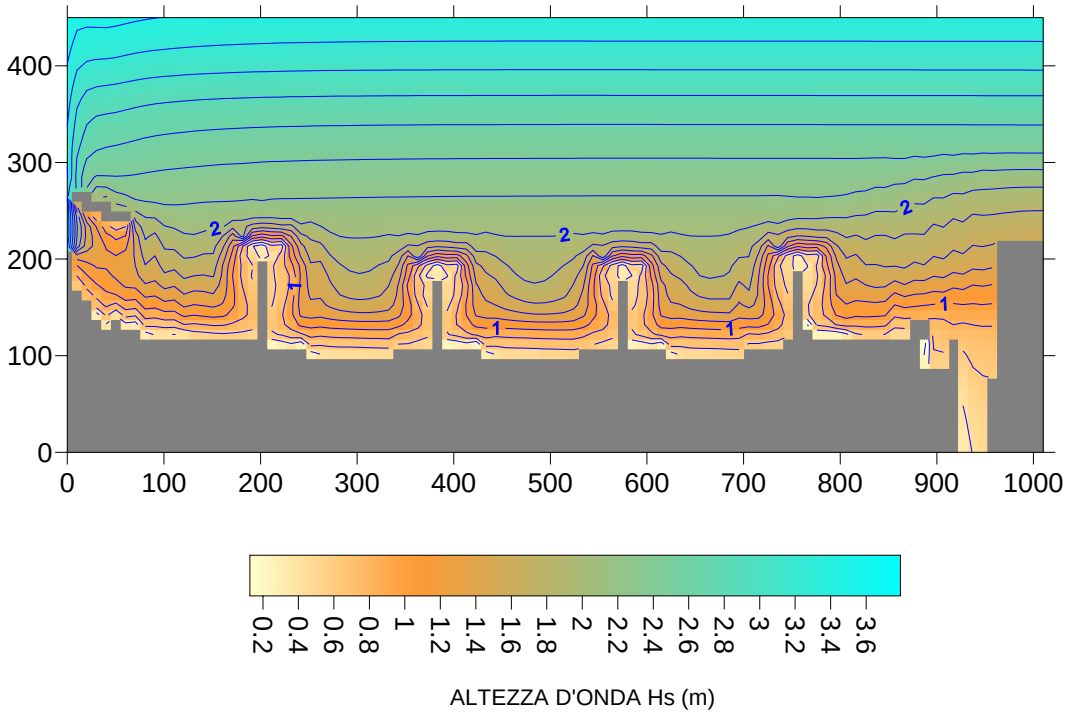


FIG. 4.2 - VALORI DI SET-UP E DI ALTEZZA D'ONDA SIGNIFICATIVA GENERATI DA UNA MAREGGIATA DECENNALE DA 120° N

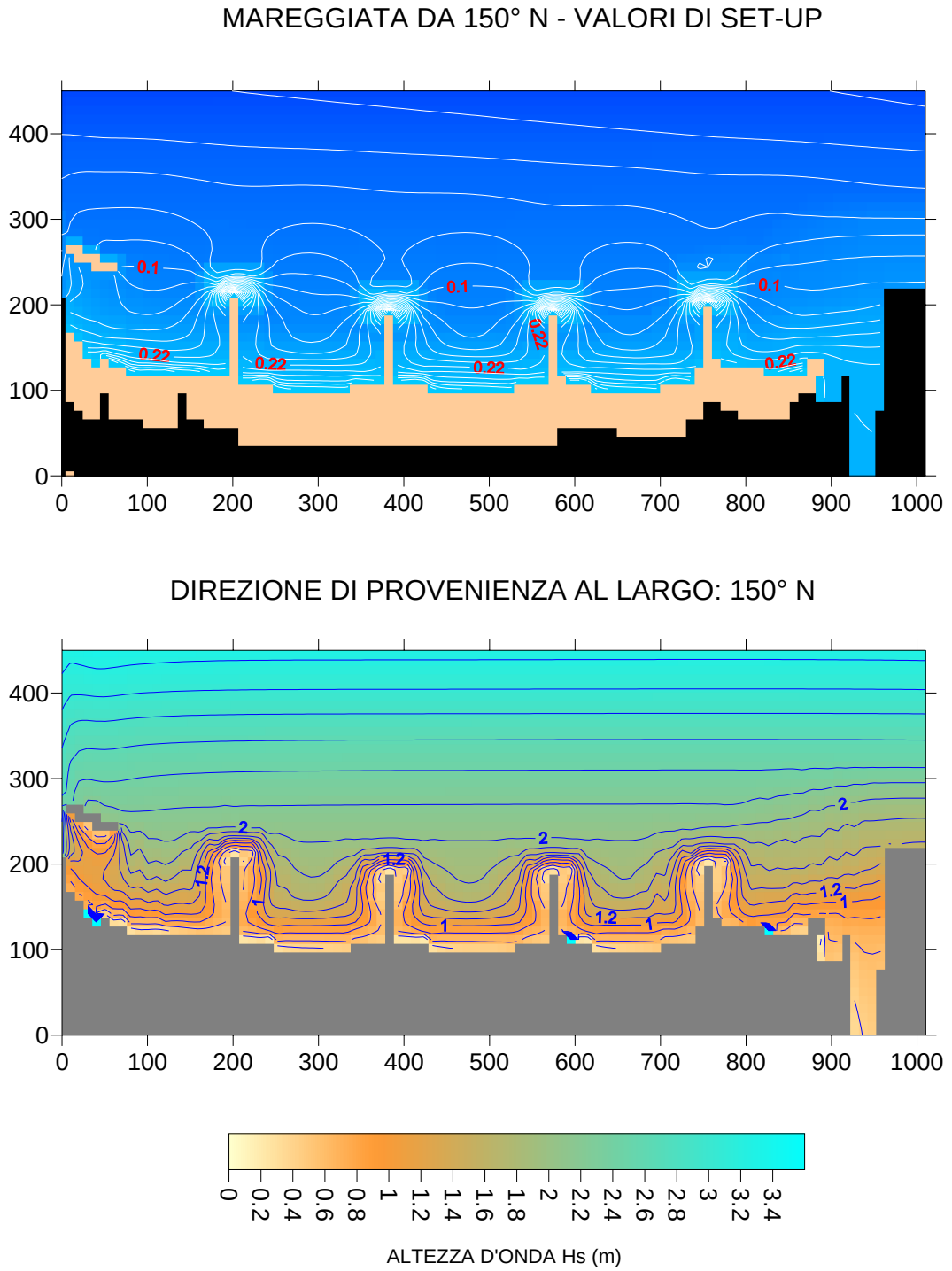


FIG. 4.3 - VALORI DI SET-UP E DI ALTEZZA D'ONDA SIGNIFICATIVA GENERATI DA UNA MAREGGIATA DECENNALE DA 150° N

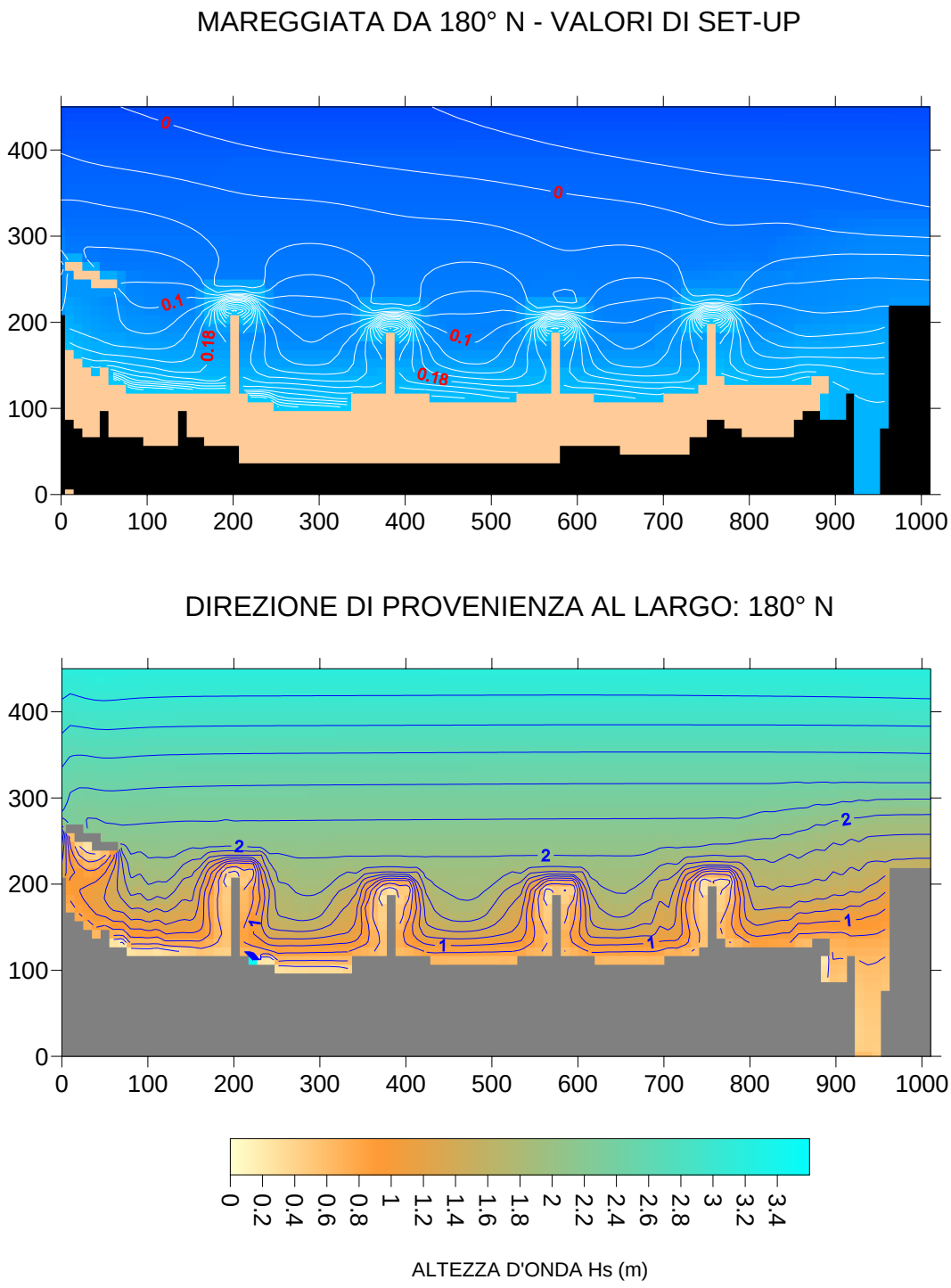
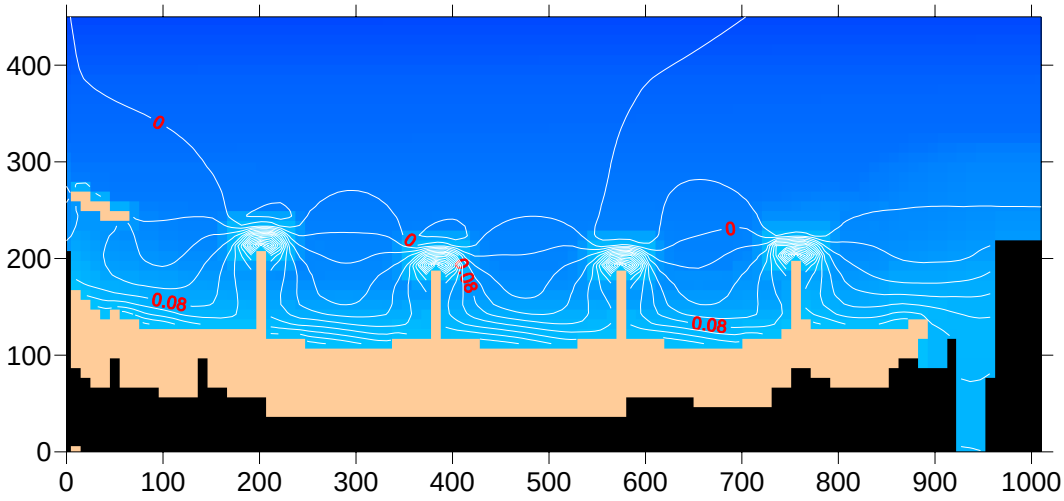


FIG. 4.4 - VALORI DI SET-UP E DI ALTEZZA D'ONDA SIGNIFICATIVA GENERATI DA UNA MAREGGIATA DECENNALE DA 180° N

MAREGGIATA DA 210° N - VALORI DI SET-UP



DIREZIONE DI PROVENIENZA AL LARGO: 210° N

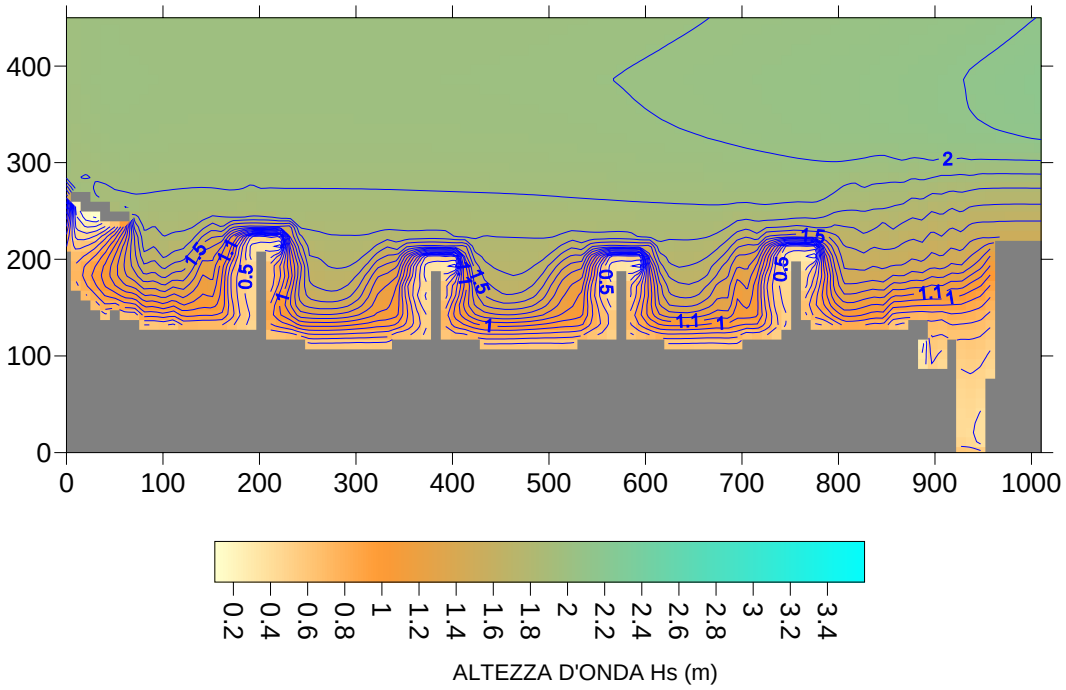


FIG. 4.5 - VALORI DI SET-UP E DI ALTEZZA D'ONDA SIGNIFICATIVA GENERATI DA UNA MAREGGIATA DECENNALE DA 210° N

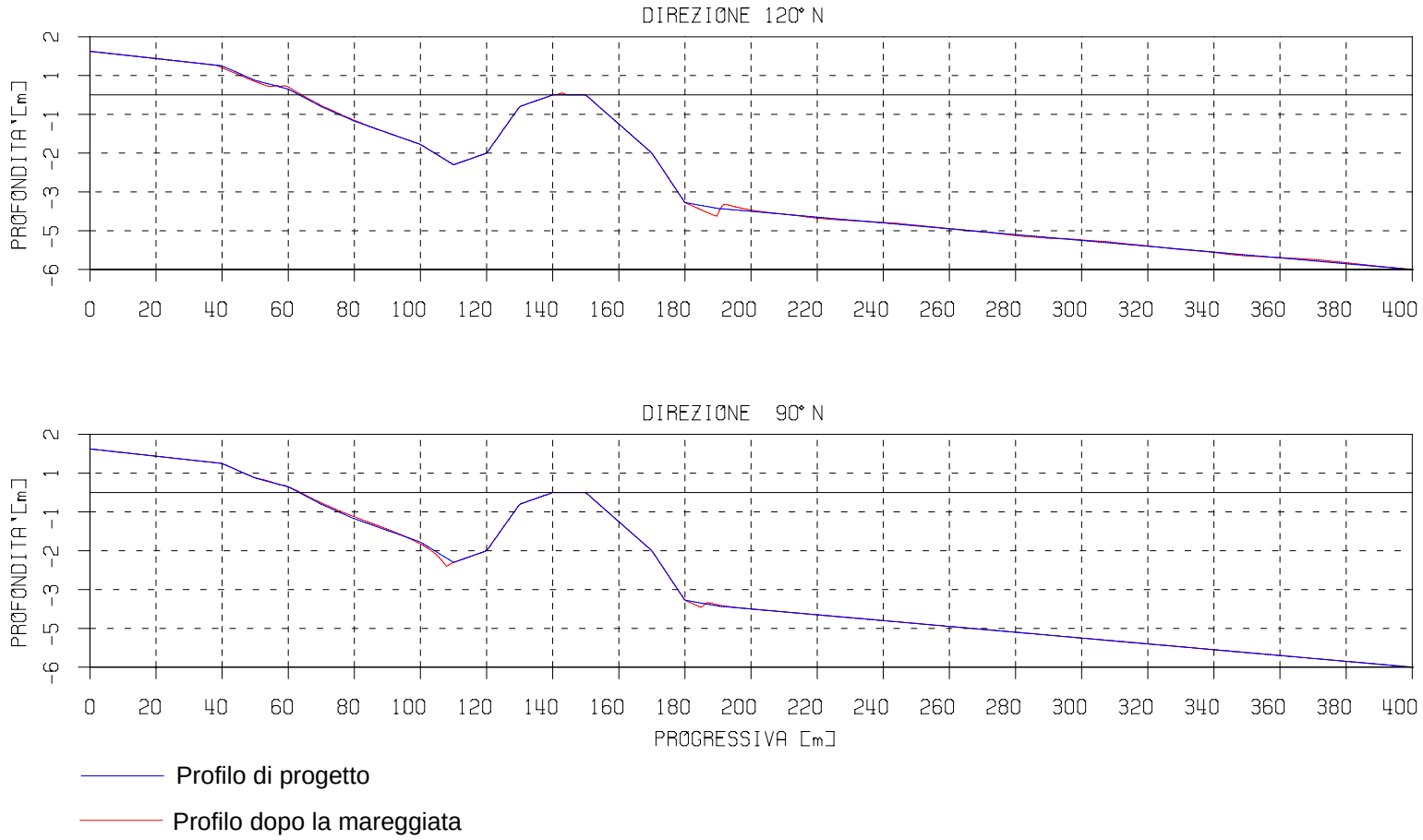


FIG. 4.6 – DIANO MARINA: SOLUZIONE PROFETTUALE, PROFILO 1 – EVOLUZIONE DEL PROFILO TRASVERSALE INDOTTA DA MAREGGIATE DCENNALI DA 90° e 120° N

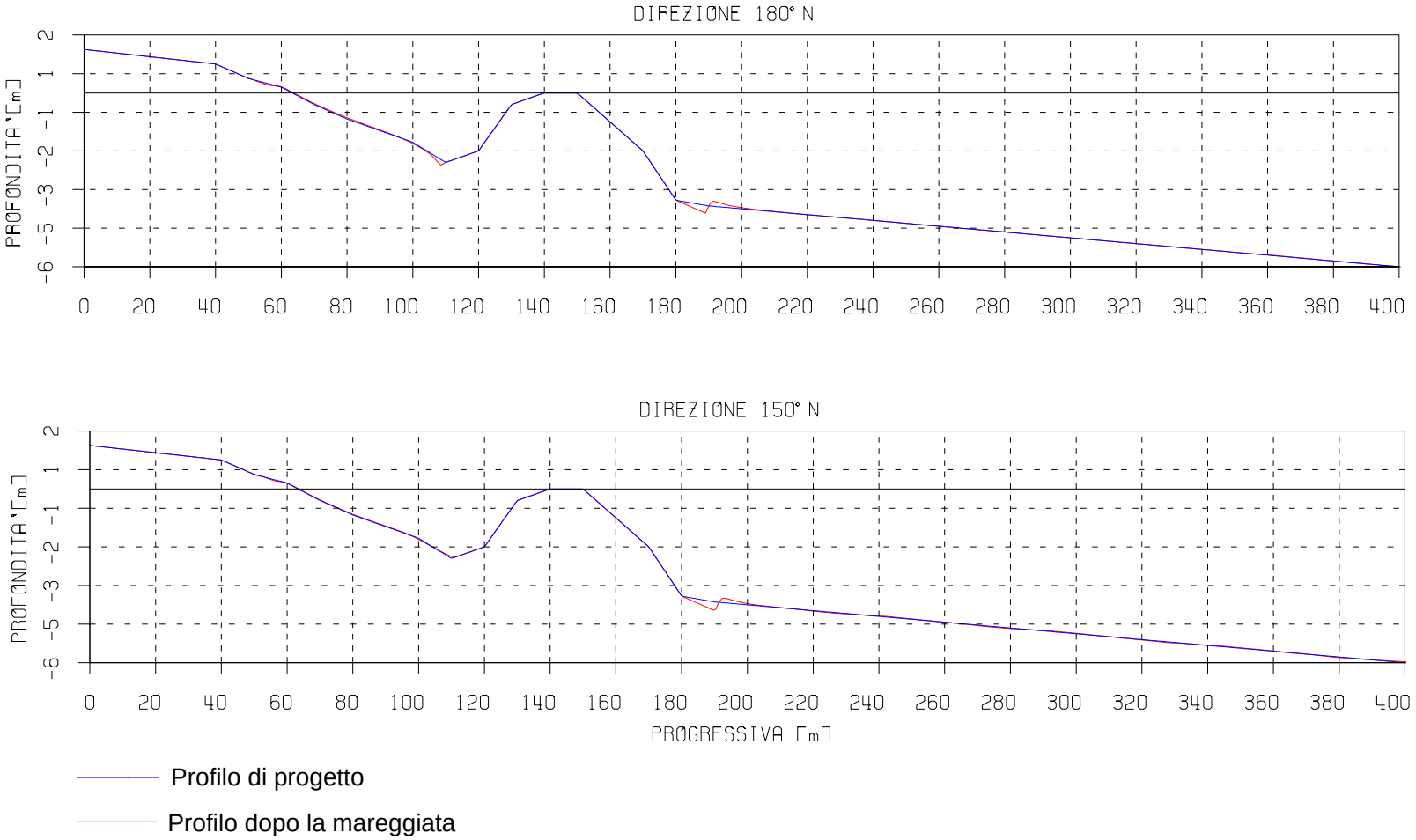


FIG. 4.7 – DIANO MARINA: SOLUZIONE PROFETTUALE, PROFILO 1 – EVOLUZIONE DEL PROFILO TRASVERSALE INDOTTA DA MAREGGIATE DCENNALI DA 150° e 180° N

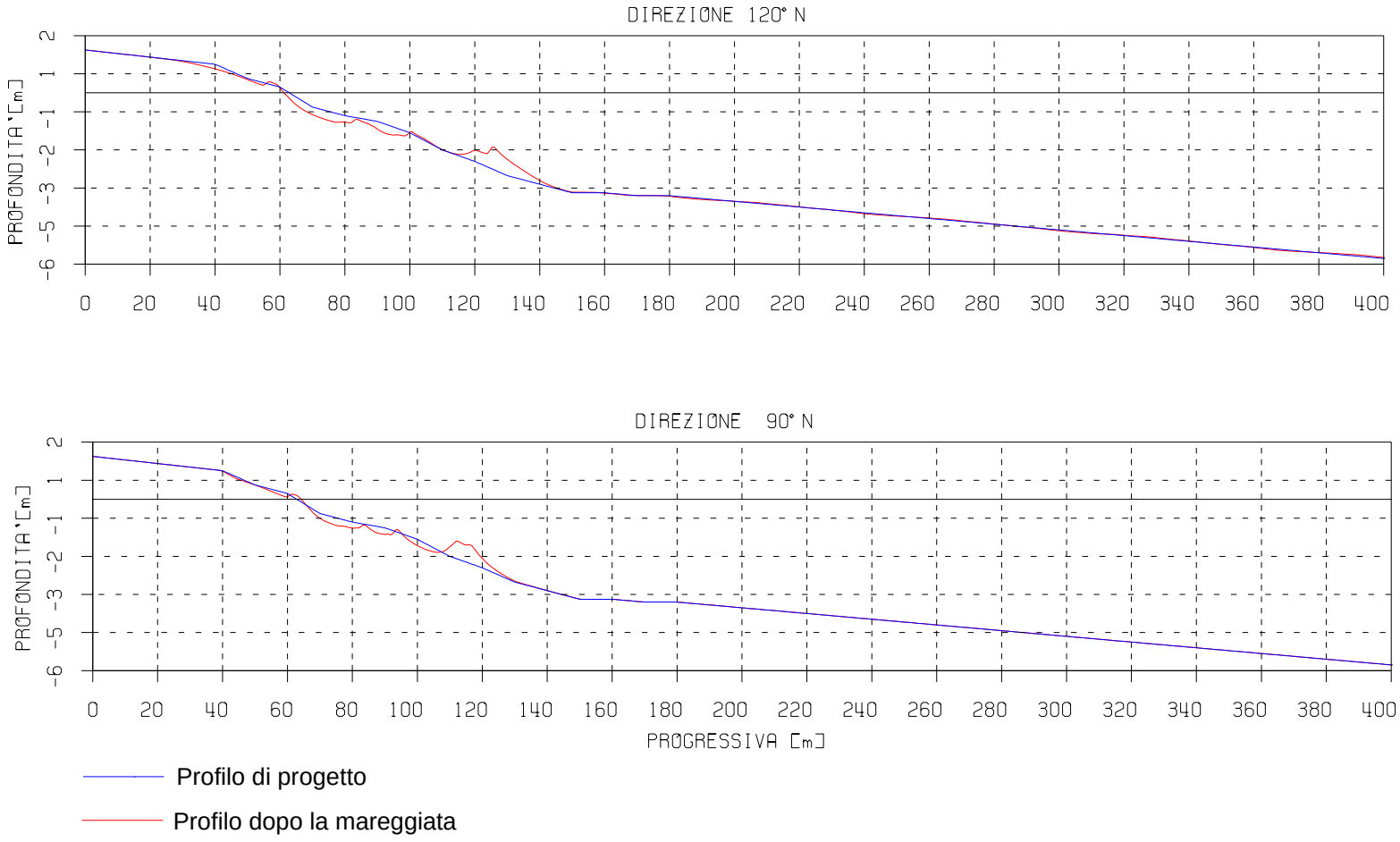


FIG. 4.8 – DIANO MARINA: SOLUZIONE PROFETTUALE, PROFILO 2 – EVOLUZIONE DEL PROFILO TRASVERSALE INDOTTA DA MAREGGIATE DCENNALI DA 90° e 120° N

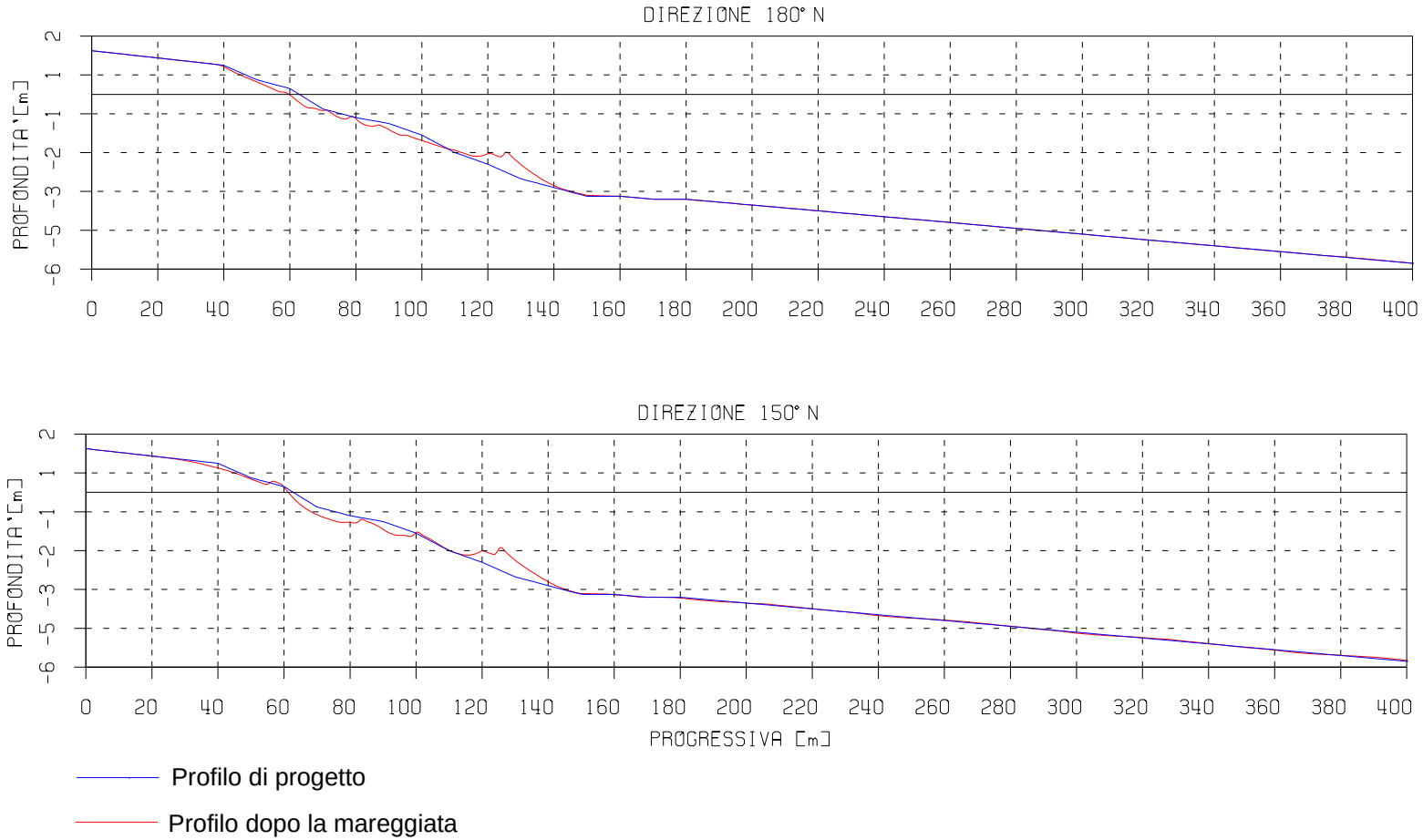


FIG. 4.9 – DIANO MARINA: SOLUZIONE PROFETTUALE, PROFILO 2 – EVOLUZIONE DEL PROFILO TRASVERSALE INDOTTA DA MAREGGIATE DCENNALI DA 150° e 180° N

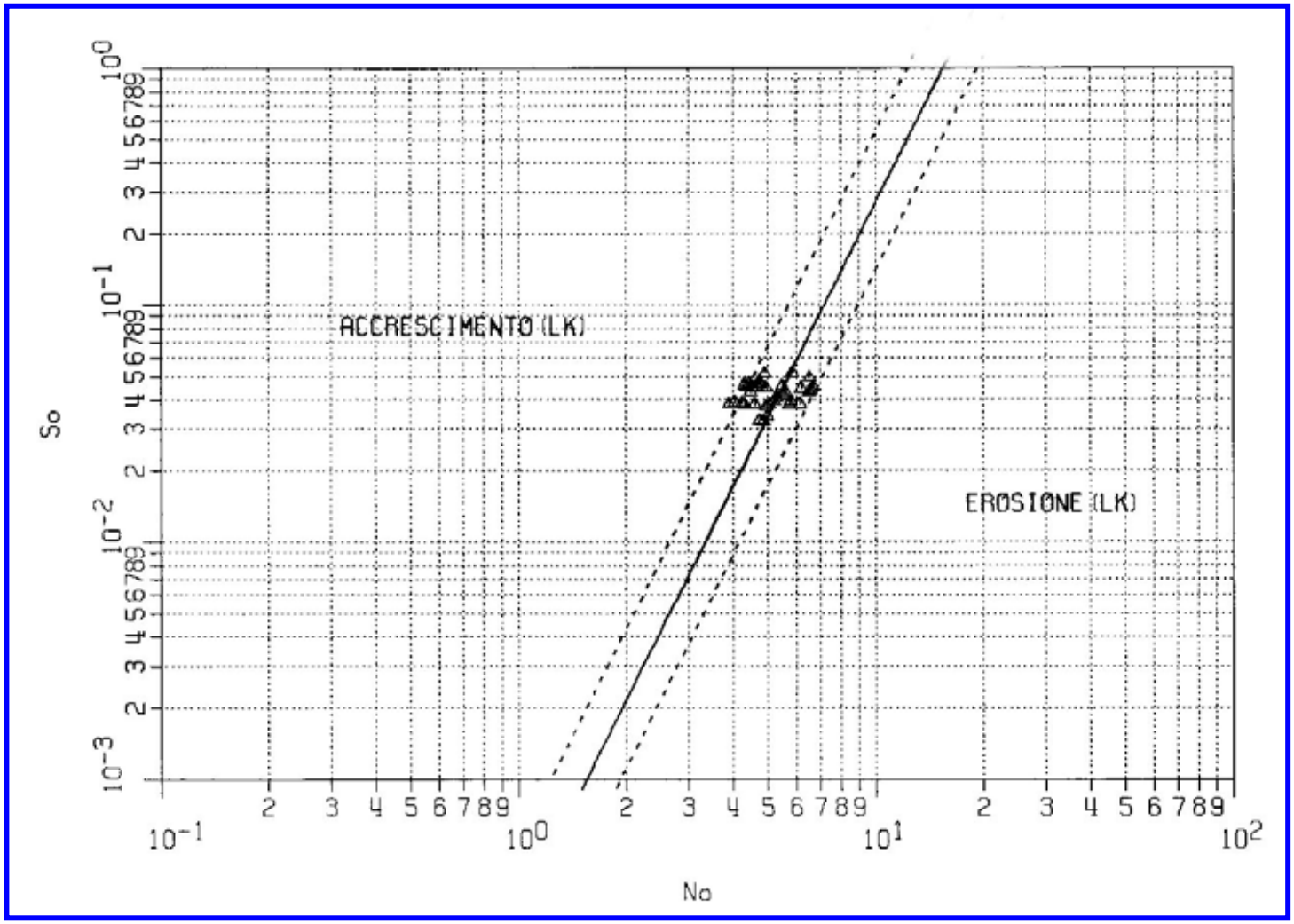


FIG. 4.10 – DIANO MARINA : SOLUZIONE PROGETTUALE PROFILO 2 – TENDENZA ALL'EROSIONE O ALL'ACCRESCIMENTO DEL LITORALE SECONDO LARSON - KRAUS

DEAM

APPENDICE

MODELLO “SWAN “(Simulating Waves Nearshore)
PER LO STUDIO DELLA PROPAGAZIONE
DEL MOTO ONDOSO VERSO COSTA

MODELLO NUMERICO PER LA PROPAGAZIONE DEL MOTO ONDOSO VERSO COSTA - MODELLO "SWAN "(Simulating Waves Nearshore)

La propagazione delle onde estreme a costa viene simulata mediante il ben noto modello "SWAN", che rappresenta lo stato dell'arte.
Lo SWAN (Simulating Waves Nearshore) è un modello numerico che produce stime realistiche dei parametri delle onde in aree costiere, a partire da condizioni definite al largo, tenuto conto delle condizioni del vento, delle correnti e delle caratteristiche del fondale.
L'entità dei diversi fenomeni è calcolata a partire dalla batimetria reale dell'area oggetto di studio.

SWAN è un modello spettrale di terza generazione, che tiene conto dei seguenti processi:

- propagazione spaziale rettilinea;
- rifrazione dovuta a variazioni spaziali di profondità e corrente;
- "shoaling" dovuto a variazioni spaziali di profondità e corrente;
- attrito e rifrazione indotti da correnti contrarie;
- trasmissione o dissipazione dovuti alla presenza di ostacoli (ad esempio barriere frangiflutti).

In SWAN sono formulati I seguenti processi di generazione e dissipazione:

- vento;
- "white-capping";
- frangimento;
- attrito al fondo;
- interazioni non-lineari onda-onda.

SWAN differisce dagli altri modelli analoghi e dai suoi predecessori per i seguenti aspetti principali:

- è un modello spettrale (è, quindi, possibile selezionare il profilo spettrale da definire per le condizioni al contorno così come la funzione di "spreading" direzionale);
- considera la generazione di onde da vento anche in acque basse;
- considera l'interazione onda-corrente anche in acque basse;

Grazie ai tre punti sopra enunciati, SWAN definisce con maggiore completezza la dissipazione dell'energia rispetto ad altri modelli che tengono conto solo dell'attrito al fondo.

1. FORMULAZIONE GENERALE

SWAN descrive le onde mediante lo spettro bidimensionale di densità di azione d'onda, anche in condizioni in cui prevalgono fenomeni non lineari (ad esempio nella "*surf-zone*"). Anche in condizioni fortemente non lineari, infatti, è possibile stimare con ragionevole accuratezza la distribuzione spettrale al secondo ordine.
SWAN utilizza lo spettro di densità di azione N(k,θ) anziché lo spettro di densità di energia E(k, θ) perché, in presenza di correnti, la densità di azione si conserva mentre la densità di energia non si conserva.
La densità di azione è uguale al rapporto tra la densità di energia e la frequenza relativa σ:

$$N(\sigma,\theta) = E(\sigma,\theta)/\sigma.$$

Le variabili indipendenti sono la frequenza relativa σ (misurata rispetto ad un sistema di riferimento che si muove con la velocità di propagazione dell'azione d'onda) e la direzione dell'onda θ (direzione perpendicolare alla cresta di ciascuna componente spettrale).
L'evoluzione dello spettro viene descritta mediante l'equazione di bilancio dell'azione spettrale, di seguito riportata, rispetto ad un sistema di coordinate cartesiane (Hasselmann et a., 1973):

$$\frac{\partial}{\partial t}N + \frac{\partial}{\partial x}c_x N + \frac{\partial}{\partial y}c_y N + \frac{\partial}{\partial \sigma}c_\sigma N + \frac{\partial}{\partial \theta}c_\theta N = \frac{S}{\sigma} \qquad [1]$$

Il primo termine a sinistra rappresenta il gradiente locale di densità di azione, il secondo ed il terzo termine rappresentano la propagazione di densità di azione nello spazio geografico.
Il quarto termine rappresenta lo spostamento della frequenza relativa dovuto alle variazioni di profondità e corrente, mentre il quinto termine rappresenta la rifrazione indotta dalla corrente e dalle variazioni di profondità.

Le velocità di propagazione (c_x, c_y, c_σ, c_θ) all'interno del modello sono definite mediante la teoria lineare.
Il termine **S** (=S(θ,σ)) a destra dell'espressione [1] è il termine sorgente espresso come densità di energia, ed è costituito dagli effetti di generazione, dissipazione, e interazioni non-lineari onda-onda.
Per maggiori dettagli si rimanda al manuale del modello (SWAN User Manual).

2. PARAMETRI PRINCIPALI

In SWAN le principali grandezze sono così definite:

Altezza d'onda significativa: **Hs** (in m):

$$Hs = 4\sqrt{\iint E(\omega,\theta)\, d\omega\, d\theta}$$

dove $E(\omega,\theta)$ è la densità spettrale della varianza, ω la frequenza determinata dallo shift in frequenza della relazione di dispersione.

Periodo medio d'onda: **Tm_{01}** (in s):

$$Tm01 = 2\pi\left(\frac{\iint \omega\, E(\sigma,\theta)\, d\sigma\, d\theta}{\iint E(\sigma,\theta)\, d\sigma\, d\theta}\right)^{-1} = 2\pi\left(\frac{\iint \omega\, E(\omega,\theta)\, d\omega\, d\theta}{\iint E(\omega,\theta)\, d\omega\, d\theta}\right)^{-1}$$

Periodo medio d'onda: **Tm_{02}** (in s):

$$Tm_0 2 = 2\pi\left(\frac{\iint \omega^2\, E(\omega,\theta)\, d\omega\, d\theta}{\iint E(\omega,\theta)\, d\omega\, d\theta}\right)^{-1/2} = 2\pi\left(\frac{\iint \omega^2\, E(\sigma,\theta)\, d\sigma\, d\theta}{\iint E(\sigma,\theta)\, d\sigma\, d\theta}\right)^{-1/2}$$

Direzione media dell'onda: **Dir** (in gradi, secondo la convenzione cartesiana o nautica), come convenzionalmente definita (Kuik et al., 1988).

$$Dir = \arctan[\int \sin(\theta)\, E(\sigma,\theta)\, d\sigma\, d\theta \,/\, \int \cos(\theta)\, E(\sigma,\theta)\, d\sigma\, d\theta\,]$$

Direzione del picco d'onda: **PDir** (in gradi, secondo la convenzione cartesiana o nautica):

$$PDir = E(\theta) = \int E(\sigma,\theta)\, d\sigma = \int E(\omega,\theta)\, d\omega$$

Velocità orbitale "Root-Mean-Square" in prossimità del fondo: **U_{rms}** (in m/s)

$$U_{rms} = < (U^2) >^{1/2}$$

Velocità orbitale massima "Root-Mean-Square" in prossimità del fondo: **U_{bot}** (in m/s)

$$U_{bot} = \sqrt{2}\, U_{rms}$$

3. SCHEMATIZZAZIONE

L’area di studio viene discretizzata mediante un reticolo di maglie quadrate o rettangolari e ad ogni maglia viene assegnata la corrispondente profondità del fondale.

