REGIONE LIGURIA

DIPARTIMENTO AMBIENTE E PROTEZIONE CIVILE

.

SETTORE DIFESA DEL SUOLO LA SPEZIA
Via XXIV Maggio, 3 – 19124 La Spezia

Ripascimento strutturale del litorale di Fiumaretta e Marinella mediante l'utilizzo di materiale sabbioso depositato temporaneamente a monte del ponte della Colombiera proveniente dal dragaggio del tratto terminale del fiume Magra.

CUP G73H20000250001

PROGETTO DEFINITIVO / ESECUTIVO

RELAZIONE GENERALE	Elaborato: **R01a**

		LUGLIO 2021

IL RELATORE

.....

IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO

Dott. Arch. Giorgio GUIDOTTI

IL DIRIGENTE

Dott. Ing. Angelo FERRARINI

SOMMARIO

1. SITO D'INTERVENTO 3

1.1. INQUADRAMENTO TERRITORIALE 3

2. ANALISI TERRITORIALE DEL SITO DI INTERVENTO (PTAMC-AMBITO 18) 4

2.1. EVOLUZIONE STORICA DEL LITORALE 4
2.2. COSTA BASSA 7
2.3. MORFOLOGIA ED EVOLUZIONE DELLA SPIAGGIA 8
2.4. MORFOLOGIA ED EVOLUZIONE DELLA SPIAGGIA SOMMERSA 10

3. SEDIMENTOLOGIA 11

3.1. BACINI VERSANTI 15
3.2. BILANCIO SEDIMENTARIO 17

4. DINAMICA ED EFFETTI DEL MOTO ONDOSO 18

4.1. ANALISI GENERALE 18
4.2. SINTESI DEI PROCESSI IDRODINAMICI E VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ E DEL RISCHIO 23
4.3. CLIMA ONDOSO AL LARGO 26
4.4. PROPAGAZIONE DEL MOTO ONDOSO DA LARGO VERSO COSTA (RM) 27

5. HABITAT MARINI 30

6. HABITAT COSTIERI 32

6.1. FIUMARETTA - SPIAGGIA ARGINE SINISTRO F.MAGRA: 34
6.2. LITORALE FIUMARETTA - MARINELLA: 35
6.3. MARINELLA - SPIAGGIA AL CONFINE CON IL TERRITORIO TOSCANO: 39

7. PIANI TERRITORIALI 43

7.1. PIANO PARTICOLAREGGIATO DEL COMUNE DI SARZANA 43
7.2. PIANO ENTE PARCO MONTEMARCELLO-MAGRA-VARA 46

8. SINTESI DEI PROCESSI COSTIERI 50

9. TENDENZA EVOLUTIVA DEL LITORALE 50

10. MISURE DI INTERVENTO 51

10.1. INTERVENTI COSTA BASSA 51

11. CARATTERIZZAZIONE DEL SITO SOGGETTO A RIPASCIMENTO 52

11.1. CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE DELLA SPIAGGIA OGGETTO DI INTERVENTO 52
11.2. COLORE DEL MATERIALE DELLA SPIAGGIA OGGETTO DI INTERVENTO 52
11.3. MORFOLOGIA DELLA SPIAGGIA EMERSA E SOMMERSA 52
11.4. CARATTERISTICHE NATURALISTICHE DEL SITO DI INTERVENTO 52

12. CARATTERIZZAZIONE DEL SITO DI PRELIEVO DEL MATERIALE DA RIPASCIMENTO 53

12.1. SITO DI PRELIEVO 53

13. CARATTERIZZAZIONE DEL MATERIALE DA RIPASCIMENTO.....54

14. MODALITA' DI RIPASCIMENTO.....54

1. SITO D'INTERVENTO

1.1. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

i. Il litorale oggetto dell'intervento fa parte Unita' Fisiografica della Magra (Ambito Costiero 18) del Piano di Tutela dell'Ambiente Marino e Costiero (PTAMC) di Regione Liguria;

ii. In particolare , il litorale di cui trattasi, fa parte del Paraggio Costiero di Marinella ; paraggio che si sviluppa per circa 5 Km compresi tra Punta Bianca ed il Torrente Parmignola, al confine con la Regione Toscana, rappresentando non un limite fisico ma amministrativo. Il tratto di costa del paraggio è caratterizzato dalla presenza della foce del Fiume Magra; la porzione di costa posta ad ovest della foce presenta una morfologia a costa alta, le uniche spiagge le ritroviamo a ridosso del porticciolo turistico di Bocca di Magra, oltre ad alcuni ridotti depositi sedimentari (spesso effimeri) alimentati dalla detrizione delle falesie.
L'orientazione della costa risulta essere SSW-NNE.
Attraversando la foce del Magra, troviamo invece un litorale sabbioso, lungo circa 2.5 km e ampio oltre 70 metri, che non mostra più i caratteri tipici della costa ligure orientale. La spiaggia, a causa della struttura posta in sponda sinistra della foce, mostra una morfologia a parabola ed è caratterizzata dalla presenza di numerose opere di protezione costiera. L'orientazione della costa risulta essere WNW-ESE, determinando così una marcata esposizione alle mareggiate provenienti da SW.

iii. Tutta la linea di riva fino al confine toscano è caratterizzata dalla presenza di un'ampia spiaggia, suddivisa in più celle dalla presenza di vari pennelli ortogonali alla costa, realizzati nel tempo. La linea di riva della spiaggia è attualmente in progressivo avanzamento grazie agli interventi di ripascimento susseguitesi nel tempo, con il materiale dragato dal canale del Magra.

iv. Dall'analisi dell'evoluzione dei fondali emerge un'erosione diffusa lungo la fascia a profondità tra 5 e 10 metri, dove si verifica la perdita di circa il 70% del materiale. Questo fenomeno è dovuto all'erosione dell'apparato deltizio sommerso del Magra conseguente alla riduzione di sedimento trasportato dal fiume. Nonostante le opere di ripascimento registrate negli anni, questo paraggio mostra una perdita di materiale stimato in 6000 metri cubi l'anno.
Gran parte del materiale che costituiva il delta sommerso del Magra si è spostata verso levante e, trattenuta dal porto di Carrara, si è depositata sottoflutto al porto e nella zona antistante, dove si nota una grande zona di accumulo.

2. ANALISI TERRITORIALE DEL SITO DI INTERVENTO (PTAMC-AMBITO 18)

2.1. EVOLUZIONE STORICA DEL LITORALE

La zona della foce del fiume Magra ha visto un'evoluzione storica estremamente influenzata dallo sviluppo delle attività antropiche. Mentre il tratto di costa posto tra Punta Bianca e la sponda destra della foce è principalmente caratterizzato da costa alta ed è stato quindi scarsamente interessato dalla pressione antropica, ad eccezione del tratto in prossimità dell'odierno porticciolo di Bocca di Magra, il litorale posto tra la sponda sinistra della foce ed il confine regionale ha mostrato nel tempo i segni evidenti dell'influsso delle attività umane.
Osservando la cartografia del Vinzoni (XVIII secolo) si nota come l'area della foce non sia interessata dalla presenza di centri urbani, e la costa si mostra in condizioni completamente naturali (figura seguente).



Tavola del cartografo Matteo Vinzoni.

Tuttavia, data la favorevole morfologia della costa, già nel XIX secolo, iniziarono a sorgere gli abitati di Fiumaretta di Ameglia e Marinella di Sarzana, dando così il via al processo di antropizzazione dell'area. Dalla fine del XIX secolo iniziò a manifestarsi il fenomeno erosivo lungo il litorale di Marinella. Le cause principali dell'erosione sono da ricercarsi principalmente nella riduzione dell'input sedimentario del fiume Magra, verificatosi principalmente a causa del prelievo di inerti dal suo letto. Inoltre, anche la realizzazione di un molo in sponda sinistra della foce portò ad una modifica delle dinamiche sedimentarie. Infatti, la presenza della struttura aggettante determinò un trasporto verso il largo dei

sedimenti fluviali, impedendone la naturale distribuzione lungo il litorale. Per questo motivo, il fenomeno erosivo risultò più marcato nel tratto di costa prospicente l'abitato di Fiumaretta, il più vicino alla struttura.
Il trend erosivo si protrasse nel tempo e dopo la seconda Guerra Mondiale l'abitato di Fiumaretta era ormai minacciato dal moto ondoso con tutta la spiaggia che mostrava chiari i segni dell'erosione. Negli anni successivi, il prolungamento del molo in sponda sinistra della foce, e la continua estrazione di inerti dal corso d'acqua, precedentemente sospesa durante il conflitto, determinarono un deciso aggravarsi della situazione, con un arretramento sempre più marcato della linea di riva (figura seguente).



Il litorale di Marinella prospiciente all'abitato di Fiumaretta negli anni 1950-1960.

Per far fronte a tale situazione, nei primi anni 1970 furono costruite 4 piattaforme isola lungo il tratto di costa prospicente l'abitato di Fiumaretta, che continuava ad essere il più colpito dal fenomeno erosivo. Furono inoltre versati circa 30000 m3 di materiale, che, unitamente alla riduzione delle attività estrattive in alveo e alla realizzazione di un varco nel molo in sponda sinistra, determinò un miglioramento della situazione (figura seguente).



Il litorale di Marinella prospiciente all'abitato di Fiumaretta nel 1983

Tuttavia, la presenza del varco agevolava anche il passaggio di ogni tipo di materiale, con il conseguente inquinamento della spiaggia. Per questa ragione, venne presa la decisione di chiudere il varco. Inoltre, visti i buoni risultati in termini di avanzamento della spiaggia, iniziò una proliferazione di opere lungo tutto l'arenile. Tutto ciò non fu però seguito da una corretta gestione della fascia costiera, e tali opere, spesso costruite da privati, si sovrapposero in maniera assolutamente caotica. Di conseguenza, anche in virtù della chiusura del varco, unitamente alla non completa cessazione delle attività estrattive in alveo, si ebbe un repentino ritorno del trend erosivo. In risposta di ciò, si ebbe un'ulteriore fase caratterizzata da interventi assolutamente disorganizzati a non pianificati, tra i quali la riapertura del varco nel molo in sponda sinistra della foce, il prolungamento del molo stesso, la realizzazione di strutture parallele emerse e sommerse, la realizzazione di pennelli. In sostanza si assistette, sino ai primi anni 2000, ad un susseguirsi incontrollato di interventi mirati a risolvere criticità locali, senza nessuna pianificazione.
Nel 2002 la Regione Liguria, di concerto con l'Autorità di Bacino del fiume Magra, lanciò un progetto per la riqualificazione ed il recupero del litorale. Fu previsto l'abbassamento delle strutture parallele, la risistemazione dei pennelli (anche mediante la costruzione di setti sommersi) e un ripascimento da 400000 m3. Il progetto fu realizzato in più riprese tra il 2003 e il 2010 anche se non completato. In totale furono versati circa 300000 m3 di materiale proveniente in parte dall'alveo del Magra in parte da cava fluviale (vedi tabella ripascimenti). A seguito di questo intervento il trend erosivo si arrestò e la linea di riva progredì su tutto l'arco litorale.

Altri 100000 m3 provenienti dal dragaggio dell'asta terminale del fiume Magra furono versati nella spiaggia sommersa nella zona di Fiumaretta nel 2014 con ottimi risultati.
Attualmente la spiaggia versa in una condizione di relativa stabilità. La principale criticità resta la presenza del molo in sponda sinistra della foce, il quale impedisce la ridistribuzione dei sedimenti fluviali lungo l'arco litorale.
Per quanto riguarda invece le spiagge di Bocca di Magra queste erano già presenti nella cartografia storica del Vinzoni (XVIII secolo; Figura 1.2.1). Già in passato erano utilizzate come zona di ricovero delle imbarcazioni dei pescatori amegliesi, che negli anni fu trasformato in un piccolo porto (figura seguente). Successivamente negli anni '60 venne realizzato il porticciolo posto nella parte terminale del corso d'acqua. La sua realizzazione determinò inevitabilmente una riduzione dell'input sedimentario alla spiaggia che inevitabilmente regredì. Negli anni 1960 – 70 venne realizzato un pennello nel settore centrale della spiaggia che non apportò alcun beneficio. Successivamente, nel decennio successivo fu realizzata una scogliera aderente nella parte occidentale del litorale a protezione dell'abitato che isolò la spiaggia.