Il modello non ha particolari problemi nella risoluzione spaziale: possono così essere effettuate simulazioni della propagazione dell’onda a costa considerando reticoli di estremo dettaglio o reticoli a vasta scala.
E’ inoltre possibile effettuare, ove necessario, l’innesto (“nesting”) di uno o più reticoli dettagliati su uno a vasta scala, garantendo in questo modo condizioni ai contorni oggettive dei modelli di dettaglio.

4. REFERENZE BIBLIOGRAFICHE

[1] Andorka Gal, J.H., L.H. Holthuijsen, J.C.M. de Jong and A.T.M.M. Kieftenburg, 1998, Wave transformation near a quasi-1D coast, 26th Int. Conf. Coastal Engng., Copenhagen,150-160

[2] Booij, N., L.H. Holthuijsen and R.C. Ris, 1996, The "SWAN" wave model for shallow water, Proc. 25th Int. Conf. Coastal Engng., Orlando, pp. 668-676

[3] Booij, N., L.H. Holthuijsen and R. Padilla-Hernandez, 1997, A nonstationary, parametric coastal wave model, Conf. Coastal Dynamics '97, Plymouth, 99-107

[4] Booij, N., L.H. Holthuijsen, N. Doorn and A.T.M.M. Kieftenburg, 1997, Diffraction in a spectral wave model, Proceedings 3rd International Symposium on Ocean Wave Measurement and Analysis, WAVES'97, ASCE, 243-255

[5] Booij, N., L.H. Holthuijsen and R. Padilla-Hernandez, 1997, Numerical wave propagation on a curvilinear grid, Proceedings 3rd International Symposium on Ocean Wave Measurement and Analysis, WAVES'97, ASCE, 286-294

[6] Booij, N., L.H. Holthuijsen and R.C. Ris, 1998, Shallow water wave modelling, Oceanology International 98, The Global Ocean, Brighton, Conference Proceedings, 3, 483-491

[7] Booij, N., L.H. Holthuijsen and IJ.G. Haagsma, 1998, Comparing the second-generation HISWA wave model with the third-generation SWAN wave model, 5th International Workshop on Wave Hindcasting and Forecasting, Jan. 27-30, 1998, Melbourne, Florida, 215-222

[8] Booij, N., R.C. Ris and L.H. Holthuijsen, 1999, A third-generation wave model for coastal regions, Part I, Model description and validation, J.Geoph.Research, 104, C4, 7649-7666

[9] Cavaleri, L. and L.H. Holthuijsen, 1998, Wave modelling in the WISE group, Proc. 26th Int. Conf. Coastal Engng., Copenhagen, 498-508

[10] Gorman, R.M. and C.G. Neilson, 1999, Modelling shallow water wave generation and transformation in an intertidal estuary, Coastal Engineering, 36, 197-217

[11] Holthuijsen, L.H., N. Booij and R.C. Ris, 1993, A spectral wave model for the coastal zone, Proceedings 2nd International Symposium on Ocean Wave Measurement and Analysis, New Orleans, Louisiana, July 25-28, 1993, New York, pp. 630-641

[12] Holthuijsen, L.H., N. Booij and R. Padilla-Hernandez, 1997, A curvi-linear, third-generation coastal wave model, Conf. Coastal Dynamics '97, Plymouth, 128-136

[13] Holthuijsen, L.H., N. Booij, R. Ris, J.H. Andorka Gal and J.C.M. de Jong, 1997, A verification of the third-generation wave model "SWAN" along the southern North Sea coast, Proceedings 3rd International Symposium on Ocean Wave Measurement and Analysis, WAVES'97, ASCE, 49-63

[14] Holthuijsen, L.H., R.C. Ris and N. Booij, 1998, A verification of the third-generation wave model SWAN, 5th International Workshop on Wave Hindcasting and Forecasting, Jan. 27-30, 1998, Melbourne, Florida, 223-230

[15] Holthuijsen, L.H., N. Booij and IJ.G. Haagsma, 1998, Comparing 1st-, 2nd - and 3rd-generation coastal wave modelling, 26th Int. Conf. Coastal Engng., Copenhagen, 140-149

[16] Padilla-Hernandez, R., P. Osuna, J. Monbaliu and L. Holthuijsen, 1998, Intercomparing third-generation wave model nesting, 5th International Workshop on Wave Hindcasting and Forecasting, Jan. 27-30, 1998, Melbourne, Florida, 102-112

[17] Ris, R.C., L.H. Holthuijsen and N. Booij, 1994, A spectral model for waves in the near shore zone, Proc. 24th Int. Conf. Coastal Engng, Kobe, Oct. 1994, Japan, pp. 68-78

[18] Ris, R.C. and L.H. Holthuijsen, 1997, Modelling of current induced wave-blocking in a spectral wave model, 8th International Biennal Conference on Physics of Estuaries and Coastal Seas, J. Dronkers and M.B.A.M. Scheffers (eds.), The Hague, 139-144

[19] Ris, R.C., N. Booij and L.H. Holthuijsen, 1999, A third-generation wave model for coastal regions, Part II: Verification, J.Geoph.Research, 104, C4,7667-7681

[20] Wood, D.J., M. Muttray and H. Oumeraci, 2000, The SWAN model used to study wave evolution in a flume, Coastal Engineering, accepted for publication.

DEAM

APPENDICE 1

MODELLO PER LA PROPAGAZIONE DEL MOTO ONDOSO SU BASSI FONDALI (EFFETTI DI RIFRAZIONE, SHOALING, ATTRITO, DIFFRAZIONE, RIFLESSIONE)

MODELLO NUMERICO PER LA PROPAGAZIONE DEL MOTO ONDOSO VERSO COSTA (FENOMENI DI RIFRAZIONE, SHOALING, ATTRITO, DIFFRAZIONE, RIFLESSIONE)

Il modello numerico analizza le modifiche subite dal moto ondoso nella sua propagazione verso i bassi fondali per i fenomeni rifrazione, shoaling e di dissipazione per attrito sul fondo. Il modello è inoltre in grado di calcolare la diffrazione e la riflessione causata da strutture nell'ipotesi di "barriera semi-infinita".
L'entità dei diversi fenomeni è calcolata a partire dalla batimetria reale dell'area.
Per la realizzazione del modello si è fatto riferimento principalmente al lavoro di Worthington e Herbich (1970).

1. EQUAZIONI

Il procedimento consiste nel seguire un gruppo di onde che propaga verso costa lungo gli ortogonali ai fronti d'onda (o raggi d'onda).
Il calcolo degli ortogonali d'onda viene effettuato svolgendo le seguenti equazioni:

$$x_t = c\cos\theta \qquad [1]$$

$$y_t = c\cos\theta \qquad [2]$$

$$\theta_t = c_x sin(\theta) - c_y \cos(\theta) \qquad [3]$$

dove i pedici x,y(coordinate spaziali) e t(tempo) indicano la derivata parziale, θ è la direzione del raggio e c la velocità di fase dell'onda definita dalla teoria lineare:

$$c = gT / 2\pi \tanh(2\pi d / L) \qquad [4]$$

L'altezza d'onda lungo il raggio risulta proporzionale all'altezza d'onda al largo:

$$H / H_0 = K_s K_r K_f \qquad [5]$$

dove K_s è il coefficiente di shoaling, K_r il coefficiente di rifrazione e K_f il coefficiente di attrito.
Lungo il raggio, per ogni intervallo di integrazione δt scelto in input, vengono calcolati i coefficienti K_s, K_r, K_f.
Il coefficiente di shoaling K_s è ottenuto direttamente dalla relazione:

$$K_s = [(1+G_0)C_0]^{1/2}[(1+G)C]^{-1/2} \qquad [6]$$

con:

$$G = 2\pi d / L[sinh(2\pi d / L)]^{-1}$$

in cui l'indice "0" indica i valori corrispondenti ai contorni (mare aperto).
Il coefficiente di rifrazione $K_r = \beta^{-1/2}$ è calcolato risolvendo l'equazione per il fattore di separazione degli ortogonali d'onda β:

$$\beta_{ss} + p^s \beta_s + q^s \beta = 0$$

$$p^s = -1/C[C_x \cos(\theta) + C_y sin(\theta)] \qquad [7]$$

$$q^s = -1/C[C_{xx} sin^2(\theta) - 2C_{xy} sin(\theta)\cos(\theta) + C_{yy} \cos^2(\theta)]$$

dove:

s = distanza lungo la traiettoria

θ = angolo tra l'asse x del riferimento e la traiettoria.

Il termine β rappresenta la variazione, lungo la traiettoria, della distanza reciproca degli ortogonali adiacenti.
Il coefficiente di attrito K_f è calcolato nell'ipotesi che l'unica forza dissipativa sia l'attrito del fondo, risolvendo l'equazione seguente:

$$(K_f)_x = -8/(3L) C_H a_{bm} f_e K_f \qquad [8]$$

dove :

a_{bm} rappresenta la massima ampiezza di oscillazione della particella sul fondo;

f_e il "fattore di frizione" che dipende dal rapporto tra l'ampiezza del moto oscillatorio in prossimità del fondo e la rugosità del fondo.

Quando, nell'avvicinarsi a costa, avviene il frangimento dell'onda, valutato secondo la relazione:

$$H/d = 0.78 \qquad [9]$$

il modello segnala il fenomeno, assumendo successivamente una variabilità dell'altezza d'onda al variare della profondità fino in prossimità della battigia secondo la stessa relazione. La direzione dell'onda viene ottenuta integrando le equazioni cinematiche.
Il secondo passo consiste nel calcolo dell'onda diffratta dalle estremità di una eventuale struttura presente nell'area (nell'ipotesi di barriera semi-infinita).

Quando la propagazione di un treno di onde è interrotta da un ostacolo, come ad esempio una barriera frangiflutti, si ha, come noto, il fenomeno della diffrazione, che consiste in un trasferimento laterale dell'energia attraverso gli ortogonali.
Nei pressi della barriera si possono allora distinguere tre regioni con caratteristiche differenti: un'area limitata dall'estremità della barriera in cui l'onda si propaga (in prima approssimazione) sostanzialmente indisturbata, un'area dietro la barriera in cui si ha il fenomeno diffrattivo e infine un'area antistante la barriera caratterizzata dalla presenza dell'onda incidente e dalle onde riflesse della barriera stessa.

Per un'onda monocromatica che incide sulla struttura con una qualsiasi direzione l'elevazione "η" della superficie marina rispetto al l.m.m. è data da:

$$\eta = (aiKc / g)\exp(iKct)\cosh(Kh)F(r,\theta)$$

dove:

$$F(r,\theta) = f(\sigma)\exp\{-iKr\cos(\theta-\theta_0\} + f(\sigma')\exp\{-iKr\cos(\theta+\theta_0)\}$$

$$\sigma = (4Kr/\pi)^{0.5} sin(\theta+\theta_0)/2$$

$$\theta' = (4kR/\pi)^{0.5} sin(\theta_0-\theta)/2$$

$$f(\sigma) = (1+i)/2\int_{-\infty}^{\sigma}\exp(-i\pi t^2/2)dt$$

$$f(\sigma') = (1+i)/2\int_{-\infty}^{\sigma'}\exp(-i\pi t^2/2)dt$$

a = ampiezza dell'onda

K = 2π/L

i = $(-1)^{0.5}$

r,θ = raggio vettore e angolo vettoriale rispetto al sistema di coordinate polari con origine sull'estremo della struttura;

t = tempo

Il secondo termine dell'equazione in F(r,θ) rappresenta il contributo dell'onda riflessa dalla barriera, che è significativo solamente negli immediati dintorni della barriera e vicino alla testata.

Le equazioni in f(σ) possono essere riscritte come integrali di seni e coseni:

$$f(\sigma) = (1+i)/2(\int_{-\infty}^{\sigma}\cos(\pi t^2/2)dt - i\int_{-\infty}^{\sigma} sin(\pi t^2/2)dt)$$

e risolte mediante gli integrali di Fresnel.

2. METODO DI CALCOLO

L'area viene discretizzata mediante un reticolo di maglie di ugual dimensione e ad ogni nodo viene assegnata la corrispondente profondità del fondale.
Il primo passo consiste nel calcolo di rifrazione e shoaling: dato il periodo e l'angolo di incidenza dell'onda, il programma calcola per prima cosa la geometria del sistema e cioè l'andamento degli ortogonali "primari" dal punto di partenza fino al limite della griglia o della linea di costa calcolando le coordinate con un passo dt imposto dall'utente.
Per ogni punto così individuato vengono poi calcolati i coefficienti di rifrazione, shoaling ed attrito, ed infine la direzione e la lunghezza d'onda.
Quando, nell'avvicinarsi a costa, avviene il frangimento dell'onda, il modello segnala il fenomeno, assumendo successivamente una variabilità dell'altezza d'onda al variare della profondità fino in prossimità della battigia secondo la stessa relazione.
Il secondo passo consiste nel calcolo dell'onda diffratta dalle estremità della barriera.
Fornite in input coordinate, orientazione e coefficiente di riflessione della barriera, nota la lunghezza d'onda in corrispondenza alla testata, precedentemente calcolata dal modello stesso, vengono calcolati i valori dell'integrale di Fresnel mediante un'espansione in serie.
L'altezza d'onda risultante è data quindi dal prodotto dell'onda al largo e dei coefficienti di rifrazione, shoaling, attrito, diffrazione ed eventuale riflessione.
Gli ortogonali "radiali" che rappresentano il campo diffratto, partono dalle estremità della barriera e differiscono uno dall'altro per la direzione che assumono inizialmente, assegnata dal programma secondo un passo angolare fornito in input.

3. PARAMETRI DI INPUT

I dati necessari all'applicazione del modello sono:

- la geometria dell'area in esame;
- la batimetria dell'area, discretizzata in maglie quadrate di dimensioni costanti;
- le condizioni iniziali di moto ondoso (altezza, periodo, direzione dell'onda monocromatica);
- l'ubicazione della struttura costiera;
- il coefficiente di riflessione della struttura;
- il passo temporale di integrazione.

4. OUTPUT

Lungo il raggio d'onda il modello fornisce su tabulato le seguenti grandezze:
coordinate geografiche, direzione del raggio, profondità dell'acqua, coefficienti di rifrazione, di shoaling, di diffrazione e di attrito, parametro di Ursell HL^2/d^3 (che definisce il grado di non linearità del processo propagativo).

Si ottiene inoltre il grafico dell'andamento degli ortogonali d'onda primari e secondari ed una rappresentazione grafica del campo di moto ondoso calcolato (isolinee di altezza e direzione dell'onda).

5. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

1. Worthington H.W., Herbich J.B., 1970 - "A Computer Program to estimate the Combined Effect of Refraction and Diffraction of Water Waves", Coastal and Ocean Engineering Division,Report N° 127.

2. Weigel R.L., 1964 - "Oceanographical Engineering", Prentice Hall Inc.

3. Basco D.R., 1982 - "Surf Zone Currents", Coastal Engineering Research Centre, Miscellaneous Report N° 82-7.

DEAM

APPENDICE 2

MODELLO NUMERICO PER IL CALCOLO DEL TRASPORTO SOLIDO LITORANEO

MODELLO NUMERICO PER IL CALCOLO DEL TRASPORTO SOLIDO LITORANEO

La disponibilità di una stima statisticamente valida del clima del moto ondoso al largo consente di valutare con analoga significatività il flusso di energia del moto ondoso incidente ed il conseguente trasporto solido litoraneo.
Il trasporto litoraneo longitudinale può essere infatti direttamente collegato alla componente longitudinale alla costa del flusso di energia associata al moto ondoso in fase di frangimento, come emerge da numerose osservazioni effettuate sia su modello fisico che in ambienti naturali.
Il modello qui descritto calcola il trasporto longitudinale potenziale nelle diverse sezioni in cui viene suddivisa la costa.
Il calcolo viene effettuato sulla base del clima P(H,θ, T) del moto ondoso al largo (frequenza di eventi suddivisi per periodo e direzione di provenienza) e tiene conto dei contributi al trasporto dovuti a tutti gli elementi del clima che, per direzione di incidenza, risultano significativi per il tratto di litorale, pesati con la rispettiva probabilità di occorrenza.
Poiché in generale il clima è rappresentativo delle condizioni medie annuali (stagionali) del moto ondoso nell'area, il modello fornisce il trasporto potenziale medio annuo (stagionale) che si verifica lungo il tratto di costa, tenendo conto delle dimensioni del sedimento lungo il profilo batimetrico interessato dai fenomeni di trasporto e dalle modalità di frangimento delle onde.

1. EQUAZIONI

Il trasporto longitudinale del peso immerso I_l (dyne/sec) del materiale sedimentario è legato alla componente litoranea del flusso di energia associata al moto ondoso in fase di frangimento P (erg/seccm) secondo la seguente relazione empirica:

$$I_l = Kp_l = K\,(E_b cn)_b \text{ sen } \alpha_b \cos \alpha_b \qquad [1]$$

dove:

$E_b = .25\,\sigma_a\, g\, H_b^2$	energia dell'onda in fase di frangimento.
$(Cn)_b$	è la velocità di gruppo delle onde in fase di frangimento.
α_b**;** H_b	sono l'angolo di incidenza e l'altezza d'onda al frangimento.
K	è un coefficiente empirico.

La grandezza I_l è legata alla variabile trasporto longitudinale Q (cm/s) dalla relazione:

$$I_l = (\sigma_s - \sigma_a)\, ga'Q \qquad [2]$$

dove σ_s e σ_a rappresentano la densità del sedimento e dell'acqua, g è l'accelerazione di gravità e $a' \approx 0.6$ tiene conto della porosità del sedimento.
Per la definizione delle condizioni di moto ondoso si fa riferimento al clima del moto ondoso al largo (frequenza di eventi suddivisi per periodo, direzione ed altezza).
Per utilizzare il clima osservato al largo nel calcolo del flusso di energia a costa e quindi del trasporto è necessario eseguire una trasformazione opportuna, valutando le modifiche a cui è soggetto il moto ondoso nella propagazione verso costa per gli effetti combinati di shoaling, rifrazione e dissipazione fino al fenomeno di frangimento delle onde.
Nel modello l'entità di tali effetti è calcolata nell'ipotesi che la batimetria sia schematizzata mediante piani inclinati caratterizzati da pendenze diverse. La sua applicazione implica quindi che la configurazione morfologica della spiaggia sommersa sia sufficientemente regolare e il processo propagativo del moto ondoso per le principali direzioni di incidenza risulti uniforme.
L'effetto dell'attrito è stato introdotto in forma parametrica.
Per la sezione j della costa è quindi possibile calcolare il flusso di energia longitudinale P_{lji} introdotto dall'elemento i-esimo costituente il clima e il valore del contributo al trasporto del sedimento Q_{ji}.
La somma dei diversi contributi, pesati con la loro frequenza percentuale $p_i = P(T,\theta_b,H_b)$ fornisce il valore del trasporto longitudinale netto di materiale sedimentario. Pertanto il trasporto longitudinale Q_j in una sezione j della costa può essere espresso come:

$$Q_j = \Sigma_i Q_{ji} = \Sigma_i K\, P_{lji}\, p_i \qquad [3]$$

La quantità P_{lji} viene calcolata secondo la formula:

$$P_{lji} = [(E_i\ Cn_i)_b\ \text{sen}\ \alpha_{ib}\ \cos\ \alpha_{ib}]_j \qquad [4]$$

I valori di altezza d'onda, corrispondenti alla matrice del clima al largo P(T,θ,H), sono propagati verso costa fino al verificarsi del frangimento. Tale procedura è estesa a tutti gli elementi del clima al largo la cui direzione di incidenza è compresa nel settore di esposizione della costa. Si ottiene quindi "un vettore di breaking" contenente tutti i parametri di interesse fisico e statistico necessari per calcolare il trasporto longitudinale.
I valori ottenuti applicando le formule precedenti sono rappresentativi di un trasporto longitudinale potenziale, quale derivante esclusivamente da considerazioni energetiche del moto ondoso. In realtà il trasporto effettivo dipende dalla disponibilità e dalla granulometria del sedimento, dalla morfologia del fondale e dalla modalità di frangimento delle onde.
Oltre ai valori di trasporto potenziale il modello fornisce anche una stima del trasporto effettivo ottenuto introducendo una dipendenza del coefficiente K (supposto costante nella formulazione originale di Komar e dello Shore Protection Manual), dal diametro medio del sedimento nell'area di profilo interessata dai fenomeni di trasporto, secondo la relazione proposta da Swart (1976), e dall'indice di breaking ε_b, secondo quanto proposto da Kamphuis e Readshow (1978).
La relazione proposta da Swart è la seguente:

$$K = A \log(0.00146/D_{50}) \qquad [5]$$

dove:

A è una costante e D_{50} è il diametro medio del sedimento.

Nel modello il profilo batimetrico viene schematizzato, dal punto di vista sedimentologico, in 4 fasce (caratterizzate dal diametro medio D_{50} e dalla lunghezza l).
Il coefficiente K risulta dipendente dalla media di diametri medi del sedimento D_{50}, pesati con la larghezza delle fasce corrispondenti, calcolata nella zona interessata dai fenomeni di trasporto. Tale calcolo è effettuato per ogni elemento della matrice del clima P(H,θ,T) che influisce sul tratto del litorale in esame, in quanto per ogni elemento varia l'estensione della fascia di profilo trasversale interessata da un trasporto attivo del sedimento.
I risultati sperimentali di Kamphuis e Readshow indicano una minore efficienza nel sollevamento del sedimento per le onde che si rompono per "spilling" rispetto alle onde che si rompono per "plunging" o "surging".
Gli autori suggeriscono di introdurre una dipendenza di K dall'indice di breaking ε_b, il cui valore tende a crescere passando da condizioni di rottura per spilling a quelle per plunging e surging, risultando inferiore a 0.4 nel caso di spilling, compreso tra 0.4 e 2 nel caso di plunging e maggiore di 2 nel surging.
La relazione proposta risulta essere la seguente:

$$\begin{array}{cc} K = 0.28 & \text{per } \varepsilon_b < 0.4 \\ K = 0.7\varepsilon_b & \text{per } 0.4 \le \varepsilon_b \le 1 \\ K = 1. & \text{per } \varepsilon_b > 1 \end{array} \qquad [6]$$

dove l'indice di breaking è dato da:

$$\varepsilon_b=\tan(\alpha)/(H_b/L_o)^{1/2}$$

in cui $\tan(\alpha)$ è la pendenza del fondale, H_b/L_o è la ripidità dell'onda.
Nel modello, per ogni elemento della matrice del clima $P(H,\theta,T)$ si calcola il valore dell'indice di breaking e quindi il corrispondente contributo al trasporto.

1.1 Criterio di frangimento dell'onda

Nel modello si utilizza il criterio di frangimento riportato in SPM (1977):

$$H_b/d_b = \Gamma \qquad [7]$$

in cui Γ dipende dalla ripidità dell'onda e dalla pendenza m del fondale, secondo le relazioni seguenti:

$$\Gamma = b-(aH_b)/(gT^2)$$

$$b = 1.56/(1+e^{-19.5m})$$

$$a = 1.36\ g(1-e^{-19m})$$

Per la valutazione di Γ si effettua una stima iniziale di
$H_b = H_o K_r K_f K_s$ in cui:

$K_s = 0.76\ m^{1/7}\ (H_o/L_o)^{-1/4}$ — coefficiente di shoaling (Wang e Le Mehautè, 1980)

$K_r = (\cos\alpha_o/\cos\alpha_b)^{1/2}$ — coefficiente di rifrazione

mentre il coefficiente di attrito K_f è introdotto in forma parametrica.
Per quanto riguarda la modalità di frangimento delle onde sul profilo in esame, il modello fornisce la distribuzione dei valori dell'indice di breaking ε_b che permette di individuare la modalità di rottura prevalente, tenendo conto della ripidità dell'onda e della pendenza del profilo.

1.2 Calcolo dei parametri caratteristici della spiaggia

Il modello fornisce alcuni parametri utili a caratterizzare la fascia costiera ed in particolare a definire il limite al largo e a costa dell'area interessata dai fenomeni di trasporto e la zona dei frangenti.

1.2.1 Il limite al largo

La massima profondità verso il largo a cui si ha un trasporto attivo del sedimento dovuto al moto ondoso è valutata mediante la formula di Hallermeier (1978):

$$d_{lim} = 2.28\ H - 68.5\ H^2/(gT^2) \qquad [8]$$

dove H è l'altezza d'onda locale.
Nel modello la profondità limite d_{lim} è calcolata per ogni elemento della matrice del clima, ottenendo una distribuzione della profondità limite per ogni punto di calcolo del trasporto.

1.2.2 La linea dei frangenti

La profondità di frangimento è calcolata applicando la formula [7] per ogni elemento del clima.
Il modello fornisce la distribuzione della profondità di rottura per ogni punto di calcolo del trasporto.

1.2.3 Il limite a costa

Nell'area costiera assumono importanza i fenomeni di "set-up" e di "run-up": il primo è l'innalzamento medio del livello del mare che si ha in seguito alla diminuzione delle altezze d'onda conseguenti al flusso di massa verso profondità decrescenti; il secondo è la massima elevazione, al di sopra dell'innalzamento medio, raggiunta a riva dall'onda dopo il frangimento, dovuta al flusso di energia verso costa.
Il modello fornisce i valori massimi a riva del set-up e del run-up ed i valori corrispondenti al 50% e al 95% dei casi per i diversi punti di calcolo del trasporto, tenendo conto delle condizioni meteo-marine e morfologiche locali. Per il calcolo del set-up si utilizza la seguente relazione:

$$S = 5/16\Gamma H_b\ [1-5/6\pi\ H_b/(\Gamma L_o)\sin^2\alpha_o] \qquad [9]$$

dove:

L_o	è la lunghezza;
α_o	è l'angolo di incidenza dell'onda al largo;
$\Gamma=H_b/d_b$,	H_b è l'altezza dell'onda alla rottura e d_b è la profondità dell'acqua al frangimento.

Per il calcolo del run-up R si utilizzano le formule di Svendsen e Jonsson(1976):

$R = C_{pr} \tan(\beta)(H_o/L_o)^{-1/2}$ per $\tan(\beta)(H_o/L_o)^{-1/2} \leq 2.3$

$R = 3\ H_o$ per $\tan(\beta)(H_o/L_o)^{-1/2} > 2.3$

dove:

$\tan(\beta)$ è la pendenza del fondale

H_o/L_o è la ripidità dell'onda

C_{pr} è un coefficiente di riduzione che tiene conto della permeabilità e della rugosità del fondo ($C_{pr} \leq 1$).

1.3 Analisi delle condizioni di equilibrio del profilo di spiaggia

Da osservazioni effettuate da diversi autori è stato evidenziato il fenomeno di selezione dei sedimenti nella direzione ortogonale alla costa dovuto al trasporto trasversale; è stato così sviluppato un modello interpretativo del fenomeno basato sul concetto di dimensioni del sedimento in equilibrio.
Secondo tale modello, fissate le caratteristiche del moto ondoso, per ciascuna posizione nella zona di frangimento delle onde esiste una dimensione del sedimento tale per cui esso risulta in equilibrio. Il sedimento di dimensione minore della "dimensione di equilibrio" si muove verso il largo, quello di dimensione maggiore si muove verso costa.
E' possibile pertanto, note le caratteristiche del moto ondoso e la natura del sedimento, prevedere la direzione prevalente del trasporto trasversale; non è possibile invece valutare su tale base la sua intensità.
Hattori e Kamawata (1980) hanno evidenziato anche l'importanza della ripidità dell'onda e della pendenza del fondale sulla direzione del trasporto trasversale.
La relazione da loro proposta è:

$$I_H = (H_o m g T)/[L_o W(D_{50})] \qquad [10]$$

dove:

H_o, L_o, T sono rispettivamente l'altezza, la lunghezza e il periodo dell'onda al largo, $W(D_{50})$ è la velocità di sedimentazione delle particelle di diametro D_{50}, m è la pendenza del profilo del fondo, g è l'accelerazione di gravità.
Per valori dell'indice di Hattori $I_H < 0.5$ si ha trasporto verso costa, per $I_H > 0.5$ si ha trasporto verso il largo.
Il modello calcola la distribuzione dei valori dell'indice di Hattori mediante la [10], fornendo alcune indicazioni generali sull'equilibrio del profilo nelle condizioni di moto ondoso studiate, indicando se il profilo tende all'erosione, all'accrescimento oppure è in sostanziale equilibrio.

2. PARAMETRI DI INPUT

I parametri di input del modello sono:

- clima ondoso al largo;
- pendenza al largo e a costa del fondale nelle sezioni considerate;
- diametro medio del sedimento (D_{50}) in quattro fasce lungo la sezione considerata;
- l'orientazione della costa;
- il settore di esposizione della costa.

3. CARATTERISTICHE DELL'OUTPUT

Il modello fornisce in output:

- valori del trasporto netto e del trasporto longitudinale nei due sensi;
- distribuzione del trasporto per classi di altezza d'onda e direzione;
- distribuzione del trasporto in funzione della profondità;
- distribuzione della profondità di frangimento delle onde;
- distribuzione della profondità limite della spiaggia sommersa in funzione dell'altezza d'onda;
- distribuzione dell'indice di Hattori e dell'indice di frangimento;
- valori medi al 95% e massimi del set-up e run-up delle onde;
- flusso medio di energia a costa e direzione media del flusso.

4. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Komar P.D., 1976 - “Beach Processess and Sedimentation”; Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs.
- Kamphuis J.W., Readshow J.S., 1978 - “A Model Study alongshore Sediment Transport Rate”; XVI Coastal Engineering Conference, Hamburg, Germany.
- Swart D.H, 1976 - “Predictive Equation regarding Coastal Transport”, XV Coastal Engineering Conference, Honolulu, Hawaii.
- Shore Protection Manual, 1977 - U.S. Army Coastal Engineering Research Center, Department of the Army Corps of Engineers.
- Wang D.J., Le Mehaute B., 1980 - “Breaking Wave Characteristics on a Plane Beach”; XVII Coastal Engineering Conference.
- Hallermeier R.J., 1978 - “Uses for a Calculated Limit Depth to Beach Erosion”, XVI Coastal Engineering Conference, Hamburg, Germany.
- Basco D.R., 1982 - “Surf Zone Currents”; Coastal Engineering Research Center, U.S. Army Corps of Engineers, Miscellaneous Report N. 82-7.
- Svendsen I.A., Jonsson I.G., 1975 - “Hydrodynamics of Coastal regions”; Den Private Ingenirfond; Technical University of Denmark, Lyngby.
- Hattori M., Kawamata R., 1980 - “Onshore - Offshore Transport and Beach Profile Change”, XVII Coastal Engineering Conference, Sidney, Australia.
- Sunamura T., 1980 “A Laboratory Study of offshore Transport of Sediment and a Model for Eroding Beaches”; XVII Coastal Engineering Conference, Sidney, Australia.

APPENDICE 3

MODELLO NUMERICO PER IL CALCOLO DELL'EVOLUZIONE DEL PROFILO TRASVERSALE ALLA COSTA (MODELLO "SBEACH")

IL MODELLO SBEACH – "STORM INDUCED BEACH CHANGE MODEL"

Sviluppato presso l'US Army Corps of Engineers (Larson *et al.,* 1990), il modello **SBEACH** simula in maniera accurata l'evoluzione di un profilo di spiaggia arbitrario sottoposto a variazioni del livello del mare e dell'energia del moto ondoso incidente.
Tale modello è stato sviluppato a seguito di uno studio finalizzato alla comprensione dei rapporti "causa-effetto" tra i fattori che determinano il profilo di spiaggia e, quindi, alla previsione dell'evoluzione del profilo.

La proprietà fondamentale del modello è riprodurre in modo deterministico le principali caratteristiche del profilo a partire da relazioni empiriche per il trasporto sedimentario trasversale alla costa ("cross-shore") indotto dalle onde, trascurando gli aspetti su piccola scala ed evitando descrizioni complesse del flusso del trasporto sedimentario: l'analisi a macroscala (metri, ore) ha permesso la semplificazione della trattazione delle variazioni del profilo di spiaggia, nonostante la complessità dei processi coinvolti.

Il punto di maggiore forza di **SBEACH** consiste nell'inserimento della crescita e del movimento delle barre come parte integrante delle variazioni del profilo di spiaggia, considerando che queste strutture costituiscono una protezione naturale per le spiagge esposte a forti processi erosivi.

Dato un profilo iniziale del fondo, il modello assume che le variazioni del profilo siano dovute alle onde che frangono, e principalmente alle onde corte (con periodi compresi tra 3 e 20 secondi).
L'area investigata dal modello è la spiaggia "emersa e sommersa" compresa tra il limite superiore rappresentato dal limite di run-up, ed il limite inferiore posto al largo alla profondità a cui non avviene trasporto trasversale significativo. Una delle assunzioni fondamentali del modello è l'esistenza di un profilo di equilibrio della spiaggia, se sottoposta a condizioni costanti di moto ondoso per tempi sufficientemente lunghi.
Il trasporto "cross-shore" è determinato dalle caratteristiche dell'onda locale, del livello del mare e dalle proprietà del profilo iniziale.

La distribuzione delle altezze d'onda utilizzata per il calcolo del trasporto è ottenuta applicando la teoria lineare delle onde al di fuori della "surf-zone" , mentre all'interno della fascia dei frangenti (dalla profondità di frangimento fino alla costa) la distribuzione delle altezze d'onda è ottenuta applicando il modello di decadimento dei frangenti (Dally, 1980), ampiamente validato.
Nel calcolo della distribuzione delle altezze d'onda sono incorporati gli effetti di "set-up" e "run-up" delle onde, mediante la risoluzione dell'equazione:

$$\frac{d\,S_{xx}}{dx} = -\rho\, g\,(h+\eta)\frac{d\eta}{dx} \qquad [1]$$

dove S_{xx} è il radiation stress diretto verso la costa e η è l'elevazione della superficie del mare.

Il modello è strutturato in modo tale che ad ogni passo temporale di calcolo:

- effettua la suddivisione del profilo di spiaggia in regioni specifiche a seconda delle caratteristiche delle onde locali, allo scopo di specificare le caratteristiche del trasporto;

- calcola il trasporto trasversale alla costa in ciascuna delle suddette regioni del profilo;

- calcola, infine, le variazioni indotte nel profilo applicando l'equazione di conservazione della massa al trasporto trasversale.

Le quattro regioni specifiche sono la *zona I* (*"*prebreaking") compresa tra il limite al largo ed il punto di breaking, la *zona II (*di transizione dei frangenti) compresa tra il punto di frangimento ed il "plunge point" (punto in cui il frangente si ricurva su se stesso movendosi verso la spiaggia), la *zona III* compresa tra il "plunge point" ed il punto in cui le onde si riformano, rappresenta la l'area in cui le onde sono completamente rotte e la loro energia decade gradualmente, ed infine la *zona IV* ("swash zone") che si estende fino al limite di "run-up".

Nella zona I la distribuzione del trasporto viene determinata nei pressi del punto di frangimento, secondo l'equazione

$$q = q_b \, e^{-\lambda (x - x_b)} \qquad [2]$$

dove q_b rappresenta la frazione del trasporto nel punto di frangimento, x_b è la posizione del punto di frangimento rispetto alla linea di costa e λ è un coefficiente di decadimento spaziale stimato empiricamente. Quindi nella zona I il trasporto decade in maniera esponenziale con la distanza dalla costa.

La limitata estensione della zona II non permette la definizione quantitativa delle caratteristiche del trasporto netto, che viene derivato calcolato a partire dalle variazioni medie del profilo, mentre nella zona III l'andamento del trasporto mostra una buona correlazione con quello dell'energia dissipata per unità di volume di acqua, derivante dal modello di decadimento di energia dei frangenti di Dally.

$$q = \begin{cases} 0 & D < D_{eq} - \dfrac{\varepsilon}{K}\dfrac{dh}{dx} \\ K\,(D - D_{eq} + \dfrac{\varepsilon}{K}\dfrac{dh}{dx} & D > D_{eq} - \dfrac{\varepsilon}{K}\dfrac{dh}{dx} \end{cases} \qquad [3]$$

Dove K è un coefficiente empirico per il trasporto, il cui valore è può essere compreso tra 1.1-1.9 10^{-6} m^4/N, D è l'energia dissipata per unità di volume, ε un coefficiente

empirico per il termine del trasporto dipendente dalla pendenza pari a 0.001 m^2/sec., D_{eq} è l'energia dissipata in condizioni di equilibrio (quando il trasporto netto mediato nel tempo è nullo attraverso una qualunque sezione del profilo).

In corrispondenza della zona IV il trasporto è una funzione della pendenza del profilo, delle caratteristiche del sedimento e delle proprietà delle onde che risalgono la spiaggia emersa. La mancanza di dati relativi a tali fattori non ha permesso la derivazione di una relazione tra la quantità di materiale trasportato ed i suddetti fattori. Tuttavia sono state effettate varie osservazioni qualitative, che hanno dimostrato la riduzione approssimativamente lineare del trasporto in direzione della spiaggia.

La direzione prevalente del trasporto trasversale è determinata mediante l'equazione:

$$\frac{H_0}{L_0} = M\left[\frac{H_0}{wT}\right]^3 \qquad [4]$$

che rappresenta la relazione tra la ripidità delle onde in acque profonde (H_0/L_0) ed il parametro dimensionale che tiene conto della velocità di caduta del sedimento (H_0/wT), sviluppato inizialmente come criterio per la previsione di formazione di profili di berma (trasporto "onshore" prevalente) o di barra (trasporto "offshore" prevalente).

Un'ampia descrizione del modello è riportata nel documento " Mathematical modeling of the fate of beach fill" (M. Larson, N.Kraus, Coastal Engineeering, 16 (1991) 83-114) al quale si rimanda per i dettagli.

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO DEL LITORALE

3.1 ESTENSIONE

L'unità fisiografica di riferimento è delimitata:

- a ponente da Capo Berta (praticamente molo Cavour)
- a levante da Capo Cervo

per uno sviluppo di circa 6 Km.

Essa comprende i litorali di:

- Diano Marina, distinto in due zone, a ponente ed a levante del t. S. Pietro; comprende il porto turistico di Diano Marina
- San Bartolomeo al Mare; comprende l'approdo turistico di San Bartolomeo al Mare
- CERVO

3.2 CARATTERI GEOMORFOLOGICI E GEOLOGICO MARINI

La fascia costiera è costituita – nelle parti estreme dell'unità – da costa alta formata da versanti collinari a substrato roccioso di marne, marne calcaree ed arenarie, nella maggior parte del suo restante sviluppo essa è costituita da coste deposite. Sul substrato roccioso si rilevano coltri — che appaiono rimaneggiate e sistemate a fasce — di materiali sciolti (soprattutto diffusi ed estesi nella zona di Cervo e di Capo Cervo) e di materiali eluviali e colluviali a pezzatura medio—fine e grossolana. Presso Capo Cervo vi sono segni di paleocollassi che testimoniano tuttora condizioni di squilibrio geomorfologico potenziali o in atto.

La maggior parte dell'arco costiero compreso fra questi estremi rocciosi è costituito da spiagge la cui litologia, assai eterogenea, è rappresentata soprattutto da calcari marnosi e arenarie, provenienti dagli affioramenti del flysch ad Elmintoidi.

Gli apporti naturali più importanti provengono dai bacini imbriferi del t. S. Pietro (bacino imbrifero 21.27 Kmq)) e del T. Steria ((bacino imbrifero 28.90 Kmq), che presentano foci armate a forma di delta cuspidati. Si rilevano pure i segni di notevoli

apporti artificiali recenti, soprattutto lungo il tratto compreso fra il T. S. Pietro e il T. Steria.

Le spiagge più estese si trovano nel tratto compreso fra il pendio roccioso occidentale ed il molo posto presso la foce del Rio Varcarello, ove compaiono opere di difesa trasversali (in genere pennelli molto corti). Ancora notevoli, ma meno ampie, sono quelle che si estendono fra questo molo ed il porticciolo di Diano Marina (contiguo alla foce del T. S. Pietro), pure interessate da opere trasversali. Strisce discontinue di spiagge si estendono nel tratto costiero compreso fra la foce del T. S. Pietro ed il versante del Capo Cervo, protette da opere di difesa longitudinali distaccate, combinate spesso con opere di difesa trasversali o da opere trasversali isolate. Sul litorale di S. Bartolomeo è in corso di realizzazione un sistema interno ad una linea di opere longitudinali emerse molto più distanziate da riva rispetto alle precedenti.

La distribuzione dei materiali sulle spiagge è molto varia, essendo alterata da discariche e recenti ripascimenti. Si nota tuttavia che gli accumuli più grossolani — che si sovrappongono alle spiagge sabbiose autoctone — sono dispersi dal trasporto prevalente dei mari di libeccio con granulometrie decrescenti in senso Ovest—Est. I gradini riferibili alle berme di tempesta sono molto poco pronunciati, a testimonianza della ridotta energia del mare su gran parte dell'arenile. Alla radice delle berme si è osservato riaffiorare il materiale grossolano sottostante.

Campagne di campionamenti effettuate in passato sulla spiaggia emersa e sui fondali e le successive analisi ed elaborazioni hanno permesso di individuare le seguenti caratteristiche:

- limitate aree costituite da blocchi sono state rilevate in vari punti presso la linea di costa;
- sabbie fini e molto fini costituiscono i fondali antistanti il litorale di Diano Marina fino alla batimetrica dei m 10 ed oltre, dopo la quale si incontrano praterie di fanerogame a profondità maggiori
- sabbie fini formano una striscia continua, tra la battigia e le batimetriche dei m. 10-12, nel tratto fra la foce del t. S. Pietro e il litorale di Cervo, cui segue a profondità maggiori una vasta area a praterie di posidonie, come illustrato in altra parte del progetto.

3.3 CARATTERI DINAMICI E STATO DI CONSISTENZA

Lo stato di consistenza e la dinamica dell'unità possono attualmente essere così sintetizzati:

- è in erosione la spiaggia di Diano Marina; la potenziale alimentazione naturale della foce del t. S. Pietro è ostacolata dalla presenza del porticciolo turistico, mentre quella da SW è trattenuta dal Molo Cavour; i rivi che sfociano sul litorale non portano del resto alcun contributo significativo;
- è ormai controllata in modo artificiale la spiaggia di S. Bartolomeo al Mare, precedentemente ridotta in fasce molto ristrette, imprigionate da innumerevoli opere trasversali, longitudinali e miste che ne ostacolava l'alimentazione dalle foci dei torrenti S. Pietro e Steria;
- solo cospicui ripascimenti di alcuni tratti della linea di spiaggia tra la foce del T. Steria e Cervo hanno permesso il mantenimento, in un tratto di litorale che, da tempo, è in gravissima erosione e sul quale sono stati recentemente realizzati importanti interventi di difesa
- è soggetta a violenta aggressione da parte del mare (soprattutto dai mari di libeccio) la fascia costiera rocciosa compresa tra Cervo e Capo Cervo, ove sono in atto diffusi fenomeni di squilibrio e dove sono in via di smantellamento le opere dì difesa longitudinali poste a protezione della sede ferroviaria.

I trasporti per getto dì riva sulle spiagge sono controllati dalle falde di SW e Sud, con conseguente spostamento in senso Ovest-Est, per quanto lo scirocco crei accumuli fittizi talora cospicui. Dispersioni importanti verso il largo si osservano all'estremo orientale dell'unità, in prossimità di Cervo, all'attacco fra costa alta e costa deposita. Settori longitudinali alla costa, con asporto cospicuo di materiali sabbiosi fini e molto fini, si rilevano nei fondali fra le batimetriche di m. 10-12 e 15-18.

Per completezza si riporta anche un commento descrittivo dell'unità fisiografica di ponente, compresa tra il molo esterno del porto di Oneglia ed il molo Cavour. Come già ricordato l'interazione geologico-marina tra le due zone è interrotta dal molo

Cavour, che recentemente (2000/2001) è stato oggetto di interventi manutentivi nel corpo centrale.

3.4 UNITÀ FISIOGRAFICA – PORTO DI ONEGLIA – MOLO CAVOUR

Questo tratto si identifica con la fascia costiera che si estende tra il molo esterno del porto di Oneglia e il molo Cavour presso Capo Berta, su uno sviluppo di circa Km. 3,5.

La fascia costiera è formata da versanti collinari con substrato roccioso costituito da strati di marne, marne calcaree e arenarie, con giaciture assai variabili. Su tale substrato giacciono numerose coltri di materiali sciolti di origine eluviale e colluviale, a pezzatura medio-fine e grossolana, a volte molto grossolana, in buona parte rimaneggiati e sistemati a fasce dall'uomo.

Estesi processi di dissesto del substrato roccioso sono diffusi sul versante inferiore di Capo Berta fra l'area sottostante a Villa Berio e la spianata posta ad Ovest del Molo Cavour. Alcuni di tali dissesti - per lo più in atto - sono limitati oggi al piede del versante, mentre altri si estendono verso l'alto fino a lambire la sede della via Aurelia. Vaste aree fortemente instabili si trovano al piede del versante Sud e SE di Capo Berta ove le conoidi dì materiali disarticolati mostrano propaggini che raggiungono il mare.

Il tratto costiero presenta limitate spiagge ad Est del "molo lungo" del porto di Oneglia, nel settore antistante la spianata Peri ed anche oltre verso Est, in parte protette da opere longitudinali distaccate.

Seguono ancora verso est, in aderenza alla strada secondaria per Capo Berta, strisce di spiaggia molto strette, sulle quali si inseriscono alcune opere di difesa trasversali, fino circa all'altezza di Villa Berio.

Tra questa località e la spianata di Molo Cavour compaiono accumuli di materiali lapidei (spezzoni di marne massicce e di arenarie) continuamente rielaborati dal moto ondoso in gran parte sommersi, che sono statI anche rimossi dall'uomo sul lato mare della suddetta strada. A protezione di detta strada sono state costruite scogliere aderenti.

Lo stato di consistenza del tratto costiero in parola può essere inquadrato nei seguenti punti:

- si è accresciuto (per alimentazione artificiale) il tratto di spiaggia antistante la spianata Peri ed il tratto seguente ad Est, antistante la Casa Rossa (Oneglia); esso è tuttavia sottoposto a forte aggressione, come mostrano le berme di tempesta ghiaiose che sì elevano fino a quote oltre m. 2,50;
- sono in forte erosione le brevi spiagge del tratto successivo, che si estendono fino al pendio sottostante a Villa Berio;
- è sottoposta a violenta aggressione da parte del mare la fascia costiera che si estende da questo punto fino alla spianata aderente al molo Cavour (Capo Berta), esposta ai mari di libeccio che vi incidono obliquamente;
- un cospicuo accrescimento di materiale ghiaioso e sabbioso si è costituito sul perimetro della spianata contigua al Molo Cavour (il quale contribuisce a trattenere il materiale) già alimentato da discariche.

Imponenti sono le problematiche di tipo geomorfologico riconoscibili in tutto il tratto Oneglia-Capo Berta. Il versante - in condizioni di evidente sfacelo - risente dei gravi problemi di instabilità dovuti al recente abbandono dell'aggressione marina ed agli interventi attuati per la realizzazione della discussa strada alternativa all'Aurelia.

La dinamica delle spiagge occidentali del tratto è dominata da una prevalente azione del libeccio, che induce trasporti per getto di riva in senso Ovest-Est, mentre nei fondali si osservano vistosi transiti verso il largo in direzione SE.

4. ANALISI GRANULOMETRICHE

Sono stati eseguiti alcuni prelievi di sabbie e ne sono state effettuate le relative analisi granulometriche che vengono allegate anche se non sono significative ai fini della realizzazione prevista (sarà fornito in opera materiale di granulometria in equilibrio con la nuova configurazione di opere e non con quella preesistente).

dr. Alberto DRESSINO
Studio di geologia tecnica
Via Bernini 15 - 17024 FINALE L.(SV)
Tel. 019/695.552 - Fax 019/680.331

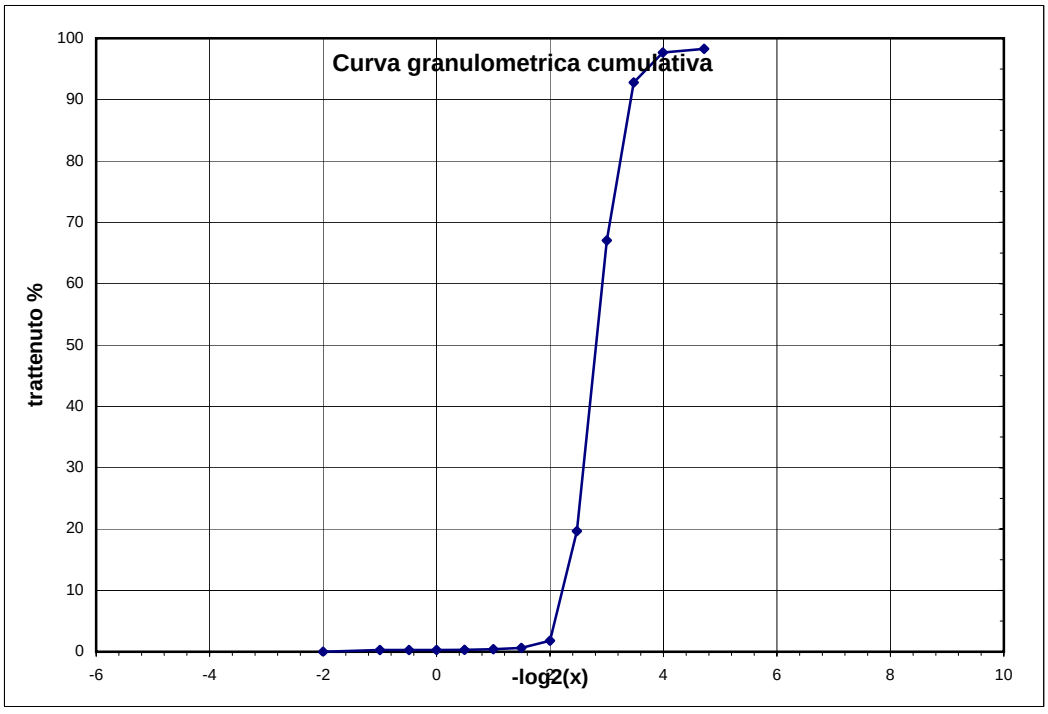
ANALISI GRANULOMETRICA

Committenti:	**Ing. Valentino CASTELLINI e ing. Paolo GAGGERO**			**1A**
Cantiere:	**Ripascimento spiagge Diano Marina (IM)**		Campione:	
Località prel.:	**Ponterosso**	Profondità:	**- 3 m**	
Data prelievo:	**17/09/2004**	Data prova:	**26/09/2004**	
Campionam.:	**Mediante Subacqueo**	Operatore:	**Sara Drèssino**	
Note:				

Analisi con setacci — **M (gr) = 500**

Setacci	Apertura maglie (mm)	Peso terreno trattenuto (gr)	Parziale dei trattenuti (%)	Totale dei trattenuti (%)	Totale dei passanti (%)
	8,000	0,00	0,00	0,00	100,00
	4,000	0,00	0,00	0,00	100,00
	2,000	1,41	0,28	0,28	99,72
	1,400	0,00	0,00	0,28	99,72
	1,000	0,00	0,00	0,28	99,72
	0,710	0,18	0,04	0,32	99,68
	0,500	0,53	0,11	0,42	99,58
	0,355	1,06	0,21	0,64	99,36
	0,250	5,83	1,17	1,80	98,20
	0,180	89,34	17,87	19,67	80,33
	0,125	236,94	47,39	67,06	32,94
	0,090	128,71	25,74	92,80	7,20
	0,063	24,36	4,87	97,67	2,33
	0,038	3,00	0,60	98,27	1,73
Fondo		8,65	1,73	100,00	

Classificazione		**D (60%) = 0,156**	% ghiaia	% sabbia	% limo-argilla
USCS	**CNR-UNI**	**D (10%) = 0,094**	0,28	97,39	2,33
		U = 1,667			



Via Bernini 15 - 17024 FINALE L.(SV)
Tel. 019/695.552 - Fax 019/680.331

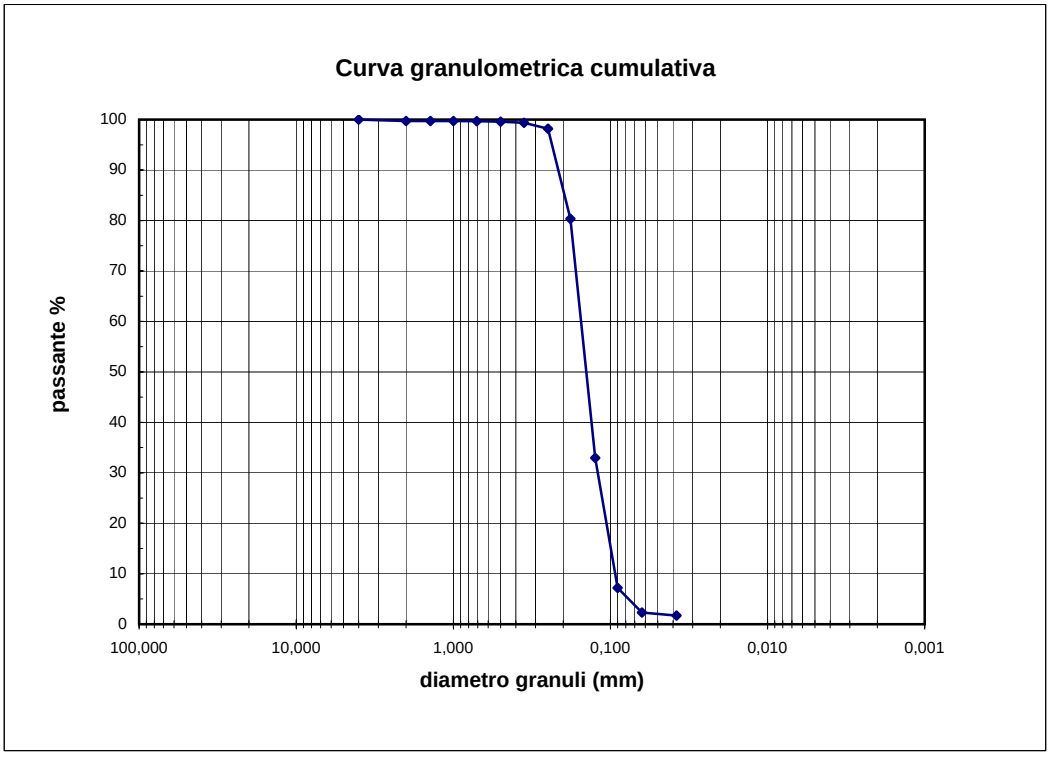
ANALISI GRANULOMETRICA

Committente:	**Ing. Valentino CASTELLINI e ing. Paolo GAGGERO**			**1A**
Cantiere:	**Ripascimento spiagge Diano Marina (IM)**		Campione:	
Località prel.:	**Ponterosso**	Profondità:	**- 3 m**	
Data prelievo:	**17/09/2004**	Data prova:	**26/09/2004**	
Campionam.:	**Mediante Subacqueo**	Operatore:	**Sara Drèssino**	
Note:				

Analisi con setacci — **M (gr) = 500**

Setacci	Apertura maglie (mm)	Peso terreno trattenuto (gr)	Parziale dei trattenuti (%)	Totale dei trattenuti (%)	Totale dei passanti (%)
	8,000	0,00	0,00	0,00	100,00
	4,000	0,00	0,00	0,00	100,00
	2,000	1,41	0,28	0,28	99,72
	1,400	0,00	0,00	0,28	99,72
	1,000	0,00	0,00	0,28	99,72
	0,710	0,18	0,04	0,32	99,68
	0,500	0,53	0,11	0,42	99,58
	0,355	1,06	0,21	0,64	99,36
	0,250	5,83	1,17	1,80	98,20
	0,180	89,34	17,87	19,67	80,33
	0,125	236,94	47,39	67,06	32,94
	0,090	128,71	25,74	92,80	7,20
	0,063	24,36	4,87	97,67	2,33
	0,038	3,00	0,60	98,27	1,73
Fondo		8,65	1,73	100,00	

Classificazione		**D (60%) = 0,156**	% ghiaia	% sabbia	% limo-argilla
USCS	**CNR-UNI**	**D (10%) = 0,094**	0,28	97,39	2,33
		U = 1,667			



dr. Alberto DRESSINO
Studio di geologia tecnica
Via Bernini 15 - 17024 FINALE L.(SV)
Tel. 019/695.552 - Fax 019/680.331

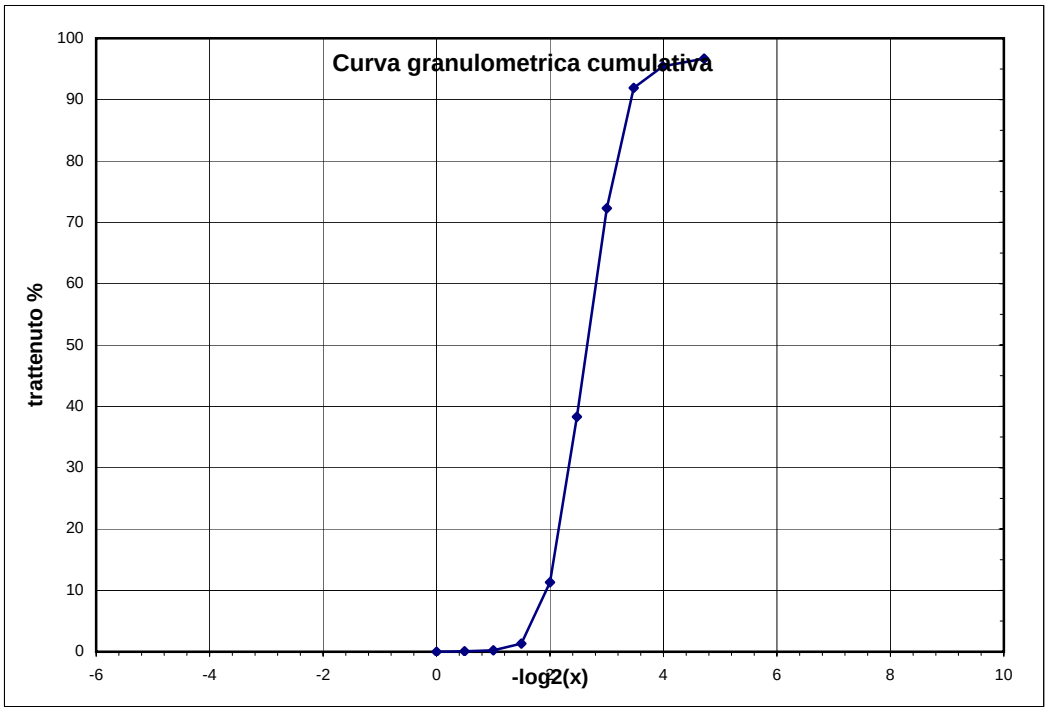
ANALISI GRANULOMETRICA

Committenti:	**Ing. Valentino CASTELLINI e ing. Paolo GAGGERO**			**1B**
Cantiere:	**Ripascimento spiagge Diano Marina (IM)**		Campione:	
Località prel.:	**Ponterosso**	Profondità:	**- 1 m**	
Data prelievo:	**17/09/2004**	Data prova:	**26/09/2004**	
Campionam.:	**Mediante Subacqueo**	Operatore:	**Sara Drèssino**	
Note:				

Analisi con setacci — **M (gr) = 500**

Setacci	Apertura maglie (mm)	Peso terreno trattenuto (gr)	Parziale dei trattenuti (%)	Totale dei trattenuti (%)	Totale dei passanti (%)
	8,000	0,00	0,00	0,00	100,00
	4,000	0,00	0,00	0,00	100,00
	2,000	0,00	0,00	0,00	100,00
	1,400	0,00	0,00	0,00	100,00
	1,000	0,00	0,00	0,00	100,00
	0,710	0,34	0,07	0,07	99,93
	0,500	0,86	0,17	0,24	99,76
	0,355	5,51	1,10	1,34	98,66
	0,250	49,90	9,98	11,32	88,68
	0,180	134,89	26,98	38,30	61,70
	0,125	169,99	34,00	72,30	27,70
	0,090	98,07	19,61	91,91	8,09
	0,063	17,55	3,51	95,42	4,58
	0,038	6,37	1,27	96,70	3,30
Fondo		16,52	3,30	100,00	

Classificazione		**D (60%) = 0,177**	% ghiaia	% sabbia	% limo-argilla
USCS	**CNR-UNI**	**D (10%) = 0,093**	0,00	95,42	4,58
		U = 1,898			



dr. Alberto DRESSINO
Studio di geologia tecnica

Via Bernini 15 - 17024 FINALE L.(SV)
Tel. 019/695.552 - Fax 019/680.331

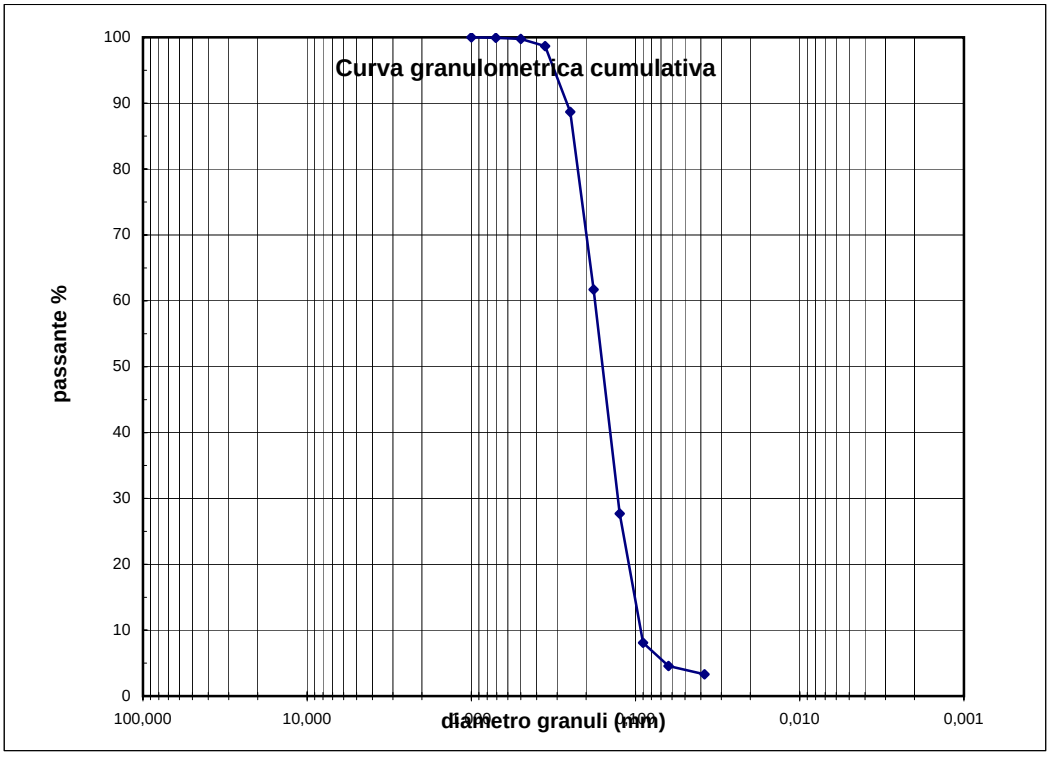
ANALISI GRANULOMETRICA

Committente:	**Ing. Valentino CASTELLINI e ing. Paolo GAGGERO**			**1B**
Cantiere:	**Ripascimento spiagge Diano Marina (IM)**		Campione:	
Località prel.:	**Ponterosso**	Profondità:	**- 1 m**	
Data prelievo:	**17/09/2004**	Data prova:	**26/09/2004**	
Campionam.:	**Mediante Subacqueo**	Operatore:	**Sara Drèssino**	
Note:				

Analisi con setacci — **M (gr) = 500**

Setacci	Apertura maglie (mm)	Peso terreno trattenuto (gr)	Parziale dei trattenuti (%)	Totale dei trattenuti (%)	Totale dei passanti (%)
	8,000	0,00	0,00	0,00	100,00
	4,000	0,00	0,00	0,00	100,00
	2,000	0,00	0,00	0,00	100,00
	1,400	0,00	0,00	0,00	100,00
	1,000	0,00	0,00	0,00	100,00
	0,710	0,34	0,07	0,07	99,93
	0,500	0,86	0,17	0,24	99,76
	0,355	5,51	1,10	1,34	98,66
	0,250	49,90	9,98	11,32	88,68
	0,180	134,89	26,98	38,30	61,70
	0,125	169,99	34,00	72,30	27,70
	0,090	98,07	19,61	91,91	8,09
	0,063	17,55	3,51	95,42	4,58
	0,038	6,37	1,27	96,70	3,30
Fondo		16,52	3,30	100,00	

Classificazione		**D (60%) = 0,177**	% ghiaia	% sabbia	% limo-argilla
USCS	**CNR-UNI**	**D (10%) = 0,093**	0,00	95,42	4,58
		U = 1,898			



dr. Alberto DRESSINO
Studio di geologia tecnica
Via Bernini 15 - 17024 FINALE L.(SV)
Tel. 019/695.552 - Fax 019/680.331

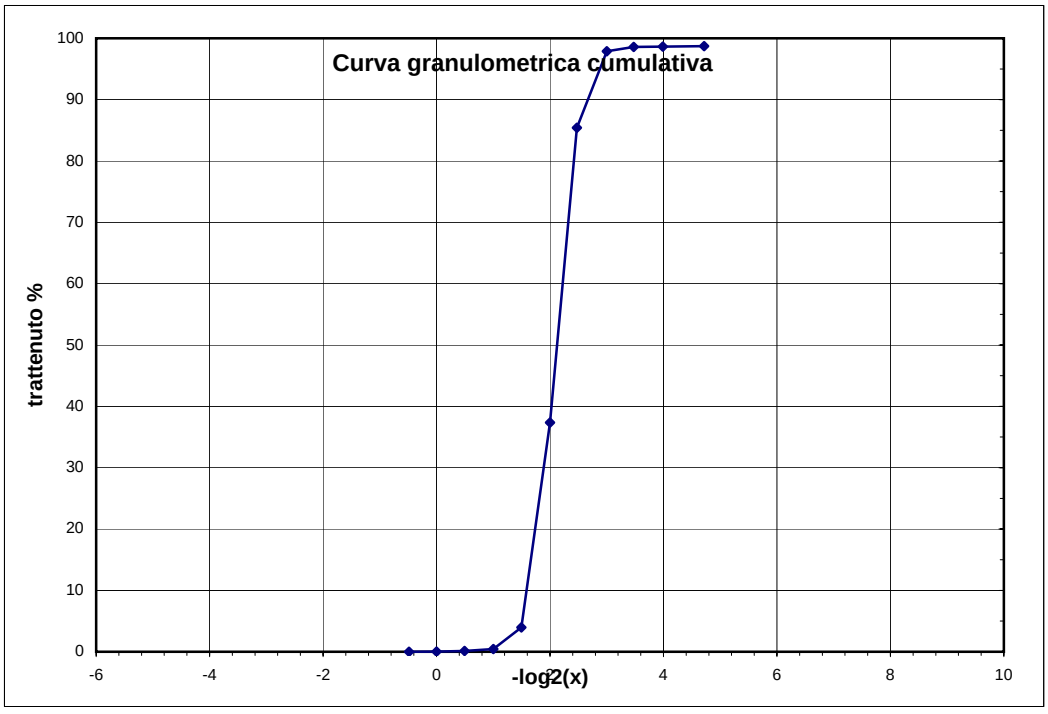
ANALISI GRANULOMETRICA

Committenti:	**Ing. Valentino CASTELLINI e ing. Paolo GAGGERO**			**1C**
Cantiere:	**Ripascimento spiagge Diano Marina (IM)**		Campione:	
Località prel.:	**Ponterosso**	Profondità:	**Spiaggia emersa**	
Data prelievo:	**17/09/2004**	Data prova:	**26/09/2004**	
Campionam.:	**Manuale**	Operatore:	**Sara Drèssino**	
Note:				

Analisi con setacci — **M (gr) = 500**

Setacci	Apertura maglie (mm)	Peso terreno trattenuto (gr)	Parziale dei trattenuti (%)	Totale dei trattenuti (%)	Totale dei passanti (%)
	8,000	0,00	0,00	0,00	100,00
	4,000	0,00	0,00	0,00	100,00
	2,000	0,00	0,00	0,00	100,00
	1,400	0,00	0,00	0,00	100,00
	1,000	0,17	0,03	0,03	99,97
	0,710	0,52	0,10	0,14	99,86
	0,500	1,55	0,31	0,45	99,55
	0,355	17,61	3,52	3,97	96,03
	0,250	166,95	33,39	37,36	62,64
	0,180	240,33	48,07	85,43	14,57
	0,125	62,33	12,47	97,89	2,11
	0,090	3,45	0,69	98,58	1,42
	0,063	0,35	0,07	98,65	1,35
	0,038	0,35	0,07	98,72	1,28
Fondo		6,39	1,28	100,00	

Classificazione		**D (60%) = 0,246**	% ghiaia	% sabbia	% limo-argilla
USCS	**CNR-UNI**	**D (10%) = 0,160**	0,00	98,65	1,35
		U = 1,540			



dr. Alberto DRESSINO
Studio di geologia tecnica

Via Bernini 15 - 17024 FINALE L.(SV)
Tel. 019/695.552 - Fax 019/680.331

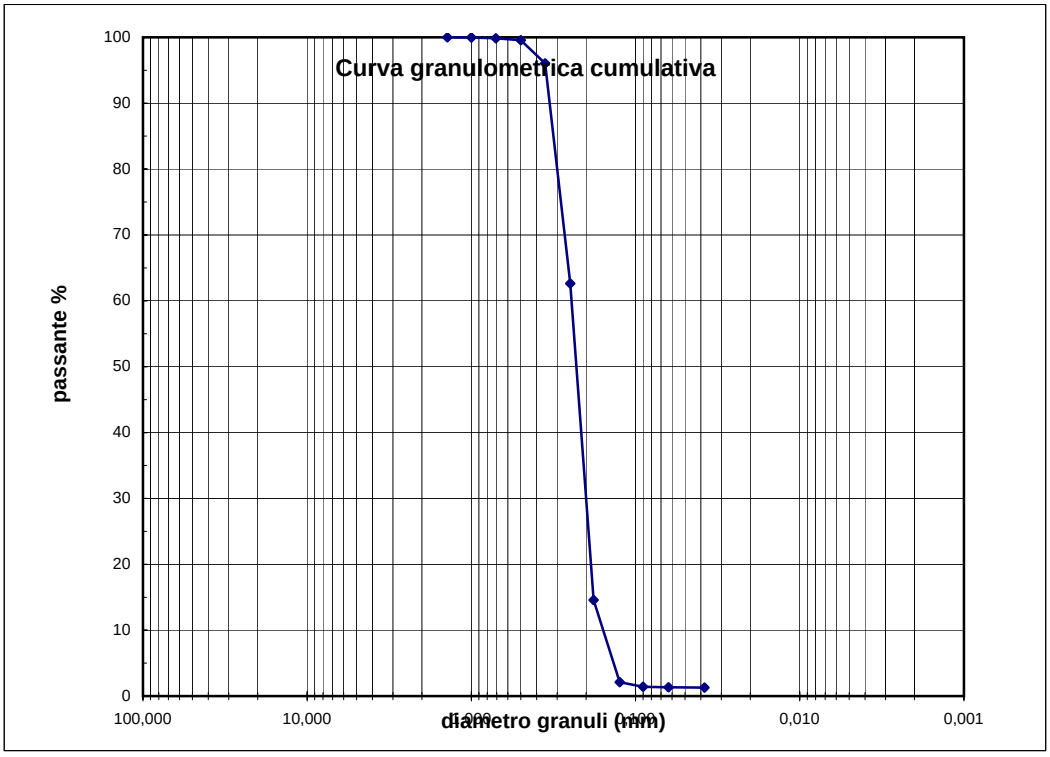
ANALISI GRANULOMETRICA

Committente:	**Ing. Valentino CASTELLINI e ing. Paolo GAGGERO**			**1C**
Cantiere:	**Ripascimento spiagge Diano Marina (IM)**		Campione:	
Località prel.:	**Ponterosso**	Profondità:	**Spiaggia emersa**	
Data prelievo:	**17/09/2004**	Data prova:	**26/09/2004**	
Campionam.:	**Manuale**	Operatore:	**Sara Drèssino**	
Note:				

Analisi con setacci — **M (gr) = 500**

Setacci	Apertura maglie (mm)	Peso terreno trattenuto (gr)	Parziale dei trattenuti (%)	Totale dei trattenuti (%)	Totale dei passanti (%)
	8,000	0,00	0,00	0,00	100,00
	4,000	0,00	0,00	0,00	100,00
	2,000	0,00	0,00	0,00	100,00
	1,400	0,00	0,00	0,00	100,00
	1,000	0,17	0,03	0,03	99,97
	0,710	0,52	0,10	0,14	99,86
	0,500	1,55	0,31	0,45	99,55
	0,355	17,61	3,52	3,97	96,03
	0,250	166,95	33,39	37,36	62,64
	0,180	240,33	48,07	85,43	14,57
	0,125	62,33	12,47	97,89	2,11
	0,090	3,45	0,69	98,58	1,42
	0,063	0,35	0,07	98,65	1,35
	0,038	0,35	0,07	98,72	1,28
Fondo		6,39	1,28	100,00	

Classificazione		**D (60%) = 0,246**	% ghiaia	% sabbia	% limo-argilla
USCS	**CNR-UNI**	**D (10%) = 0,160**	0,00	98,65	1,35
		U = 1,540			



dr. Alberto DRESSINO
Studio di geologia tecnica
Via Bernini 15 - 17024 FINALE L.(SV)
Tel. 019/695.552 - Fax 019/680.331

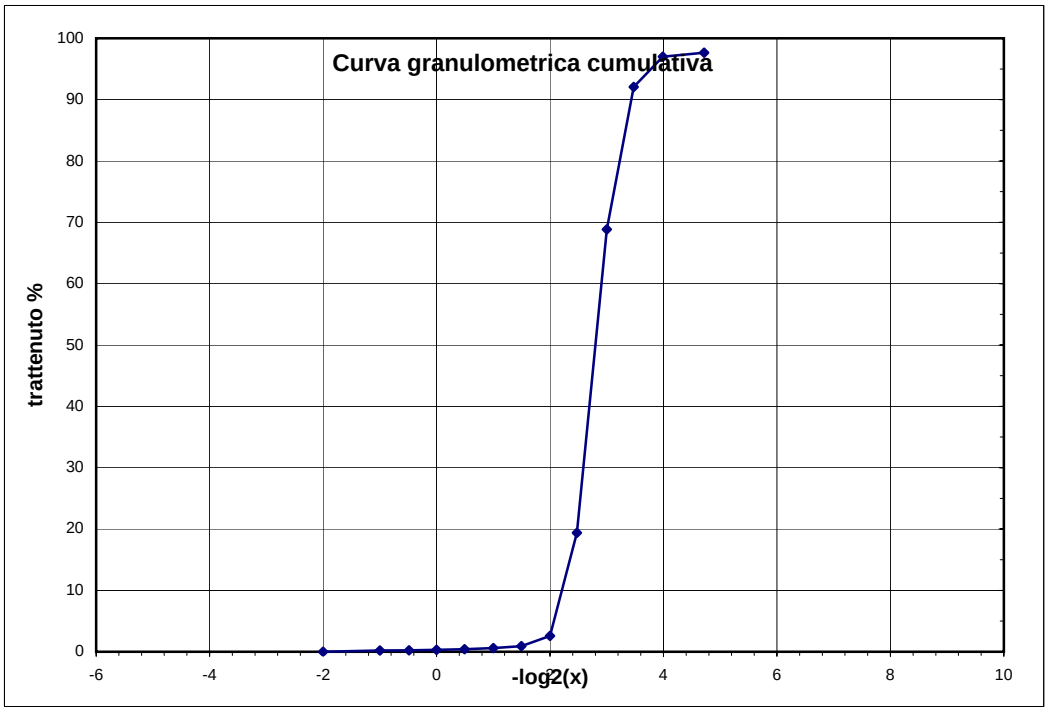
ANALISI GRANULOMETRICA

Committenti:	**Ing. Valentino CASTELLINI e ing. Paolo GAGGERO**			**2A**
Cantiere:	**Ripascimento spiagge Diano Marina (IM)**		Campione:	
Località prel.:	**Hotel Gabriella**	Profondità:	**- 3 m**	
Data prelievo:	**17/09/2004**	Data prova:	**26/09/2004**	
Campionam.:	**Mediante Subacqueo**	Operatore:	**Sara Drèssino**	
Note:				

Analisi con setacci — **M (gr) = 500**

Setacci	Apertura maglie (mm)	Peso terreno trattenuto (gr)	Parziale dei trattenuti (%)	Totale dei trattenuti (%)	Totale dei passanti (%)
	8,000	0,00	0,00	0,00	100,00
	4,000	0,00	0,00	0,00	100,00
	2,000	1,05	0,21	0,21	99,79
	1,400	0,17	0,03	0,24	99,76
	1,000	0,35	0,07	0,31	99,69
	0,710	0,52	0,10	0,42	99,58
	0,500	0,87	0,17	0,59	99,41
	0,355	1,57	0,31	0,91	99,09
	0,250	8,38	1,68	2,58	97,42
	0,180	83,97	16,79	19,38	80,62
	0,125	247,38	49,48	68,85	31,15
	0,090	116,10	23,22	92,07	7,93
	0,063	24,62	4,92	97,00	3,00
	0,038	3,32	0,66	97,66	2,34
Fondo		11,70	2,34	100,00	

Classificazione		**D (60%) = 0,157**	% ghiaia	% sabbia	% limo-argilla
USCS	**CNR-UNI**	**D (10%) = 0,093**	0,21	96,79	3,00
		U = 1,687			



Via Bernini 15 - 17024 FINALE L.(SV)
Tel. 019/695.552 - Fax 019/680.331

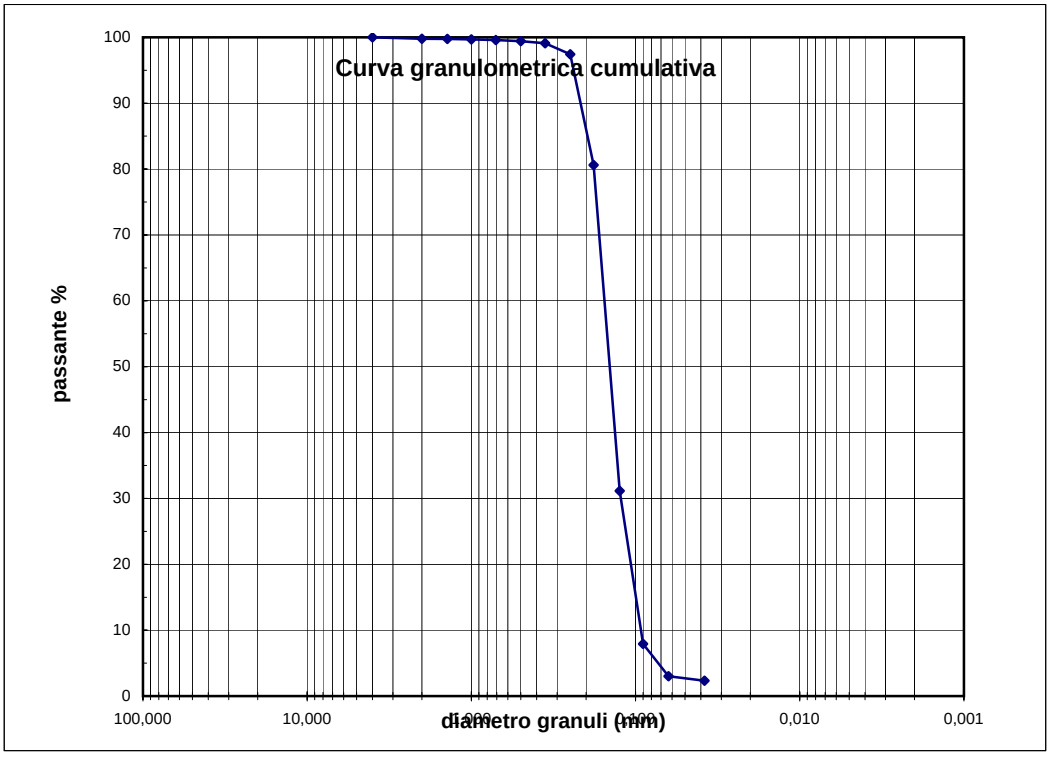
ANALISI GRANULOMETRICA

Committente:	**Ing. Valentino CASTELLINI e ing. Paolo GAGGERO**			**2A**
Cantiere:	**Ripascimento spiagge Diano Marina (IM)**		Campione:	
Località prel.:	**Hotel Gabriella**	Profondità:	**- 3 m**	
Data prelievo:	**17/09/2004**	Data prova:	**26/09/2004**	
Campionam.:	**Mediante Subacqueo**	Operatore:	**Sara Drèssino**	
Note:				

Analisi con setacci — **M (gr) = 500**

Setacci	Apertura maglie (mm)	Peso terreno trattenuto (gr)	Parziale dei trattenuti (%)	Totale dei trattenuti (%)	Totale dei passanti (%)
	8,000	0,00	0,00	0,00	100,00
	4,000	0,00	0,00	0,00	100,00
	2,000	1,05	0,21	0,21	99,79
	1,400	0,17	0,03	0,24	99,76
	1,000	0,35	0,07	0,31	99,69
	0,710	0,52	0,10	0,42	99,58
	0,500	0,87	0,17	0,59	99,41
	0,355	1,57	0,31	0,91	99,09
	0,250	8,38	1,68	2,58	97,42
	0,180	83,97	16,79	19,38	80,62
	0,125	247,38	49,48	68,85	31,15
	0,090	116,10	23,22	92,07	7,93
	0,063	24,62	4,92	97,00	3,00
	0,038	3,32	0,66	97,66	2,34
Fondo		11,70	2,34	100,00	