La spiaggia di Bocca di Magra prima della realizzazione del porticciolo.

2.2. COSTA BASSA

A partire dalla foce del Magra verso levante si estende una grande piana alluvionale che prosegue senza soluzione di continuità per oltre 60 km fino alle propaggini rocciose a sud della città di Livorno. I fiumi principali che hanno dato origine alla piana alluvionale sono, da nord a sud, Magra, Frigido, Cinquale, Serchio e Arno.
La costruzione del porto di Carrara ha isolato a nord i sedimenti provenienti dal Magra generando, di fatto, un'unità fisiografica indipendente alimentata solo dal Magra che si estende per 4.3 km dalla foce del Magra al porto.
Il litorale di Fiumaretta-Marinella, posto al limite emerso della piana alluvionale del fiume Magra, presenta la morfologia classica di una spiaggia parabolica. Originariamente, prima

che l'opera dell'uomo modificasse drasticamente la morfologia e, in conseguenza, la dinamica costiera, questo tratto di litorale era alimentato dal cospicuo trasporto sedimentario del fiume Magra. Attualmente, in particolare a causa del molo posto in sponda sinistra della foce, la maggior parte dei sedimenti fluviali non è più ridistribuita sull'arco litorale. Si tratta di un tratto di costa che, pur trovandosi all'interno dei confini liguri, mostra caratteri più simili alle spiagge toscane, ove sovente troviamo estese spiagge sabbiose, delimitate a terra da piane alluvionali di discreta entità.
La spiaggia di Bocca di Magra, prima della costruzione del porticciolo era anch'essa alimentata dai sedimenti trasportati dal fiume. Attualmente non beneficia più di questi apporti e l'input sedimentario è dato in prevalenza dagli scarsi contributi provenienti dalla detrizione dei versanti di Punta Bianca, trasportati dal drift litoraneo.

2.3. MORFOLOGIA ED EVOLUZIONE DELLA SPIAGGIA

Tutta la linea di riva fino al confine toscano è caratterizzata dalla presenza di un'ampia spiaggia, suddivisa in più celle dalla presenza di vari pennelli ortogonali alla costa, realizzati nel tempo. La linea di riva della spiaggia è attualmente in progressivo avanzamento grazie agli interventi di ripascimento susseguitesi nel tempo, con il materiale dragato dal canale del Magra.
L'evoluzione recente del litorale è ricostruita attraverso l'analisi delle fotografie aeree. Le prime disponibili sono riferibili alle ortofoto della RAF del 1944. Di seguito viene descritta, partendo dalla posizione della linea di riva dell'epoca, l'evoluzione della spiaggia derivata dal confronto delle foto aeree. In particolare, si analizzano quattro intervalli temporali che vanno dal 1944 al 1973, 1973 al 1993, dal 1993 al 2003, e dal 2003 al 2013. Un confronto qualitativo è stato effettuato anche per il periodo 2013 – 2019, utilizzando le immagini satellitari disponibili online (es. Google maps).

1944-1973

Nel 1944 la linea di riva appare arretrata in maniera vistosa, indicando come l'abitato di Fiumaretta risultasse oramai vulnerabile all'azione dei marosi. Confrontando la linea di riva del 1973 si nota come la situazione risulti migliorata, con un seppur non eclatante avanzamento della linea di riva nel tratto prospicente l'abitato di Fiumaretta. Questo avanzamento è conseguenza degli interventi di recupero operati agli inizi del 1970, consistenti nella posa in opera di 4 barriere isola ed un ripascimento da 30000 m^3. La spiaggia di Bocca di Magra risente della realizzazione della struttura portuale. Si osserva una regressione quantificabile in circa 5 metri. In figura 2.3.1 è riportata una foto delle spiagge prospicienti l'abitato di Fiumaretta e della spiaggia di bocca di Magra nel 1973.



La spiaggia prospiciente l'abitato di Fiumaretta e la spiaggia di Bocca di Magra nel 1973.

1973-1993

Nel ventennio compreso tra il 1973 ed il 1993 si assiste ad un ulteriore avanzamento della spiaggia prospicente l'abitato di Fiumaretta, a discapito di un incremento dell'erosione costiera nella zona meno protetta dal molo di foce, sino al confine regionale. La spiaggia giace in una condizione di disequilibrio, tendente all'erosione. Questa situazione è il risultato di una politica gestionale sostanzialmente assente, contraddistinta da una moltitudine di interventi spesso disconnessi tra loro. La spiaggia di bocca di Magra registra un lieve incremento, circa 2 metri, presumibilmente imputabile a modesti versamenti artificiali. Il settore occidentale è ormai stabilizzato dalla scogliera.

1993-2003

Nel decennio che intercorre tra il 1993 ed il 2003 è presente una condizione di continuo arretramento della linea di riva, particolarmente marcato lungo il tratto di spiaggia prospiciente l'abitato di Fiumaretta. A bocca di Magra la spiaggia registra un ulteriore lieve avanzamento simile a quello avvenuto nel ventennio precedente. Si può supporre che la spiaggia, grazie all'appoggio fornito dalla struttura portuale ed ai modesti ma ripetuti versamenti artificiali abbia raggiunto un equilibrio.

2003-2013

Infine, tra il 2003 ed il 2013 si nota un netto miglioramento della situazione, con un generale avanzamento della linea di riva lungo tutto l'arco costiero. Questa condizione è il risultato degli interventi messi in opera nel 2008 da Regione Liguria, di concerto con l'Autorità di Bacino del Fiume Magra (descritti in sezione 1.2.). La spiaggia di Bocca di Magra registra un deciso avanzamento, circa 10 metri, anche in questo caso grazie ad alcuni ripascimenti stagionali effettuati nel 2010 e 2013.

2013-2019

Lo stato attuale della spiaggia, ben riscontrabile dalle immagini satellitari disponibili sulla rete internet (es. Google Maps) mostra l'ulteriore avanzamento determinato dal ripascimento effettuato nel 2014, in particolare nella zona di Fiumaretta, dove la spiaggia

ha ormai raggiunto e inglobato le piattaforme-isola degli anni '70 che hanno perciò perso ogni funzione e anzi costituiscono un ostacolo rigido deleterio per la spiaggia.

2.4. MORFOLOGIA ED EVOLUZIONE DELLA SPIAGGIA SOMMERSA

La spiaggia di Fiumaretta-Marinella presenta la classica morfologia dei litorali posti a valle di piane alluvionali, caratterizzati da acclività ridotta. L'isobata che individua la profondità di 5 metri è situata a 150 metri dalla costa, mentre i 10 metri di profondità distano più di un chilometro dalla battigia. L'andamento della spiaggia sommersa è regolare, ad eccezione del primo tratto verso il largo, dove è presente un sistema a barre non lineare, dovuto alla presenza di opere di difesa come pennelli, barriere emerse e piattaforme isola.
Il confronto batimetrico tra i dati dedotti dai rilievi storici dell'Istituto Idrografico della Marina (1878) ed i rilievi più recenti fornisce preziose informazioni ed è stato effettuato attraverso l'analisi spaziale in ambiente GIS.
Qui di seguito sono evidenziati nel dettaglio i risultati dei confronti in termini di variazioni volumetriche suddivise in fasce di profondità. Pur con tutte le cautele del caso, l'analisi offre spunti molto interessanti, che vengono sintetizzati nei paragrafi successivi.

Periodo	5_10	10_15	Totale	Media cm	Mm^3/a	$m^3/a/ml$
1878-2018	-127	+40	-87	-43.5	-6.4	-2.1

1878-2018

Dall'analisi dell'evoluzione dei fondali emerge un'erosione diffusa lungo la fascia a profondità tra 5 e 10 metri, dove si verifica la perdita di circa il 70% del materiale. Questo fenomeno è dovuto all'erosione dell'apparato deltizio sommerso del Magra conseguente alla riduzione di sedimento trasportato dal fiume. Nonostante le opere di ripascimento registrate negli anni, questo paraggio mostra una perdita di materiale stimato in 6000 metri cubi l'anno.
La carta mostra in maniera evidente che gran parte del materiale che costituiva il delta sommerso del Magra si è spostata verso levante e, trattenuta dal porto di Carrara, si è depositata sottoflutto al porto e nella zona antistante, dove si nota una grande zona di accumulo.

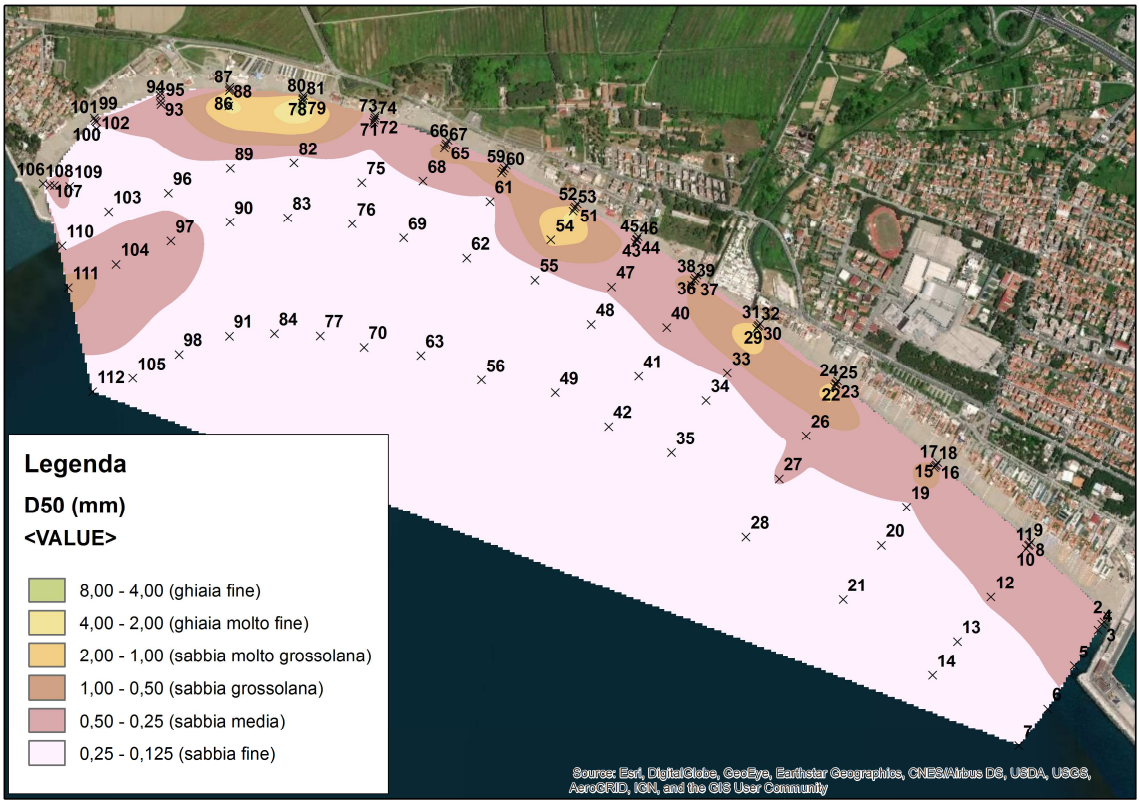
3. SEDIMENTOLOGIA

Dall'analisi sedimentologica condotta si evince che la distribuzione dei sedimenti è uniforme, in quanto mostra una prevalenza di sabbie medie (0.50 – 0.25 mm) lungo la fascia più prossima alla costa, mentre a profondità maggiori le sabbie fini (0.25 – 0.125) risultano prevalenti; solo lungo la foce del Magra si segnale la presenza di sabbia grossolana derivante dal trasporto fluviale. In battigia è stata rilevata la presenza di materiale più grossolano tra i 2 e i 4 mm (ghiaia molto fine) nell'area a nord e in quella centrale.