Classificazione		**D (60%) = 0,157**	% ghiaia	% sabbia	% limo-argilla
USCS	**CNR-UNI**	**D (10%) = 0,093**	0,21	96,79	3,00
		U = 1,687			



dr. Alberto DRESSINO
Studio di geologia tecnica
Via Bernini 15 - 17024 FINALE L.(SV)
Tel. 019/695.552 - Fax 019/680.331

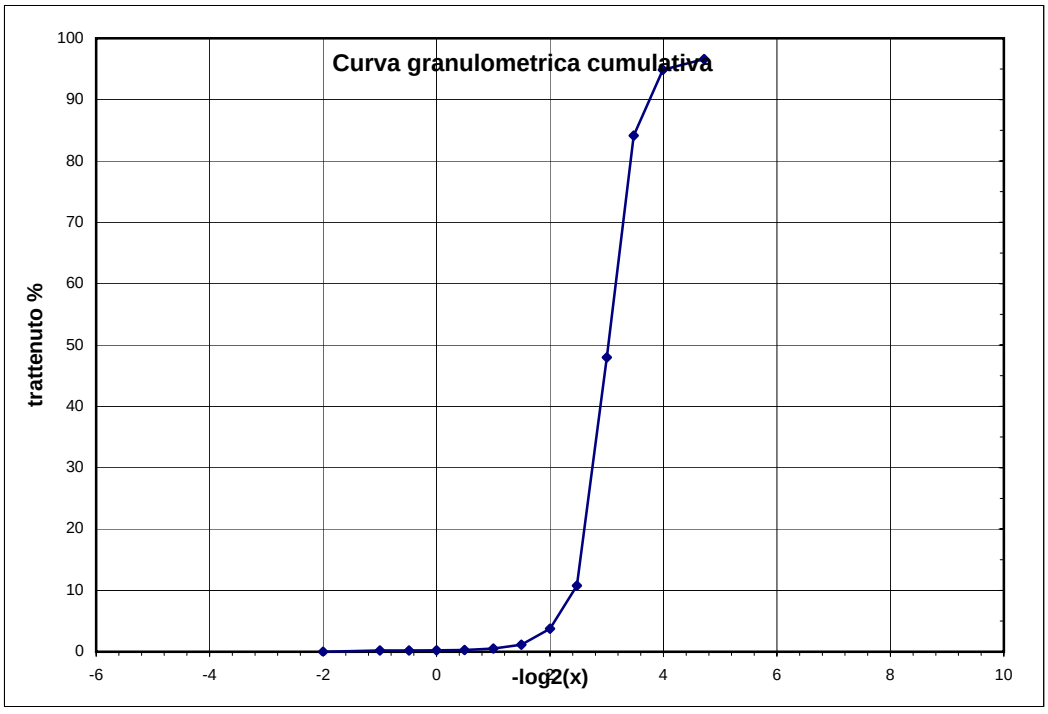
ANALISI GRANULOMETRICA

Committenti:	**Ing. Valentino CASTELLINI e ing. Paolo GAGGERO**			**2B**
Cantiere:	**Ripascimento spiagge Diano Marina (IM)**		Campione:	
Località prel.:	**Hotel Gabriella**	Profondità:	**- 1 m**	
Data prelievo:	**17/09/2004**	Data prova:	**25/09/2004**	
Campionam.:	**Mediante Subacqueo**	Operatore:	**Sara Drèssino**	
Note:				

Analisi con setacci — **M (gr) = 500**

Setacci	Apertura maglie (mm)	Peso terreno trattenuto (gr)	Parziale dei trattenuti (%)	Totale dei trattenuti (%)	Totale dei passanti (%)
	8,000	0,00	0,00	0,00	100,00
	4,000	0,00	0,00	0,00	100,00
	2,000	0,99	0,20	0,20	99,80
	1,400	0,00	0,00	0,20	99,80
	1,000	0,16	0,03	0,23	99,77
	0,710	0,33	0,07	0,30	99,70
	0,500	1,15	0,23	0,53	99,47
	0,355	3,12	0,62	1,15	98,85
	0,250	12,99	2,60	3,75	96,25
	0,180	35,19	7,04	10,79	89,21
	0,125	185,96	37,19	47,98	52,02
	0,090	180,86	36,17	84,15	15,85
	0,063	53,60	10,72	94,87	5,13
	0,038	8,71	1,74	96,61	3,39
Fondo		16,94	3,39	100,00	

Classificazione		D (60%) = 0,133	% ghiaia	% sabbia	% limo-argilla
USCS	**CNR-UNI**	**D (10%) = 0,075**	0,20	94,67	5,13
		U = 1,763			



dr. Alberto DRESSINO
Studio di geologia tecnica

Via Bernini 15 - 17024 FINALE L.(SV)
Tel. 019/695.552 - Fax 019/680.331

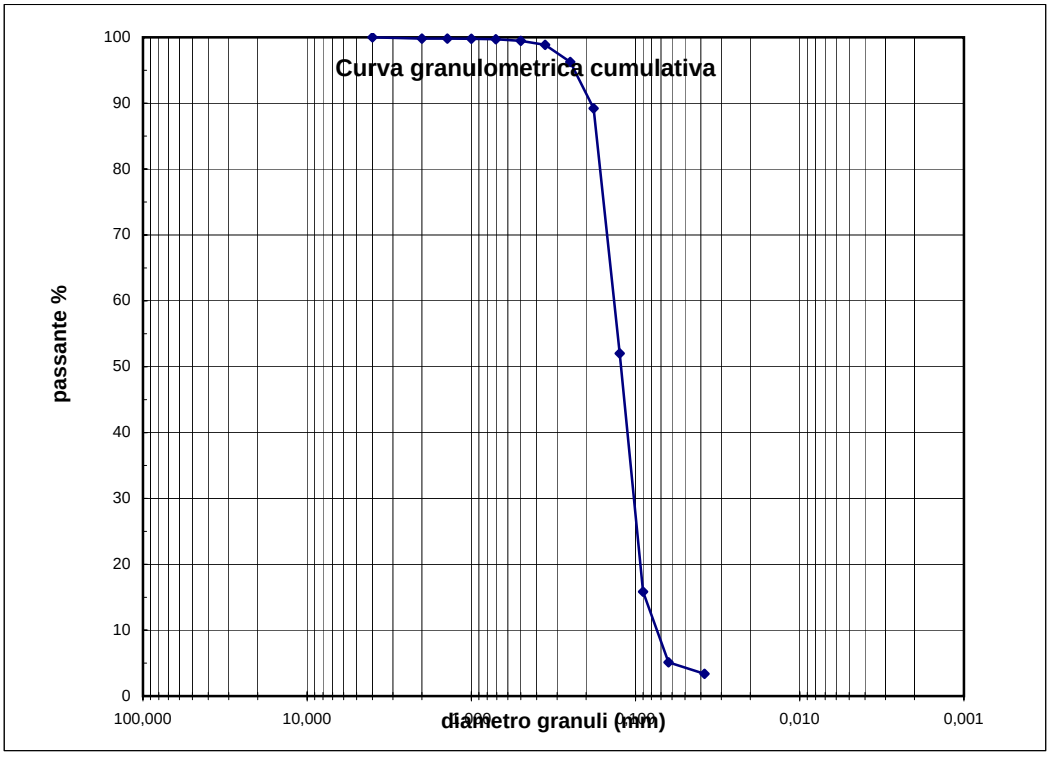
ANALISI GRANULOMETRICA

Committente:	**Ing. Valentino CASTELLINI e ing. Paolo GAGGERO**			**2B**
Cantiere:	**Ripascimento spiagge Diano Marina (IM)**		Campione:	
Località prel.:	**Hotel Gabriella**	Profondità:	**- 1 m**	
Data prelievo:	**17/09/2004**	Data prova:	**25/09/2004**	
Campionam.:	**Mediante Subacqueo**	Operatore:	**Sara Drèssino**	
Note:				

Analisi con setacci — **M (gr) = 500**

Setacci	Apertura maglie (mm)	Peso terreno trattenuto (gr)	Parziale dei trattenuti (%)	Totale dei trattenuti (%)	Totale dei passanti (%)
	8,000	0,00	0,00	0,00	100,00
	4,000	0,00	0,00	0,00	100,00
	2,000	0,99	0,20	0,20	99,80
	1,400	0,00	0,00	0,20	99,80
	1,000	0,16	0,03	0,23	99,77
	0,710	0,33	0,07	0,30	99,70
	0,500	1,15	0,23	0,53	99,47
	0,355	3,12	0,62	1,15	98,85
	0,250	12,99	2,60	3,75	96,25
	0,180	35,19	7,04	10,79	89,21
	0,125	185,96	37,19	47,98	52,02
	0,090	180,86	36,17	84,15	15,85
	0,063	53,60	10,72	94,87	5,13
	0,038	8,71	1,74	96,61	3,39
Fondo		16,94	3,39	100,00	

Classificazione		**D (60%) = 0,133**	% ghiaia	% sabbia	% limo-argilla
USCS	**CNR-UNI**	**D (10%) = 0,075**	0,20	94,67	5,13
		U = 1,763			



dr. Alberto DRESSINO
Studio di geologia tecnica
Via Bernini 15 - 17024 FINALE L.(SV)
Tel. 019/695.552 - Fax 019/680.331

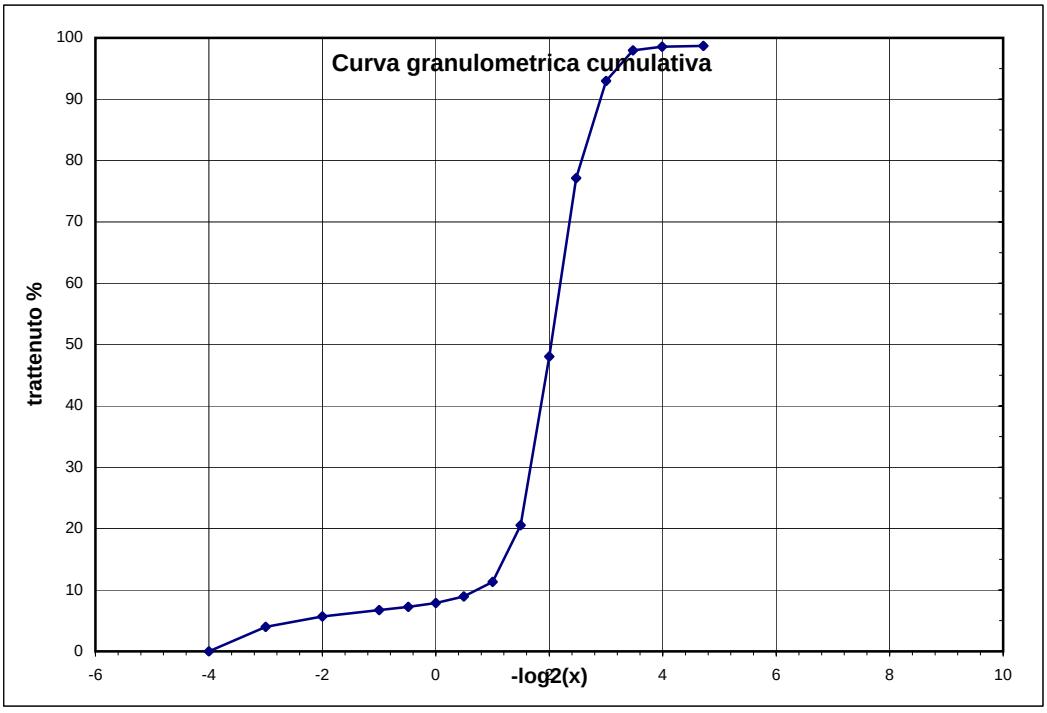
ANALISI GRANULOMETRICA

Committenti:	**Ing. Valentino CASTELLINI e ing. Paolo GAGGERO**			**2C**
Cantiere:	**Ripascimento spiagge Diano Marina (IM)**		Campione:	
Località prel.:	**Hotel Gabriella**	Profondità:	**Spiaggia emersa**	
Data prelievo:	**17/09/2004**	Data prova:	**26/09/2004**	
Campionam.:	**Manuale**	Operatore:	**Sara Drèssino**	
Note:				

Analisi con setacci — **M (gr) = 500**

Setacci	Apertura maglie (mm)	Peso terreno trattenuto (gr)	Parziale dei trattenuti (%)	Totale dei trattenuti (%)	Totale dei passanti (%)
	16,000	0,00	0,00	0,00	100,00
	8,000	19,95	3,99	3,99	96,01
	4,000	8,48	1,70	5,69	94,31
	2,000	5,22	1,04	6,73	93,27
	1,400	2,61	0,52	7,25	92,75
	1,000	3,13	0,63	7,88	92,12
	0,710	5,35	1,07	8,95	91,05
	0,500	11,87	2,37	11,32	88,68
	0,355	46,17	9,23	20,56	79,44
	0,250	137,45	27,49	48,05	51,95
	0,180	145,54	29,11	77,15	22,85
	0,125	79,16	15,83	92,99	7,01
	0,090	24,91	4,98	97,97	2,03
	0,063	3,00	0,60	98,57	1,43
	0,038	0,65	0,13	98,70	1,30
Fondo		6,52	1,30	100,00	

Classificazione		**D (60%) = 0,281**	% ghiaia	% sabbia	% limo-argilla
USCS	**CNR-UNI**	**D (10%) = 0,135**	6,73	91,84	1,43
		U = 2,074			



dr. Alberto DRESSINO
Studio di geologia tecnica
Via Bernini 15 - 17024 FINALE L.(SV)

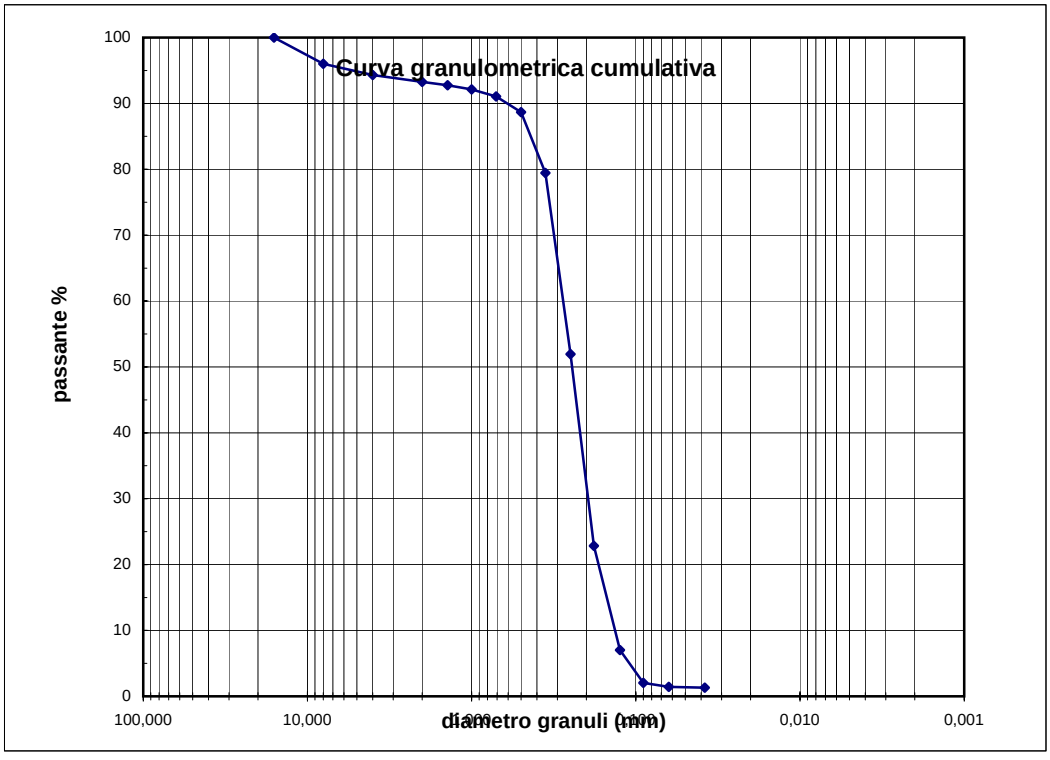
Tel. 019/695.552 - Fax 019/680.331

ANALISI GRANULOMETRICA

Committente:	**Ing. Valentino CASTELLINI e ing. Paolo GAGGERO**			**2C**
Cantiere:	**Ripascimento spiagge Diano Marina (IM)**		Campione:	
Località prel.:	**Hotel Gabriella**	Profondità:	**Spiaggia emersa**	
Data prelievo:	**17/09/2004**	Data prova:	**26/09/2004**	
Campionam.:	**Manuale**	Operatore:	**Sara Drèssino**	
Note:				

Analisi con setacci			**M (gr) = 500**		
Setacci	Apertura maglie (mm)	Peso terreno trattenuto (gr)	Parziale dei trattenuti (%)	Totale dei trattenuti (%)	Totale dei passanti (%)
	16,000	0,00	0,00	0,00	100,00
	8,000	19,95	3,99	3,99	96,01
	4,000	8,48	1,70	5,69	94,31
	2,000	5,22	1,04	6,73	93,27
	1,400	2,61	0,52	7,25	92,75
	1,000	3,13	0,63	7,88	92,12
	0,710	5,35	1,07	8,95	91,05
	0,500	11,87	2,37	11,32	88,68
	0,355	46,17	9,23	20,56	79,44
	0,250	137,45	27,49	48,05	51,95
	0,180	145,54	29,11	77,15	22,85
	0,125	79,16	15,83	92,99	7,01
	0,090	24,91	4,98	97,97	2,03
	0,063	3,00	0,60	98,57	1,43
	0,038	0,65	0,13	98,70	1,30
Fondo		6,52	1,30	100,00	

Classificazione		**D (60%) = 0,281**	% ghiaia	% sabbia	% limo-argilla
USCS	**CNR-UNI**	**D (10%) = 0,135**	6,73	91,84	1,43
		U = 2,074			



dr. Alberto DRESSINO
Studio di geologia tecnica
Via Bernini 15 - 17024 FINALE L.(SV)
Tel. 019/695.552 - Fax 019/680.331

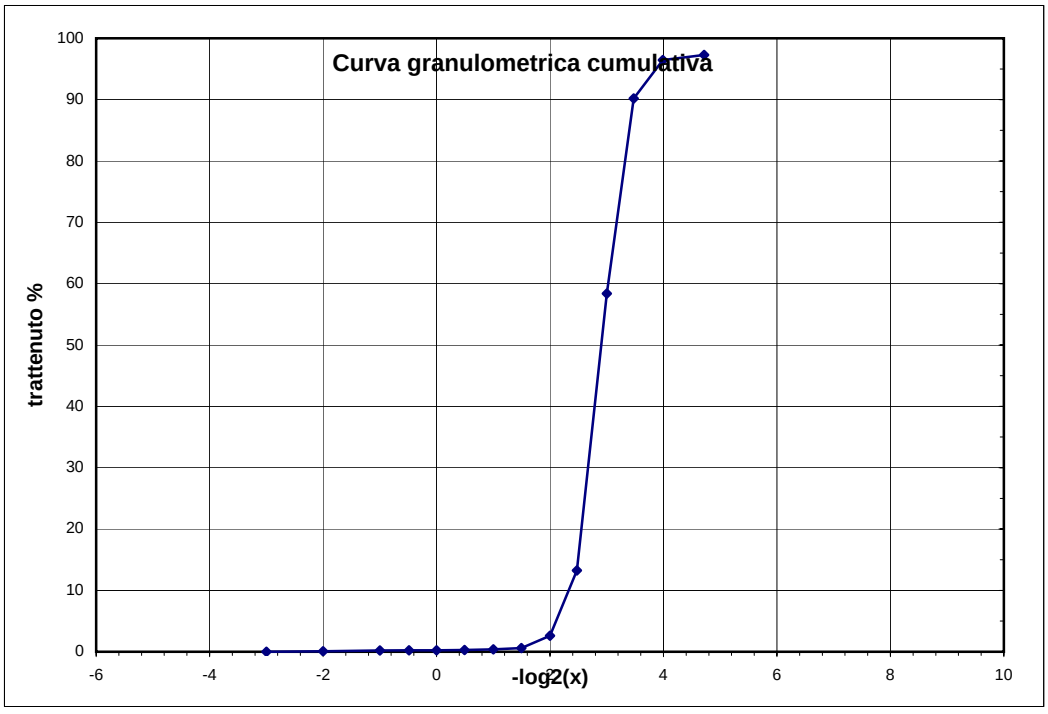
ANALISI GRANULOMETRICA

Committenti:	**Ing. Valentino CASTELLINI e ing. Paolo GAGGERO**			**3A**
Cantiere:	**Ripascimento spiagge Diano Marina (IM)**		Campione:	
Località prel.:	**Bagni Paradiso**	Profondità:	**- 3 m**	
Data prelievo:	**18/09/2004**	Data prova:	**24/09/2004**	
Campionam.:	**Mediante Subacqueo**	Operatore:	**Sara Drèssino**	
Note:				

Analisi con setacci — **M (gr) = 500**

Setacci	Apertura maglie (mm)	Peso terreno trattenuto (gr)	Parziale dei trattenuti (%)	Totale dei trattenuti (%)	Totale dei passanti (%)
	8,000	0,00	0,00	0,00	100,00
	4,000	0,40	0,08	0,08	99,92
	2,000	0,60	0,12	0,20	99,80
	1,400	0,17	0,03	0,23	99,77
	1,000	0,00	0,00	0,23	99,77
	0,710	0,33	0,07	0,30	99,70
	0,500	0,50	0,10	0,40	99,60
	0,355	0,99	0,20	0,60	99,40
	0,250	10,10	2,02	2,62	97,38
	0,180	53,15	10,63	13,25	86,75
	0,125	225,66	45,13	58,38	41,62
	0,090	159,11	31,82	90,20	9,80
	0,063	31,29	6,26	96,46	3,54
	0,038	4,14	0,83	97,29	2,71
Fondo		13,58	2,72	100,00	

Classificazione		D (60%) = 0,147	% ghiaia	% sabbia	% limo-argilla
USCS	**CNR-UNI**	**D (10%) = 0,090**	0,20	96,26	3,54
		U = 1,634			



dr. Alberto DRESSINO
Studio di geologia tecnica

Via Bernini 15 - 17024 FINALE L.(SV)
Tel. 019/695.552 - Fax 019/680.331

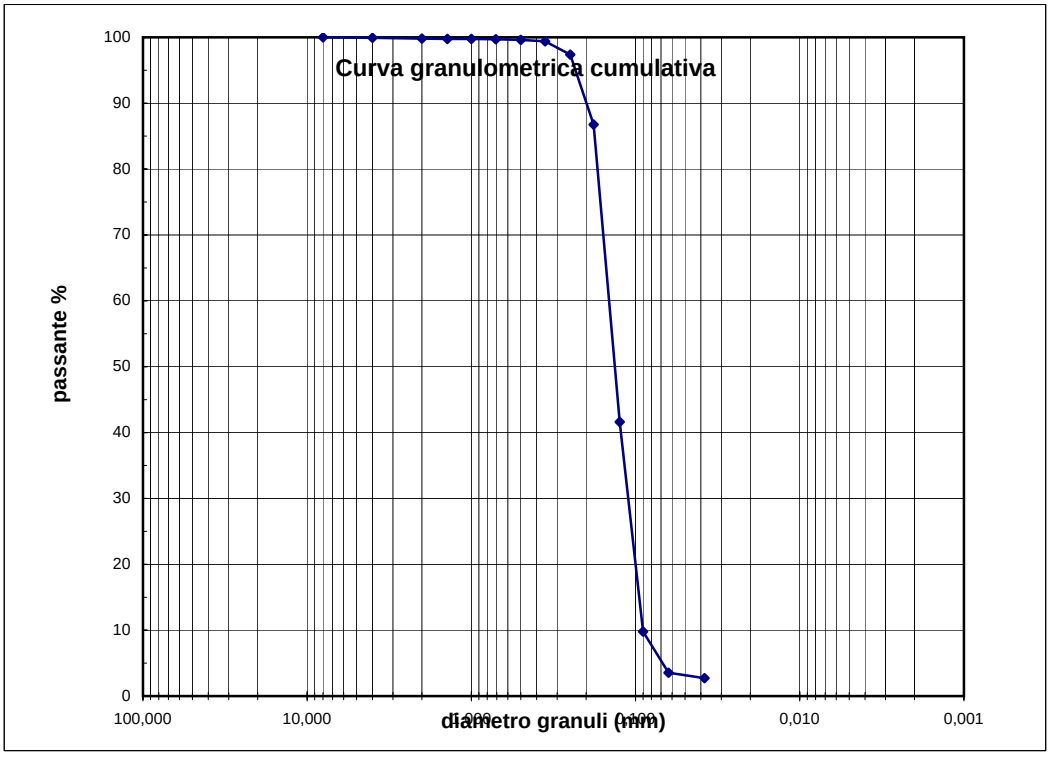
ANALISI GRANULOMETRICA

Committente:	**Ing. Valentino CASTELLINI e ing. Paolo GAGGERO**			**3A**
Cantiere:	**Ripascimento spiagge Diano Marina (IM)**		Campione:	
Località prel.:	**Bagni Paradiso**	Profondità:	**- 3 m**	
Data prelievo:	**18/09/2004**	Data prova:	**24/09/2004**	
Campionam.:	**Mediante Subacqueo**	Operatore:	**Sara Drèssino**	
Note:				

Analisi con setacci — **M (gr) = 500**

Setacci	Apertura maglie (mm)	Peso terreno trattenuto (gr)	Parziale dei trattenuti (%)	Totale dei trattenuti (%)	Totale dei passanti (%)
	8,000	0,00	0,00	0,00	100,00
	4,000	0,40	0,08	0,08	99,92
	2,000	0,60	0,12	0,12	99,80
	1,400	0,17	0,03	0,15	99,77
	1,000	0,00	0,00	0,15	99,77
	0,710	0,33	0,07	0,22	99,70
	0,500	0,50	0,10	0,32	99,60
	0,355	0,99	0,20	0,52	99,40
	0,250	10,10	2,02	2,54	97,38
	0,180	53,15	10,63	13,17	86,75
	0,125	225,66	45,13	58,30	41,62
	0,090	159,11	31,82	90,12	9,80
	0,063	31,29	6,26	96,38	3,54
	0,038	4,14	0,83	97,21	2,71
Fondo		13,58	2,72	99,92	

Classificazione		**D (60%) = 0,147**	% ghiaia	% sabbia	% limo-argilla
USCS	**CNR-UNI**	**D (10%) = 0,090**	0,20	96,26	3,54
		U = 1,634			



dr. Alberto DRESSINO
Studio di geologia tecnica
Via Bernini 15 - 17024 FINALE L.(SV)
Tel. 019/695.552 - Fax 019/680.331

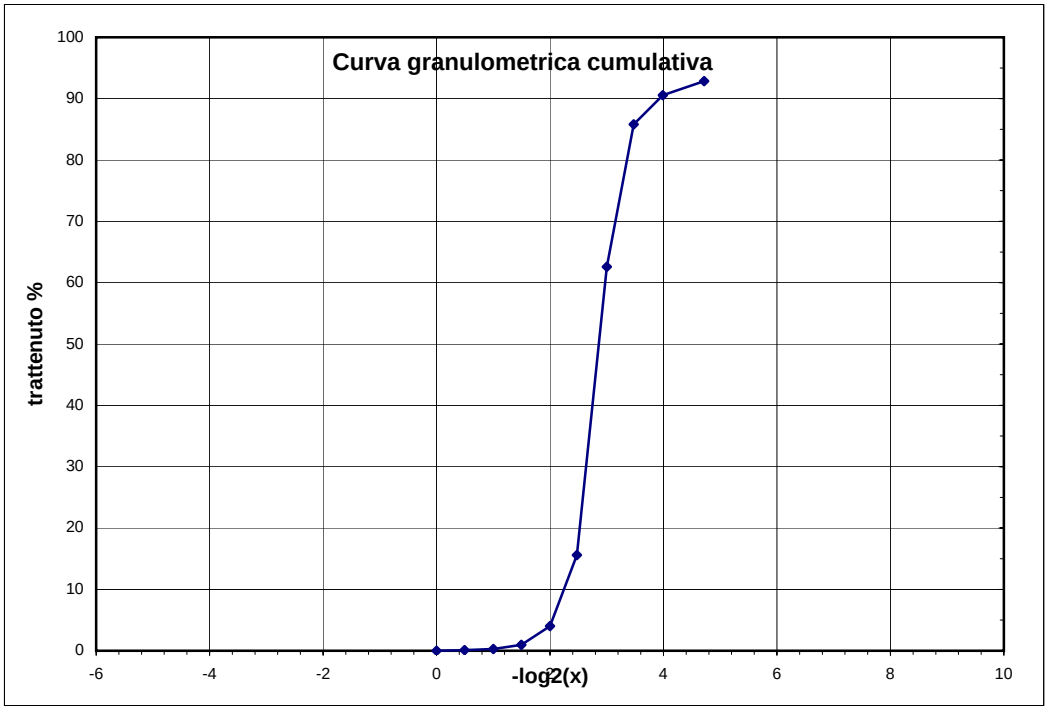
ANALISI GRANULOMETRICA

Committenti:	**Ing. Valentino CASTELLINI e ing. Paolo GAGGERO**			**3B**
Cantiere:	**Ripascimento spiagge Diano Marina (IM)**		Campione:	
Località prel.:	**Bagni Paradiso**	Profondità:	**- 1 m**	
Data prelievo:	**18/09/2004**	Data prova:	**25/09/2004**	
Campionam.:	**Mediante Subacqueo**	Operatore:	**Sara Drèssino**	
Note:				

Analisi con setacci — **M (gr) = 500**

Setacci	Apertura maglie (mm)	Peso terreno trattenuto (gr)	Parziale dei trattenuti (%)	Totale dei trattenuti (%)	Totale dei passanti (%)
	8,000	0,00	0,00	0,00	100,00
	4,000	0,00	0,00	0,00	100,00
	2,000	0,00	0,00	0,00	100,00
	1,400	0,00	0,00	0,00	100,00
	1,000	0,00	0,00	0,00	100,00
	0,710	0,50	0,10	0,10	99,90
	0,500	1,00	0,20	0,30	99,70
	0,355	3,33	0,67	0,97	99,03
	0,250	15,31	3,06	4,03	95,97
	0,180	57,92	11,58	15,61	84,39
	0,125	234,85	46,97	62,58	37,42
	0,090	116,18	23,24	85,82	14,18
	0,063	23,64	4,73	90,55	9,45
	0,038	11,48	2,30	92,84	7,16
Fondo		35,79	7,16	100,00	

Classificazione		**D (60%) = 0,151**	% ghiaia	% sabbia	% limo-argilla
USCS	**CNR-UNI**	**D (10%) = 0,066**	0,00	90,55	9,45
		U = 2,290			



Via Bernini 15 - 17024 FINALE L.(SV)
Tel. 019/695.552 - Fax 019/680.331

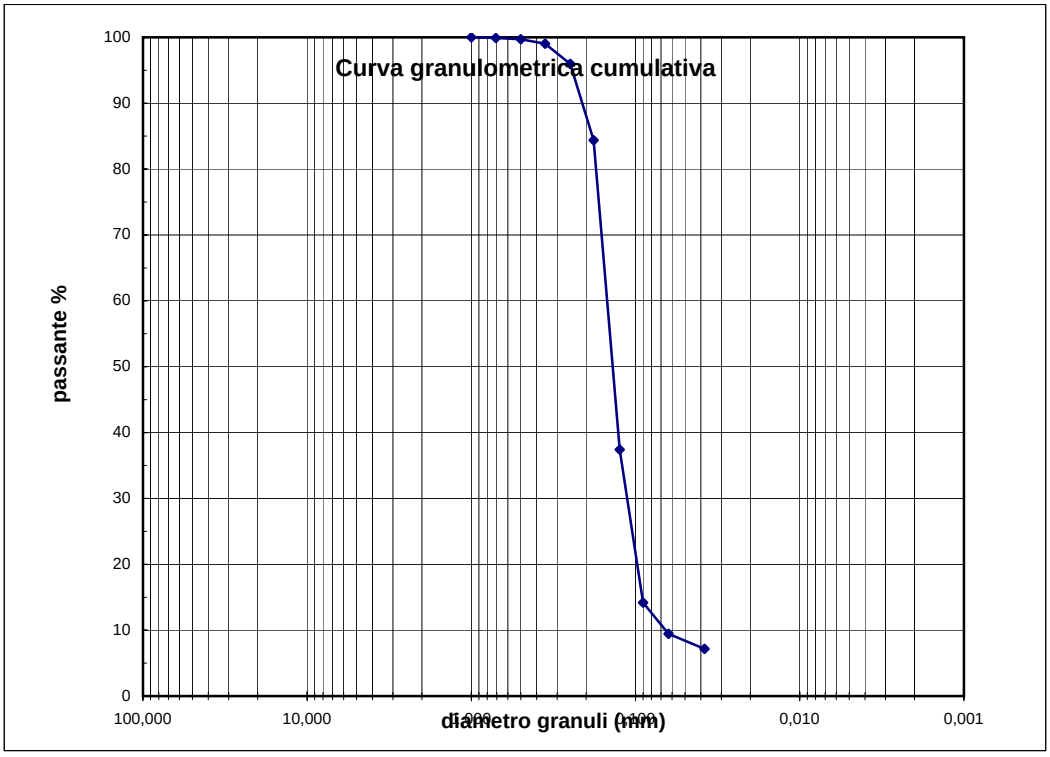
ANALISI GRANULOMETRICA

Committente:	**Ing. Valentino CASTELLINI e ing. Paolo GAGGERO**			**3B**
Cantiere:	**Ripascimento spiagge Diano Marina (IM)**		Campione:	
Località prel.:	**Bagni Paradiso**	Profondità:	**- 1 m**	
Data prelievo:	**18/09/2004**	Data prova:	**25/09/2004**	
Campionam.:	**Mediante Subacqueo**	Operatore:	**Sara Drèssino**	
Note:				

Analisi con setacci — **M (gr) = 500**

Setacci	Apertura maglie (mm)	Peso terreno trattenuto (gr)	Parziale dei trattenuti (%)	Totale dei trattenuti (%)	Totale dei passanti (%)
	8,000	0,00	0,00	0,00	100,00
	4,000	0,00	0,00	0,00	100,00
	2,000	0,00	0,00	0,00	100,00
	1,400	0,00	0,00	0,00	100,00
	1,000	0,00	0,00	0,00	100,00
	0,710	0,50	0,10	0,10	99,90
	0,500	1,00	0,20	0,30	99,70
	0,355	3,33	0,67	0,97	99,03
	0,250	15,31	3,06	4,03	95,97
	0,180	57,92	11,58	15,61	84,39
	0,125	234,85	46,97	62,58	37,42
	0,090	116,18	23,24	85,82	14,18
	0,063	23,64	4,73	90,55	9,45
	0,038	11,48	2,30	92,84	7,16
Fondo		35,79	7,16	100,00	

Classificazione		**D (60%) = 0,151**	% ghiaia	% sabbia	% limo-argilla
USCS	**CNR-UNI**	**D (10%) = 0,066**	0,00	90,55	9,45
		U = 2,290			



dr. Alberto DRESSINO
Studio di geologia tecnica
Via Bernini 15 - 17024 FINALE L.(SV)
Tel. 019/695.552 - Fax 019/680.331

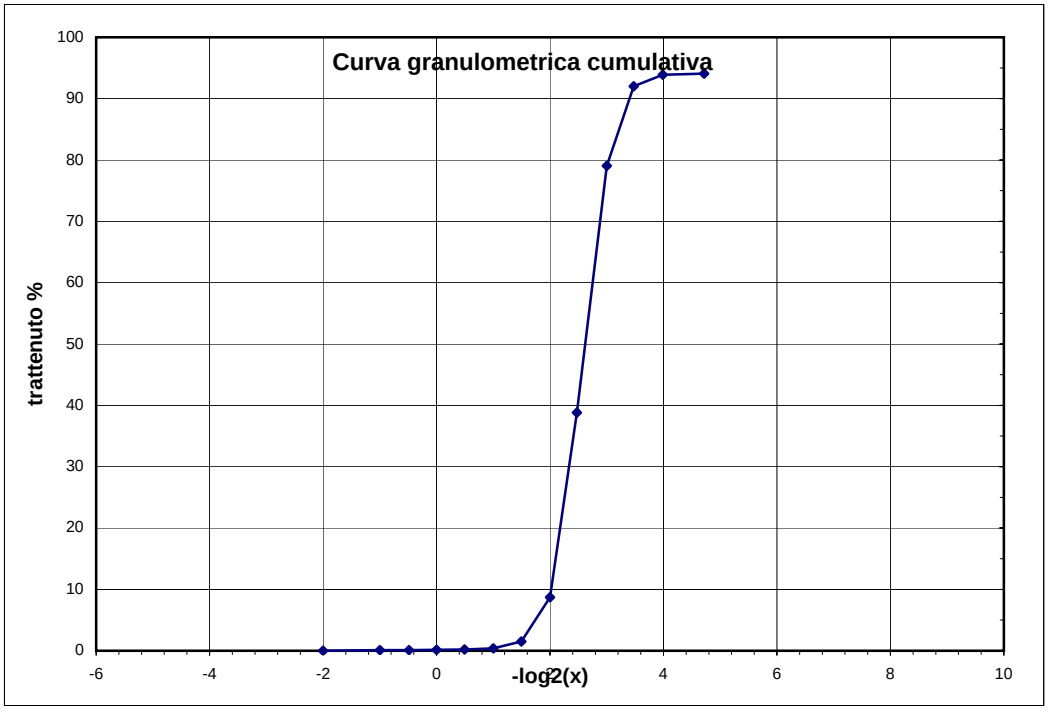
ANALISI GRANULOMETRICA

Committenti:	**Ing. Valentino CASTELLINI e ing. Paolo GAGGERO**			**3C**
Cantiere:	**Ripascimento spiagge Diano Marina (IM)**		Campione:	
Località prel.:	**Ponterosso**	Profondità:	**Spiaggia emersa**	
Data prelievo:	**17/09/2004**	Data prova:	**27/09/2004**	
Campionam.:	**Manuale**	Operatore:	**Sara Drèssino**	
Note:				

Analisi con setacci — **M (gr) = 500**

Setacci	Apertura maglie (mm)	Peso terreno trattenuto (gr)	Parziale dei trattenuti (%)	Totale dei trattenuti (%)	Totale dei passanti (%)
	8,000	0,00	0,00	0,00	100,00
	4,000	0,00	0,00	0,00	100,00
	2,000	0,54	0,11	0,11	99,89
	1,400	0,00	0,00	0,11	99,89
	1,000	0,18	0,04	0,14	99,86
	0,710	0,36	0,07	0,22	99,78
	0,500	0,91	0,18	0,40	99,60
	0,355	5,63	1,13	1,52	98,48
	0,250	35,95	7,19	8,71	91,29
	0,180	150,51	30,10	38,82	61,18
	0,125	201,16	40,23	79,05	20,95
	0,090	64,81	12,96	92,01	7,99
	0,063	9,44	1,89	93,90	6,10
	0,038	0,91	0,18	94,08	5,92
Fondo		29,59	5,92	100,00	

Classificazione		D (60%) = 0,178	% ghiaia	% sabbia	% limo-argilla
USCS	**CNR-UNI**	**D (10%) = 0,095**	0,11	93,79	6,10
		U = 1,869			



dr. Alberto DRESSINO
Studio di geologia tecnica

Via Bernini 15 - 17024 FINALE L.(SV)
Tel. 019/695.552 - Fax 019/680.331

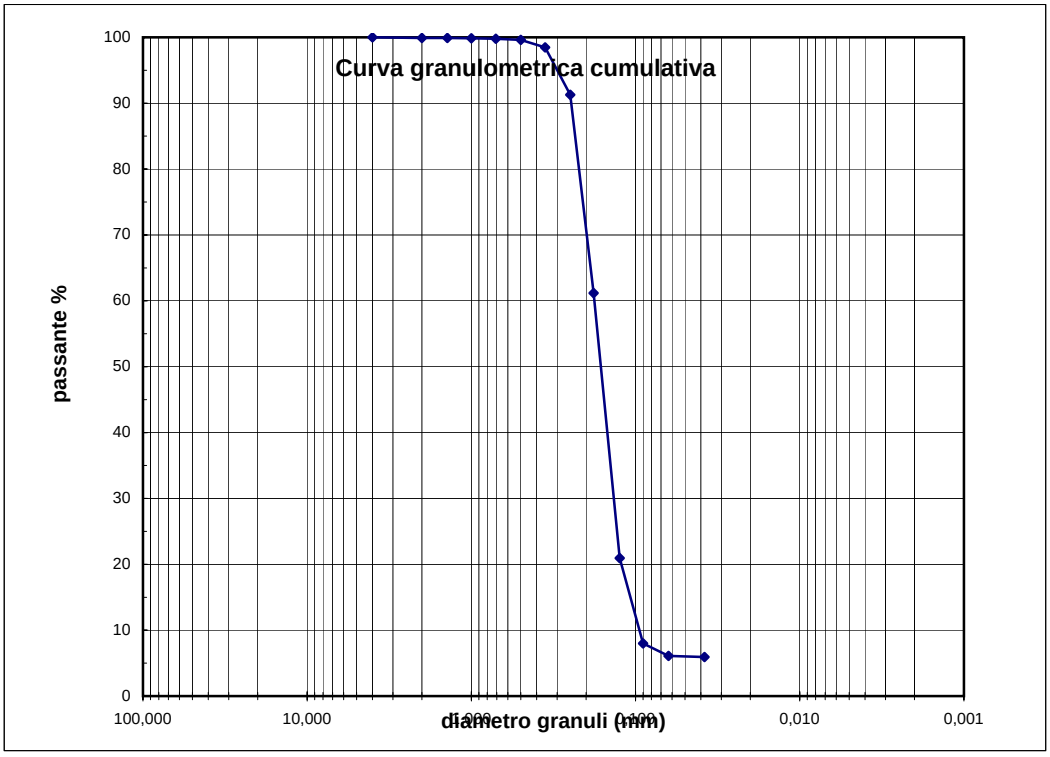
ANALISI GRANULOMETRICA

Committente:	**Ing. Valentino CASTELLINI e ing. Paolo GAGGERO**			**3C**
Cantiere:	**Ripascimento spiagge Diano Marina (IM)**		Campione:	
Località prel.:	**Ponterosso**	Profondità:	**Spiaggia emersa**	
Data prelievo:	**17/09/2004**	Data prova:	**27/09/2004**	
Campionam.:	**Manuale**	Operatore:	**Sara Drèssino**	
Note:				