Stazione	X	Y	Z	Classazione	1 percentile	Fine	Media
1	582967,75908400000	4876244,96718000000	1	0,324	0,452	0,000	0,258
2	582955,70462000000	4876225,79112000000	0	0,412	0,762	0,047	0,313
3	582948,46179700000	4876217,86785000000	0	0,480	2,270	0,100	0,357
4	582935,72079700000	4876197,38813000000	-1	0,411	0,744	0,050	0,285
5	582855,31000000000	4876075,50000000000	-4	0,504	1,265	0,000	0,322
6	582766,06000000000	4875932,50000000000	-5	0,538	0,640	3,811	0,201
7	582668,63000000000	4875808,50000000000	-7	0,627	0,443	7,224	0,129
8	582709,56536400000	4876493,79530000000	1	0,369	0,562	0,051	0,286
9	582703,90190700000	4876485,45167000000	0	0,465	0,859	0,000	0,364
10	582701,35935100000	4876482,65817000000	0	2,169	23,802	0,000	2,346
11	582693,52983200000	4876471,69613000000	-1	0,780	16,257	0,000	0,475
12	582575,13000000000	4876309,50000000000	-5	0,524	0,917	0,107	0,278
13	582461,88000000000	4876159,00000000000	-6	0,620	0,394	7,559	0,139
14	582378,25000000000	4876044,00000000000	-7	0,569	0,565	2,759	0,147
15	582395,76917900000	4876760,86291000000	1	0,407	0,659	0,000	0,314
16	582390,69432000000	4876752,62567000000	0	0,525	4,643	0,000	0,443
17	582387,56360700000	4876748,87657000000	0	1,818	16,830	0,000	3,055
18	582384,03524100000	4876744,38522000000	-1	2,188	16,461	0,030	1,055
19	582290,44000000000	4876612,00000000000	-3	0,372	0,899	0,054	0,217
20	582205,94000000000	4876484,00000000000	-5	0,667	0,522	9,056	0,156
21	582077,13000000000	4876301,00000000000	-7	0,556	0,572	3,710	0,136
22	582058,63286000000	4877037,05329000000	1	0,342	0,683	0,032	0,375
23	582054,02104200000	4877028,63747000000	0	0,512	11,464	0,000	0,490
24	582051,75516600000	4877025,23403000000	0	1,884	12,269	0,024	3,080
25	582047,60352600000	4877017,34874000000	-1	2,144	16,889	0,000	1,737
26	581953,00000000000	4876851,50000000000	-3	0,466	0,803	0,050	0,262
27	581861,80000000000	4876706,48000000000	-6	0,520	0,660	0,123	0,266
28	581750,00000000000	4876511,00000000000	-7	0,694	0,621	5,187	0,132
29	581797,84750000000	4877230,42461000000	1	0,407	0,629	0,056	0,339
30	581792,68453300000	4877224,22400000000	0	0,556	11,166	0,000	0,501
31	581790,12076800000	4877220,66969000000	-1	1,770	16,156	0,018	3,117
32	581785,98263800000	4877214,10216000000	-1	2,381	24,778	0,000	3,136

33	581687,13000000000	4877064,00000000000	-3	0,488	0,815	0,058	0,274
34	581615,88000000000	4876971,50000000000	-6	0,655	0,754	5,037	0,142
35	581499,25000000000	4876794,50000000000	-7	0,658	0,538	7,609	0,121
36	581585,24814700000	4877394,59354000000	1	0,458	0,916	0,206	0,351
37	581579,50424700000	4877383,48866000000	0	1,989	11,942	0,031	1,476
38	581575,56729800000	4877375,77252000000	-1	1,568	16,854	0,000	4,763
39	581567,12242400000	4877361,22665000000	-1	1,255	16,404	0,030	0,513
40	581482,69000000000	4877216,50000000000	-3	0,596	0,874	0,121	0,352
41	581388,88000000000	4877053,50000000000	-6	0,634	0,626	6,655	0,125
42	581287,75000000000	4876883,00000000000	-7	0,604	0,573	4,083	0,124
43	581387,35098800000	4877521,57244000000	1	0,430	0,612	0,094	0,307
44	581383,04688700000	4877513,55610000000	0	1,194	11,559	0,000	0,438
45	581381,40408600000	4877510,16192000000	0	1,532	11,835	0,000	1,089
46	581376,17016200000	4877501,30245000000	-1	1,348	16,610	0,000	0,438
47	581297,69000000000	4877354,50000000000	-3	0,571	0,898	0,000	0,296
48	581228,88000000000	4877227,00000000000	-5	0,677	0,649	8,784	0,120
49	581107,50000000000	4876997,50000000000	-7	0,624	0,573	3,369	0,139
50	581180,99654400000	4877634,01486000000	1	0,600	1,614	0,098	0,403
51	581175,05480300000	4877623,91159000000	0	1,207	3,456	0,113	0,596
52	581171,68534800000	4877618,45453000000	0	0,697	16,473	0,000	2,110
53	581168,33397900000	4877609,57785000000	-1	1,916	23,736	0,033	2,969
54	581093,00000000000	4877511,00000000000	-4	0,940	7,023	0,102	1,377
55	581039,31000000000	4877377,00000000000	-5	0,670	0,602	6,387	0,127
56	580859,50000000000	4877040,50000000000	-7	0,658	0,715	4,215	0,141
57	580943,13205100000	4877763,41696000000	1	0,480	0,967	0,149	0,335
58	580936,40246900000	4877752,78957000000	0	0,704	3,972	0,000	0,799
59	580931,52015300000	4877744,98172000000	-1	1,692	11,608	0,047	0,899
60	580926,45346600000	4877736,90165000000	-1	2,159	17,101	0,044	1,336
61	580888,00000000000	4877641,00000000000	-3	0,410	0,774	0,271	0,193
62	580809,25000000000	4877450,00000000000	-5	0,489	0,547	0,927	0,183
63	580655,19000000000	4877123,50000000000	-7	0,694	0,697	3,061	0,150
64	580746,81845400000	4877849,63960000000	1	0,507	0,751	0,141	0,321
65	580740,91192900000	4877837,77740000000	0	0,883	7,901	0,042	0,350
66	580738,25156200000	4877832,33952000000	0	1,793	16,359	0,000	1,262
67	580734,51955000000	4877821,79234000000	-1	1,811	11,696	0,122	0,718
68	580662,25000000000	4877710,00000000000	-4	0,478	0,764	0,163	0,260
69	580597,13000000000	4877517,50000000000	-5	0,537	0,557	2,842	0,136
70	580463,94000000000	4877151,50000000000	-7	0,711	0,597	4,442	0,141
71	580502,20903600000	4877931,56182000000	1	1,000	5,905	0,194	0,443
72	580499,99018600000	4877923,56269000000	0	2,002	23,901	0,027	0,787
73	580498,53242600000	4877916,67305000000	-1	1,938	16,819	0,030	1,775
74	580495,55953500000	4877909,18926000000	-1	1,036	16,404	0,037	0,315
75	580456,50000000000	4877705,00000000000	-5	0,429	0,843	0,529	0,178
76	580424,38000000000	4877566,00000000000	-6	0,445	0,521	1,375	0,148
77	580316,00000000000	4877189,50000000000	-7	0,566	0,422	3,752	0,134
78	580260,05109500000	4877998,44831000000	1	2,016	16,668	0,104	0,822

79	580257,92173000000	4877988,11261000000	0	1,276	16,461	0,027	1,466
80	580257,09754000000	4877983,70147000000	0	0,922	16,461	0,028	2,336
81	580254,98595800000	4877973,43375000000	-1	1,173	34,440	0,017	8,421
82	580228,00000000000	4877771,00000000000	-4	0,462	0,491	1,221	0,162
83	580207,13000000000	4877586,00000000000	-5	0,510	0,764	1,607	0,155
84	580162,00000000000	4877196,50000000000	-7	0,554	0,596	2,040	0,142
85	580011,97082700000	4878025,85200000000	1	0,401	0,482	0,149	0,253
86	580012,28585200000	4878018,05476000000	0	1,551	11,551	0,028	0,850
87	580010,06325400000	4878013,92779000000	0	1,517	23,490	0,018	4,347
88	580008,51850600000	4877963,24795000000	-2	2,509	23,670	0,083	2,805
89	580013,31000000000	4877753,00000000000	-5	0,488	0,741	1,104	0,178
90	580012,00000000000	4877571,50000000000	-5	0,510	0,730	1,395	0,166
91	580010,44000000000	4877188,50000000000	-7	0,617	0,580	3,717	0,144
92	579776,76655800000	4878009,86409000000	1	0,286	0,361	0,207	0,214
93	579777,57429400000	4877997,94106000000	0	0,834	10,541	0,051	0,308
94	579778,72322200000	4877979,70004000000	-1	0,911	3,473	0,070	0,561
95	579780,32702300000	4877968,49825000000	-1	0,787	3,119	0,047	0,335
96	579804,88000000000	4877669,50000000000	-3	0,426	0,590	0,365	0,188
97	579813,63000000000	4877507,00000000000	-5	0,573	1,340	0,033	0,445
98	579840,94000000000	4877127,50000000000	-6	0,470	0,916	1,537	0,161
99	579555,36429500000	4877923,96348000000	1	0,333	0,444	0,248	0,224
100	579558,52427400000	4877914,96087000000	0	1,750	11,448	0,196	0,547
101	579562,45418200000	4877911,50586000000	-1	1,284	6,521	0,045	0,569
102	579563,03783900000	4877887,82026000000	-1	0,482	11,559	0,535	0,190
103	579603,50000000000	4877607,00000000000	-3	0,550	1,064	0,235	0,203
104	579628,75000000000	4877429,50000000000	-4	0,701	5,021	0,100	0,395
105	579685,25000000000	4877046,00000000000	-6	0,668	0,826	0,810	0,204
106	579382,75950500000	4877701,33339000000	1	0,323	0,412	0,351	0,216
107	579405,50093300000	4877696,11708000000	0	0,891	1,267	0,200	0,292
108	579420,96496800000	4877695,45591000000	0	0,806	6,075	0,174	0,582
109	579471,98042700000	4877692,69600000000	-1	0,715	6,225	0,454	0,209
110	579446,21228400000	4877491,10444000000	-3	0,407	0,570	0,229	0,222
111	579467,81000000000	4877352,00000000000	-4	0,762	7,857	0,040	0,757
112	579549,69000000000	4877001,00000000000	-6	0,652	0,613	2,750	0,135



Distribuzione dei sedimenti e punti di prelievo di Marinella di Sarzana.

3.1. BACINI VERSANTI

Il tratto peculiare del paraggio Marinella è la presenza della foce del fiume Magra e della pianura alluvionale e costiera ad esso associata. L'apporto sedimentario di questo corso d'acqua rappresenta certamente una tra le variabili-guida di maggiore importanza nel modellamento del sistema spiaggia.
Il bacino del fiume Magra si estende per una superficie di 1700 km^2, parte dei quali in Regione Toscana e parte in Regione Liguria; il corso d'acqua ha origine nell'Appennino Tosco-Emiliano ed ha una lunghezza complessiva di circa 70 km, circa 17 dei quali in Liguria. Dal punto di vista geologico il bacino è principalmente composto da rocce sedimentarie (soprattutto arenarie e argilliti) e presenta alcuni affioramenti di ofioliti e di rocce metamorfiche. Il tributario principale è il torrente Vara. Questo nasce nell'Appennino Ligure, dalle pendici del Monte Zatta, ha una lunghezza di 58 km, un bacino di 571 km^2 e presenta una valle che si sviluppa in senso longitudinale e sub-parallelamente alla costa.
Numerosi studi hanno delineato l'evoluzione morfologica storica e recente dell'alveo del fiume Magra e del suo affluente principale (Cappucci et al., 2015; Cavazza, 1977; Cavazza e Pregliasco, 1981; Cooperativa Mediterranea Prospezioni, 2000; Dufour et al., 2015; Maifredi, 2000; Nardi e Rinaldi, 2015; Rinaldi, 2005; Rinaldi et al., 2016; Rinaldi e Simoncini, 2006; Rinaldi et al., 2009; Rinaldi et al., 2005; Rinaldi et al., 2008; Tecnosviluppo et al., 1991; Surian et al., 2016, 2009; Surian e Rinaldi, 2004).
I processi prevalenti documentati tra la fine del XIX secolo e la fine del XX sono sostanzialmente riconducibili ad un progressivo restringimento e ad una incisione dell'alveo con conseguente variazione di configurazione morfologica da pluricursale a monocursale (Rinaldi et al., 2005; Rinaldi e Simoncini, 2006).
Questi processi sono stati molto intensi. La riduzione di larghezza, ovviamente più marcata nei tratti non confinati, è stata dell'ordine delle centinaia di metri per entrambi i corsi d'acqua (Rinaldi et al., 2005; Rinaldi e Simoncini, 2006).
Per quanto concerne le variazioni altimetriche dell'alveo avvenute nel basso Magra tra il 1914 ed il 1999, sono stati registrati abbassamenti del fondo complessivi fino ad oltre 7 m, raggiungendo anche valori dell'ordine dei 10 m nel tratto prefociale. Nel basso Vara l'incisione è stata dell'ordine di qualche metro, fino localmente a circa 6 m nel periodo 1958-1989. Le porzioni più a monte di entrambi i corsi d'acqua hanno subito una incisione di minore entità (Rinaldi et al., 2009).
Le cause di queste dinamiche sono state identificate essenzialmente in una notevole riduzione della disponibilità di sedimento associata a variazioni di uso del suolo (rimboschimenti) a scala di bacino, alla costruzione di dighe ed opere trasversali in genere, alla canalizzazione degli alvei ed all'estrazione di inerti (Rinaldi e Simoncini, 2006).
Quest'ultimo fattore, in particolare, è stato indicato come particolarmente rilevante e la massima intensità delle escavazioni risulta essere stata negli anni '60, '70 e '80. Il depauperamento sedimentario è evidente a fronte di una stima dei volumi estratti tra il 1958 ed il 1973 pari a 24400000 m^3 di sedimento, in riferimento ai soli tratti più a valle del Magra e del Vara, cioè circa 1600000 m^3/anno (Cavazza e Pregliasco, 1981; Rinaldi et al., 2009).
Nel periodo 1995-2010 circa, si è verificata un'inversione di tendenza rappresentata da un lieve aumento di larghezza e da una aggradazione localizzata e più accentuata lungo il medio-alto Vara e a valle della confluenza tra Magra e Vara (Rinaldi e Simoncini, 2006).

Tali processi paiono imputabile ad un aumento della disponibilità sedimentaria (Rinaldi e Simoncini, 2006).
L'evento di piena del 2011, esasperando i processi morfologici in corso, ha causato repentini e considerevoli allargamenti dell'alveo che, tuttavia, considerata la variabilità storica della sua larghezza, rientrano in uno spettro di valori già documentati lungo il Magra ed il Vara negli anni '50 (Nardi e Rinaldi, 2015). Quell'evento ha mobilizzato ingenti quantità di sedimento sia lungo le aste fluviali nelle parti alte dei bacini, in particolare in val di Vara, che nel basso Magra e Vara; a tal proposito, le dinamiche di allargamento registrate sono generalmente associate ad una aggradazione dell'alveo (Nardi e Rinaldi, 2015).
Un recente studio sull'evoluzione del sistema deltizio del Magra mette in evidenza una prevalente tendenza erosiva, associandola all'impoverimento dell'apporto sedimentario fluviale causato dalle attività antropiche che hanno impattato sulla dinamica fluviale con grande intensità nel corso della seconda metà del XX secolo (Pratellesi et al., 2018).
La presenza di dighe e di opere trasversali in genere, unitamente all'effettuazione di escavazioni storiche, rimozioni di sedimenti recenti ed escavazioni illecite, rende molto complessa una significativa valutazione e stima del carico annuo di materiale litoide che giunge al litorale.
Alcune pubblicazioni scientifiche e report tecnici riportano dati inerenti le caratteristiche sedimentologiche ed il trasporto solido dei due corsi d'acqua considerati.
Il D50 varia approssimativamente tra 17 e 91 mm lungo l'asta fluviale del Magra e tra 12 e 68 mm lungo quella del Vara (Rinaldi et al., 2008). Nel Medio Magra (a monte della confluenza del T. Vara) questo parametro assume un valore di 25-50 mm, il che indica la dominanza della ghiaia (Rinaldi et al., 2016).
In base a studi pregressi (Cavazza, 1977; Cavazza e Pregliasco, 1981; Rinaldi e Simoncini, 2006; Tecnosviluppo et al., 1991, il carico di torbida medio annuo alla foce del Magra può essere ritenuto compreso tra i valori di 425000 e 668000 m^3/anno.
Nel periodo 1 marzo 1999 – 1 marzo 2000 sono state effettuate misure di trasporto solido presso Piccatello e Santa Giustina (77 e 159 km^2 di bacino sotteso), nel fiume Magra. Il volume di sedimento depositatosi presso i due siti di misura, non rappresentativo del trasporto al fondo medio annuo dei siti considerati ma indicativo del suo ordine di grandezza, è pari a 713 e 4319 m^3, rispettivamente a Piccatello e Santa Giustina (Cooperaiva Mediterranea Prospezioni, 2000; Rinaldi et al., 2009).
Per quanto concerne l'alto Vara, sono stati stimati valori medi di trasporto al fondo compresi tra 1500 e 1200 m^3/anno (Maifredi, 2002).
Una stima del carico di fondo pari a 80000 m^3/anno alla foce è stata effettuata tramite l'utilizzo di varie formule empiriche da Cappucci et al. (2015).
In definitiva, considerati i dati esistenti, il carico di fondo medio annuo del Magra è compreso in un ampio intervallo tra i valori di 35800 e 338000 m^3/anno (Rinaldi, 2005), ed è dunque dell'ordine di grandezza delle centinaia o decine di migliaia di m^3/annui (Rinaldi et al., 2009).
Il paraggio Marinella sottende anche il bacino del torrente Parmignola (15 km^2). Il tratto di pianura del torrente è completamente canalizzato e non sono disponibili dati di trasporto solido.

3.2. BILANCIO SEDIMENTARIO

Come si evince dai paragrafi precedenti il sistema risulta, nel periodo indagato, in deficit sedimentario per un quantitativo superiore a 6000 metri cubi l'anno.
Probabilmente, questo fenomeno è frutto del massiccio prelievo di materiale dall'alveo del Fiume Magra effettuato fino ad un recente passato e con gli interventi strutturali alla foce hanno mutato completamente questo paraggio rispetto a quello riferibile alla fine del XIX secolo.
La cessazione dell'estrazione d'inerti dall'alveo del corso d'acqua ha però permesso un progressivo ripristino dell'input sedimentario. Le stime attuali indicano un apporto compreso tra 35800 e 338000 m^3/anno di sedimento, valori decisamente superiori al deficit sedimentario annuo. Infatti negli ultimi anni si assiste ad un lento ma costante incremento delle spiagge del paraggio, a conferma di una situazione che sta volgendo verso un'evoluzione positiva. Questo grazie anche ai numerosi interventi di ripascimento con materiale appunto prelevato nel fiume Magra, che con queste operazioni contribuiscono ad alimentare le spiagge.

Comune	Anno	Tipologia	Volume (m3)	Lunghezza celle litoranee (m)	Spiaggia	Tipo e fonte sedimento	Volumi totali (m^3)
Ameglia e Sarzana	2003	strutturale	57000	2573	Spiagge Loc. Marinella e Fiumaretta	foce fiume Magra	300400
	2007-2010	strutturale	182200			dragaggio F.Magra da ponte colombiera a foce	
			61200			Cave di sabbia del fiume Po; cava in comune di La Spezia loc. Biassa	
Sarzana	2014	strutturale	46000	629	Loc. Marinella	materiale dragato in tratta fociva Fiume Magra	46000
Ameglia	2014	strutturale	50000	429	Loc. Fiumaretta	materiale dragato in tratta fociva Fiume Magra	51500
	2010	stagionale	500	79	loc. Sanità di Bocca di Magra	cave sul fiume Po	
	2013	stagionale	400			sabbia del fiume Po	
	2014	stagionale	500			alveo del F.Magra/confluenza Canale Fabbricotti loc. Fiumaretta (Ameglia)	
	2015	stagionale	100			alveo bacino Magra-Vara	

Dati dei ripascimenti Comune di Ameglia e Sarzana a partire dal 2003 (strutturali) e dal 2008 (stagionali).