Analisi con setacci — **M (gr) = 500**

Setacci	Apertura maglie (mm)	Peso terreno trattenuto (gr)	Parziale dei trattenuti (%)	Totale dei trattenuti (%)	Totale dei passanti (%)
	8,000	0,00	0,00	0,00	100,00
	4,000	0,00	0,00	0,00	100,00
	2,000	0,54	0,11	0,11	99,89
	1,400	0,00	0,00	0,11	99,89
	1,000	0,18	0,04	0,14	99,86
	0,710	0,36	0,07	0,22	99,78
	0,500	0,91	0,18	0,40	99,60
	0,355	5,63	1,13	1,52	98,48
	0,250	35,95	7,19	8,71	91,29
	0,180	150,51	30,10	38,82	61,18
	0,125	201,16	40,23	79,05	20,95
	0,090	64,81	12,96	92,01	7,99
	0,063	9,44	1,89	93,90	6,10
	0,038	0,91	0,18	94,08	5,92
Fondo		29,59	5,92	100,00	

Classificazione		D (60%) = 0,178	% ghiaia	% sabbia	% limo-argilla
USCS	**CNR-UNI**	**D (10%) = 0,095**	0,11	93,79	6,10
		U = 1,869			



dr. Alberto DRESSINO
Studio di geologia tecnica
Via Bernini 15 - 17024 FINALE L.(SV)
Tel. 019/695.552 - Fax 019/680.331

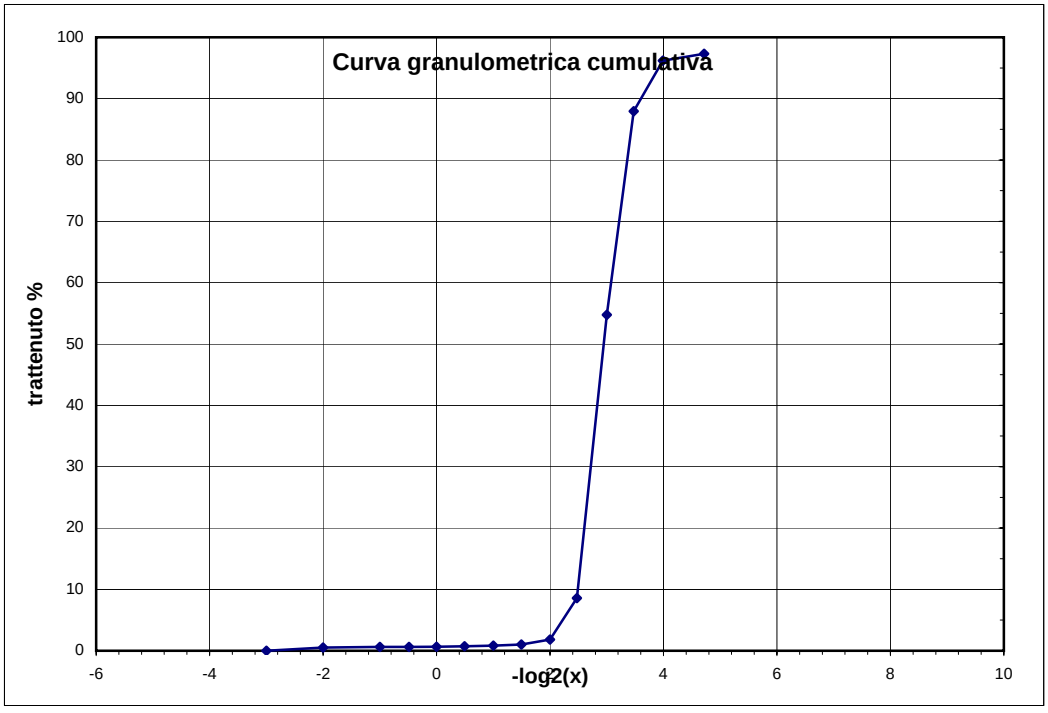
ANALISI GRANULOMETRICA

Committenti:	**Ing. Valentino CASTELLINI e ing. Paolo GAGGERO**			**4A**
Cantiere:	**Ripascimento spiagge Diano Marina (IM)**		Campione:	
Località prel.:	**Hotel Holiday**	Profondità:	**- 3 m**	
Data prelievo:	**18/09/2004**	Data prova:	**25/09/2004**	
Campionam.:	**Mediante Subacqueo**	Operatore:	**Sara Drèssino**	
Note:				

Analisi con setacci — **M (gr) = 500**

Setacci	Apertura maglie (mm)	Peso terreno trattenuto (gr)	Parziale dei trattenuti (%)	Totale dei trattenuti (%)	Totale dei passanti (%)
	8,000	0,00	0,00	0,00	100,00
	4,000	2,62	0,52	0,52	99,48
	2,000	0,52	0,10	0,63	99,37
	1,400	0,00	0,00	0,63	99,37
	1,000	0,17	0,03	0,66	99,34
	0,710	0,35	0,07	0,73	99,27
	0,500	0,52	0,10	0,84	99,16
	0,355	0,87	0,17	1,01	98,99
	0,250	4,02	0,80	1,81	98,19
	0,180	33,90	6,78	8,59	91,41
	0,125	230,86	46,17	54,77	45,23
	0,090	165,86	33,17	87,94	12,06
	0,063	41,24	8,25	96,19	3,81
	0,038	5,59	1,12	97,30	2,70
Fondo		13,46	2,69	100,00	

Classificazione		D (60%) = 0,143	% ghiaia	% sabbia	% limo-argilla
USCS	**CNR-UNI**	**D (10%) = 0,083**	0,63	95,56	3,81
		U = 1,713			



Via Bernini 15 - 17024 FINALE L.(SV)
Tel. 019/695.552 - Fax 019/680.331

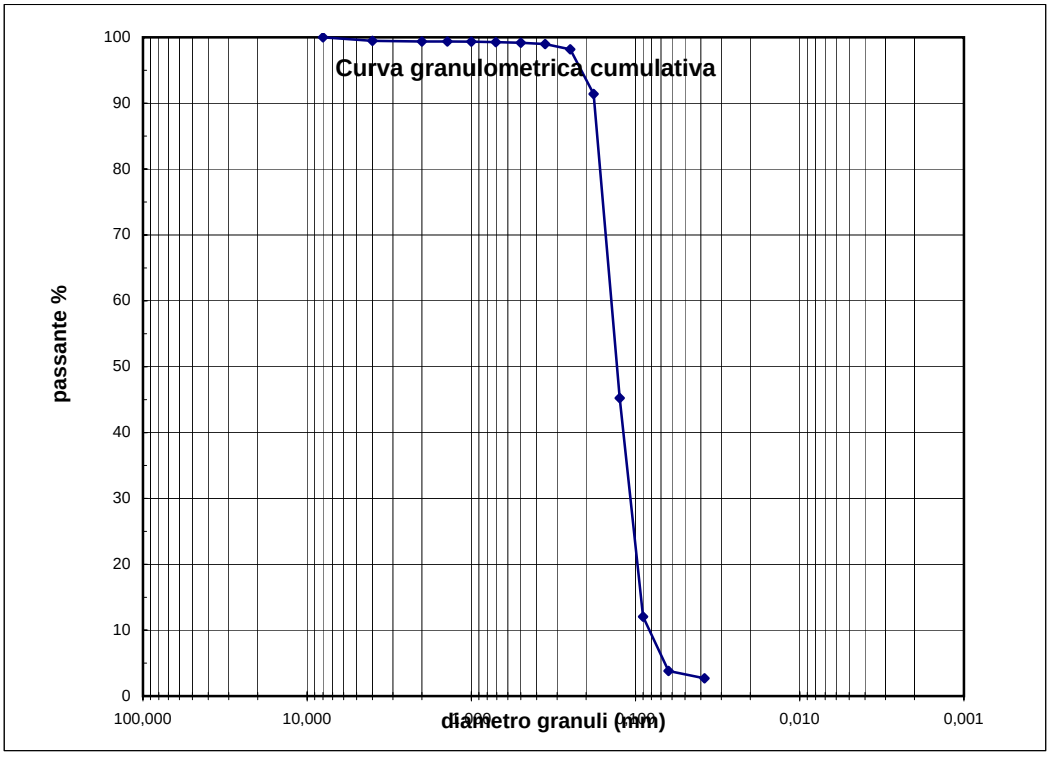
ANALISI GRANULOMETRICA

Committente:	**Ing. Valentino CASTELLINI e ing. Paolo GAGGERO**			**4A**
Cantiere:	**Ripascimento spiagge Diano Marina (IM)**		Campione:	
Località prel.:	**Hotel Holiday**	Profondità:	**- 3 m**	
Data prelievo:	**18/09/2004**	Data prova:	**25/09/2004**	
Campionam.:	**Mediante Subacqueo**	Operatore:	**Sara Drèssino**	
Note:				

Analisi con setacci — **M (gr) = 500**

Setacci	Apertura maglie (mm)	Peso terreno trattenuto (gr)	Parziale dei trattenuti (%)	Totale dei trattenuti (%)	Totale dei passanti (%)
	8,000	0,00	0,00	0,00	100,00
	4,000	2,62	0,52	0,52	99,48
	2,000	0,52	0,10	0,10	99,37
	1,400	0,00	0,00	0,10	99,37
	1,000	0,17	0,03	0,14	99,34
	0,710	0,35	0,07	0,21	99,27
	0,500	0,52	0,10	0,31	99,16
	0,355	0,87	0,17	0,49	98,99
	0,250	4,02	0,80	1,29	98,19
	0,180	33,90	6,78	8,07	91,41
	0,125	230,86	46,17	54,24	45,23
	0,090	165,86	33,17	87,41	12,06
	0,063	41,24	8,25	95,66	3,81
	0,038	5,59	1,12	96,78	2,70
Fondo		13,46	2,69	99,47	

Classificazione		D (60%) = 0,143	% ghiaia	% sabbia	% limo-argilla
USCS	**CNR-UNI**	**D (10%) = 0,083**	0,63	95,56	3,81
		U = 1,713			



dr. Alberto DRESSINO
Studio di geologia tecnica
Via Bernini 15 - 17024 FINALE L.(SV)
Tel. 019/695.552 - Fax 019/680.331

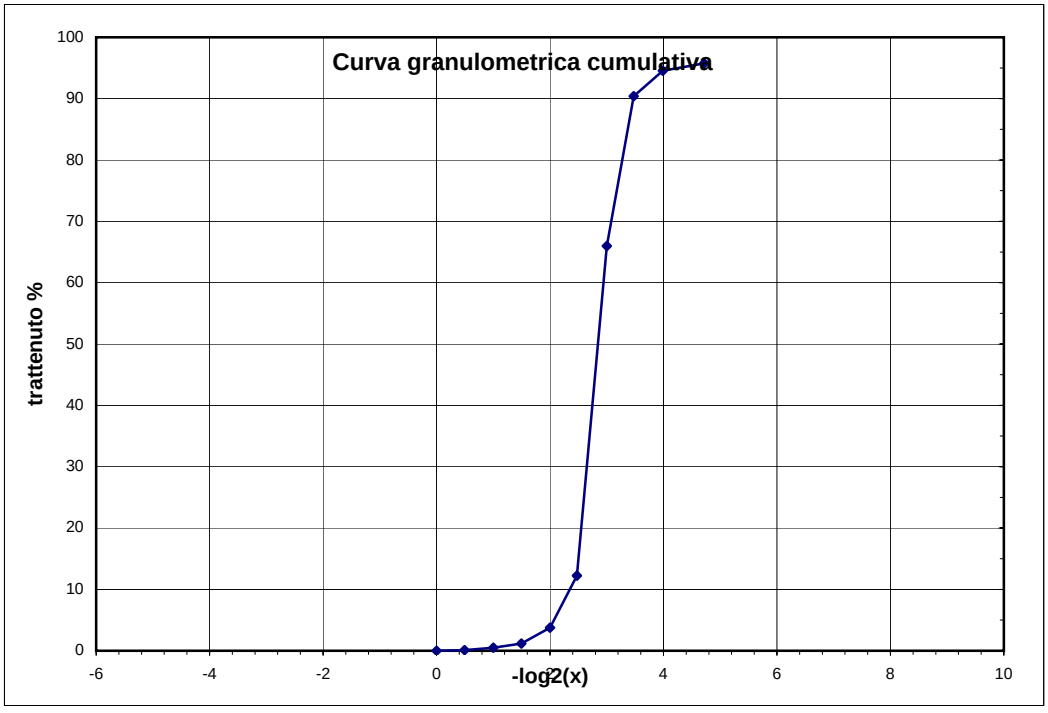
ANALISI GRANULOMETRICA

Committenti:	**Ing. Valentino CASTELLINI e ing. Paolo GAGGERO**			**4B**
Cantiere:	**Ripascimento spiagge Diano Marina (IM)**		Campione:	
Località prel.:	**Bagni Paradiso**	Profondità:	**- 1 m**	
Data prelievo:	**18/09/2004**	Data prova:	**27/09/2004**	
Campionam.:	**Mediante Subacqueo**	Operatore:	**Sara Drèssino**	
Note:				

Analisi con setacci — **M (gr) = 500**

Setacci	Apertura maglie (mm)	Peso terreno trattenuto (gr)	Parziale dei trattenuti (%)	Totale dei trattenuti (%)	Totale dei passanti (%)
	8,000	0,00	0,00	0,00	100,00
	4,000	0,00	0,00	0,00	100,00
	2,000	0,00	0,00	0,00	100,00
	1,400	0,00	0,00	0,00	100,00
	1,000	0,00	0,00	0,00	100,00
	0,710	0,57	0,11	0,11	99,89
	0,500	1,90	0,38	0,49	99,51
	0,355	3,41	0,68	1,18	98,82
	0,250	12,89	2,58	3,75	96,25
	0,180	42,47	8,49	12,25	87,75
	0,125	268,68	53,74	65,98	34,02
	0,090	122,11	24,42	90,41	9,59
	0,063	20,67	4,13	94,54	5,46
	0,038	6,07	1,21	95,75	4,25
Fondo		21,24	4,25	100,00	

Classificazione		D (60%) = 0,152	% ghiaia	% sabbia	% limo-argilla
USCS	**CNR-UNI**	**D (10%) = 0,091**	0,00	94,54	5,46
		U = 1,673			



dr. Alberto DRESSINO
Studio di geologia tecnica

Via Bernini 15 - 17024 FINALE L.(SV)
Tel. 019/695.552 - Fax 019/680.331

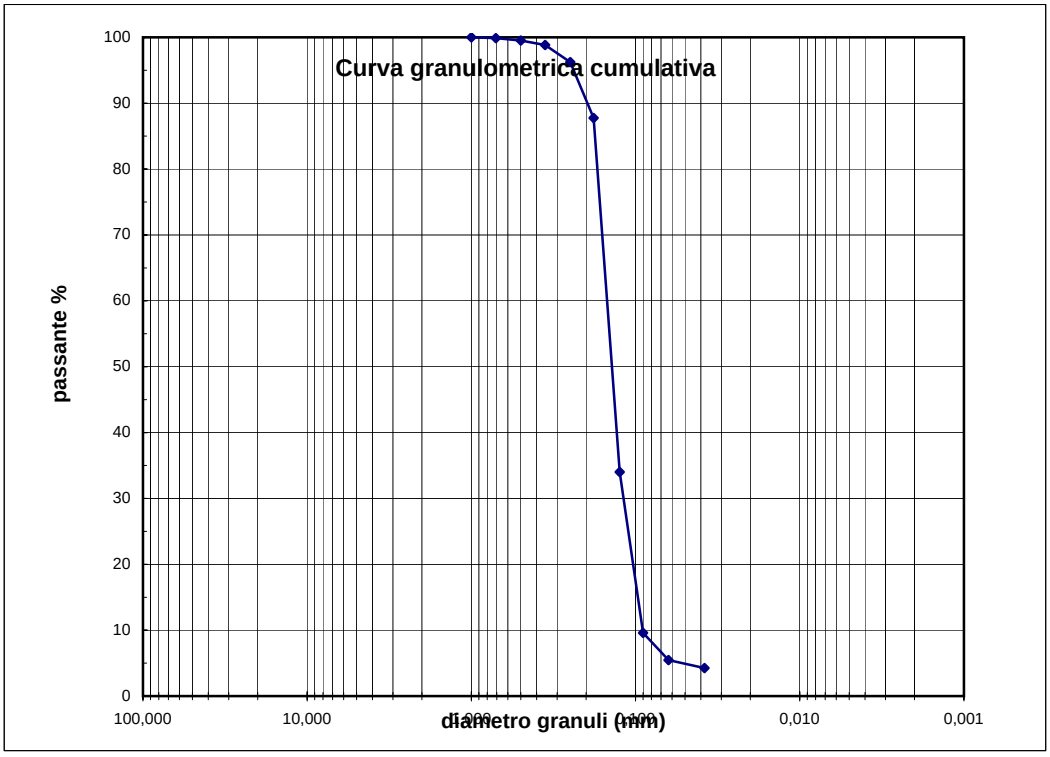
ANALISI GRANULOMETRICA

Committente:	**Ing. Valentino CASTELLINI e ing. Paolo GAGGERO**			**4B**
Cantiere:	**Ripascimento spiagge Diano Marina (IM)**		Campione:	
Località prel.:	**Bagni Paradiso**	Profondità:	**- 1 m**	
Data prelievo:	**18/09/2004**	Data prova:	**27/09/2004**	
Campionam.:	**Mediante Subacqueo**	Operatore:	**Sara Drèssino**	
Note:				

Analisi con setacci — **M (gr) = 500**

Setacci	Apertura maglie (mm)	Peso terreno trattenuto (gr)	Parziale dei trattenuti (%)	Totale dei trattenuti (%)	Totale dei passanti (%)
	8,000	0,00	0,00	0,00	100,00
	4,000	0,00	0,00	0,00	100,00
	2,000	0,00	0,00	0,00	100,00
	1,400	0,00	0,00	0,00	100,00
	1,000	0,00	0,00	0,00	100,00
	0,710	0,57	0,11	0,11	99,89
	0,500	1,90	0,38	0,49	99,51
	0,355	3,41	0,68	1,18	98,82
	0,250	12,89	2,58	3,75	96,25
	0,180	42,47	8,49	12,25	87,75
	0,125	268,68	53,74	65,98	34,02
	0,090	122,11	24,42	90,41	9,59
	0,063	20,67	4,13	94,54	5,46
	0,038	6,07	1,21	95,75	4,25
Fondo		21,24	4,25	100,00	

Classificazione		**D (60%) = 0,152**	% ghiaia	% sabbia	% limo-argilla
USCS	**CNR-UNI**	**D (10%) = 0,091**	0,00	94,54	5,46
		U = 1,673			



dr. Alberto DRESSINO
Studio di geologia tecnica
Via Bernini 15 - 17024 FINALE L.(SV)
Tel. 019/695.552 - Fax 019/680.331

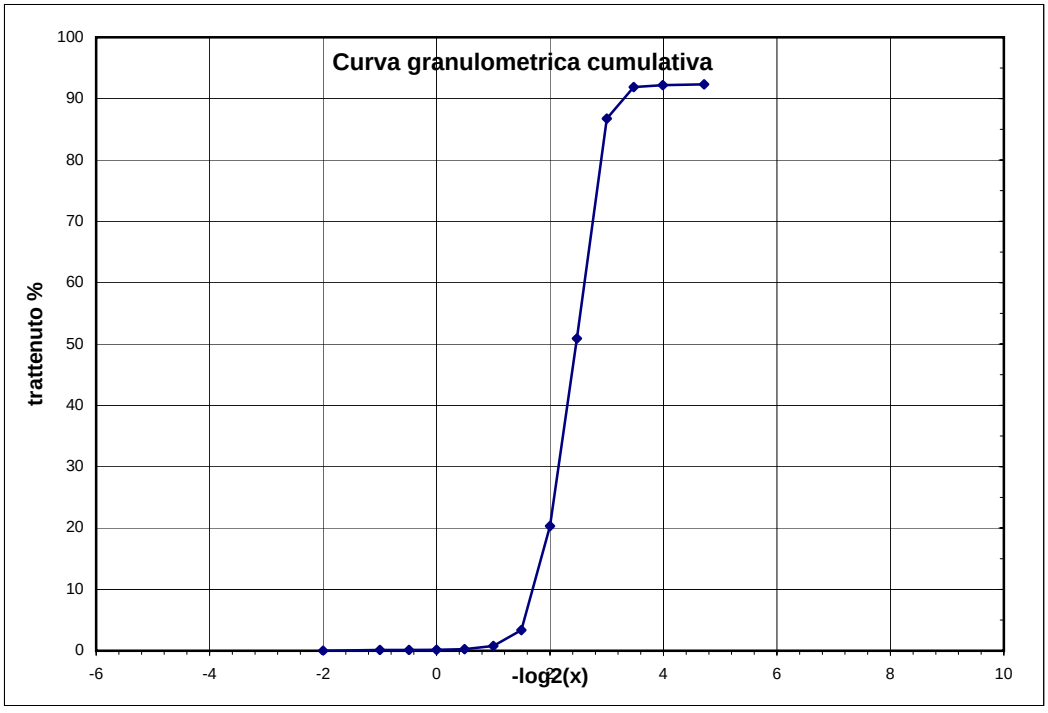
ANALISI GRANULOMETRICA

Committenti:	**Ing. Valentino CASTELLINI e ing. Paolo GAGGERO**			**4C**
Cantiere:	**Ripascimento spiagge Diano Marina (IM)**		Campione:	
Località prel.:	**Ponterosso**	Profondità:	**Spiaggia emersa**	
Data prelievo:	**17/09/2004**	Data prova:	**27/09/2004**	
Campionam.:	**Manuale**	Operatore:	**Sara Drèssino**	
Note:				

Analisi con setacci — **M (gr) = 500**

Setacci	Apertura maglie (mm)	Peso terreno trattenuto (gr)	Parziale dei trattenuti (%)	Totale dei trattenuti (%)	Totale dei passanti (%)
	8,000	0,00	0,00	0,00	100,00
	4,000	0,00	0,00	0,00	100,00
	2,000	0,69	0,14	0,14	99,86
	1,400	0,00	0,00	0,14	99,86
	1,000	0,14	0,03	0,17	99,83
	0,710	0,42	0,08	0,25	99,75
	0,500	2,64	0,53	0,78	99,22
	0,355	12,91	2,58	3,36	96,64
	0,250	84,84	16,97	20,33	79,67
	0,180	152,87	30,57	50,90	49,10
	0,125	179,26	35,85	86,75	13,25
	0,090	25,69	5,14	91,89	8,11
	0,063	1,53	0,31	92,20	7,80
	0,038	0,69	0,14	92,34	7,66
Fondo		38,32	7,66	100,00	

Classificazione		D (60%) = 0,205	% ghiaia	% sabbia	% limo-argilla
USCS	**CNR-UNI**	**D (10%) = 0,103**	0,14	92,06	7,80
		U = 1,992			



dr. Alberto DRESSINO
Studio di geologia tecnica

Via Bernini 15 - 17024 FINALE L.(SV)
Tel. 019/695.552 - Fax 019/680.331

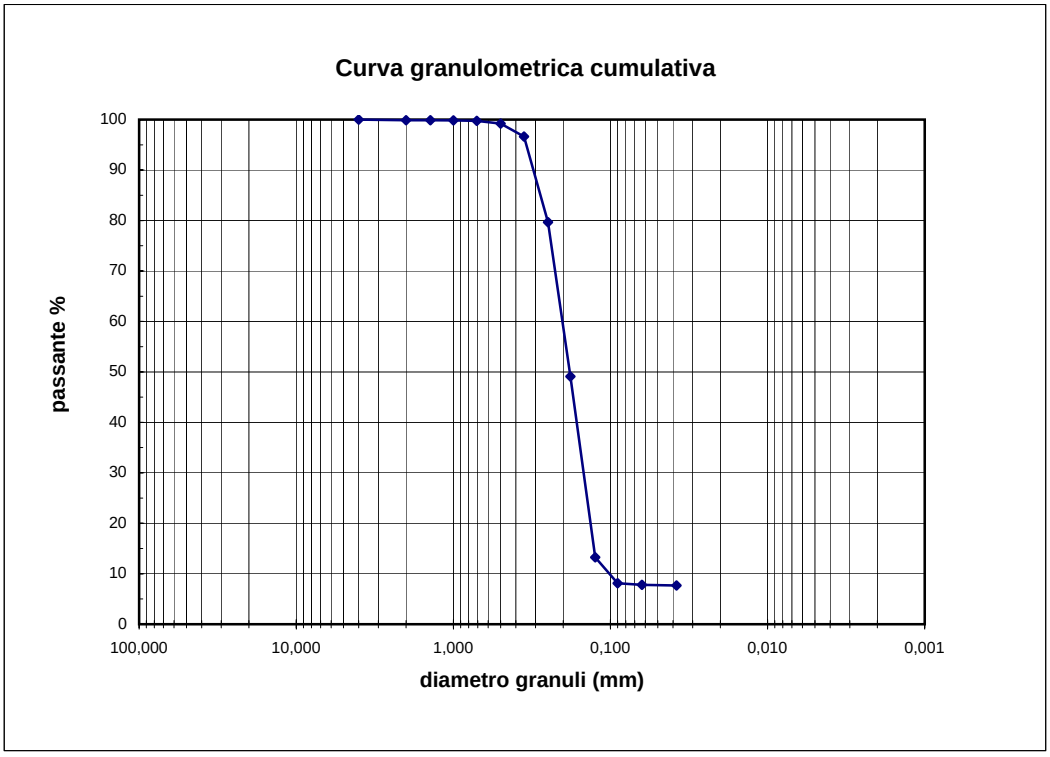
ANALISI GRANULOMETRICA

Committente:	**Ing. Valentino CASTELLINI e ing. Paolo GAGGERO**			**4C**
Cantiere:	**Ripascimento spiagge Diano Marina (IM)**		Campione:	
Località prel.:	**Ponterosso**	Profondità:	**Spiaggia emersa**	
Data prelievo:	**17/09/2004**	Data prova:	**27/09/2004**	
Campionam.:	**Manuale**	Operatore:	**Sara Drèssino**	
Note:				

Analisi con setacci — **M (gr) = 500**

Setacci	Apertura maglie (mm)	Peso terreno trattenuto (gr)	Parziale dei trattenuti (%)	Totale dei trattenuti (%)	Totale dei passanti (%)
	8,000	0,00	0,00	0,00	100,00
	4,000	0,00	0,00	0,00	100,00
	2,000	0,69	0,14	0,14	99,86
	1,400	0,00	0,00	0,14	99,86
	1,000	0,14	0,03	0,17	99,83
	0,710	0,42	0,08	0,25	99,75
	0,500	2,64	0,53	0,78	99,22
	0,355	12,91	2,58	3,36	96,64
	0,250	84,84	16,97	20,33	79,67
	0,180	152,87	30,57	50,90	49,10
	0,125	179,26	35,85	86,75	13,25
	0,090	25,69	5,14	91,89	8,11
	0,063	1,53	0,31	92,20	7,80
	0,038	0,69	0,14	92,34	7,66
Fondo		38,32	7,66	100,00	

Classificazione		**D (60%) = 0,205**	% ghiaia	% sabbia	% limo-argilla
USCS	**CNR-UNI**	**D (10%) = 0,103**	0,14	92,06	7,80
		U = 1,992			



5. VALUTAZIONI IDROGEOLOGICHE

Il litorale interessato dal progetto è inserito nel centro del golfo dianese, nel quale recapitano tre principali corsi d'acqua:

- torrente Varcavello
- torrente S. Pietro
- torrente Steria

Sono presenti inoltre una serie di rii o scoli urbani con foci diffuse su tutto il litorale. Gli apporti solidi significativi possono essere ricercati nei primi tre; peraltro:

- la struttura portuale di Diano Marina impedisce una libera diffusione dei sedimenti a levante dello stesso porto, e quindi sul litorale oggetto dello studio
- la struttura portuale di San Bartolomeo al Mare ed ancor più le opere a difesa della costa su tutto il litorale di questo Comune impediscono al materiale trasportato dalle correnti dello Steria di raggiungere il litorale oggetto di studio
- il trasporto solido connesso con le piene del t. S, Pietro rappresenta la più probabile fonte di alimentazione della spiaggia posta a levante, nella quale sono progettate le opere. Non si ha alcun attendibile dato sulla capacità di trasporto potenziale o reale alla foce del torrente, ma osservazioni storiche anche recenti (piogge connesse con situazioni bariche o meteomarine eccezionali – vedi 6 novembre 2000) hanno evidenziato che gli effetti residuali delle piene di questo torrente sono insignificanti, a confronto con quelle rilevate alla foce del t. Steria. Il piano di bacino del t. S. Pietro evidenzia esondabilità alla foce sia in riva destra che in riva sinistra, indotta da alcune opere trasversali che riducono sensibilmente la sezione di libero deflusso (ponte F.S., ponte di Via Roma). I tiranti e la velocità calcolati negli elaborati di piano, peraltro, sono assai modeste e non coinvolgono i movimenti delle spiagge costrette a fungere da alveo per le portate esondate. Si segnala inoltre che i criteri di calcolo, e lo stesso fenomeno di

esondazione previsto dal piano, sono del tutto cautelativi e probabilmente non trovano riscontro nella realtà fisica territoriale.

6. VERIFICA STATICA DELLE OPERE

6.1 MANTELLATE DELLA SECCA

È a disposizione il modello di evoluzione dei moti ondosi verso riva (elaborato da DEAM): le scarpate possono essere verificate con l'onda ivi rilevabile (figure 4.1 ÷ 4.5 di DEAM) che si riportano nuovamente. Il valore massimo dell'altezza d'onda è pari a circa 2.2/2.4 ml. Il valore del set up massimo locale è di circa 20 cm. Il valore massimo positivo dell'oscillazione di marea è pari a circa 15 cm (figura 7.1 di DEAM). In totale l'altezza d'onda considerata

$$2.4 + 0.20 + 0.15 = 2.75 \text{ ml}$$

L'algoritmo di HUDSON è tabellato in allegato: risulta che i massi devono essere di 2^a categoria, con peso minimo 1.8 t.

ALLEGATI

Fig. 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5 di DEAM

Fig. 7.1 di DEAM

Tabella di calcolo HUDSON

SCHEMA DEL MODELLO

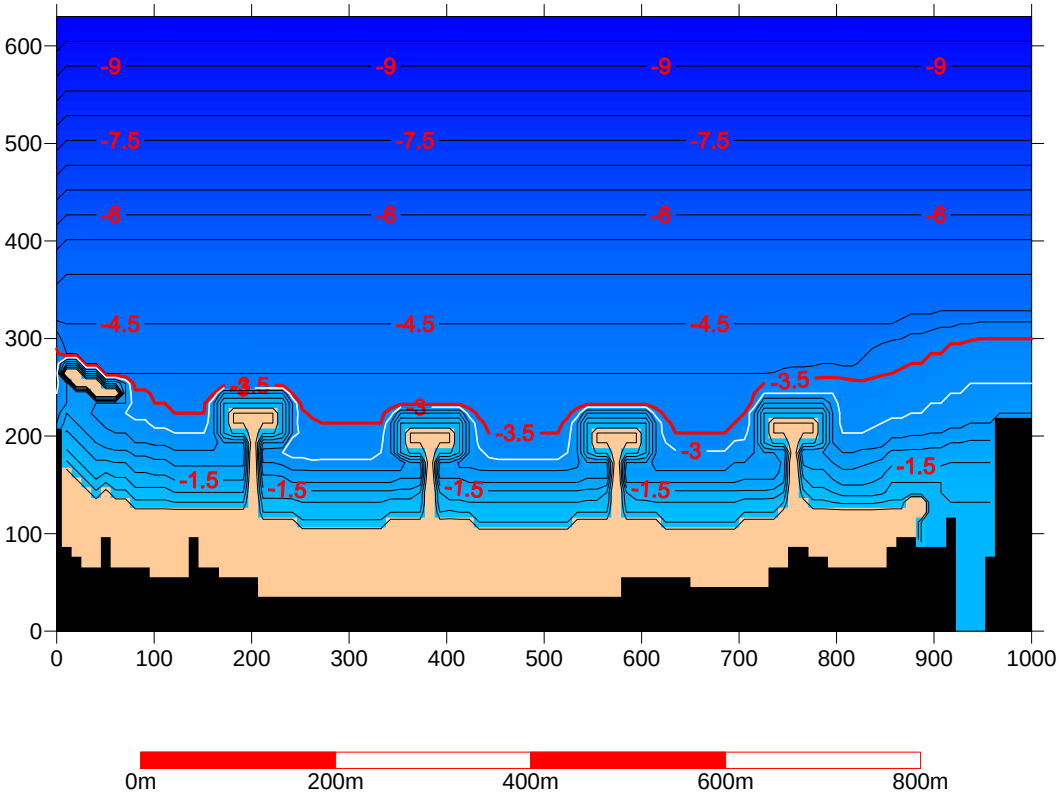
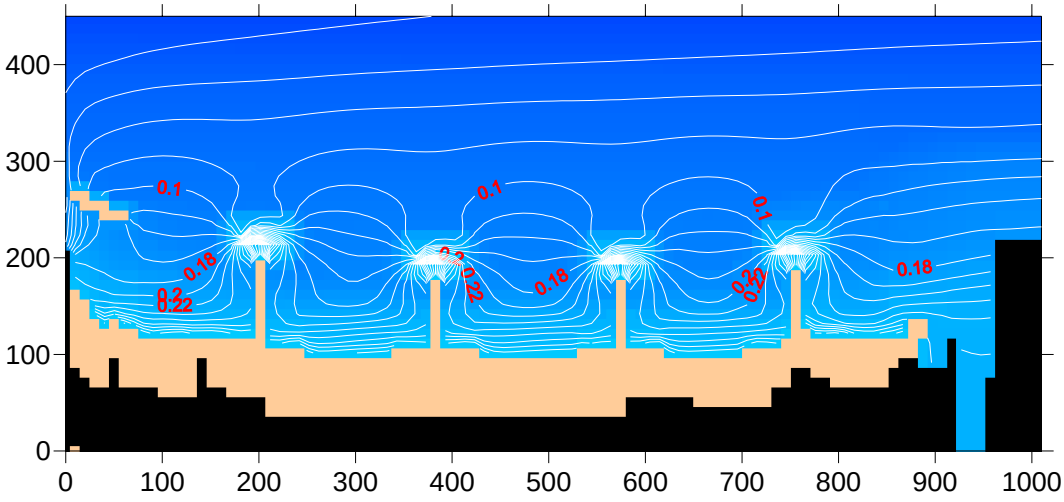


FIG. 4.1 - SCHEMA GEOMETRICO DEL MODELLO E BATIMETRIA

MAREGGIATA DA 120° N - VALORI DI SET-UP



DIREZIONE DI PROVENIENZA AL LARGO: 120° N

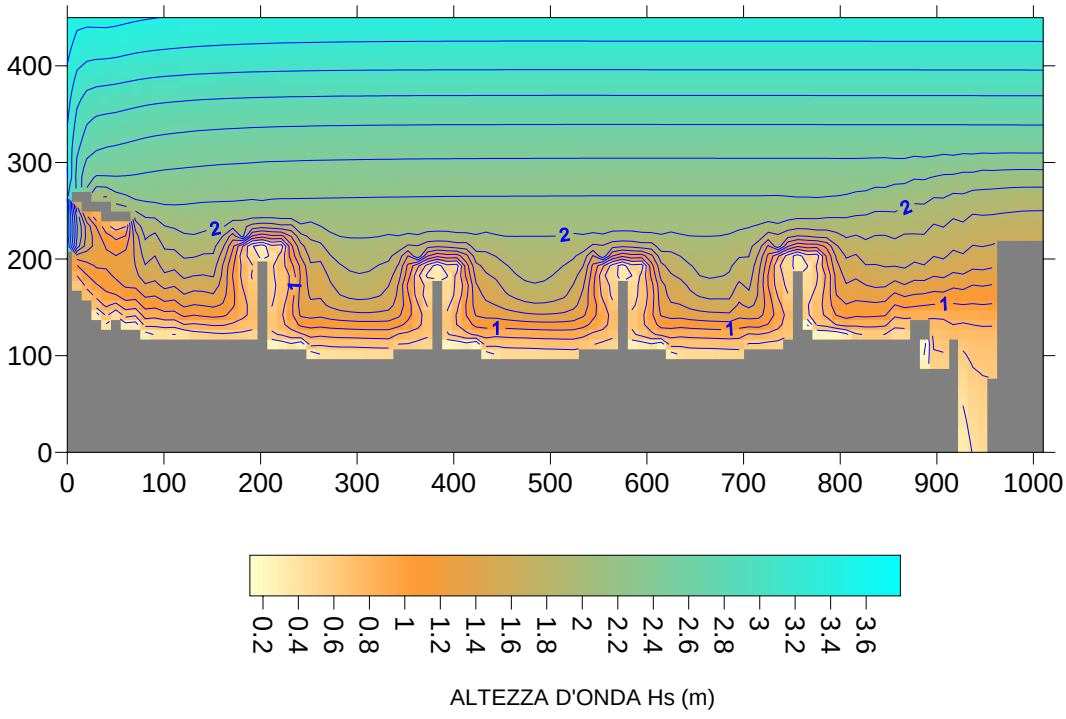


FIG. 4.2 - VALORI DI SET-UP E DI ALTEZZA D'ONDA SIGNIFICATIVA GENERATI DA UNA MAREGGIATA DECENNALE DA 120° N

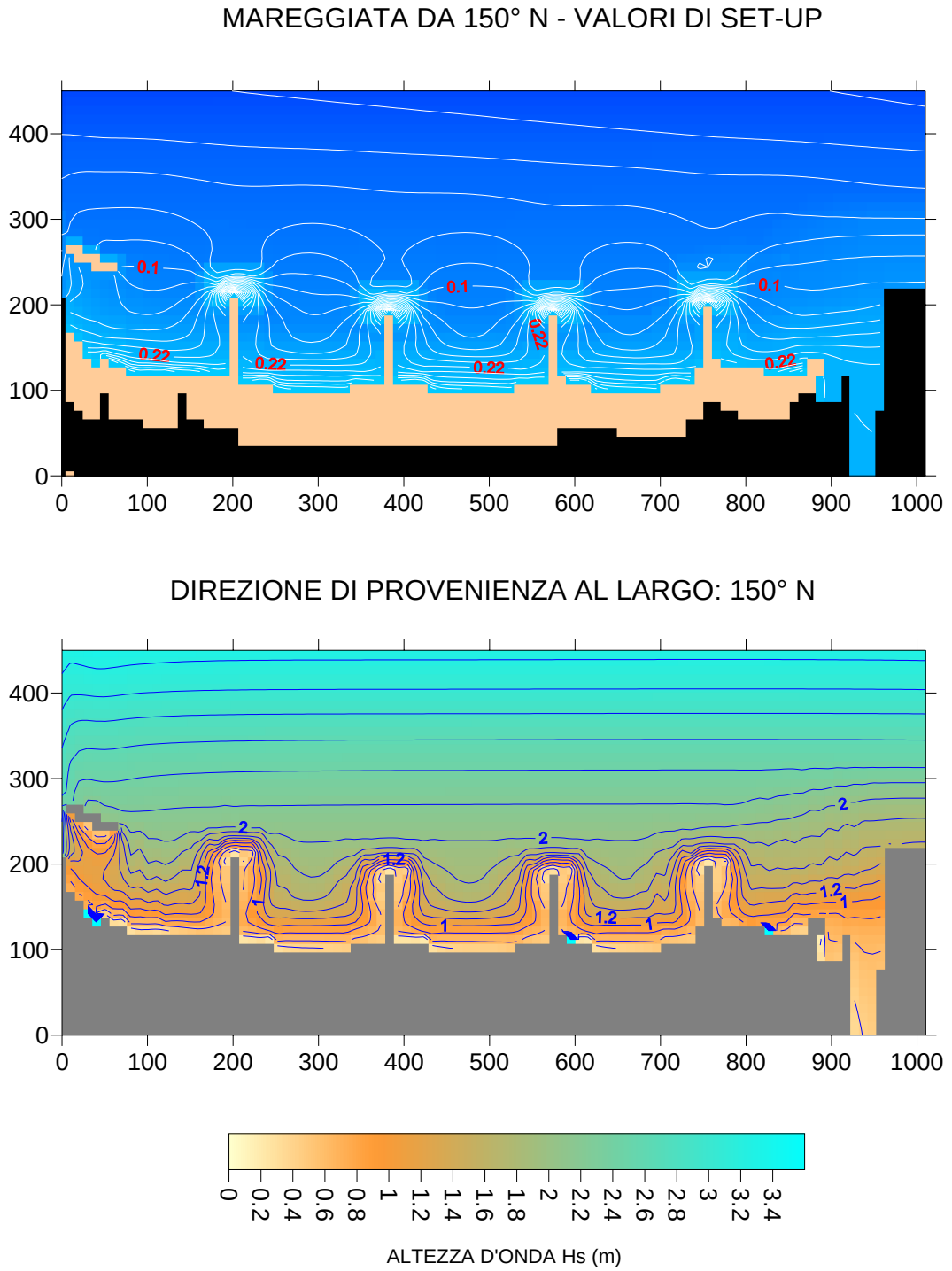


FIG. 4.3 - VALORI DI SET-UP E DI ALTEZZA D'ONDA SIGNIFICATIVA GENERATI DA UNA MAREGGIATA DECENNALE DA 150° N

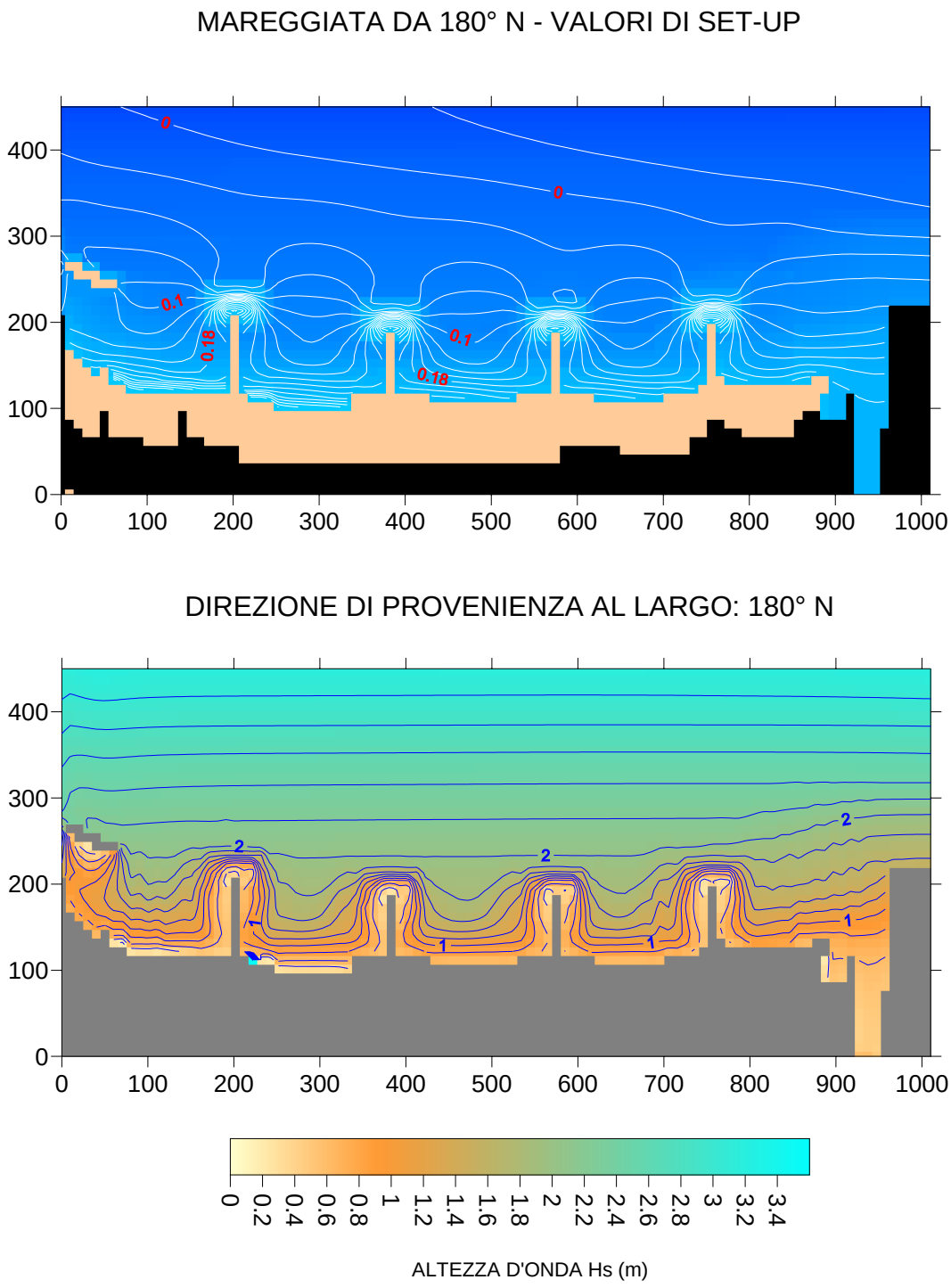
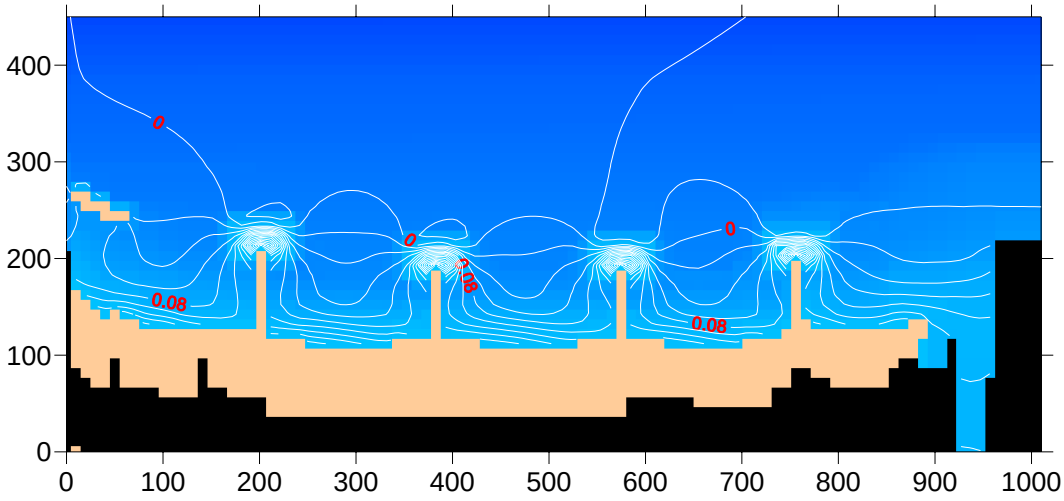


FIG. 4.4 - VALORI DI SET-UP E DI ALTEZZA D'ONDA SIGNIFICATIVA GENERATI DA UNA MAREGGIATA DECENNALE DA 180° N

MAREGGIATA DA 210° N - VALORI DI SET-UP



DIREZIONE DI PROVENIENZA AL LARGO: 210° N

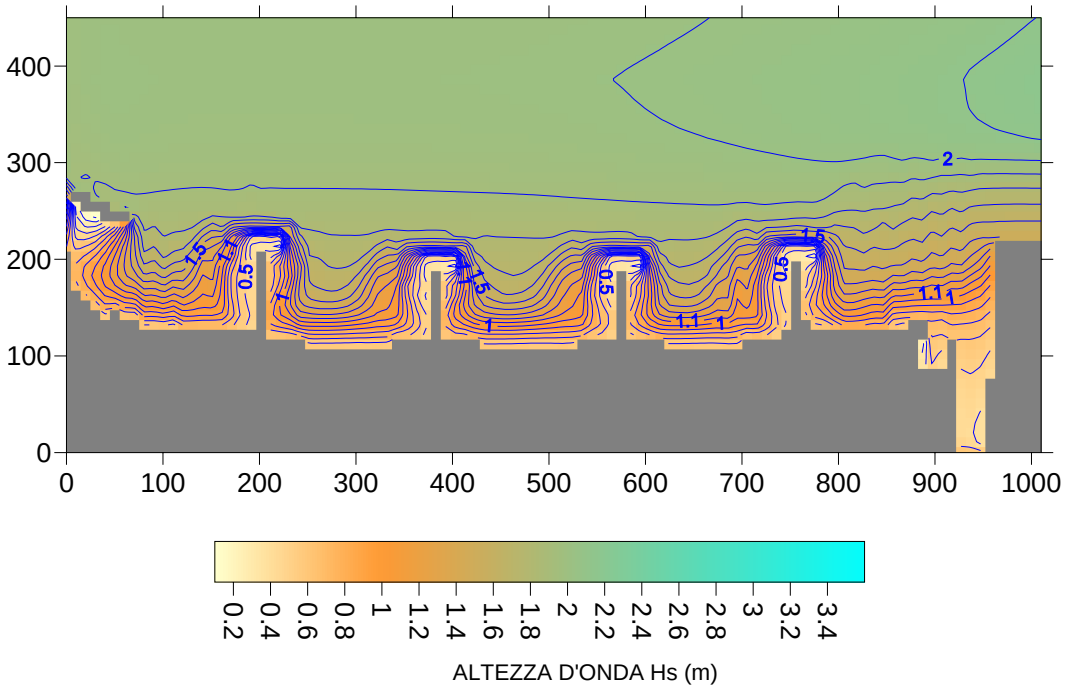


FIG. 4.5 - VALORI DI SET-UP E DI ALTEZZA D'ONDA SIGNIFICATIVA GENERATI DA UNA MAREGGIATA DECENNALE DA 210° N

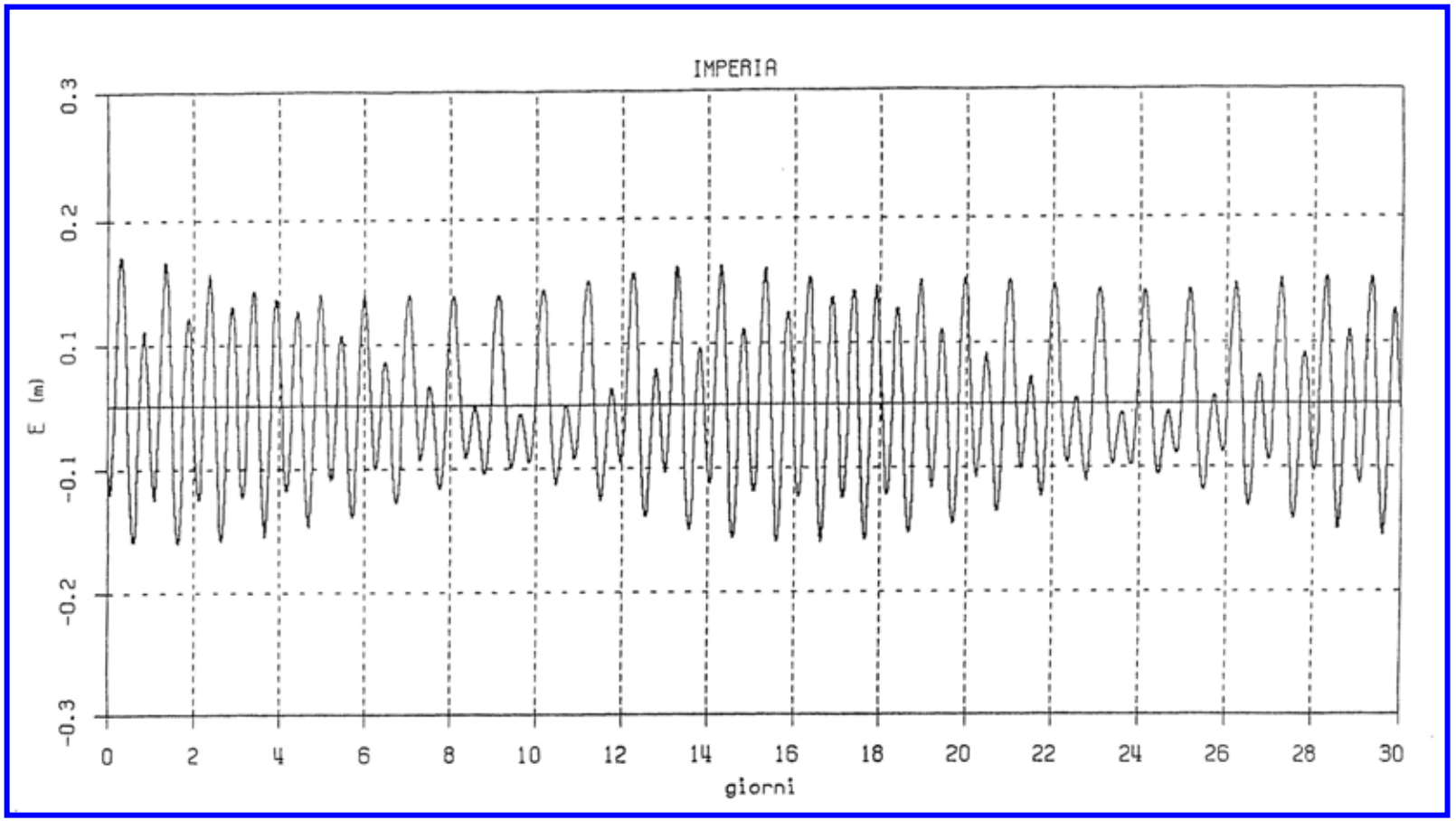


FIG. 7.1 – ANDAMENTO DELL'OSCILLAZIONE DI MAREA A IMPERIA

Ministero per i Beni e le Attività Culturali

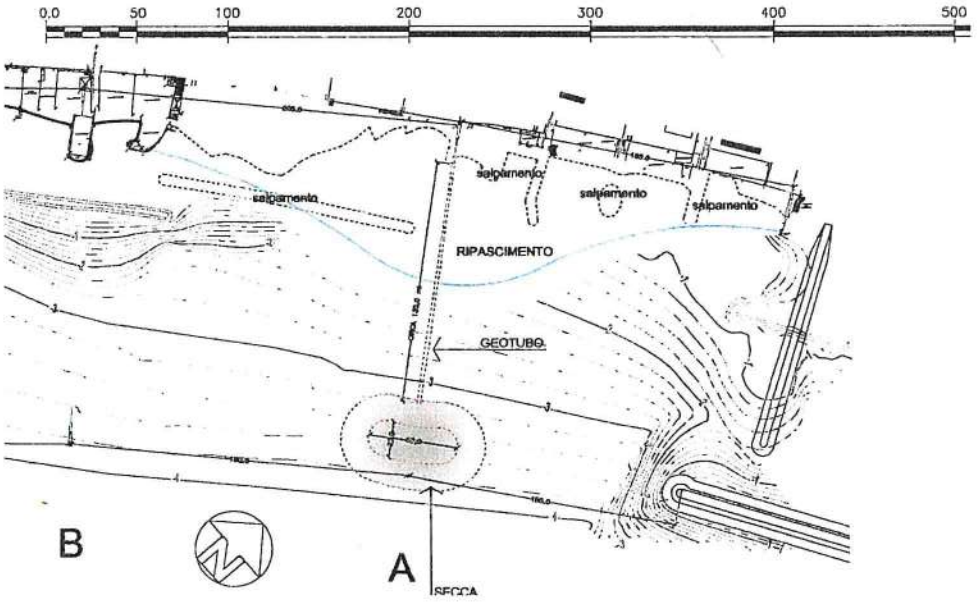
Soprintendenza per i Beni Archeologici della Liguria

COMUNE DI DIANO MARINA
Provincia di IMPERIA
01 SET. 2008
Prot. N. 12651

Comune di Diano Marina (IM)

Indagini archeologiche preventive per il ripascimento del litorale
I lotto

luglio2008



Direzione scientifica:
Dott. Bruno Massabò, Dott. Piero Dell'Amico

Committente:
Comune di Diano Marina

Direzione tecnica di cantiere:
Studium s.n.c. – Dott.ssa Frida Occelli

Studium s.n.c.
di M. Subbrizio e F. Occelli
Archeologia e Servizi per i Beni Culturali

Modi, finalità e tempistica dell'intervento

In previsione degli interventi di ripascimento del litorale di Diano Marina (IM) – I lotto, sono state effettuate nel luglio 2008 alcune giornate di prospezioni al fine di identificare possibili emergenze di carattere archeologico.

Le indagini, di carattere preventivo, sono state richieste dalla Soprintendenza per i Beni Archeologici della Liguria nella persona del dott. Bruno Massabò e sono state coordinate dal dott. Piero Dell'Amico.

L'intervento è stato commissionato dal Comune di Diano Marina.

L'area prospezionata corrisponde sia a quella direttamente interessata dal ripascimento (che avverrà non mediante sorbonatura, ma presumibilmente mediante riporto di materiale sabbioso da terra) sia alla zona di mare antistante, che in parte verrà necessariamente interessata dai riporti.

In particolare la zona di intervento si colloca fra il confine con S. Bartolomeo al Mare e il molo del ristorante "Copacabana" (vedi Tav. 1), secondo la documentazione fornita dal progettista ing. Gaggero.

Le prospezioni si sono svolte dalla batimetria di 0 m sino ad un massimo di m 4,5, in corrispondenza dell'area che vedrà la realizzazione di una secca e la posa di un geotubo.

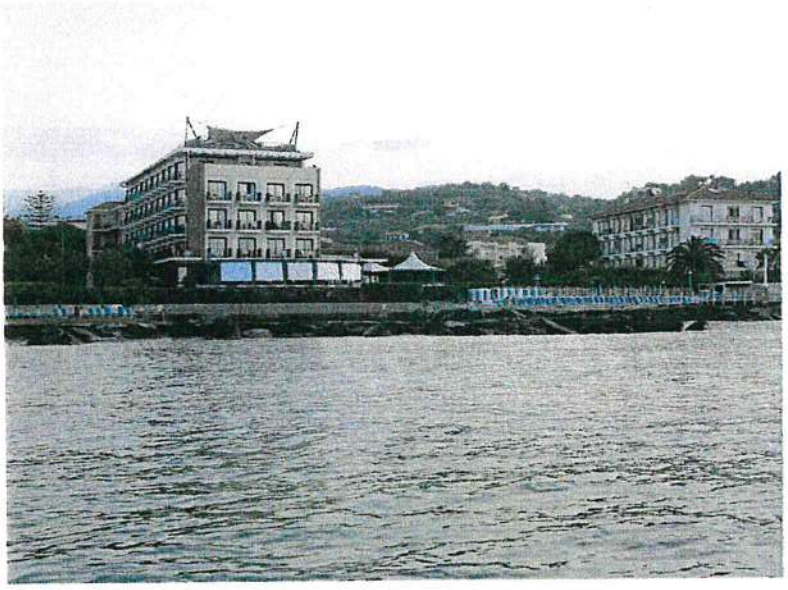


Figura 1. Parte centrale dell'area di intervento



Figura 2. Porzione orientale dell'area di intervento



Figura 3. Estremità occidentale dell'area indagata

Le operazioni si sono svolte in momenti e con modalità differenti.

Durante un primo sopralluogo effettuato lunedì 7 luglio con il dott. Dell'Amico della Soprintendenza per i Beni Archeologici si è deciso di effettuare le prospezioni in due fasi, dati il basso fondale, la stagione di balneazione, la presenza di gavitelli utilizzati per segnalare il limite acque sicure, il corridoio di entrata e uscita dei windsurf, la

presenza di piccole imbarcazioni ormeggiate a corpi morti. La situazione ha reso necessario, per motivi di sicurezza e di migliore riuscita della documentazione stessa, prospezionare la porzione più a terra senza una imbarcazione d'appoggio, ma semplicemente con passaggi effettuati direttamente dall'archeologo subacqueo, documentando la situazione mediante riprese fotografiche sia subacquee sia di superficie.

Tali operazioni si sono svolte venerdì 11 luglio, sempre in presenza del dott. Dell'Amico. Per lo svolgimento ottimale della prospezione e della documentazione, essendo l'area sotto costa e quindi fortemente esposta al rischio di risacca e di conseguente cattiva visibilità, è stato necessario attendere una giornata di condizioni meteomarine eccellenti. Inoltre le attività si sono concentrate nelle prime ore del mattino (dalle 7 alle 10.30 circa), onde evitare la folla di bagnanti e il conseguente intorbidimento della zona.

Per comodità di descrizione la zona è stata suddivisa in cinque sottoaree (vedi tav. 2), corrispondenti approssimativamente a:

- Area 1: bagni Scarone
- Area 2: bagni Ponterosso
- Area 3: Hotel Caravelle
- Area 4: Splendid Beach
- Area 5: Hotel Majestic-Hotel Gabriella (in parte prospezionata nel corso di un precedente intervento svoltosi tra marzo e giugno 2008)

Ciascuna di queste aree è stata percorsa lungo transetti sia paralleli alla costa, sia perpendicolari ad essa, in modo da coprire integralmente con l'indagine visiva la superficie del fondale, evitando gli ostacoli presenti. Alle operazioni hanno preso parte il dott. Roberto Orrù, che ha visionato la porzione più a terra (fra 0 e -0,5 m) e curato la realizzazione della documentazione fotografica di superficie (risoluzione 3.1 megapixel), e la dott.ssa Frida Occelli, che ha prospezionato la porzione compresa fra le batimetriche di -0,5 e -1,7 m di profondità e effettuato le fotografie subacquee (risoluzione 5 megapixel). Alcune riprese fotografiche di insieme dalla superficie sono inoltre state realizzate dal dott. Dell'Amico, che ha assistito allo svolgimento di tutte le operazioni.



Figura 4. Il dott. Orrù nel corso delle prospezioni dell'area 2



Figura 5. La dott.ssa Occelli nel corso delle prospezioni dell'area 2



Figura 6. La dott.ssa Occelli nel corso delle prospezioni dell'area 5

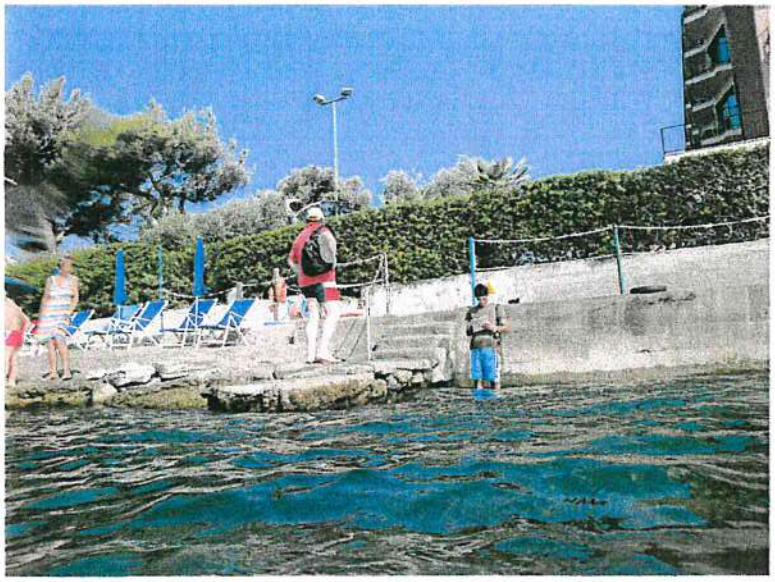


Figura 7. Il dott. Dell'Amico e il dott. Orrù nella prospezione dell'area 5

In una seconda fase, svoltasi sabato 12 luglio, si è fatto ricorso ad una imbarcazione d'appoggio per completare le prospezioni subacquee nell'area non adiacente alla costa e per realizzare le riprese video.



Figura 8. l'imbarcazione utilizzata

Tali riprese sono state effettuate mediante telecamera a gravità, collegata via cavo in superficie a videoregistratore e schermo posizionati su di una imbarcazione di 6 m circa di lunghezza. Davanti alla telecamera è stato posizionato un profondimetro

digitale che apparisse sempre nelle riprese, in modo da poter costantemente verificare a video la profondità.

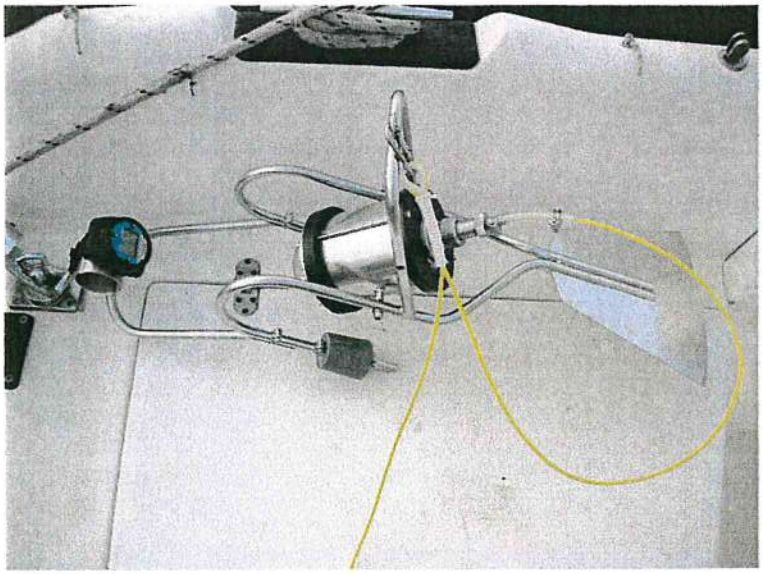


Figura 9. La telecamera

La visualizzazione immediata delle riprese ha consentito sia una puntuale analisi della superficie del fondale, sia una precisa regolazione – da parte dell'operatore - dell'altezza della telecamera rispetto al fondale stesso, in modo da consentire il più possibile riprese generali compatibilmente con lo stato della visibilità in acqua.

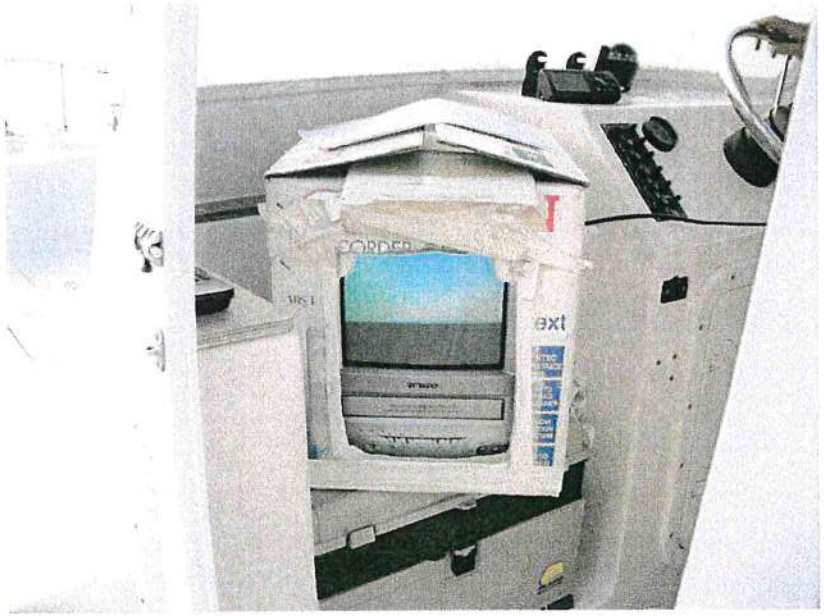


Figura 10. Il monitor in superficie

Le condizioni meteomarine infatti erano molto buone sia dal punto di vista della visibilità in acqua sia per quel che riguarda lo stato del mare, caratterizzato da assenza di vento.

Si è scelto di effettuare passaggi approssimativamente paralleli tra loro e alla linea di costa, che in questa zona presenta un andamento non rettilineo, soprattutto nel settore orientale, in corrispondenza del confine con S. Bartolomeo. Le condizioni del mare hanno consentito il mantenimento di una velocità costante.

Sono stati effettuati nove passaggi approssimativamente paralleli alla costa e dodici perpendicolari ad essa, più ravvicinati fra loro in corrispondenza dell'area di posa del geotubo e di realizzazione della secca. I passaggi paralleli alla costa distavano l'uno dall'altro approssimativamente 20 metri, quelli perpendicolari circa 10 metri[1].

Lo schema del tracciato percorso è stato acquisito con GPS[2], sulla base di punti rilevati ogni dieci secondi, con un errore stimabile intorno ai 3 metri, ritenuti tollerabili in questa specifica situazione (vedi tavv. 4, 5 e 6).



Figura 11. Il GPS utilizzato

Tale acquisizione è stata restituita sotto forma di tabella (vedi *infra*) in cui sono riportati:

---

[1] Tale distanza non è ovviamente regolare, benché l'operatore controllasse sistematicamente sul GPS la rotta. Vi sono state infatti alcune sovrapposizioni fra i transetti, ma l'area è stata coperta pressoché integralmente.

[2] Sistema di coordinate Datum WGS 84

- Il numero del punto
- Le coordinate geografiche del punto
- La data di acquisizione
- L'ora i minuti ed i secondi in cui è avvenuto il posizionamento[3].
- La prua dell'imbarcazione al momento dell'acquisizione (che ovviamente non coincide in modo preciso con la direzione della telecamera, soprattutto in corrispondenza delle curve, ma che costituisce un riferimento approssimativo ugualmente utile)

La restituzione del tracciato è stata riportata anche su cartografia digitale, in particolare su tre diverse mappe (tavv. 4, 5 e 6) onde consentire una più agevole individuazione dell'area e ottenere dettagli di tipo diverso: la tav. 4 infatti riporta lo schema generale del tracciato con inquadramento topografico e con i punti GPS non numerati singolarmente; nella tav. 5, dove si raggiunge un maggiore dettaglio con i punti GPS sono numerati ogni 10 unità, l'inquadramento dell'area è dato dalla linea di costa e dalla presenza dei moli frangiflutti; la tav. 6 mira al dettaglio di ciascun punto GPS, con un inquadramento limitato alla linea di costa.

Il GPS è stato predisposto anche per fissare immediatamente la localizzazione di eventuali anomalie individuate sulla superficie del fondale. A tale scopo è stato anche preparato un gavitello con un peso, da lanciare immediatamente nei punti di interesse onde potere effettuare immediate verifiche di posizionamento.

Alle operazioni hanno partecipato la scrivente Frida Occelli che ha coordinato le operazioni e contestualmente condotto l'imbarcazione; il dott. Fulvio Garibaldi (biologo) che ha effettuato le riprese e regolato la telecamera, sincronizzandola con l'acquisizione dei tracciati mediante GPS; il dott. Roberto Orrù, che ha provveduto all'analisi archeologica del fondale e alla documentazione delle operazioni.

---

[3] Da segnalare il fatto che tale riferimento orario è valido anche per le riprese video, anche se nel video i primi 4'09" sono di prove tecniche.

Lo svolgimento delle operazioni è stato infine documentato mediante riprese fotografiche in superficie, effettuate in formato digitale, che consentissero anche di individuare visivamente l'area di intervento.

Esito dell'indagine

L'area indagata si pone, come già detto e coma da mappa allegata, a partire dalla linea di costa fino a circa 270 m da essa.

Ad una prima e sommaria analisi essa pare essere stata interessata da modifiche avvenute in epoca recente e non vi sono indizi evidenti che possano rivelare le caratteristiche geomorfologiche originali dell'area, onde poter valutare se la zona fosse adatta come approdo o come ancoraggio. In linea di massima tuttavia tale tratto di costa risulta abbastanza esposto e non presenta ridossi naturali (tanto che sono stati edificati appunto pennelli rocciosi per proteggere il litorale), ed ancor oggi è difficile vedere imbarcazioni che sostino in rada in questo punto. I due capi, Capo Berta e Capo Cervo, posti rispettivamente a ovest e a est, sono piuttosto lontani dalla zona oggetto di indagine e non disegnano un'insenatura profonda.

I Comuni di Diano Marina e di S. Bartolomeo al mare hanno restituito evidenti tracce di una frequentazione antropica assidua e prolungata, attestata sin dall'età romana, in zone non molto distanti da quella in oggetto, la quale presenta quindi un rischio archeologico potenziale. Tuttavia non vi sono dati e neppure notizie di affioramenti archeologici nell'area di intervento, caratterizzata peraltro da basso fondale facilmente raggiungibile anche in apnea e assiduamente frequentata da bagnanti soprattutto nella stagione balneare. Lungo la battigia sono mai stati effettuati rinvenimenti archeologici di alcun tipo, neppure nel corso degli ultimi due anni durante i quali parte della costa è stata sottoposta ad una fortissima azione di erosione che avrebbe potuto scoprire resti interrati, che sarebbero stati individuati nel corso delle prospezioni effettuate da terra.

PROSPEZIONI SETTORE ADIACENTE ALLA COSTA

AREA 1

Corrisponde approssimativamente ai "Bagni Scarone", ed è delimitata ad est da un molo roccioso perpendicolare alla costa che segna il confine con S. Bartolomeo. In questa zona recentemente le correnti marine hanno depositato una notevole quantità di materiale sabbioso, creando una spiaggia fino all'anno scorso quasi inesistente.

L'area, prospezionata lungo un tracciato di linee distanti fra loro circa cinque metri, approssimativamente parallele tra loro e alla costa, rivela la presenza di un fondale sabbioso uniforme, con presenza di massi in corrispondenza dei moli artificiali. Non si rinvengono tracce che possano rivelare la presenza di resti archeologici.



Figura 12. Panoramica da est



Figura 13. Il fondale sabbioso



Figura 14. Scogli che costituiscono i moli

AREA 2

Si pone in corrispondenza dei "Bagni Ponterosso" ed è delimitata ad est da un pennello in massi rocciosi, a ovest da un "isolotto" sempre in massi. Viene prospezionata secondo lo stesso criterio utilizzato nell'area precedente.

La visibilità è più torbida a causa della presenza di posidonia morta. Anche in questo caso il fondale è sabbioso, mentre vi sono massi rocciosi in corrispondenza del molo e dell'isolotto. Si notano installazioni moderne (campo da aqua-volley, corridoio di uscita dei windsurf), ma nessun elemento che possa denunciare la presenza di resti archeologici.



Figura 15. Panoramica

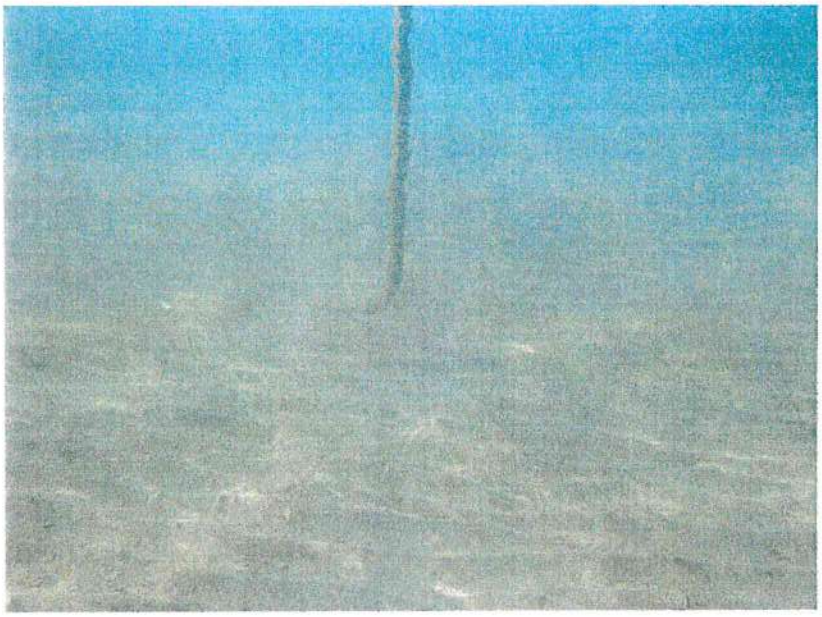


Figura 16. Il fondale sabbioso con gavitelli

AREA 3

Si pone in corrispondenza dell'Hotel Caravelle, ed è delimitata a est da un isolotto artificiale, a ovest da un molo roccioso. Viene prospezionata secondo lo stesso criterio adottato in precedenza.

Anche in questo caso si identifica un fondale sabbioso uniforme, con presenza di massi rocciosi solo in presenza del pennello e dell'isolotto artificiale.

Si segnala la presenza di installazioni moderne, in particolare di due geotubi approssimativamente paralleli fra loro e alla costa, disposti fra il molo che delimita l'area a ovest e l'isolotto artificiale (vedi posizionamento approssimativo disegnato in rosso in tav. 3). Quello più verso terra è visibile anche dalla superficie, mentre quello più esterno, posto circa 9 m più al largo del precedente, è quasi totalmente insabbiato.

Non si rinvengono elementi che possano denunciare la presenza di resti archeologici.



Figura 17. Panoramica

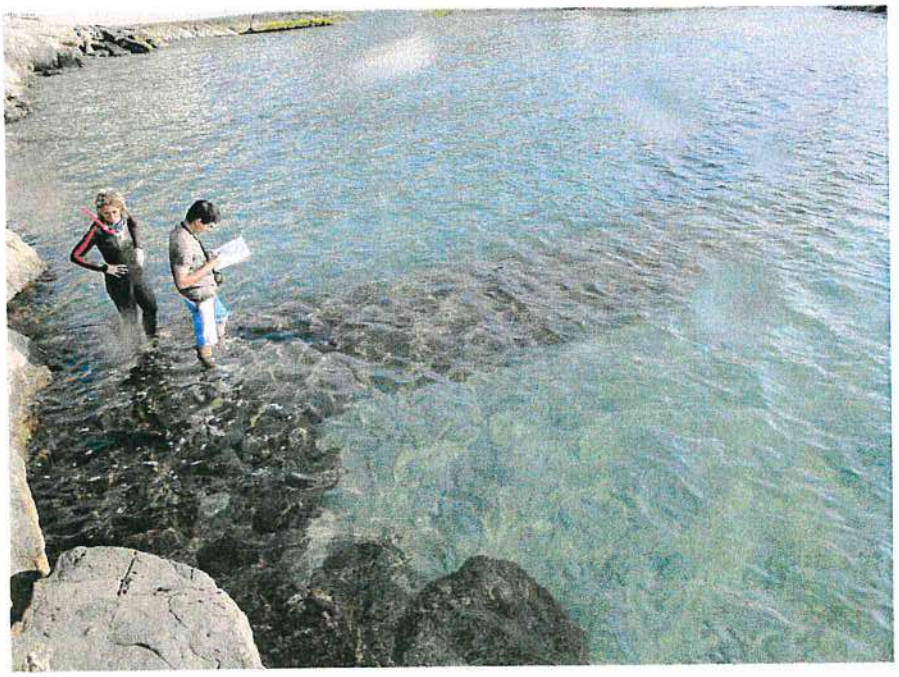


Figura 18. Il geotubo visibile dalla superficie



Figura 19. Il geotubo sott'acqua



Figura 20. Il geotubo più esterno insabbiato

AREA 4

Si pone in corrispondenza dello stabilimento Splendid Beach, in corrispondenza della foce di un piccolo rio. Il fondale in questa zona è caratterizzato infatti dall'abbondante presenza di ciottoli derivanti da apporto fluviale, mentre solo nella parte più esterna (a partire dalla batimetria di -1 m) diviene sabbioso. Si segnala la presenza di massi rocciosi artificiali che costituiscono i moli e dalla presenza della tubazione di una sorbona che fiancheggia il molo est fino a giungere in corrispondenza della testa di una pompa

legata ad alcune manichette ed a un pallone sgonfio. Si tratta probabilmente di attrezzatura utilizzata nel corso dei recenti ripascimenti stagionali.



Figura 21. Panoramica



Figura 22. Il fondale e il tubo della sorbona



Figura 23. Il fondale sabbioso e la pompa

AREA 5

Si pone in corrispondenza dei bagni Hotel Majestic, Diana, Villa Rosa Marina e Gabriella. E' stata in parte oggetto di prospezioni avvenute fra marzo e maggio del 2008 (vedi relazione). La metodologia di prospezione è identica a quella delle altre zone.

Si identifica un fondale sabbioso, con massi solo in corrispondenza dei moli rocciosi. Si segnala la presenza di numerosi natanti al gavitello collocate nella zona più ridossata dal molo, natanti che ostacolano parzialmente le prospezioni, che quindi non possono avvenire linearmente.

Non si identificano elementi che possano denunciare la presenza di resti archeologici.