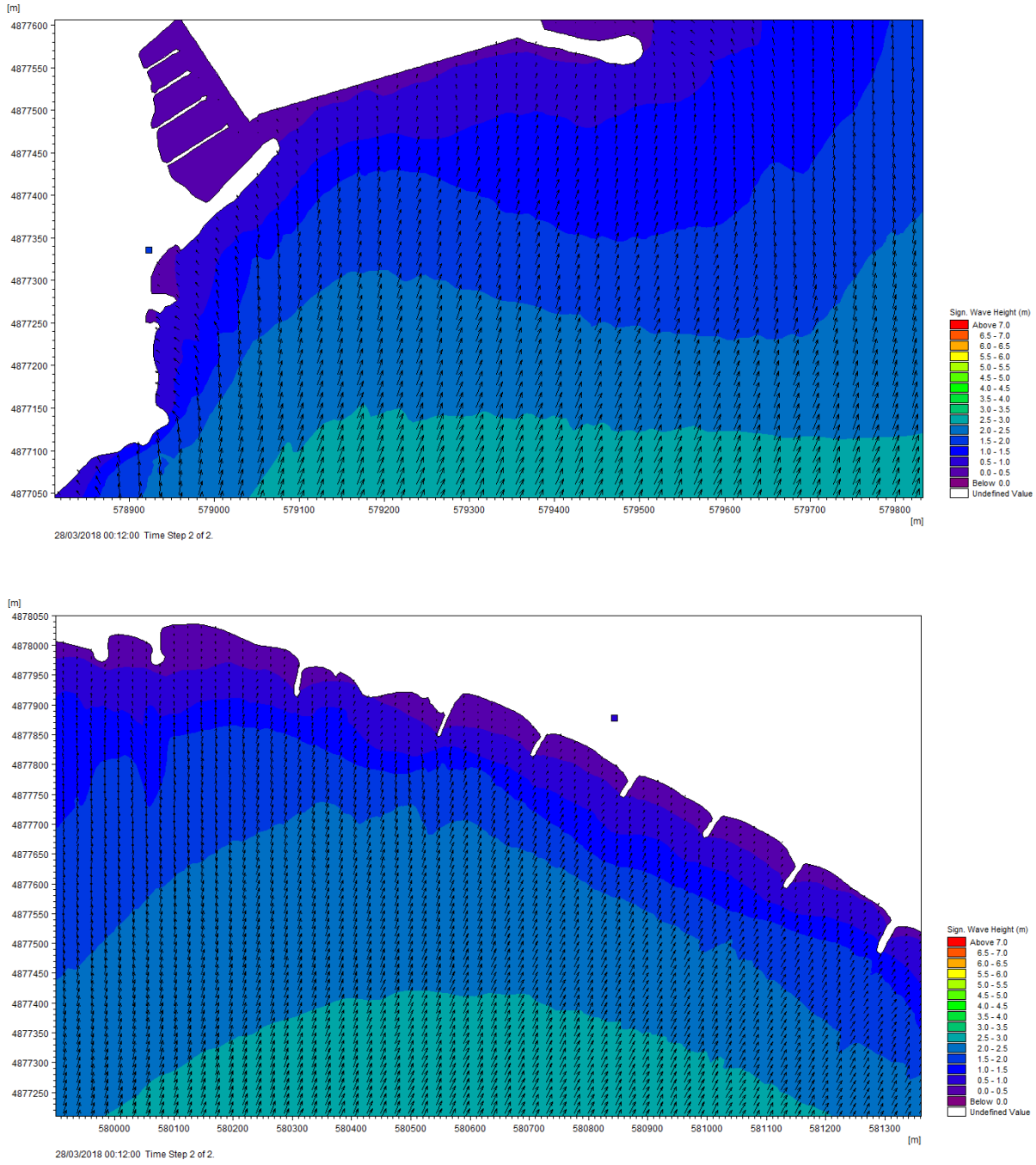
4. DINAMICA ED EFFETTI DEL MOTO ONDOSO

4.1. ANALISI GENERALE

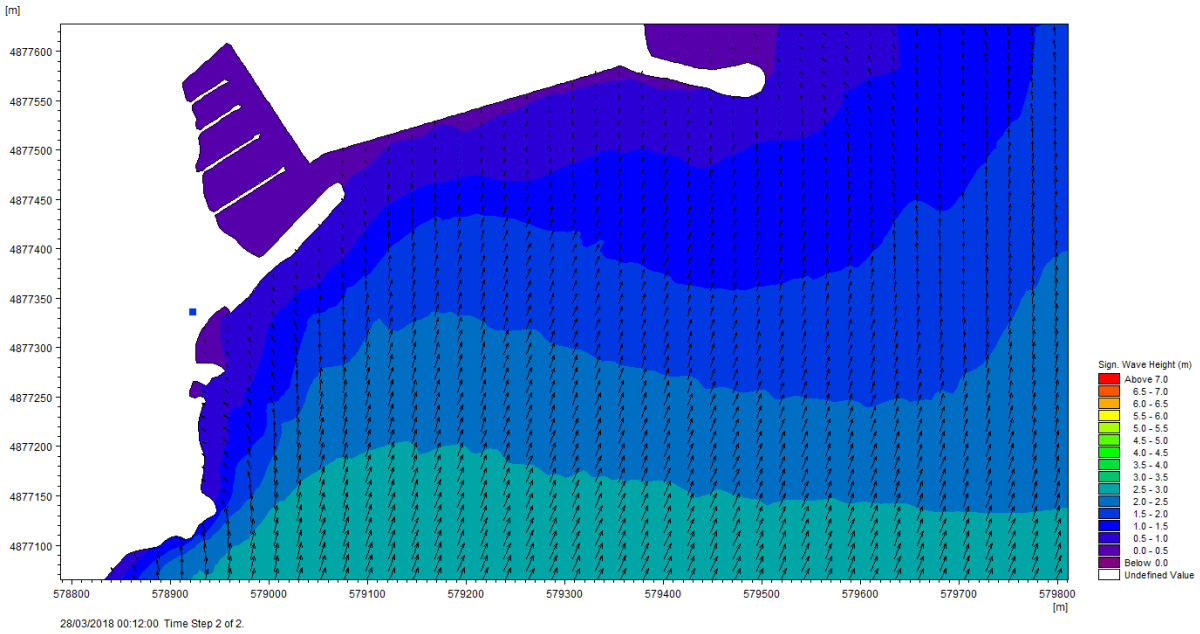
Il paraggio di Marinella, dato l'orientamento della costa, risulta esposto prevalentemente ai mari da Libeccio.
Come indicato nella relazione generale, la propagazione del moto ondoso dal largo verso riva è stata condotta mediante l'utilizzo del modulo Spectral Waves (SW) del codice di calcolo MIKE 21 di DHI (Danish Hydraulic Institute).
Per il paraggio di Marinella, il modello di dettaglio si innesta nel modello SP_A di cui alla relazione generale.
L'input quindi è rappresentato dai valori delle onde che si presentano in corrispondenza della boundary di contorno lato mare all'incirca ad una profondità di 70 metri.
La risoluzione del modello, intesa come lunghezza media dei triangoli della mesh di calcolo varia dai 20 m sui fondali di 70 metri ai 5 m sotto costa
Dai risultati ottenuti, dalla modellazione di dettaglio sotto costa, si evince che le onde, propagate dal largo, che sotto costa mantengono, in corrispondenza del frangimento, valori più elevati di altezza d'onda, sono quelle con direzione al largo da Libeccio.
Si hanno riduzioni nei valori di altezza d'onda, per i mari provenienti da Libeccio, intorno al 20%, come risulta evidente dal decremento percentuale subito dall'altezza d'onda su un fondale di -15 metri, mostrata nella seguente tabella.

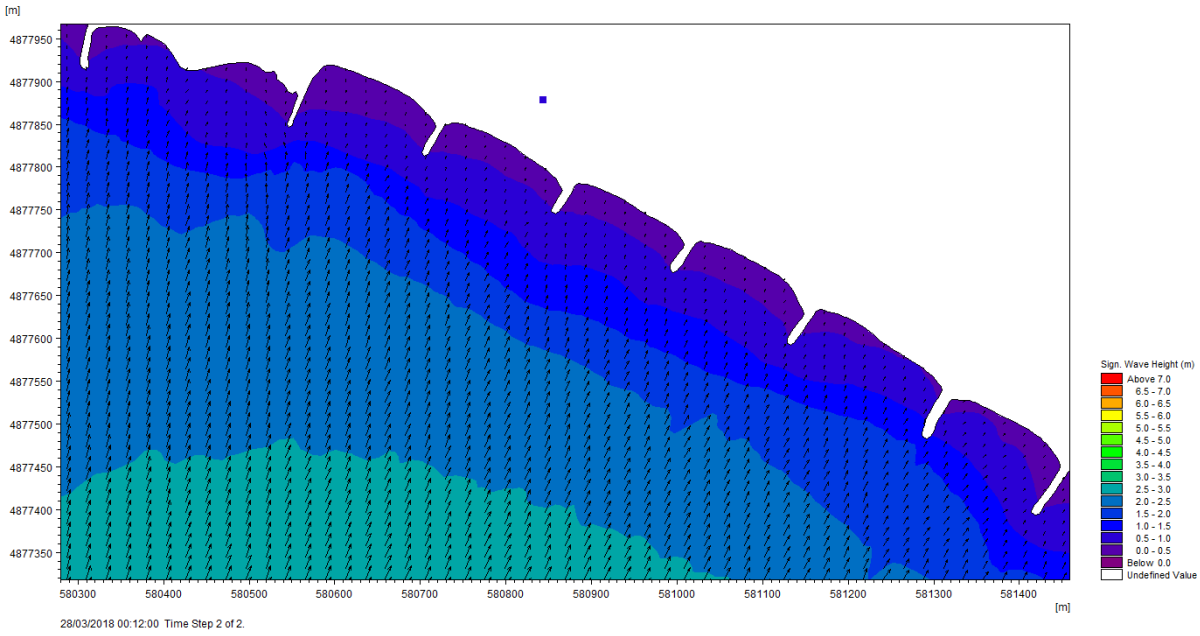
Nome stazione	T = 1 anno				T = 50 anni			
	H_{largo} [m]	H_{-15} [m]	Decr. [%]	$Dir._{largo}$ [°N]	H_{largo} [m]	H_{-15} [m]	Decr. [%]	$Dir._{largo}$ [°N]
2	5.1	4.1	20	220	8.1	5.5	32	220
1	5.1	4.0	22	220	8.1	5.4	34	220

Dalla disposizione delle ortogonali d'onda, sovrapposte alla suddivisione in classi di altezza d'onda, risulta evidente come le onde per direzione al largo da Libeccio e da Scirocco giungano sotto costa, in corrispondenza delle celle di spiaggia, con altezze abbastanza ridotte.

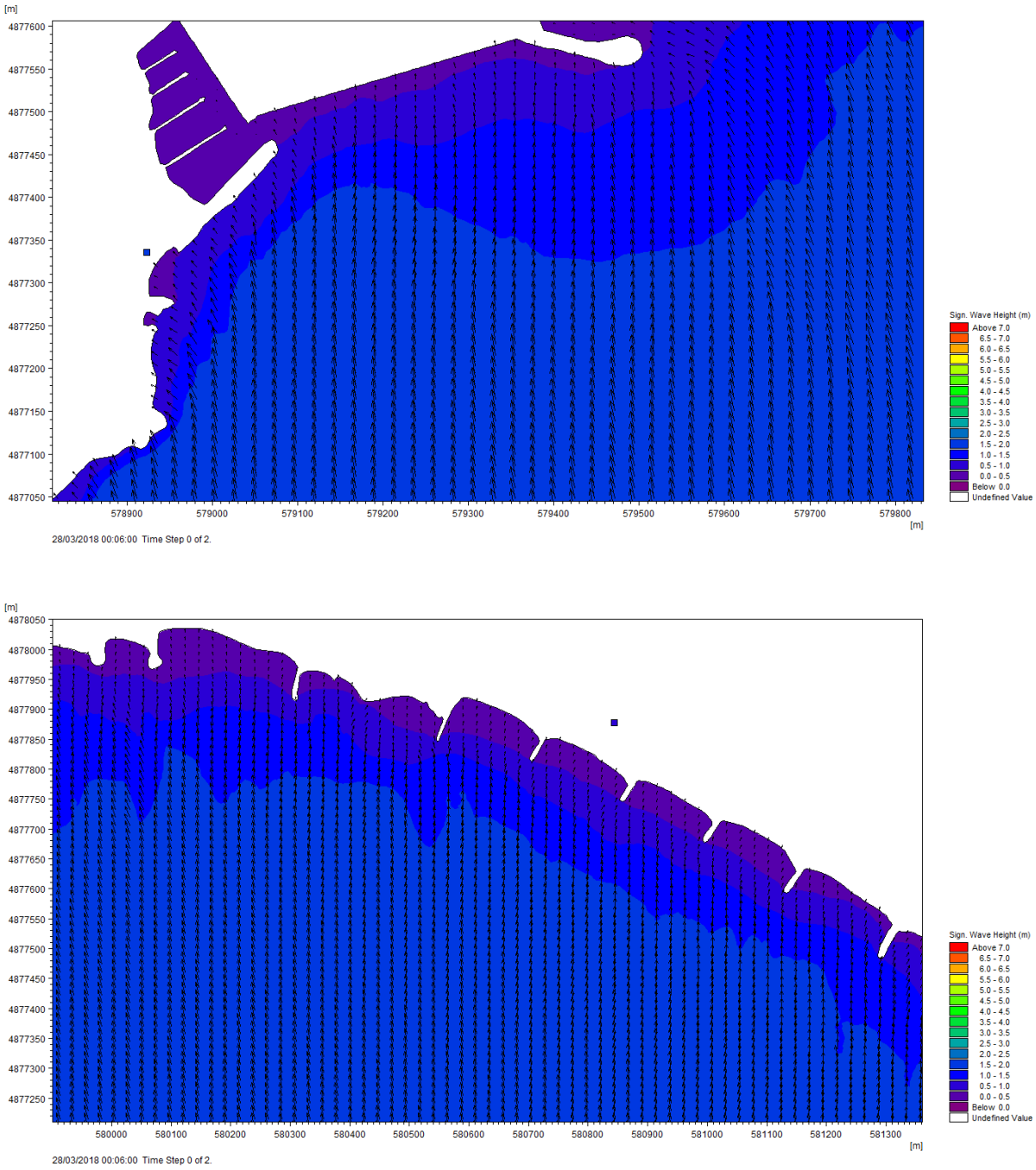


Risultati del Modello SW, campi d'onda moto ondoso proveniente da 220°N (per periodo di ritorno 1 anno).

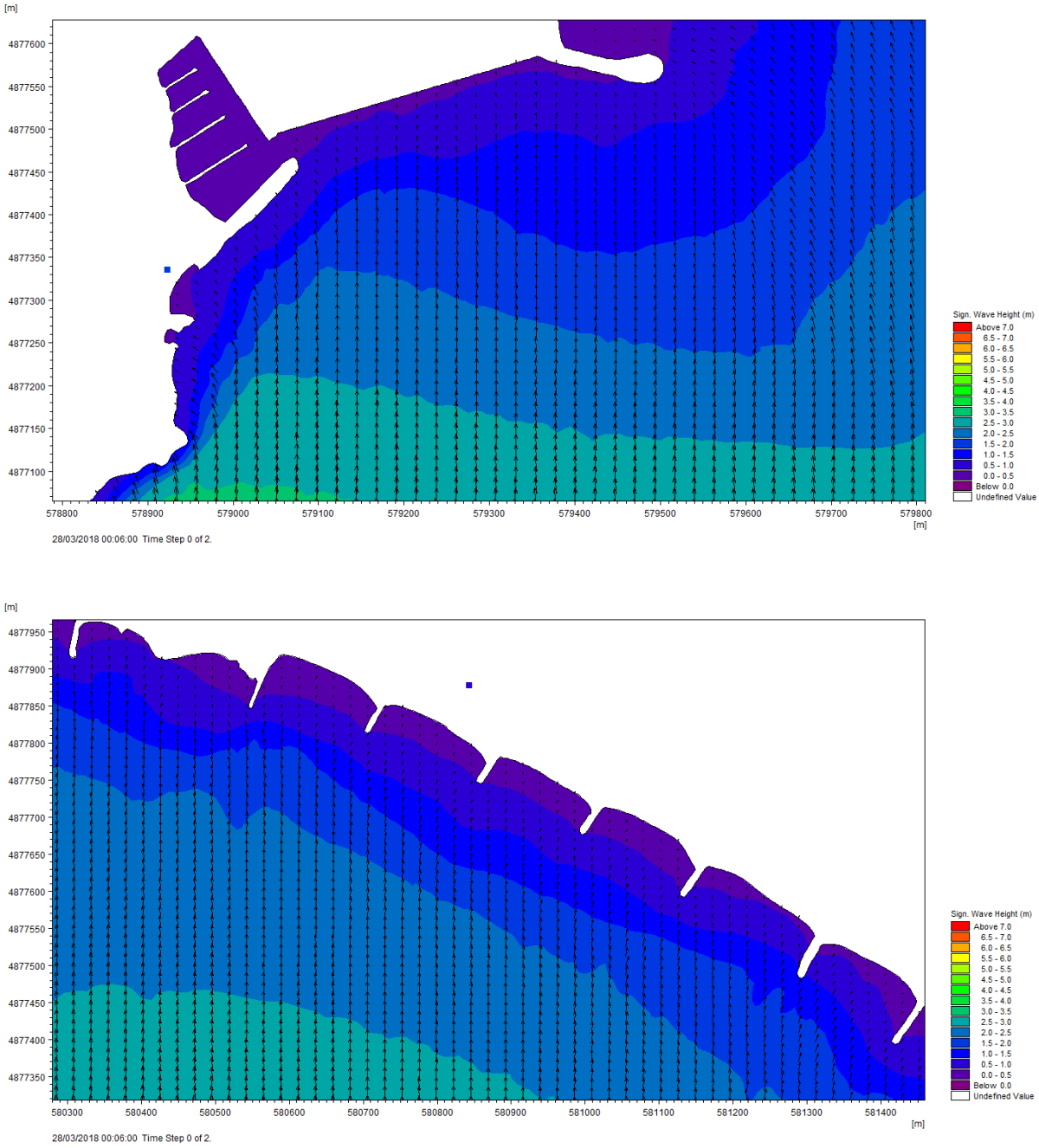




Risultati del Modello SW, campi d'onda moto ondoso proveniente da 220°N (per periodo di ritorno 50 anni).



Risultati del Modello SW, campi d'onda moto ondoso proveniente da 160°N (per periodo di ritorno 1 anno).



Risultati del Modello SW, campi d'onda moto ondoso proveniente da 160°N (per periodo di ritorno 50 anni).

La modellazione matematica adottata con il codice di calcolo Mike 21 ha inoltre permesso di individuare la linea dei frangenti.
Nel paraggio in esame i valori più alti di altezza d'onda al frangimento sono determinati da eventi con direzione al largo pari a 220°N, per tutti i periodi di ritorno considerati. La linea dei frangenti è stata estrapolata dall'analisi della percentuale di inizio frangimento in uscita del modello Mike 21. Per gli eventi annuali la profondità di inizio frangimento si attesta intorno a 3 metri di profondità. Per gli eventi cinquantennali, la profondità al frangimento è intorno a 5 m.
Secondo l'approccio metodologico indicato nella relazione generale il run-up, nelle sezioni di spiaggia, è stato stimato mediante la formula di Van der Meer, utilizzando il valore medio della pendenza della spiaggia emersa e sommersa. Tale valore è derivato dalla

media tra il valore della pendenza della spiaggia emersa, dedotto dalle sezioni trasversali di spiaggia nei paraggi, e il valore della pendenza della spiaggia sommersa, ricavato utilizzando la profondità della fascia dinamica annuale. I profili di spiaggia emersa nelle celle del paraggio di Marinella sono stati acquisiti dai rilievi delle sezioni di spiaggia ricavate dal rilievo digitale del terreno Lidar. Le uniche sezioni di spiaggia rilevate sono due, situate una in corrispondenza della cella di spiaggia in sponda destra del Fiume Magra e l'altra in corrispondenza della spiaggia di Sarzana e sono indicate, rispettivamente, con le sezioni L2 e L1, puntualmente identificate nella carta C05 delle fasce dinamiche della spiaggia e della costa alta e nella Figura 3.2.1 (al paragrafo 3.2 della presente relazione). Nelle celle di spiaggia i valori di run up ottenuti sono abbastanza contenuti, per la presenza del fondale basso dovuto al delta del fiume.
I valori di run-up sono stati utilizzati per la definizione delle fasce dinamiche della spiaggia. Parte delle celle di spiaggia in sponda sinistra del Magra presentano una profondità utile anche alla dissipazione di onde 50-ennali.
Una volta determinate le fasce di pericolosità è stato determinato il rischio. Nelle celle di spiaggia del paraggio di Marinella sono presenti tutte le classi di rischio spiaggia, per la presenza di opere, per lo più stabilimenti balneari sulla spiaggia.

4.2. SINTESI DEI PROCESSI IDRODINAMICI E VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ E DEL RISCHIO

La dinamica del moto ondoso ed i relativi effetti sul tratto di costa nel paraggio di Marinella sono sintetizzati nei risultati di seguito riportati.



Limiti del paraggio Marinella ed indicazione delle sezioni di calcolo dei profili trasversali di spiaggia.

PROPAGAZIONE MOTO ONDOSO

ESPOSIZIONE DEL PARAGGIO

Settore di provenienza del moto ondoso	220°N

ANALISI METEOMARINA SOTTOCOSTA

Modello utilizzato	Mike 21
Ambito di applicazione	batimetrica -70 m — linea di costa
Tempo di ritorno	1 e 50 anni

RISULTATI

Nome sezione	T = 1 anno				T = 50 anni			
	H_{largo} [m]	H_{frang} [m]	Decr [%]	$Direzione_{largo}$ [°N]	H_{largo} [m]	H_{frang} [m]	Decr [%]	$Direzione_{largo}$ [°N]
L 2	5.10	1.6	69	220	8.10	2.5	69	220
L 1	5.10	1.8	65	220	8.10	2.1	74	220

FRANGIMENTO

RISULTATI

Nome sezione	Tr=1anno profondità al frangimento [m]	Tr=50 anni profondità al frangimento [m]
L 2	2.8	4.9
L 1	3.1	4.3



Linee dei frangenti nel paraggio di Marinella, relative agli eventi ondosi con periodo di ritorno 1 anno (linea arancione), 50 anni (linea rossa).

PERICOLOSITA' COSTIERA	
STIMA DEL RUN-UP	
Formula utilizzata	Van Der Meer
Sovralzo	0.50 m

RISULTATI		
Nome sezione	Tr=1 anno run-up massimo [m]	Tr=50 anni run-up massimo [m]
L 2	1.4	1.9
L 1	1.2	1.5

FASCE DINAMICHE SPIAGGIA				
	FASCIA DINAMICA A		FASCIA DINAMICA B	
Nome sezione	Limite verso mare – batimetrica [m]	Limite verso terra – distanza dalla linea di riva [m]	Limite verso mare – batimetrica [m]	Limite verso terra – distanza dalla linea di riva [m]
L 2	-2.8	20	-4.9	27
L 1	-3.1	13	-4.3	16



Fasce dinamiche A, B, ed aree soggette a periodica inondazione (mappatura Direttiva Alluvioni), nel paraggio di Marinella.

RISCHIO COSTIERO					
RISCHIO DA EVENTI METEOMARINI SULLA SPIAGGIA					
Celle Litorali	Lunghezza spiaggia [m]	Rischio R_{S1} [%]	Rischio R_{S2} [%]	Rischio R_{S3} [%]	Rischio R_{S4} [%]
Marinella	2708	34	49	16	1



Rischio costiero RS1, RS2, RS3, RS4 nelle celle del paraggio Marinella.

4.3. CLIMA ONDOSO AL LARGO

Il tratto di costa degli Ambiti 17 e 18, compreso da Punta Mesco al confine della Regione Toscana è esposto a fetch illimitato per un settore compreso tra 210°N e 240°N, con fetch importanti anche nel settore tra 240°N e 270°N e fetch molto limitati nel settore 150°N – 180°N.
Il tratto di costa degli Ambiti 17 e 18, compreso da Punta Mesco al confine della Regione Toscana è esposto a fetch illimitato per un settore compreso tra 210°N e 240°N, con fetch importanti anche nel settore tra 240°N e 270°N e fetch molto limitati nel settore 150°N – 180°N. Per gli Ambiti 17 e 18 gli stati di mare più frequenti sono quelli che provengono dal settore di traversia Sud-Ovest (210° - 240°N), le onde più elevate si hanno per settori compresi tra 210 e 260. Il settore di traversia principale può essere assunto quello da libeccio. Per settore secondario si considera comunque quello da Sud-Sud-Est pur presentando una percentuale di accadimento delle onde intorno al 15%.
In particolare emergono le seguenti caratteristiche del clima ondoso:

i. la percentuale degli eventi caratterizzati da un'altezza d'onda inferiore a 0.5 m è inferiore al 15%;
ii. la percentuale degli eventi caratterizzati da altezze d'onda superiori a 0.5 m provengono per il 55% dal settore di traversia principale, per il 15% dal settore S-S-E e per il rimanente dalle altre direzioni;

iii. gli eventi caratterizzati da un'altezza d'onda superiore a 0.5 m e provenienti dal settore di traversia principale hanno per il 60% altezza d'onda inferiore a 2 m;
iv. gli eventi caratterizzati da un'altezza d'onda superiore a 0.5 m e provenienti dalle altre direzioni hanno per il 70% circa altezze d'onda inferiori a 2 m.

A seguito di tutte le analisi svolta risulta che , per gli Ambiti 17 e 18, rappresentati dai dati misurati dalla boa ondametrica della Spezia, tenendo conto dell'esposizione degli ambiti e dei valori ottenuti dall'analisi statistica, si è scelta la direzione di 220°N per i mari da Libeccio, da cui risultavano valori di Hs e Tp più alti, rappresentativa del settore di traversia principale; la direzione 160°N per il settore secondario da Scirocco; la direzione 180°N per il settore da mezzogiorno meno significativo

4.4. PROPAGAZIONE DEL MOTO ONDOSO DA LARGO VERSO COSTA (RM)

Nelle seguenti tabelle sono riportati i valori caratteristici delle onde al largo, derivati dalle analisi statistiche effettuate, relativamente alle tre direzioni di propagazione interessanti gli ambiti (vedi relazione tematica "Relazione sul clima ondoso al largo"), per i vari periodi di ritorno.

Zona di influenza compresa tra la foce del Torrente Parmignola e Punta Mesco

Dir °N	TR (anni)					
	1		50		100	
	H (m)	Tp (s)	H (m)	Tp (s)	H (m)	Tp (s)
160°N	2.4	6.9	5.3	10.4	5.7	10.8
180°N	2.0	6.3	4.8	9.8	5.2	10.3
220°N	5.1	10.2	8.1	12.9	8.6	13.3

L'evoluzione del moto ondoso dal largo verso riva all'interno delle unità fisiografiche è stata analizzata per i periodi di ritorno pari a 1, 50 e 100 anni; nelle Tabelle seguenti sono riportati i valori caratteristici delle onde nelle stazioni di Marinella e Bocca di Magra, per i diversi periodi di ritorno.