Figura 24. Panoramica



Figura 25. Il fondale sabbioso

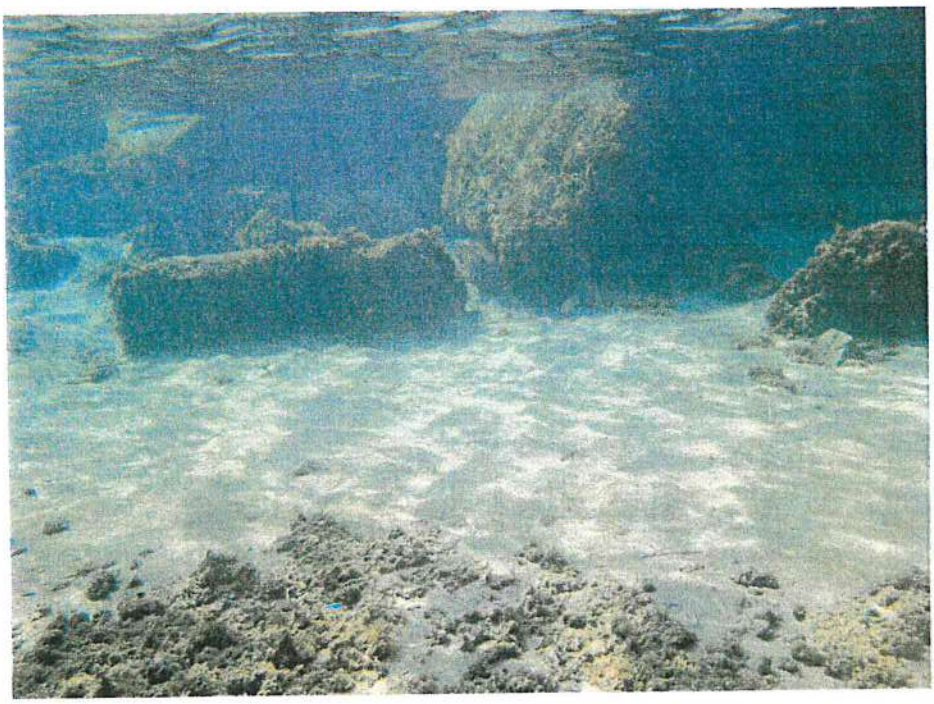


Figura 26. I massi rocciosi

PROSPEZIONI E VIDEORIPRESE SUBACQUEE DALL'IMBARCAZIONE

Le prospezioni subacquee hanno consentito di leggere la superficie del fondale, che si presenta uniforme e in parte simile alla spiaggia, cioè costituito da sabbia pianeggiante e caratterizzata dalla presenza di *ripple marks*. E' inoltre pressoché privo di vegetazione se si eccettua qualche sporadica presenza di Cymodocea, mentre è del tutto assente la posidonia.

Solo in corrispondenza dei pennelli e dei moletti a protezione della costa si rinviene una abbondante presenza di massi di piccole e medie dimensioni, verosimilmente riportate in epoca recente in occasione della realizzazione dei pennelli stessi. Su tali massi non sono state individuate tracce antropiche riferibili a lavorazioni antiche ed in ogni caso si tratta di oggetti collocati al di fuori dell'area di intervento.

Come si evince dalle immagini video, non sono stati identificati reperti di carattere archeologico, né il fondale sembra presentare evidenti anomalie tali da far supporre la presenza di strutture, livelli o altri elementi di interesse archeologico.

Gli unici oggetti individuati appartengono ad epoca moderna, e sono riferibili in linea di massima a cime di ancoraggio di gavitelli posti a segnalare i limiti acque sicure, il corridoio per i windsurf e i limiti dell'area balenabile.

Tale assenza di affioramenti ha reso non necessaria l'esecuzione di immersioni di verifica.

Pur non essendo pertanto possibile escludere in modo categorico l'eventuale esistenza di giacimenti di carattere archeologico in quest'area, i dati raccolti mediante le descritte prospezioni non ne rivelano la presenza.

Dott.ssa. Frida Occelli

Frida Occelli

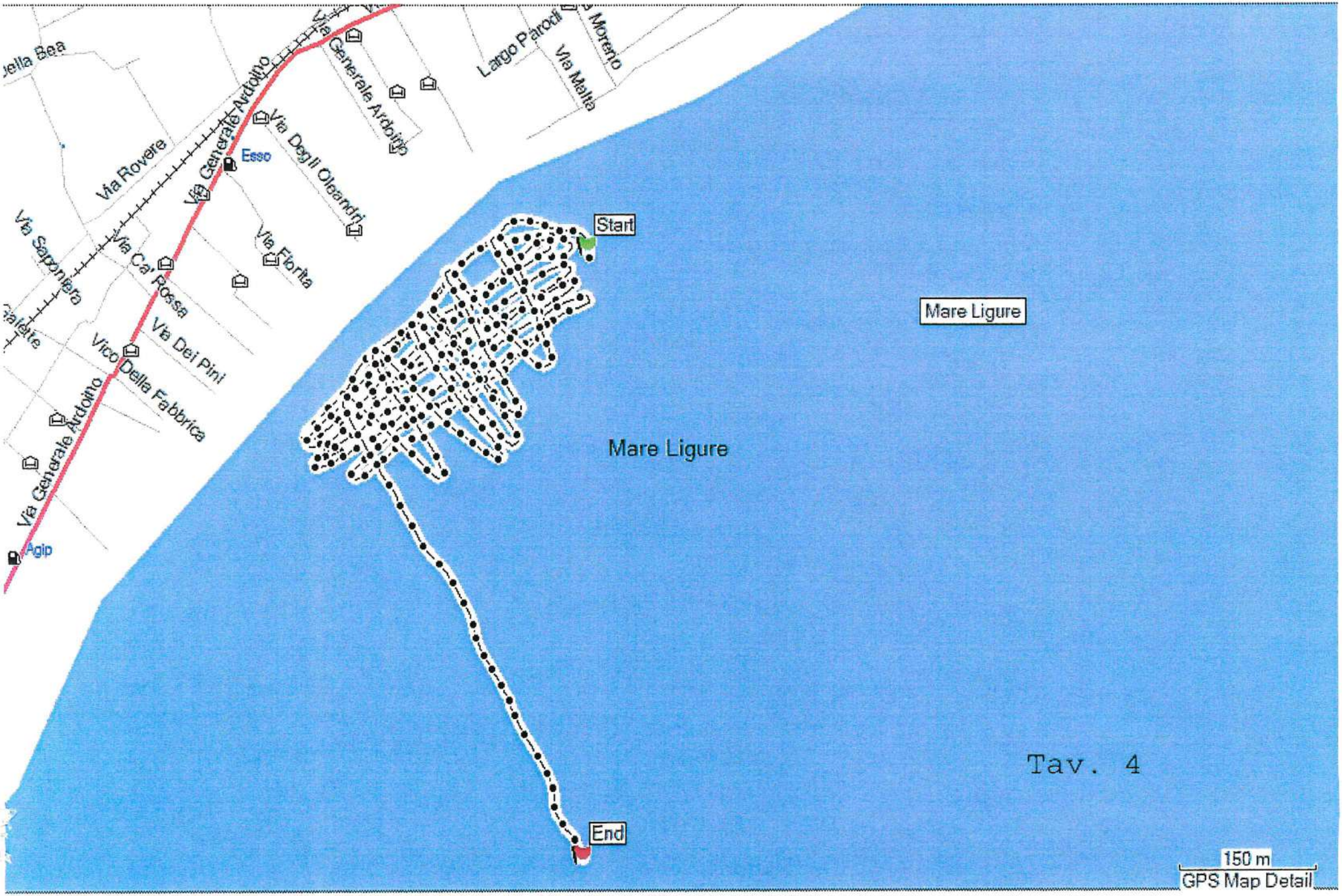
Imperia, 18 luglio 2008

Descrizione delle immagini video

Punti	Data	Tempo	Descrizione immagini
1-20	12/07/'08	00:00: 00 00:03:10	Fondale sabbioso uniforme privo di vegetazione, con posidonia morta sulla superficie a tratti. Visibilità variabile, a tratti pessima (percorso su basso fondale).
20-40	12/07/'08	00:03:10 00:06:30	Fondale sabbioso uniforme privo di vegetazione, con posidonia morta sulla superficie a tratti. Visibilità variabile, a tratti pessima (percorso su basso fondale). Al minuto 05:56 presenza di una concentrazione di posidonia morta sul fondale
40-60	12/07/'08	00:06:30 00:09:50	Fondale sabbioso uniforme privo di vegetazione, con posidonia morta sulla superficie a tratti. Visibilità buona.
60-80	12/07/'08	00:09:50 00:13:10	Fondale sabbioso uniforme privo di vegetazione, con posidonia morta sulla superficie a tratti. Visibilità buona. Presenza di palloni legati alla testa di una sorbona (individuati già nelle prospezioni da terra effettuate nel giorno precedente) al min. 10:03. Cima con gavitello al min. 12:23
80-100	12/07/'08	00:13:10 00:16:30	Fondale sabbioso uniforme privo di vegetazione, con posidonia morta sulla superficie a tratti. Visibilità buona.
100-120	12/07/'08	00:16:30 00:19:50	Fondale sabbioso uniforme privo di vegetazione, con posidonia morta sulla superficie a tratti. Anomalie assenti
120-140	12/07/'08	00:19: 50 00:23:10	Fondale sabbioso uniforme privo di vegetazione, con posidonia morta sulla superficie a tratti. Visibilità buona. Anomalie assenti
140-160	12/07/'08	00:23:10 00:26:30	Fondale sabbioso uniforme privo di vegetazione, con posidonia morta sulla superficie a tratti. Visibilità buona. Cima con gavitello al min. 24: 26.
160-180	12/07/'08	00:26:30 00:29:50	Fondale sabbioso uniforme privo di vegetazione, con posidonia morta sulla superficie a tratti. Visibilità buona. Anomalie assenti

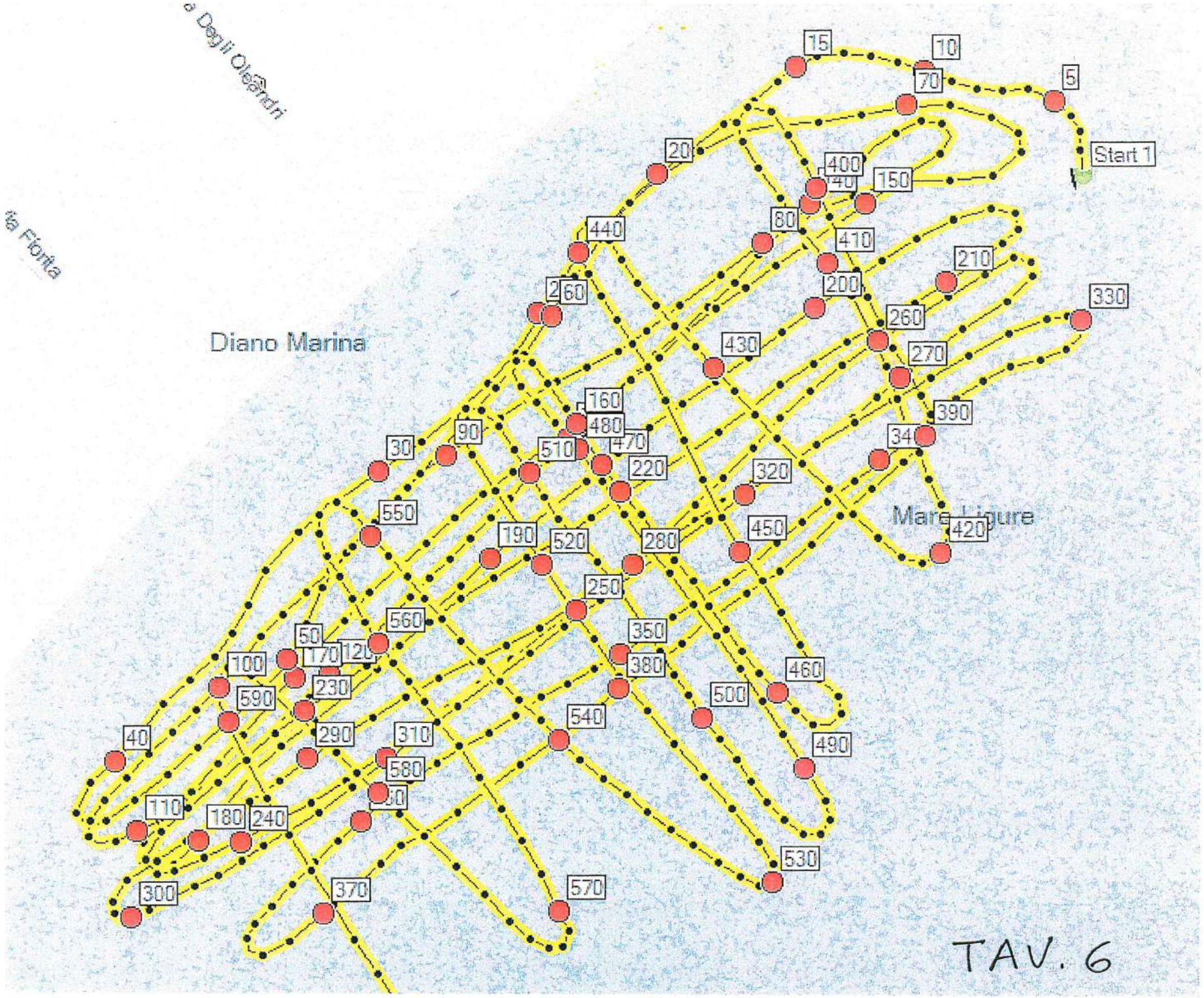
180-200	12/07/'08	00:29:50 00:33:10	Fondale sabbioso uniforme privo di vegetazione, con posidonia morta sulla superficie a tratti. Visibilità buona. Anomalie assenti
200-220	12/07/'08	00:33:10 00:36:30	Fondale sabbioso uniforme privo di vegetazione, con posidonia morta sulla superficie a tratti. Visibilità buona. Concentrazione di posidonia morta al min. 35:10
220-240	12/07/'08	00:36:30 00:39:50	Fondale sabbioso uniforme privo di vegetazione, con posidonia morta sulla superficie a tratti. Visibilità buona. Anomalie assenti
240-280	12/07/'08	00:39: 50 00:43:10	Fondale sabbioso uniforme privo di vegetazione, con posidonia morta sulla superficie a tratti. Visibilità buona. Anomalie assenti
280-300	12/07/'08	00:43:10 00:46:30	Fondale sabbioso uniforme privo di vegetazione, con posidonia morta sulla superficie a tratti. Visibilità buona. Anomalie assenti
300-320	12/07/'08	00:46:30 00:49:50	Fondale sabbioso uniforme privo di vegetazione, con posidonia morta sulla superficie a tratti. Visibilità buona. Anomalie assenti
320-340	12/07/'08	00:49:50 00:53:10	Fondale sabbioso uniforme privo di vegetazione, con posidonia morta sulla superficie a tratti. Visibilità buona. Anomalie assenti
340-360	12/07/'08	00:53:10 00:56:30	Fondale sabbioso uniforme privo di vegetazione, con posidonia morta sulla superficie a tratti. Visibilità buona. Cima con gavitello al min. 00:54:08
360-380	12/07/'08	00:56:30 00:59:50	Fondale sabbioso uniforme privo di vegetazione, con posidonia morta sulla superficie a tratti. Visibilità buona. Anomalie assenti
380-400	12/07/'08	00:59:50 01:03:10	Fondale sabbioso uniforme privo di vegetazione, con posidonia morta sulla superficie a tratti. Visibilità buona. Cima con gavitello legato a corpo morto al min.01:01:56.

400-420	12/07/'08	01:03:10 01:06:30	Fondale sabbioso uniforme con rara cymodocea a tratti.
420-440	12/07/'08	01:06:30 01:09:50	Fondale sabbioso uniforme con posidonia morta sulla superficie e rara Cymodocea a tratti. Visibilità buona. Anomalie assenti
440-460	12/07/'08	01:09:50 01:13:10	Fondale sabbioso uniforme con posidonia morta sulla superficie e rara Cymodocea a tratti. Visibilità buona. Anomalie assenti
460-480	12/07/'08	01:13:10 01:16:30	Fondale sabbioso uniforme con posidonia morta sulla superficie e rara Cymodocea a tratti. Visibilità buona. Anomalie assenti
480-500	12/07/'08	01:16:30 01:19:50	Fondale sabbioso uniforme con posidonia morta sulla superficie e rara Cymodocea a tratti. Visibilità buona. Anomalie assenti
500-520	12/07/'08	01:19:50 01:23:10	Fondale sabbioso uniforme con posidonia morta sulla superficie e rara Cymodocea a tratti. Visibilità buona. Anomalie assenti
520-540	12/07/'08	01:23:10 01:26:30	Fondale sabbioso uniforme con posidonia morta sulla superficie e rara Cymodocea a tratti. Visibilità buona. Cima con gavitello legato a corpo morto al min.01:23:34.
540-560	12/07/'08	01:26:30 01:29:50	Fondale sabbioso uniforme con posidonia morta sulla superficie e rara Cymodocea a tratti. Visibilità buona. Anomalie assenti
560-580	12/07/'08	01:29:50 01:33:10	Fondale sabbioso uniforme con posidonia morta sulla superficie e rara Cymodocea a tratti. Visibilità buona. Anomalie assenti
580-600	12/07/'08	01:33:10 01:36:30	Fondale sabbioso uniforme con posidonia morta sulla superficie e rara Cymodocea a tratti. Visibilità buona. Cima con gavitello al min.01:36:04.
600-620	12/07/'08	01:36:30 01:39:50	Fondale sabbioso uniforme con posidonia morta sulla superficie e rara Cymodocea a tratti. Visibilità buona. Anomalie assenti
620-640	12/07/'08	01:39:50 01:43:10	Fondale sabbioso uniforme con ciuffi rari di posidonia e rara Cymodocea a tratti. Visibilità buona. Anomalie assenti
640-653	12/07/'08	01:43:10 01:46:05	Fondale sabbioso uniforme con posidonia morta sulla superficie e rara Cymodocea a tratti. Visibilità buona. Anomalie assenti. Al termine prateria di posidonia


Via Generale Ardoino
Via Generale Ardoino
Via Generale Ardoino
Via Generale Ardoino
Via Rovere
Via Sapportera
Via Ca' Rossa
Via Degli Oleandri
Via Fiorita
Via Dei Pini
Vico Della Fabbrica
Largo Parodi
Via Malta
Esso
Agip
Start
End
Mare Ligure
Mare Ligure
Tav. 4
150 m
GPS Map Detail



TAV. 5


Diano Marina
Start 1
TAV. 6

Dott. Fulvio Garibaldi
Via Aurelia Lev. n° 57
18010 S. Stefano al Mare (IM)

Indagine e rilievi biologici sul fondale marino del Comune di Diano Marina (IM)

Mappatura delle biocenosi





Gennaio 2005

Foto 1. *Caulerpa taxifolia* e *Cymodocea nodosa* su SFBC a –8m di profondità

Foto 2. Piccolo ciuffo di *Posidonia oceanica* a –8m

Foto 3. Cespugli di *P. oceanica* (-9m). In primo piano: matte morta ricoperta di *C. taxifolia*

Foto 4. Limite superiore della prateria (-10m/-11m). Sempre presente Caulerpa su matte e su sabbia

Foto 5. Caratteristica struttura a cordoni della prateria, con ampi canali intermatte.

Foto 6. *C. taxifolia* su matte all'interno della prateria

Foto 7. Posidonia su matte all'interno della prateria

Foto 8. Conteggio dei fasci di Posidonia

Foto 9. Margini di una radura o ampio canale intermatte

Foto 10. Caulerpa su matte verso il limite inferiore della prateria

Foto 11. Il bivalve *Pinna nobilis* all'interno della prateria

Foto 12. Un tratto molto denso di prateria

Foto 13. I margini di un ampio canale verso il limite inferiore

Foto 14. Uno spirografo tra le fronde di Posidonia

Foto 15. Una *Alicia mirabilis* sulle foglie di Posidonia

Foto 16. Limite inferiore della prateria nella zona di ponente

Foto 17. Limite inferiore della prateria nella zona di levante

Foto 18. Un polpo in una radura verso il limite inferiore

INTRODUZIONE

Il presente rilievo è stato condotto nell'ambito dello studio di inserimento ambientale delle opere per il ripascimento e protezione del tratto di arenile del Comune di Diano Marina che si estende a levante del porto, fino al confine con il Comune di S. Bartolomeo.

Quando si interviene dall'esterno sulla fascia costiera, una zona di mare in cui le interazioni tra le attività umane e l'ambiente sono inevitabili e spesso di notevole portata. occorre sempre considerare, oltre agli aspetti socioeconomici legati alla fruizione di massa della "risorsa mare" (mantenimento delle spiagge, realizzazione di approdi e altre attrezzature ricettive di carattere turistico, sfruttamento diretto delle risorse naturali da parte della pesca), il notevole interesse di questo ambiente dal punto di vista biologico (presenza di habitat di particolare pregio ed importanza naturalistica, quali ad esempio la prateria della fanerogama marina *Posidonia oceanica*).

Gli interventi devono comunque essere condotti nel pieno rispetto di alcune importanti regole, che rientrano in una oculata gestione della fascia costiera, per cercare di integrare le esigenze proprie delle amministrazioni comunali e dei privati, con quelle di un corretto inserimento ambientale delle opere progettate.

Quasi tutto il litorale del ponente ligure, a partire generalmente da una profondità di –7m/-10m, è caratterizzato da una cintura di praterie di *P. oceanica* e *Cymodocea nodosa,* che costituiscono una notevole ricchezza dal punto di vista naturalistico; si tratta infatti non di alghe ma di fanerogame marine, cioè vere e proprie piante, con un ciclo vitale complesso, assai lente ad adattarsi alle variazioni dell'ambiente. Soprattutto *P. oceanica* è estremamente sensibile al peggioramento delle condizioni ambientali, quali ad esempio intorbidamento delle acque e infangamento dei fondali, che ne possano alterare le funzioni di sintesi clorofilliana e riproduzione, tanto che è specie protetta, inserita nell'allegato A della Convenzione di Barcellona.

Nella realizzazione di questo studio si è posta quindi la massima attenzione alla presenza di biocenosi di particolare rilievo naturalistico o paesistico, valutando principalmente la presenza nella zona di praterie delle fanerogame marine C. nodosa e *P. oceanica:* quest'ultima soprattutto necessita di speciali attenzioni in quanto in molte località della costa ligure appare in uno stato di regressione e sofferenza rispetto al passato, come diretta conseguenza di una cattiva gestione della fascia costiera e del territorio.

Lo schema generale seguito è stato il seguente:

1. Descrizione e mappatura delle biocenosi presenti
a) Descrizione generale del tratto di costa indagato
b) Materiali e metodi
c) Presenza, mappatura, estensione delle praterie di fanerogame marine, con generale determinazione delle altre biocenosi di substrato duro o mobile presenti al di fuori delle praterie di fanerogame marine, con particolare attenzione alla eventuale presenza dell'alga alloctona *Caulerpa taxifolia* o di altre biocenosi di particolare pregio.
d) Elenco delle specie marine, animali e vegetali, incontrate durante le operazioni di mappatura.
e) Stato di conservazione della prateria

2. a) Confronto con precedenti studi o rilievi.
b) Presenza di siti SIC (siti Bioitaly nella zona)

3. Conclusioni.

4. Documentazione fotografica

1. Descrizione e mappatura delle biocenosi presenti

1a) Descrizione generale del tratto di costa indagato

La costa compresa tra Capo Berta a ponente e Capo Cervo a levante, è bassa e sabbiosa, fortemente antropizzata per la presenza di un agglomerato urbano alle spalle che, senza soluzione di continuità, riunisce i tre comuni di Diano Marina, S. Bartolomeo al Mare e Cervo.
A ponente le spiagge sono naturali e non presentano necessità di difese particolari, essendo poste al ridosso di Capo Berta, che le ripara dal mare di libeccio; man mano che ci si sposta verso levante, l'effetto di protezione del capo diminuisce progressivamente e le spiagge divengono più strette. Negli anni addietro sono stati condotti numerosi interventi nella zona, che vanno dalla costruzione di due approdi turistici di dimensioni medio-piccole a Diano Marina e S. Bartolomeo e una serie di barriere frangiflutto emerse che, a partire dall'approdo di Diano Marina fino a Capo Cervo, chiudono le spiagge come una cintura, poste a distanza molto ravvicinata dalle spiagge stesse.
Nel tratto di costa preso in considerazione per il presente studio si trova la foce del torrente S. Pietro, nel comune di Diano Marina, immediatamente a ridosso della diga sottoflutto del porticciolo di Diano Marina. Immediatamente a levante di Diano Marina sono state di recente completate le opere di costruzione di nuove barriere frangiflutto, lungo il litorale di S. Bartolomeo, più lontane dalla costa, su una batimetrica vicina ai –5m

1b) Materiali e metodi

Si è preso in esame il tratto di costa del comune di Diano Marina compreso tra il molo cosiddetto "delle tartarughe", a ponente dell'approdo e il confine con S. Bartolomeo; è stato di conseguenza indagato l'antistante specchio d'acqua, sino al limite inferiore delle praterie di fanerogame marine (o comunque ad una profondità minima di –25m, anche dove suddetto limite si trovasse a profondità minori).
Sono stati condotti **7 transetti** (A - G), perpendicolari alla linea di costa, individuati utilizzando precise "mire" a terra di riferimento e quindi percorsi secondo rotte prestabilite, tramite l'impiego di una bussola e ricevitore satellitare (GPS). Inoltre sono stati condotti **2 transetti** paralleli alla costa, a livello del limite superiore ed inferiore della prateria di Posidonia, per meglio evidenziarne l'andamento e le caratteristiche.
Tutti i rilievi sono stati eseguiti con telecamera subacquea filoguidata, e quindi in parte ripetuti in immersione con autorespiratore da parte di biologi, nelle aree in cui si è ritenuto opportuno eseguire una più approfondita descrizione delle varie tipologie di fondale riscontrate, delle diverse componenti floro-faunistiche, per il conteggio dei fasci fogliari e per documentazione fotografica.
In questo modo è stata effettuata una mappatura del fondale e soprattutto, tramite l'osservazione diretta, è stato possibile ben valutare le reali condizioni di salute della prateria di *P. oceanica*.
L'esatta ubicazione dei transetti è riportata sulla **Carta 1**.
Contemporaneamente sono state effettuate, per determinare lo stato di conservazione della prateria stessa:

a) **la conta dei fasci fogliari**
b) **la stima della percentuale di ricoprimento del fondale**

A) La stima della densità è stata effettuata in immersione mediante la **conta** dei fasci fogliari in quadrati di 40cm di lato, replicati 3 volte per stazione; le stazioni scelte sono state posizionate sui 3 transetti A, D e G. Per ciascun transetto è stata scelta una stazione sul limite superiore, una al centro della prateria, di solito intorno ai –16m, ed una sul limite inferiore. L'ubicazione delle stazioni è riportata sulla Carta 1.
I risultati sono stati poi riferiti alla superficie standard di 1 m^2 e la prateria è stata inserita in una delle 6 classi generalmente accettate nella letteratura internazionale (Tabella 1).

Tabella 1. Classificazione delle praterie di fanerogame in base alla densità dei fasci fogliari

Densità /m^2	Classe
> 700 fasci/m^2	*Classe I*: prateria molto densa
700-400 fasci/m^2	*Classe II*: prateria densa
400-300 fasci/m^2	*Classe III*: prateria rada
300-150 fasci/m^2	*Classe IV*: prateria molto rada
150-50 fasci/m^2	*Classe V*: semiprateria
< 50 fasci/m^2	*Classe VI*: ciuffi isolati

Recentemente la Regione Liguria ha proposto l'applicazione di un'ulteriore classificazione delle praterie, che combina il citato metodo di Giraud con quelli proposti da Pergeant – Martini (1994) e Pergeant *et al.*, (1995), come riportato in Tabella 2. Tale metodica, citata anche nel recente "Manuale di metodologie di campionamento e studio del benthos marino mediterraneo" (Gambi e Dappiano eds, 2003) edito dalla Società Italiana di Biologia Marina, tiene conto oltre che della densità dei fasci, anche della profondità a cui i conteggi sono stati eseguiti.

Tabella 2. Classificazione delle praterie di *P. oceanica* che tiene conto della densità dei fasci fogliari in relazione alla profondità.

	Densità della prateria (N fasci fogliari / m^2)		
Profondità (m)	Conservazione non soddisfacente	Conservazione soddisfacente	Conservazione eccezionale
0 – 3	< 550	da 550 a 900	> 900
3 – 5	< 420	da 420 a 700	> 700
5 – 7	< 330	da 330 a 600	> 600
7 – 10	< 240	da 240 a 500	> 500
10 – 14	< 160	da 160 a 400	> 400
14 – 18	< 90	da 90 a 350	> 350
18 – 23	< 30	da 30 a 280	> 280
> 23	< 10	da 10 a 200	> 200

B) La valutazione del **ricoprimento** è stata stimata ad opera di due biologi subacquei che indipendentemente hanno fornito una stima del ricoprimento in percentuale della prateria rispetto al fondale marino. In tabella 3 viene riportata una scala di valutazione del ricoprimento, in funzione dei valori medi misurati o stimati.

Tabella 3. Valutazione del ricoprimento del fondale da parte della prateria di *P. oceanica*.

Percentuale di ricoprimento		
Limite superiore	Limite inferiore	Valutazione
< 40 %	< 20 %	Debole ricoprimento
40% - 80 %	20% - 50%	Medio ricoprimento
> 80%	> 50%	Forte ricoprimento

I rilievi sono stati condotti nel mese di Gennaio 2005

1c) Descrizione delle caratteristiche del fondale e delle sue biocenosi

- Piano sopra e mediolitorale.
L'intero tratto preso in esame è caratterizzato da una costa bassa con la presenza di alcuni tratti in cui sulla spiaggia emergono ciottoli

- Piano infralitorale
Il fondale digrada molto lentamente fino alla batimetria dei –10m, dopodiché la ripidità del fondale aumenta leggermente, fino ai –20m circa; la batimetrica dei –10m tende comunque a ravvicinarsi alla linea di costa man mano che si procede verso levante.

In seguito ai sopralluoghi effettuati in immersione, l'area indagata presenta le seguenti caratteristiche:

1) **una larga striscia di fondale sabbioso (biocenosi delle Sabbie Fini Ben Calibrate, SFBC).**
2) **un prato molto rarefatto della fanerogama marina, *Cymodocea nodosa*, che compare a partire dai –7m di profondità**
3) **la presenza di alcune zone evidenti di matte morta tra i –7 ed i –10m di profondità.**
4) **un' estesa prateria della fanerogama marina *Posidonia oceanica*;**
5) **la presenza diffusa dell'alga alloctona *Caulerpa taxifolia*, sia all'interno della prateria, sia sulla biocenosi a SFBC a profondità minori**
6) **l'assenza nella zona di affioramenti naturali di substrato duro**

Le risultanze dei rilievi effettuati sono riassunte nella carta bionomica dei fondali (**Carta 2)**.

Vediamo ora una descrizione più dettagliata delle caratteristiche del fondale, punto per punto:

1) si osserva una prima fascia sabbiosa (fino a –8m/-10m di profondità), compresa tra la linea di costa e il limite superiore della prateria di *P. oceanica*, ascrivibile alla biocenosi delle Sabbie Fini Ben Calibrate (SFBC). La determinazione di tale biocenosi è stata possibile per il rinvenimento, durante le operazioni in immersione di alcune specie caratteristiche esclusive di tale biocenosi, quali il riccio *Echinocardium cordatum* e il bivalve *Acanthocardium tubercolatum*, che assieme alle altre specie osservate, sono riportati in Tabella 4. La sua estensione è inferiore nella zona centrale, dove il limite della prateria, come vedremo in seguito, tende a risalire leggermente a profondità minori. Lo stesso fondale sabbioso è riscontrabile anche nelle numerose discontinuità, nei canali intermatte e nelle ampie radure che si incontrano all'interno della prateria, fino ad una profondità di ca –20m **(Foto 1-2-5-9)**.

2) Sulla biocenosi delle SFBC si instaura una facies a *C. nodosa*, di cui è assai difficile stabilire limiti netti, considerata l'estrema rarefazione delle piante; nella Carta 2 si è quindi indicata un'area di massima all'interno della quale è possibile trovare *C. nodosa*. Generalmente si osservano le prime fronde non prima dei –7m di profondità: esse sono corte e rarefatte, probabilmente anche per motivi stagionali. Su tutta l'area occupata da *C. nodosa* è presente l'alga alloctona *Caulerpa taxifolia* (per una più precisa descrizione cfr. punto5) **(foto 1).** Compare in questa zona qualche isolato piccolo ciufo di Posidonia **(foto 2).**

3) La presenza di matte morta a profondità minori rispetto al limite superiore della prateria è evidente soprattutto nella parte centrale dell'area indagata (transetti C,D,E), tra le profondità di –6 e –11m. Si tratta in alcuni casi di strutture rilevate, che fanno pensare ad un processo recente di morte della posidonia (questo tipo di matte si trova infatti più vicino al limite della prateria); in altri casi, e

sono la maggior parte, sono invece strutture assai appiattite, che si individuano a stento dal fondo, colonizzate da *C. nodosa* o più spesso da *C. taxifolia* **(foto 3)**.

Nelle zone esterne dell'area la presenza di matte morta è trascurabile, e comunque si tratta sempre di strutture poco evidenti.

4) L'andamento del limite superiore della prateria di *P. oceanica* è estremamente vario ed articolato. Si presenta molto sfrangiato, con cespugli e chiazze di dimensioni medio-piccole, a partire dalla batimetrica di -8m verso ponente (Transetti A-B) ma procedendo verso levante, si registra un arretramento di tale limite, che si attesta sulla batimetrica dei –10m/-11m (transetti C-G) **(foto 4)**. In realtà non si può parlare di un vero e proprio limite, ma di una successone di cespugli più o meno grandi che si riuniscono a formare i cordoni caratteristici dell'area. Alcuni piccoli ciuffi si possono trovare anche a profondità minori (-7m), ma si tratta veramente di strutture di scarsa entità **(foto 2)**.

Anche all'interno la prateria presenta una notevole variabilità, con caratteristiche diverse a seconda delle zone considerate. Come limite di levante esiste una discontinuità, proprio al confine con il Comune di S. Bartolomeo (parzialmente rilevata dal transetto G).

Come già ricordato le batimetriche dei –10m e –20m sono più ravvicinate tra loro verso ponente; il limite superiore risulta più vicino terra in questa parte dell'area indagata, ed anche più regolare. Tutta la prateria presenta una prima fascia, compresa tra il limite superiore e i -15m /-16m di profondità, in cui si trovano caratteristiche formazioni cordonali e collinari, a cui si sostituisce gradualmente, a profondità maggiori, una prateria su "matte".

Queste particolari strutture erano già state segnalate da Vetere e Pessani (1989), che avevano condotto a metà degli anni '80 uno studio in alcuni punti della stessa area indagata per il presente studio: per un confronto più approfondito con i loro rilievi si rimanda al successivo **capitolo 2.**

In effetti la zona cosiddetta a "cordoni" è caratterizzata da veri e propri cordoni e colline di matte, che si elevano dal fondo per un'altezza che oscilla dai 50cm di alcune formazioni nei pressi del limite superiore (**foto 5**), ai 2m in alcune zone al centro della prateria. I cordoni, a sezione semiovale, corrono perpendicolarmente alla linea di costa e sono spesso intersecati tra loro o con le formazioni collinari, a formare una sorta di reticolo. Da osservare che le colline sono generalmente poste al confine della zona cordonata, anche in prossimità delle aree di sabbia che interrompono la successione dei cordoni dei cordoni stessi. In alcuni casi si osservano poi aree di matte morta, sia sui cordoni stessi, sia sulla sommità delle colline, sempre però in strutture pienamente vitali (**foto 6-7-10**). In generale comunque la prateria appare molto bella e rigogliosa, con un'elevata densità di fronde e rizomi **(foto 12)**.

La presenza dei cordoni è più evidente man mano che si procede da ponente verso levante, con un progressivo aumento dell'altezza delle strutture di matte e con canali intermatte più evidenti (**foto 5-9-13**). Verso ponente (transetti A,B ed in parte C) la prateria ha un aspetto più uniforme.

Il limite inferiore (**foto 16-17**)si attesta attorno alla profondità di –22m nella zona di fronte al porto, netto e ben definito. Man mano che ci si sposta verso levante ci si imbatte in a struttura a cordone parallela alla costa, situata a ca –22m, estesa per alcuni metri di larghezza, alle spalle della quale, si estende un'ampia fascia priva di posidonia, che riprende poi a partire da –20mca.

E' come se ci fosse un doppio limite, che presenta le stesse identiche caratteristiche, ma separato da questa striscia priva di vegetazione: non si riscontra la presenza di matte morta.

Procedendo ancora verso levante il limite inferiore si mantiene sempre attorno ai –22m e –20m, aumentando però il grado di discontinuità.

Dal punto di vista zoologico, oltre alle specie osservate e riportate in tabella 4, c'è da sottolineare la presenza di un gran numero di esemplari di *Alicia mirabilis* (**foto 15**) sulle fronde di Posidonia.

5) A partire dai –7m, nella zona caratterizzata dalla biocenosi delle SFBC, inizia a comparire l'alga alloctona *Caulerpa taxifolia*, associata alla presenza di *Cymodocea nodosa* (**foto 1**)Non si può parlare di un vero e proprio prato, considerato che spesso si tratta di piccole chiazze isolate, costituite da stoloni isolati di 20-25 cm: anche per la Caulerpa, come già sottolineato per *C. nodosa*, è possibile che la stagione invernale eserciti un effetto negativo. Una maggiore estensione delle macchie si osserva però man mano che si procede verso il limite superiore della prateria di Posidonia. Qui essa è strettamente associata alle zone di matte morta (**foto 3-4**) che, come detto precedentemente, si riscontrano nell'area e sulle strutture collinari a cordoni della prateria, anche all'interno della prateria stessa, dove in pratica ogni zona di matte priva di piante di Posidonia è stata colonizzata da *C. taxifolia* (**foto 6-10**); all'interno della prateria si trova in numerosi casi anche nelle radure e nei canali intermatte, ma sempre comunque al ridosso e al riparo della Posidonia. Nell'area indagata, la presenza di Caulerpa non si spinge oltre il limite inferiore della prateria.

6) Oltre il limite inferiore della prateria il fondale diviene sabbioso-fangoso e digrada più ripidamente verso profondità maggiori, senza registrare la presenza di affioramenti naturali di substrato duro.

1d) Elenco delle specie osservate durante le operazioni di mappatura.

Nella tabella seguente (tab. 4) sono elencate le specie della fauna e flora marina osservate durante le operazioni di mappatura.

Tabella 4.

ALGHE		**ECHINODERMI**
Caulerpa taxifolia		**Echinoidi**
Codium bursa		*Arbacia lixula*
Dictyota dicotoma		*Echinocardium cordatum*
Padina pavonia		*Paracentrotus lividus*
Udotea petiolata		*Sphaerechinus granularis*
FANEROGAME		**Asteroidei**
Cymodocea nodosa		*Coscinasterias tenuispina*
Posidonia oceanica		*Echinaster sepositus*
PORIFERI		**Oloturoidi**
Oscarella lobularis		*Holoturia tubulosa*
Crambe crambe		**TUNICATI**
CNIDARI		**Ascidiacei**
Entozoi		*Halocinthya papillosa*
Alicia mirabilis		**Taliacei**
MOLLUSCHI		*Thalia democratica*
Gasteropodi		**PESCI**
Astrea rugosa		*Chromis chromis*
Bolinus brandaris		*Coris julis*
Discodoris atromaculata		*Diplodus annularis*
Cerithium vulgatum		*Diplodus sargus*
Hexaplex trunculus		*Gobius* sp.
Bivalvi		*Lithognatus mormyrus*
Acanthocardium tubercolatum		*Mullus surmuletus*
Pinna nobilis		*Oblada melanura*
Venus verrucosa		*Sarpa salpa*
Cefalopodi		*Scorpaena* sp.
Octopus vulgaris		*Serranus cabrilla*
CROSTACEI		*Sparus aurata*
Palaemon serratus		*Spicara maena*
Palinurus elephas		*Spicara smaris*
ANELLIDI		*Symphodus tinca*
Policheti		
Sabella penicillus		
Sabella spallanzanii		

1e) Stato di conservazione della prateria

Per valutare lo stato di salute della prateria, sono stati effettuate stime della percentuale di ricoprimento del fondale e, nelle stesse aree, conteggi dei fasci fogliari, per avere una valutazione più obiettiva dello stato di conservazione della prateria stessa.
Sulla **carta 1** sono riportate le stazioni di immersione, con la relativa sigla.
La densità della prateria di posidonia varia molto a seconda del punto prescelto per l'immersione.

Nella tabella sottostante sono riportati i valori percentuali di **ricoprimento** nelle diverse stazioni.

Tabella 5. Percentuali di ricoprimento del fondale

Stazione	Profondità	% Ricoprimento
ST A1 – Limite superiore	-9m	50%
ST A2 – Prateria centrale	-16m	70%
ST A3 – Limite inferiore	-22m	35%
ST D1 – Limite superiore	-11m	40%
ST D2 – Prateria centrale	-16m	80%
ST D3 – Limite inferiore	-21m	30%
ST G1 – Limite superiore	-10m	45%
ST G2 – Prateria centrale	-16m	75%
ST G3 – Limite inferiore	-21m	30%

Come si può osservare la percentuale di ricoprimento varia notevolmente: soprattutto sul limite superiore, che non si presenta mai netto, ma con la presenza di numerose radure e canali intermatte, i valori non sono mai troppo elevati.
Densità della prateria
Combinando i valori della tabella precedente con quelli ottenuti dal **conteggio dei fasci**, si può avere un'idea più precisa della densità e dello stato di salute della prateria (Tabella 6)

Tabella 6. Caratteristiche della prateria come si evince dai valori di densità, tenendo conto della profondità e della percentuale di ricoprimento.