Periodo di ritorno 1 anno

Stazione	Num	Direzione largo 160°			Direzione largo 180°			Direzione largo 220°		
		H(m)	T(s)	Dir°N	H(m)	T(s)	Dir°N	H(m)	T(s)	Dir°N
Marinella	1	2.2	6.4	161.9	1.9	6	180.8	4	8.2	218.5
B. di Magra	2	2.1	6.3	162.7	1.8	6	181.1	4.1	8.3	219
	3	2.1	6.3	163.4	1.8	6	181.4	4	8.3	218.7
	4	2.1	6.3	164.5	1.8	6	181.5	4	8.4	218.6

Periodo di ritorno 50 anni

Stazione	Num	Direzione largo 160°			Direzione largo 180°			Direzione largo 220°		
		H(m)	T(s)	Dir°N	H(m)	T(s)	Dir°N	H(m)	T(s)	Dir°N

Marinella	1	4.6	8.4	166.4	4.2	8.1	184.1	5.4	9.4	219.2
B. di Magra	2	4.3	8.1	168	4	7.9	184.8	5.5	9.3	219.4
	3	4.4	8	169.7	4	7.9	185.7	5.5	9.5	220
	4	4.2	8	171.5	4	7.9	186.3	5.5	9.6	219.6

Periodo di ritorno 100 anni

Stazione	Num	Direzione largo 160°			Direzione largo 180°			Direzione largo 220°		
		H(m)	T(s)	Dir°N	H(m)	T(s)	Dir°N	H(m)	T(s)	Dir°N
Marinella	1	4.8	8.6	167	4.5	8.3	184.6	5.4	9.5	219.2
B. di Magra	2	4.6	8.2	168.9	4.3	8.2	185.5	5.6	9.5	219.5
	3	4.6	8.2	170.7	4.3	8.2	186.4	5.6	9.6	220.2
	4	4.5	8.1	172.5	4.3	8.1	187.1	5.6	9.7	219.9

Da una prima analisi dei risultati ottenuti si evidenzia che i mari provenienti da libeccio sono i più significativi per i paraggi dell'Ambito 16, 17 e parte del 18, mentre quelli da scirocco lo sono per alcuni paraggi delle Unità Fisiografiche del Golfo della Spezia e del Magra;

In corrispondenza dei paraggi da Marinella a Montemarcello, nell'Ambito 18, si ha una minor riduzione delle altezze d'onda per la direzione da Mezzogiorno e Scirocco.

Nelle Tabelle seguenti (dalla 3.2.1 alla 3.2.6) è indicato come si modifica l'altezza d'onda, in termini di decremento percentuale, nel passaggio dal largo alla profondità delle stazioni di riferimento (-15 metri).

Periodo di ritorno 1 anno

Stazione	Num	Direzione largo 160°			Direzione largo 180°			Direzione largo 220°		
		H largo	H stazi	Decr %	H largo	H stazi	Decr %	H largo	H stazi	Decr %
Marinella	1	2.4	2.2	7	2	1.9	6	5.1	4	22
B. di Magra	2	2.4	2.1	11	2	1.8	9	5.1	4.1	20
	3	2.4	2.1	12	2	1.8	9	5.1	4	21
	4	2.4	2.1	14	2	1.8	9	5.1	4	22

Periodo di ritorno 50 anni

Stazione	Num	Direzione largo 160°			Direzione largo 180°			Direzione largo 220°		
		H largo	H stazi	Decr %	H largo	H stazi	Decr %	H largo	H stazi	Decr %
Marinella	1	5.3	4.6	13	4.8	4.2	12	8.1	5.4	34
B. di Magra	2	5.3	4.3	18	4.8	4	17	8.1	5.5	32
	3	5.3	4.4	18	4.8	4	16	8.1	5.5	32
	4	5.3	4.2	20	4.8	4	18	8.1	5.5	32

Periodo di ritorno 100 anni

Stazione	Num	Direzione largo 160°			Direzione largo 180°			Direzione largo 220°		
		H largo	H stazi	Decr %	H largo	H stazi	Decr %	H largo	H stazi	Decr %
Marinella	1	5.7	4.8	15	5.2	4.5	13	8.6	5.4	37
B. di Magra	2	5.7	4.6	19	5.2	4.3	17	8.6	5.6	35
	3	5.7	4.6	19	5.2	4.3	16	8.6	5.6	35
	4	5.7	4.5	21	5.2	4.3	18	8.6	5.6	35

I risultati della modellazione matematica hanno evidenziato che nella propagazione del moto ondoso dal largo verso riva le onde subiscono una trasformazione dovuta all'effetto del fondo; i fronti d'onda subiscono una rotazione a causa della diminuzione della velocità delle onde con la profondità e l'altezza d'onda subisce una diminuzione legata alla dispersione dell'energia per effetto delle differenze tra velocità di fase e velocità di gruppo.

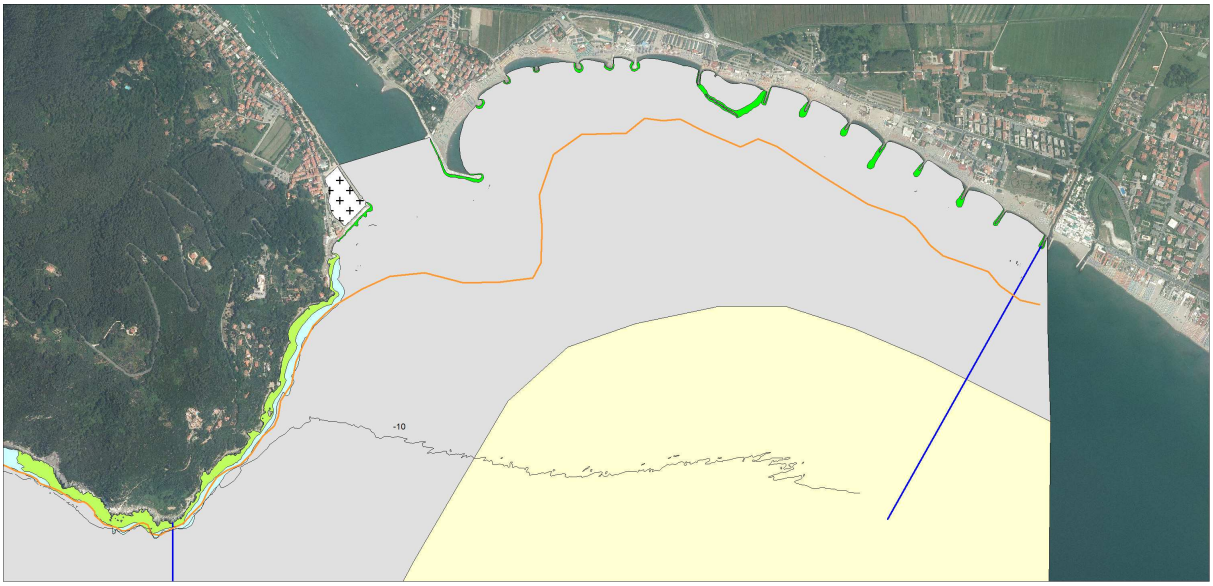
Il moto ondoso, a causa dell'orientazione della costa, subisce modesti effetti rifrattivi per le mareggiate provenienti da libeccio e si presenta con altezze d'onda notevoli anche vicino a costa.

Differente è il comportamento che si manifesta in corrispondenza di mareggiate provenienti da scirocco, come si evince dalle tabelle di cui sopra, per tale direzione infatti l'effetto dell'orientamento delle batimetriche e della costa sono responsabili di un maggiore effetto di rifrazione che porta a un decremento di oltre il 50% per diverse zone.

I risultati ottenuti hanno permesso di evidenziare come gli eventi estremi provenienti da Libeccio siano i più significativi per tutti i paraggi dell'Ambito 16, 17 e parte del 18; mentre quelli da Scirocco lo siano per alcuni paraggi delle Unità Fisiografiche del Golfo della Spezia e del Magra.

Inoltre, dai risultati ottenuti nelle stazioni in corrispondenza di Lerici, Le Grazie e Palmaria est, è possibile notare la schermatura offerta dall'isola Palmaria e dall'isola di Tino sulle mareggiate da Libeccio e, in misura minore, da Mezzogiorno.

5. HABITAT MARINI



Atlante degli habitat marini del paraggio (limiti di paraggio in blu).

Atlante degli Habitat Marini - Classe

- insieme dei popolamenti algali fotofili infralitorali di substrato duro
- insieme dei popolamenti algali fotofili infralitorali di substrato duro artific.
- popolamenti delle alghe sciafili infralitorali
- popolamenti del Coralligeno
- Caulerpa cylindracea
- prato di Cymodocea nodosa
- prato di Cymodocea nodosa su "matte" morta
- popolamenti dei fondi detritici costieri
- popolamenti dei fondi detritici infangati
- fanghi costieri
- popolamenti delle grotte semioscure e oscure
- "matte" morta di Posidonia oceanica
- formazione a mosaico di Posidonia oceanica viva e "matte" morta
- ambiente portuale
- prateria di Posidonia oceanica
- Posidonia oceanica tra e su roccia
- sabbie litorali (in senso lato)
- sedimenti grossolani (sabbie grossolane, ghiaie e ciottoli)
- sedimenti grossolani con elementi del Coraligeno

Legenda classi atlante degli habitat marini.

Questo paraggio è fortemente condizionato dalla presenza della foce del Fiume Magra e dai suoi apporti di sedimento e nutrienti. A ponente della foce la costa rocciosa presenta a mare un substrato duro colonizzato da alghe fotofile, mentre a levante della foce la costa è caratterizzata da un susseguirsi di spiagge delimitate da pennelli artificiali colonizzati a mare da alghe fotofile su substrato duro artificiale.
Le comunità dei popolamenti algali fotofili infralitorali sono state caratterizzate anche attraverso l'indice CARLIT basato sull'osservazione delle comunità di organismi superficiali

delle scogliere marine, dominate di norma da macroalghe (monitoraggio di ARPAL nell'ambito del D.Lgs. 152/06).
Nel paraggio in oggetto il metodo è stato applicato sui tratti di scogliera a ponente della foce del fiume Magra, da cui è risultato una dominanza di mitili, probabilmente legata agli effetti di condizionamento a vasta scala delle dinamiche di bacino dei fiumi Magra e Arno.

6. HABITAT COSTIERI

Il litorale di Fiumaretta (comune di Ameglia) e di Marinella (comune di Sarzana) rappresenta storicamente un ambiente favorevole alla colonizzazione della flora delle spiagge. Si tratta infatti di un ampio arenile, che, dopo un periodo di crisi erosiva, ha visto recentemente un nuovo avanzamento della spiaggia.



Ortofoto costa AGEA 2013 con sovrapposizione celle litoranee 2016 (linea blu).

Lungo l'arenile si trovano molte aree che potrebbero potenzialmente permettere lo sviluppo di una vegetazione dunale. Le potenzialità dell'area sono evidenziate non solo a livello teorico dall'analisi della fascia dinamica della spiaggia ma anche da una diffusa, se pur estremamente frammentaria, presenza di specie tipiche degli habitat di interesse.



Area con indicata la fascia dinamica cinquantennale (linea rossa).

Nel complesso, nel tratto di litorale di Fiumaretta e Marinella Regione Liguria ed ARPAL hanno rilevato la presenza delle seguenti specie psammofile buone indicatrici degli habitat in esame:

Famiglia	**Specie**
AMARYLLIDACEAE	*Pancratium maritimum*
ASTERACEAE	*Xanthium italicum*
CHENOPODIACEAE	*Salsola kali*
CONVOVULACEAE	*Calystegia soldanella*
CRUCIFERAE	*Cakile maritima*
FABACEAE	*Medicago littoralis*
GRAMINACEAE	*Calamagrostis arenaria*
GRAMINACEAE	*Lagurus ovatus*
TAMARICACEAE	*Tamarix gallica*
UMBELLIFERAE	*Crithmum maritimum*
UMBELLIFERAE	*Echinophora spinosa*
UMBELLIFERAE	*Eryngium maritimum*

Specie rilevate sul litorale di Fiumaretta-Marinella (Regione Liguria – ARPAL).