Stazione	Profondità	% Ricoprimento	Numero fasci m^2	Stato di conservazione
ST A1 – Limite superiore	-9m	50%	402	Soddisfacente
ST A2 – Prateria centrale	-16m	70%	349	Soddisfacente
ST A3 – Limite inferiore	-22m	35%	270	Soddisfacente
ST D1 – Limite superiore	-11m	40%	299	Soddisfacente
ST D2 – Prateria centrale	-16m	80%	254	Soddisfacente
ST D3 – Limite inferiore	-21m	30%	187	Soddisfacente
ST G1 – Limite superiore	-10m	45%	312	Soddisfacente
ST G2 – Prateria centrale	-16m	75%	228	Soddisfacente
ST G3 – Limite inferiore	-21m	30%	106	Soddisfacente

Si può osservare come lo stato della prateria sia soddisfacente praticamente in tutti punti dell'area indagata.

2.a) Confronto con precedenti studi o rilievi.

Per quanto riguarda la mappatura dell'area marina compresa tra Capo Berta e Capo Cervo esistono tre precedenti studi, due non troppo recenti:

a) il lavoro di M. Vetere e D. Pessani (1989) – La prateria di *Posidonia oceanica* di Diano Marina (Liguria): la struttura "a cordoni". Oebalia, XVI (1): 345-350.
b) i già citati rilievi effettuati dall'ENEA (Bianchi C.N. e Peirano A. 1995 - "Atlante delle fanerogame marine della Liguria, *Posidonia oceanica* e *Cymodocea nodosa*", ENEA, Centro Ricerche Ambiente Marino, La Spezia, 146pp): il 1995 è l'anno di pubblicazione, ma le indagini probabilmente risalgono a qualche tempo prima (**Carta 3**)

Il terzo è costituito dal rilievo effettuato dallo scrivente nel marzo 2002, che in parte si sovrappone al presente:

c) Indagine e rilievi biologici sul fondale marino del Comune di S. Bartolomeo al Mare (IM) in relazione alle progettate opere di ripascimento dell'arenile. Mappatura delle biocenosi

Il primo è soprattutto incentrato sul rilevamento delle strutture a cordoni e a colline caratteristiche della prateria del golfo dianese, di cui si è già fornito ampio cenno nel capitolo precedente; riguarda solamente la *P. oceanica*, senza alcun cenno su *C. nodosa*. E' il risultato di osservazioni subacquee condotte in due zone limitate, in cui vengono mappate e descritte con molta precisione le suddette strutture, mentre per quel che riguarda l'area vasta fornisce solamente alcune indicazioni di massima su estensione, limiti superiore ed inferiore e condizioni generali della prateria. Si tratta comunque di un punto di riferimento assai utile, ripreso molto estesamente anche dagli autori della mappatura effettuata dall'ENEA, soprattutto per quel che riguarda la descrizione generale della prateria e le sue condizioni. Purtroppo la carta presentata nel lavoro non fornisce precisi riferimenti geografici e batimetrici, per cui risulta difficile poter effettuare confronti precisi delle strutture e di eventuali variazioni importanti.

Sostanzialmente le osservazioni condotte da Vetere e Pessani (1989) sono tutte confermate, sia per quel che riguarda la struttura della prateria, sia per le sue generali condizioni di salute.

Per quanto riguarda la mappatura effettuata dall'ENEA (**Carta 3**), c'è una sostanziale concordanza. Le differenze maggiori si riscontrano a livello del limite superiore, che non appare attualmente così netto come riportato sulla carta ENEA. Per quel che riguarda l'estensione ed i limiti del prato di *C. nodosa*, questa non era praticamente segnalata nell'area, mentre abbiamo visto che almeno a partire dai –7m la sua presenza è abbastanza costante, fino al limite superiore della prtateria di Posidonia.

Infine confrontando la situazione attuale con quanto osservato tre anni fa nella zona di sovrapposizione dei due rilievi, le risultanze generali concordano, sia per quanto riguarda la struttura e le caratteristiche della prateria, sia per la presenza di matte morta nella zona. Alcune differenze si possono riscontrare in quanto segue:

a) Maggiore estensione della presenza di *C. taxifolia*, che nel marzo 2002 era presente solo a partire dai –9m, mentre ora è diffusa anche a profondità di –6m/-7m.
b) Probabile esistenza di matte morta di recente "formazione", soprattutto sul limite superiore.
c) Prato di *C. nodosa*: attualmente il prato appare meno esteso, considerando che allora era segnalata la presenza già a –3m, mentre nel corso del presente studio non è mai stata osservata sopra i -6,5m.
d) Limite inferiore della prateria: nel rilievo di tre anni or sono non era stata messa in evidenza la discontinuità della prateria esistente tra i –21m ed i –22m. E' possibile che ai tempi non fosse presente e che sia il risultato della pesca a strascico illegale?

2.b) Presenza di siti SIC (siti Bioitaly) nella zona.

In recepimento della direttiva 92/43/CEE e succ. modif. (c.d. Direttiva Habitat), relativa alla conservazione degli habitat naturali e seminaturali e della flora e della fauna selvatiche, che rappresenta il principale atto legislativo comunitario a favore della biodiversità, è stato varato il progetto nazionale "BioItaly" che, in sede tecnica ha individuato, anche in Liguria, i siti eligibili come "Siti di Importanza Comunitaria" (SIC) in base ai loro contenuti in termini di habitat e specie di cui alla citata direttiva 92/43/CEE.
Con il D.M. 03/04/2000 contenente la lista dei proposti Siti di importanza Comunitaria (pSIC) ricadenti in territorio ligure, la cui perimetrazione è definita nella cartografia 1:25.000 della Regione Liguria, la trasmissione della lista dei SIC proposti da parte delle regioni al Ministero e da questi alla Comunità Europea è comunque già produttiva di effetti immediati rispetto alla tutela e salvaguardia di tali siti. Le Regioni hanno la responsabilità, una volta individuato un sito di adottare "le opportune misure per evitare il degrado degli Habitat naturali e degli habitat di specie, nonché la perturbazione delle specie per cui le zone sono state individuate".
I siti SIC del litorale di Diano Marina ricalcano in gran parte la distribuzione della prateria di posidonia, così come risulta dalla mappatura effettuata dall'ENEA (**Carta 3**), ad una profondità variabile da – 9m a –18m ca.

Nel caso in esame la distanza minore tra il limite del Sito SIC e le opere progettate risulta di ca 150-200m.

3. Conclusioni

Le indagini condotte lungo durante questo studio hanno portato ad alcune principali conclusioni:

- piano sopra e medio litorale non presentano particolarità di rilievo.
- per quel che riguarda *C. nodosa*, occorre considerare che il presente rilievo, condotto alla fine del mese di gennaio, cade nel periodo che è solitamente il più critico per questa fanerogama, la quale risente notevolmente delle influenze stagionali (spesso le fronde vengono strappate dalle mareggiate e gettate sulla spiaggia durante l'inverno): è quindi del tutto normale che la sua presenza si sia riscontrata in maniera rarefatta. Tuttavia la vasta area interessata fa pensare che in primavera / estate possa tornare a costituire un prato con una buona ricopertura del fondale. Come già più volte sottolineato, essa risulta presente a partire da –7m di profondità praticamente su tutta l'area indagata.
- la prateria di *P. oceanica*, basandoci sulle risultanze dei conteggi dei fasci fogliari, sembra essere in condizioni soddisfacenti: come già sottolineato in precedenza, essa è rigogliosa e presenta caratteristiche particolari che la rendono anche assai articolata, varia e bella esteticamente. La parte centrale è effettivamente più frammentata, tuttavia non si trova matte morta, per cui si può ipotizzare che questa frammentazione sia del tutto naturale e avvenuta in passato, come già ipotizzato da Vetere e Pessani: in pratica tutta la struttura a cordoni e colline della prateria potrebbe avere origine come forma di erosione correlata ai tipi di azione idrodinamica della zona e mantenuta tale in un equilibrio dinamico. Infatti, osservando che i cordoni sono orientati perpendicolarmente alla costa, essi potrebbero essere generati dalle correnti di scarico che sono originate dal moto ondoso prevalente della zona che ha direzione dal terzo quadrante. Tuttavia un piccolo campanello d'allarme potrebbe essere rappresentato dalla presenza di matte morta sul limite superiore, in parte dovuta a fenomeni erosivi recenti

della “testa” di alcuni cordoni, soprattutto nell’area di fronte alla foce del torrente S. Pietro e per la presenza della discontinuità sul limite inferiore.

- presenza dell’alga alloctona *C. taxifolia:* si trova ormai diffusa a partire da –6m. Probabilmente vale lo stesso ragionamento fatto per *C. nodosa*: siamo nel periodo più critico per quest’alga, che è riuscita a resistere durante l’inverno solo grazie alla protezione che fronde e matte di Posidonia le hanno offerto, mentre nella porzione più esposta, sul fondo costituito da SFBC è effettivamente ridotta e molto sparsa. Tuttavia il fatto che sia presente praticamente su tutta l’area indagata può far pensare che molto probabilmente in periodo estivo potrà colonizzare anche il fondale sabbioso lasciato libero da Posidonia e Cymodocea.
- assenza, nell’area ricoperta dal presente studio, di altre biocenosi di pregio: la biocenosi delle SFBC che domina il fondale sotto costa, e su cui si instaurano poi le praterie di fanerogame marine, è infatti diffusissima lungo tutto l’arco ligure e non presenta particolarità di rilievo.

- distanza dalla linea di costa del limite superiore delle fanerogame marine è notevole, considerando che *C. nodosa* inizia a comparire a –7m e quindi oltre dalla linea di costa. Ancor maggiore sarà la distanza per quel che riguarda la *P. oceanica*, considerando il limite superiore sempre sopra i –9m/ -10m di profondità.

Tenendo conto di queste osservazioni, ci si può orientare verso una corretta valutazione dell’impatto che le opere in progetto potranno avere sull’ecosistema costiero.

.

Per quel che riguarda le praterie di fanerogame marine, la prateria di *C. nodosa* appare estesa, con le necessarie cautele per i motivi esposti prima e generalmente si osserva che questa fanerogama è in grado di sopportare meglio che la posidonia condizioni ambientali difficili.
D’altra parte anche la distanza dal limite superiore della prateria di *P. oceanica* (ca 150m) appare sufficiente a garantire una minima influenza sulla stessa da parte delle opere previste.
Giocano a favore di una naturale riduzione dell’impatto delle opere previste le particolari condizioni idrodinamiche della zona (testimoniate anche dalle particolarità della struttura della prateria di posidonia), che come già detto è esposta ai venti e alle correnti in grado di trasportare in fretta altrove gli eventuali sedimenti in eccesso.

Tuttavia considerando i già esposti problemi testimoniati dalla presenza di matte morta, si raccomanda che vengano prese tutte le precauzioni possibili affinchè durante l’esecuzione delle opere sia minima la dispersione di materiale terrigeno in mare, che, se immesso in quantità notevoli, potrebbe alterare l’equilibrio sedimentologico della prateria di posidonia. Pertanto, per quanto riguarda la conduzione dei lavori, si raccomanda che questi vengano svolti utilizzando tempi, metodi, tecniche e materiali atti a limitarne l’influenza ad aree ristrette.

Bibliografia citata

- Bianchi C.N. e Peirano A. 1995 - “Atlante delle fanerogame marine della Liguria, *Posidonia oceanica* e *Cymodocea nodosa*”, ENEA, Centro Ricerche Ambiente Marino, La Spezia, (146pp)
- M. Vetere e D. Pessani 1989 – La prateria di *Posidonia oceanica* di Diano Marina (Liguria): la struttura “a cordoni”. Oebalia, XVI (1): 345-350.
- A. Meinesz et Laurent R. 1978 – Cartographie et etat de la limite inferieure de l’herbier de Posidonia oceanica dans les Alpes-Maritimes (France). Bot. Mar., 21: 513-526.
- Tunesi L., Piccione M.E., Agnesi S., 2002 – Progetto pilota di cartografia bionomica dell’ambiente marino costiero della Liguria. Proposta di un sistema informativo geografico per la gestione di cartografie bionomiche e sedimentologiche. ICRAM, 112pp.

Foto 1. *Caulerpa taxifolia* e *Cymodocea nodosa* su SFBC a –8m di profondità

Foto 2. Piccolo ciuffo di *Posidonia oceanica* a –8m

Foto 3. Cespugli di *P. oceanica* (-9m). In primo piano: matte morta ricoperta di *C. taxifolia*

Foto 4. Limite superiore della prateria (-10m/-11m). Sempre presente Caulerpa su matte e su sabbia

Foto 5. Caratteristica struttura a cordoni della prateria, con ampi canali intermatte.

Foto 6. *C. taxifolia* su matte all'interno della prateria

Foto 7. Posidonia su matte all'interno della prateria

Foto 8. Conteggio dei fasci di Posidonia

Foto 9. Margini di una radura o ampio canale intermatte

Foto 10. Caulerpa su matte verso il limite inferiore della prateria

Foto 11. Il bivalve *Pinna nobilis* all'interno della prateria

Foto 12. Un tratto molto denso di prateria

Foto 13. I margini di un ampio canale verso il limite inferiore

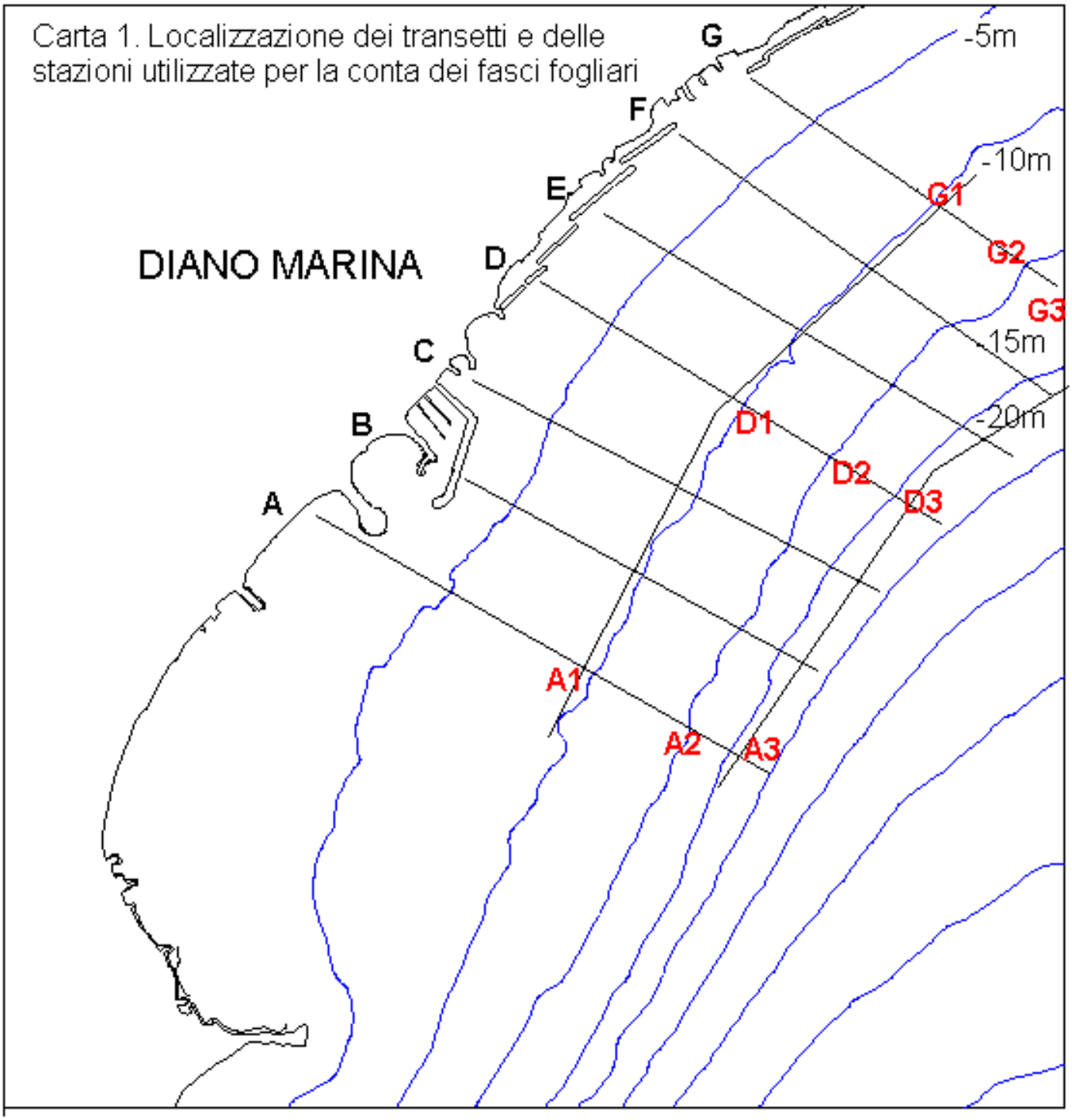
Foto 14. Uno spirografo tra le fronde di Posidonia

Foto 15. Una *Alicia mirabilis* sulle foglie di Posidonia

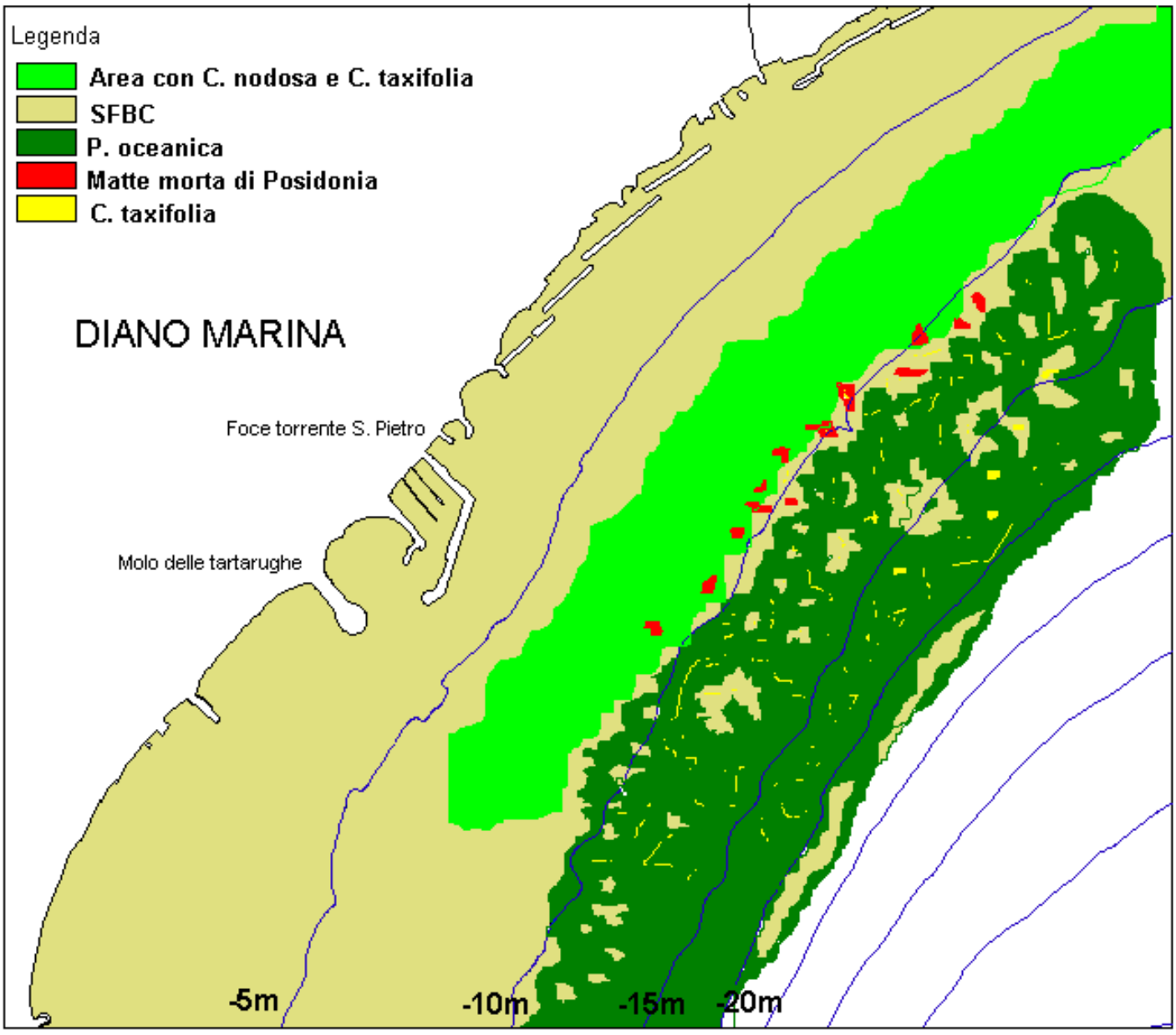
Foto 16. Limite inferiore della prateria nella zona di ponente

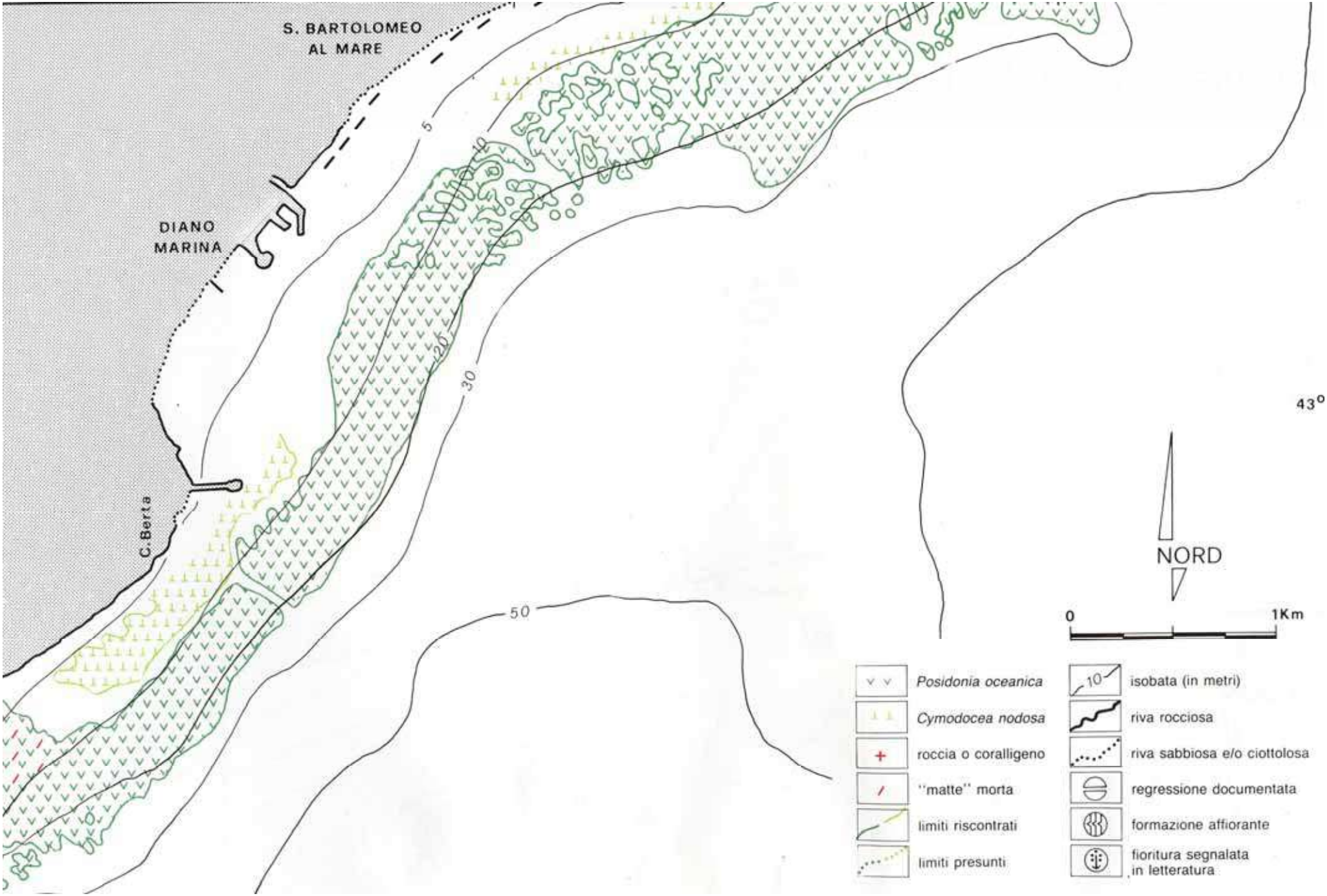
Foto 17. Limite inferiore della prateria nella zona di levante

Foto 18. Un polpo in una radura verso il limite inferiore


Carta 1. Localizzazione dei transetti e delle stazioni utilizzate per la conta dei fasci fogliari
DIANO MARINA
A
B
C
D
E
F
G
-5m
-10m
-15m
-20m
A1
A2
A3
D1
D2
D3
G1
G2
G3

Carta 2. Carta bionomica dei fondali.





Carta 3. Rilievo effettuato dall'ENEA.

4) DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Foto 1. *Caulerpa taxifolia* e *Cymodocea nodosa* su SFBC a –8m di profondità



Foto 2. Piccolo ciuffo di *Posidonia oceanica* a –8m



Foto 3. Cespugli di *P. oceanica* (-9m). In primo piano: matte morta ricoperta di *C. taxifolia*



Foto 4. Limite superiore della prateria (-10m/-11m). Sempre presente Caulerpa su matte e su sabbia



Foto 5. Caratteristica struttura a cordoni della prateria, con ampi canali intermatte.



Foto 6. *C. taxifolia* su matte all'interno della prateria



Foto 7. Posidonia su matte all’interno della prateria



Foto 8. Conteggio dei fasci di Posidonia



Foto 9. Margini di una radura o ampio canale intermatte



Foto 10. Caulerpa su matte verso il limite inferiore della prateria



Foto 11. Il bivalve *Pinna nobilis* all'interno della prateria



Foto 12. Un tratto molto denso di prateria



Foto 13. I margini di un ampio canale verso il limite inferiore



Foto 14. Uno spirografo tra le fronde di Posidonia



Foto 15. Una *Alicia mirabilis* sulle foglie di Posidonia



Foto 16. Limite inferiore della prateria nella zona di ponente



Foto 17. Limite inferiore della prateria nella zona di levante



Foto 18. Un polpo in una radura verso il limite inferiore

Prof. PIETRO MAIFREDI
Geologo, prof. di geologia applicata
Università di Genova

COMUNE DI DIANO MARINA
(Provincia di Imperia)

RELAZIONE GEOLOGICA
PER IL PROGETTO DI INTERVENTI DI DIFESA DELLA COSTA

Lo scrivente, con i Progettisti, Ing.Valentino Castellini e ing. Paolo Gaggero, ha preso in esame l'area sulla quale si intende realizzare il progetto in epigrafe, al fine di verificare la fattibilità degli interventi da proporre ai sensi della vigente normativa in materia geologica.

1) inquadramento geologico

L'area presa in esame è situata tra la battigia e la spiaggia sommersa lungo il litorale di Diano Marina; questo tratto di costa si sviluppa lungo un affioramento di sedimenti quaternari limosi e sabbiosi, sul quale si sviluppa l'abitato, compreso tra Capo Mele e Capo Cervo (costituiti da flysch ed in particolare Calcari marnosi ad Helmintoidea, H1 di Franchi) poggianti su una formazione, sempre flysciode, ma più ricca in frazioni pelitiche con alternanze di argilliti, calcari marnosi ed arenarie, corrispondente al membro H2 di Franchi.
Nella zona di intervento, posta nel tratto di ponente del paraggio costiero, la roccia è coperta da sedimenti marini sabbiosi.
La spiaggia è in arretramento sia per la carenza di apporti che per la vicinanza secolare con la viabilità costiera che rappresenta un ostacolo agli scambi di sedimenti tra mare e terra.
Gli interventi proposti sono finalizzati a ridurre gli effetti del moto ondoso e a limitare la naturale deriva litoranea da ovest verso est dei sedimenti.

2) caratteristiche dei terreni

a) I sedimenti quaternari superficiali

Per quanto riguarda i sedimenti marini sui quali saranno fondati gli interventi si tratta di sabbie fini uniformi, con granulo medio (D_{50}) dell'ordine di 0,15 mm, con pendenza della spiaggia sommersa contenuta, tanto che a circa 150 m da riva si superano di poco i 3 metri di tirante d'acqua (vedi analisi granulometriche dello Studio Dressino) e batimetrie. Non è noto lo spessore preciso dei sedimenti, che

è comunque rilevante né lo stato di addensamento delle sabbie, che prudenzialmente considereremo poco addensate.
Tuttavia, trattandosi nel caso specifico di manufatti molto estesi e con carico molto ridotto sul piano di imposta, deformabili senza problemi entro ampi limiti, si possono considerare parametri molto cautelativi, sicuri di non incorrere in errori significativi.

Dall'esperienza in terreni analoghi a breve distanza (Porto di Imperia), si valuta che prudenzialmente si possa considerare che l'angolo di attrito interno medio sia dell'ordine di 35°, con un peso di volume che dipende dall'addensamento ma che mediamente possiamo considerare dell'ordine di circa 18 kN (circa 1800 kg/m^3), cioè una sabbia poco addensata.

b) la roccia di substrato

Per quanto concerne invece il substrato, che è comunque a notevole profondità sotto i sedimenti, si è presunto *cautelativamente* che si tratti del membro più argilloso del flysch, (H2) e sono state pertanto eseguite osservazioni di superficie, per la roccia, lungo la statale Aurelia, dove si è analizzata la frequenza delle discontinuità e si è misurata la reazione al martello di Schmidt con valori minimi che si aggirano in media attorno ad un indice di Schmidt di 12, corrispondente ad una resistenza alla compressione semplice di circa 150 kg/cm^2 (15 MPa) per una massa volumica di circa 2200 - 2400 kg/m^3 dei litotipi scistoso-pelitici, che sono i peggiori. La giacitura è del tutto indifferente trattandosi di materiali sottostanti, in estese superfici, alle sabbie di copertura.

Sull'affioramento è stata valutata la spaziatura dei giunti traendone un valore indicativo della qualità dell'ammasso roccioso (R.Q.D.) "peggiore" ipotizzabile del substrato.

Con i dati disponibili si è giunti alla classificazione di Bieniawski che porta detta roccia in classe IV.

Si tratta quindi di rocce di qualità meccaniche non certo eccezionali ma comunque tali da consentire, trovandosi ad una profondità a notevole e con la distribuzione delle pressioni su ampie superfici, un buon "appoggio" per la trasmissione del carico dai terreni sovrastanti e quindi alle sabbie sulle quali poggiano le fondazioni dei nostri manufatti, che, si ripete, sono molto deformabili e con un carico quasi trascurabile.

3) stabilita' dell'area

Per la bassa acclività della spiaggia sommersa e per la natura dei terreni sabbiosi sovrastanti al substrato con un contatto che costituisce un piano di appoggio suborizzontale, la zona non presenta problemi di instabilità latente o pregressa e non si hanno nelle zone circostanti terreni che possano su di essa franare.

4) situazione idrogeologica

Il substrato roccioso ha una permeabilità per fessurazione in genere non molto elevata ma localmente, dove si abbiano zone particolarmente fratturate, le formazioni possono dare luogo, in linea teorica, a una circolazione di acqua concentrata lungo le fratture. Si tratta comunque di potenzialità di circolazione molto modeste.

Le sabbie e le ghiaie sono invece molto permeabili per porosità e sono sature di acqua al livello del mare.

Non si hanno sorgenti o pozzi che possono essere interessati dall'intervento, poiché l'intervento è ubicato in mare.

La variazioni di carico non sono tali da portare ad un addensamento significativo delle sabbie e pertanto non si avranno interferenze con i deflussi sotterranei tra le zone retrostanti alla spiaggia e il mare.

Il coefficiente di permeabilità di Darcy è valutabile attorno ai 10^{-1} e 10^{-2} cm/s in accordo con le caratteristiche granulometriche e di addensamento del del materiale e note dalla conoscenza di lavori sul comportamento dei terreni in simili.

5) erosione

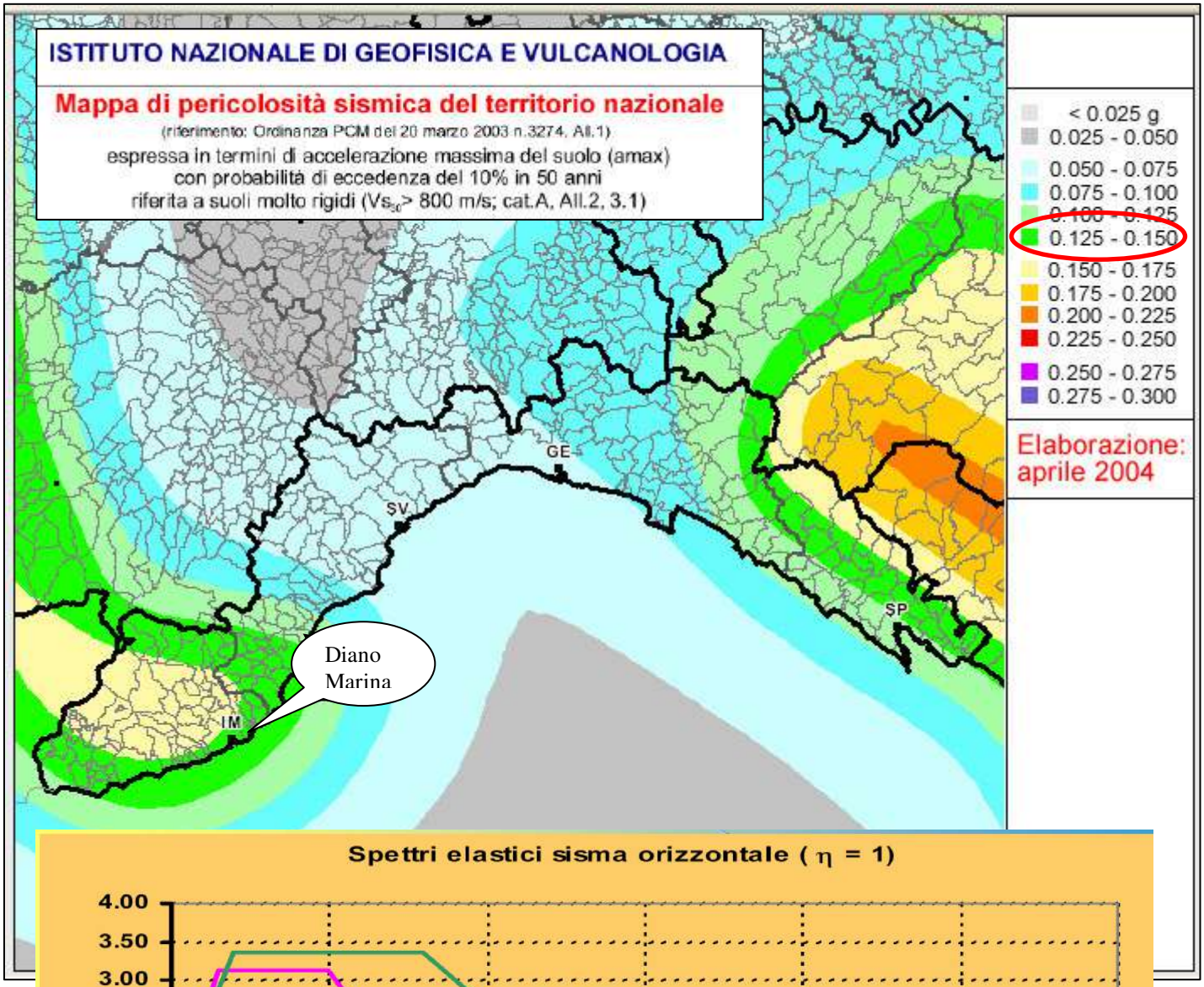
L'erosione costiera è legata al normale spostamento dei granuli per effetto delle onde con traversia da Sud Ovest, è significativa per l'utilizzo balneare della spiaggia, ma non si può considerare "violenta" sotto l'aspetto della dinamica costiera.

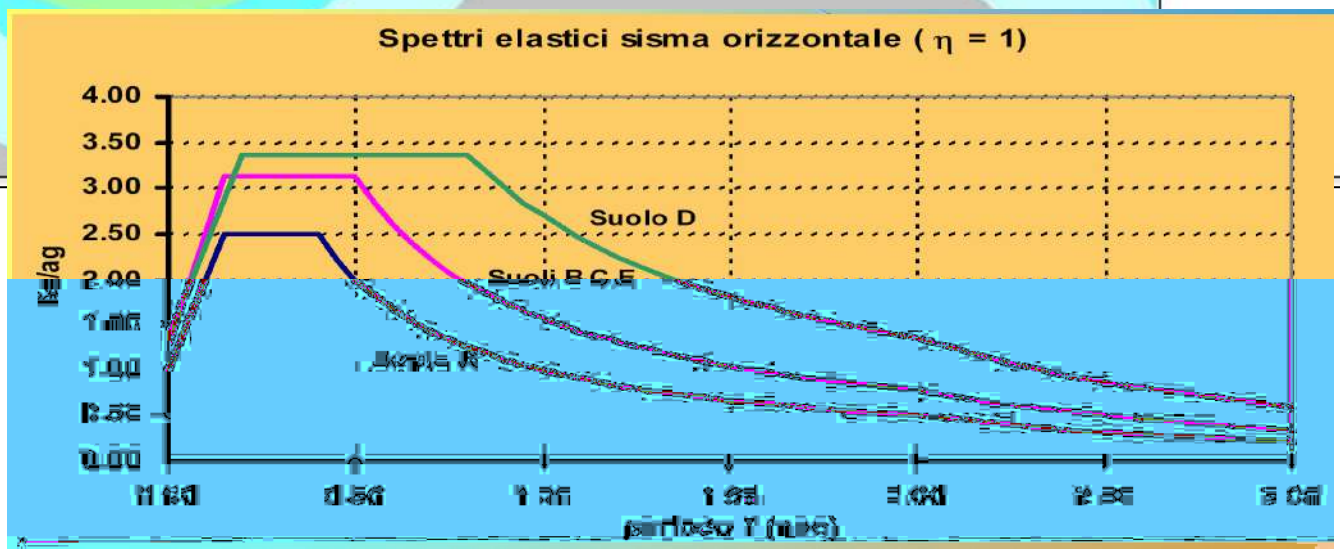
E' evidente che la presenza dei nuovi manufatti, secondo le previsioni di calcolo, dovrebbe proteggere questo tratto di costa riducendo drasticamente il fenomeno.

6) sismicità dell'area.

Ai sensi della vigente normativa in materia, l'area risulta in classe 3, dove è attesa un'accelerazione massima orizzontale di ag = 0.15g.

La caratterizzazione del suolo in prospettiva sismica è da considerarsi a nostro avviso di tipo "E", con valori di Vs30 compresi tra 180 e 360 m/s.





Studio di Geologia applicata - prof. Pietro Maifredi - dott. Alessandro Maifredi
Via dei Giustiniani 26/1 16123 GENOVA - Tel. 010 2471157 - fax 0239195539 - e-mail: maifredigeo@mclink.it

AZIONE SISMICA
Categorie di suolo di fondazione
A –Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi. Caratterizzati da valori di **Vs30** superiori a 800 m/sec, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5 m.
B –Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti. Con spessori di diverse decine di metri , caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità a da valori di **Vs30** compresi fra 360 m/sec ed 800 m/sec (ovvero resistenza penetrometrica Nspt > 50 , o coesione non drenata Cu > 250 kPa.
C – Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza. Con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di **Vs30** compresi fra 180 e 360 m/asec (ovvero 15 < Nspt < 50 oppure 70 < Cu < 250 kPa)
D – Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti. Caratterizzati da valori Vs3**0** < 180 m/sec (Nspt < 15 oppure Cu < 70 kPa)
E – Profili di terreni costituiti da strati superficiali alluvionali. Con valori **Vs30** simili a quelli dei tipi C e D e spessori compresi fra i 5 ed i 20 metri, giacenti su un substrato di materiale più rigido con Vs30 > 800 m/sec.

Studio di Geologia applicata - prof. Pietro Maifredi - dott. Alessandro Maifredi
Via dei Giustiniani 26/1 16123 GENOVA - Tel. 010 2471157 - fax 0239195539 - e-mail: maifredigeo@mclink.it

Per quanto concerne il rischio di liquefazione le nostre granulometrie sono a margine della zona a rischio negli abachi dedicati, secondo i valori trovati in letteratura e quindi già per le loro caratteristiche tranquillizzanti.
Con le formule empiriche più recenti è risultato che non sussiste il pericolo di liquefazione.
Va considerato comunque che anche in tale deprecabile ipotesi, non si avrebbero conseguenze significative per la sicurezza di persone o cose, limitandosi gli eventi peggiori ad un assestamento dei manufatti.

CONCLUSIONI

In base alle osservazioni effettuate e alle caratteristiche dell'intervento, lo scrivente dichiara che l'intervento proposto è sicuramente fattibile ai sensi della vigente normativa geologica e geotecnica e che non vi sono controindicazioni per quanto concerne i problemi geologici, idrogeologici, sismici e la normativa ad essi correlata.

Genova, Marzo 2008

Prof. Pietro Maifredi