Procedendo da ponente verso levante sono state schematicamente distinte tre situazioni per quanto appartenenti allo stesso contesto ambientale.

6.1. FIUMARETTA - SPIAGGIA ARGINE SINISTRO F.MAGRA:

In questo sito l'arenile si sviluppa ampiamente oltre la fascia dinamica della spiaggia, in virtù di importanti interventi di ripascimento che hanno portato ad un forte accrescimento nel corso degli ultimi anni; il sito presenta le caratteristiche per ospitare in maniera stabile gli habitat di interesse.



Veduta aerea della zona.



1.

Area con indicata la fascia dinamica cinquantennale (linea rossa).



Vegetazione nel retrospiaggia di Fiumaretta adiacente all'argine sinistro del F.Magra.

Attualmente il substrato sabbioso è in corso di veloce colonizzazione da parte di una vegetazione erbacea dove elementi psammofili sono frammisti a specie ruderali ed infestanti.
È pertanto pertinente la designazione di un'area di spiaggia di ripristino ambientale (ASR) al fine di preservare e sviluppare le potenzialità del sito.
Per l'area di Marinella il PUC del comune di Ameglia comprende un Piano particolareggiato (PP) degli arenili e della fascia costiera, che include previsioni di riqualificazione dell'ambiente dunale (habitat 1210, 2120, 2110) e ricostruzione di tali ambienti.
Regione Liguria, nell'ambito della Valutazione Ambientale Strategica (VAS) di cui alla DGR 247/2016, ha formulato parere positivo di compatibilità ambientale del PP a condizione che si ottemperi ad alcune prescrizioni, fra le quali lo sviluppo di approfondimenti delle previsioni in area SIC che consentano l'introduzione di ulteriori e adeguate misure volte al miglioramento dello stato di conservazione e alla salvaguardia degli habitat di particolare pregio presenti nell'area di intervento.
In questo contesto la normativa gestionale della ASR si inserisce in maniera del tutto coerente fornendo i criteri minimi tecnico-operativi per la realizzazione degli obiettivi della pianificazione comunale.

6.2. LITORALE FIUMARETTA - MARINELLA:

Proseguendo verso levante si trovano numerose aree potenzialmente favorevoli alla colonizzazione di flora psammofila, come indicato dalla presenza diffusa di specie pioniere.



Marinella-Fiumaretta: Medicago littoralis in fase pioniera.



Marinella-Fiumaretta: Lagurus ovatus, Salsola kali.



Marinella-Fiumaretta: Cakile maritima.



Figura 4.3.9 Marinella-Fiumaretta: Crithmum maritimum.

Tali specie si trovano anche affiancate da specie ornamentali alloctone, inserite presumibilmente dai gestori balneari della zona che intuiscono la natura e le potenzialità dell'area. Il consolidamento e l'incremento delle specie naturali possono essere favoriti grazie ad una maggiore attenzione verso questo aspetto.







Marinella-Fiumaretta: esempi di vegetazione alloctona e di allestimenti botanici ornamentali.

Per questo tratto di costa i PUC dei comuni di Ameglia e Sarzana comprendono un Piano particolareggiato (PP) degli arenili e della fascia costiera, che include previsioni di riqualificazione dell'ambiente dunale (habitat 1210, 2120, 2110) e ricostruzione di tali ambienti.
Regione Liguria, nell'ambito della Valutazione Ambientale Strategica (VAS) di cui alla DGR 247/2016, ha richiesto lo sviluppo di approfondimenti delle previsioni in area SIC che consentano l'introduzione di ulteriori e adeguate misure volte al miglioramento dello stato di conservazione e alla salvaguardia degli habitat di particolare pregio presenti nell'area di intervento.

In questo contesto la normativa gestionale della ASR si inserisce in maniera del tutto coerente fornendo i criteri minimi tecnico-operativi per la realizzazione degli obiettivi della pianificazione comunale.

6.3. MARINELLA - SPIAGGIA AL CONFINE CON IL TERRITORIO TOSCANO:

Arrivando al confine toscano, si trova un'area colonizzata da tempo da habitat psammofili consolidati, con aspetti tipici delle "Dune mobili embrionali" e delle "Dune mobili del cordone litorale con presenza di *Ammophila arenaria"*. L'area si trova davanti all'edificio dell'ex "Colonia Olivetti" e rappresenta attualmente il sito di maggior pregio per gli habitat di interesse all'interno della ZSC "Piana della Magra".



Veduta aerea della zona. Dietro la spiaggia spicca il giardino e l'edificio della "Colonia Olivetti".



Area con indicata la fascia dinamica cinquantennale (linea rossa).

La presenza di piante indicatrici degli habitat di interesse è abbondante e diversificata; spicca la presenza, praticamente unica in territorio ligure, della graminacea *Calamagrostis arenaria* (attuale nome della *Ammophila arenaria*) che con le proprie radici e la particolare modalità di accrescimento esplica la propria funzione consolidatrice sulle zolle sabbiose.



Spiaggia di Marinella al confine col territorio toscano: vegetazione dunale con Calamagrostis arenaria subsp. arundinacea (Husn.) Banfi, Galasso & Bartolucci e Colonia Olivetti sullo sfondo.



Marinella (Sarzana): Pancratium maritimum, Echinophora spinosa.



Spiaggia di Marinella al confine col territorio toscano: Eryngium maritimum, Calystegia soldanella.

L'area confina tramite un muretto ed una cancellata con il giardino, in stato di abbandono, che si trova nell'area della Colonia.
Notevole è purtroppo anche la presenza di piante alloctone infestanti, sia arbustive (*Robinia*, *Yucca*) sia erbacee (*Carpobrotus*) che competono con la vegetazione spontanea.
Esistono per quest'area segnalazioni di attività non appropriate per la conservazione degli habitat prioritari del SIC "Piana della Magra", come da sopralluoghi dell'Ente Parco di Montemarcello-Magra-Vara, in particolare riguardo il passaggio di mezzi.



Spiaggia di Marinella al confine col territorio toscano: vegetazione alloctona, frammista ad essenze autoctone.

7. PIANI TERRITORIALI

7.1. PIANO PARTICOLAREGGIATO DEL COMUNE DI SARZANA

Per l'area di Marinella esiste un Piano particolareggiato (PP) degli arenili e della fascia costiera elaborato dal Comune di Sarzana come sintetizzato per la parte d'interesse nella scheda seguente.

Per la zona di Marinella il Piano particolareggiato (PP) degli arenili e della fascia costiera del Comune di Sarzana adotta i seguenti obiettivi:
a) liberazione del maggior spazio possibile sulla spiaggia demaniale attraverso un arretramento generale e sostituzione sia degli stabilimenti sia degli altri manufatti stagionali;
b) ricostituzione di un profilo dunale a monte della spiaggia di varia altezza e spessore. Tale ipotesi progettuale raggiungerebbe più scopi:

- ricreare il più possibile una cornice naturalistico-ambientale all'arenile, peraltro sollecitata dalla presenza del SIC;
- creare tra le dune stesse ed a valle della provinciale una percorrenza pedonale pubblica;
- costituire delle rientranze concave nell'andamento delle dune di nuova formazione, tali da ospitare i nuovi stabilimenti balneari e/o, nel caso dell'ambito centrale della costa, le attrezzature di servizio alle spiagge libere;

c) ricostituzione della piantata costiera a monte della provinciale, riconfigurando il paesaggio originale della piana;
d) introdurre, per gli stabilimenti e le attrezzature, strutture leggere senza opere riflettenti e senza fondazioni continue, in modo che la loro presenza possa essere pensata in maniera stabile (anche per le stagioni extra-balneazione) per quelle parti che riguardano le attività di ristoro e di piccolo commercio. Le altezze potranno raggiungere il secondo livello per consentire la realizzazione di terrazzi solarium e la prosecuzione dell'attività al piano;
e) allontanamento dalle spiagge delle auto in sosta.

Il rapporto ambientale di Regione Liguria redatto nell'ambito della procedura di VAS del PP, per quanto riguarda gli aspetti naturalistici e la tutela della biodiversità ha richiesto ulteriori e adeguate misure volte al sensibile ed oggettivo miglioramento dello stato di conservazione e alla salvaguardia degli habitat di particolare pregio presenti nell'area di intervento.

Nel 2019 il Comune di Sarzana con Deliberazione di Consiglio Comunale numero 28 del 11-04-2019
ha deliberato riguardo l'adeguamento del piano particolareggiato degli arenili e della fascia costiera di Sarzana in ottemperanza al parere reso da Regione Liguria nell'ambito della VAS con richiesta alla Regione dell'approvazione della variante di PRG (Piano Regolatore Generale) contestuale al PP e della proposta di variante dell'assetto insediativo di livello locale del PTCP.

Nel "Piano Particolareggiato degli arenili e della fascia costiera di iniziativa pubblica in variante connessa e contestuale" gli interventi di previsione del PP nell'ambito ambientale sono:

- realizzazione di aree simili a dune per creazione di un percorso botanico che funzioni da zona conservazione in situ di piante tipiche del SIC, ormai rarefatte o scomparse,
- "ripristino dei sistemi dunali", facendo collocare tra le strutture balneari e la spiaggia una

zona a rinaturalizzazione spontanea.

- creazione di piantata area alberata e arbustata destinata ad ospitare parcheggi pubblici e

pertinenziali degli stabilimenti balneari liberando tutta la spiaggia al di sotto della strada litoranea dalle auto.

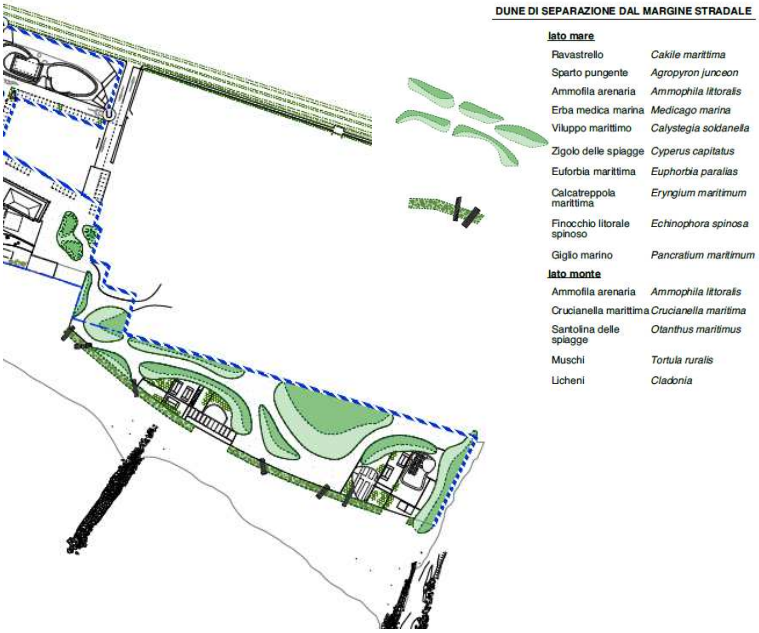
Per quanto riguarda la vegetazione delle spiagge è previsto che le zone saranno sottoposte al "ripristino" del sistema dunale, collocando tra le strutture balneari e la spiaggia una zona di rinaturalizzazione. Tale area di rinaturalizzazione dovrà essere adeguatamente tutelata (es.: recintata e resa attraversabile per arrivare all'arenile e al mare solo attraverso un sistema di passerelle), al fine di consentire l'insediamento della vegetazione pioniera delle spiagge e delle dune costiere ed evitare disturbo antropico per calpestio. L'eventuale inserimento di specie dovrà essere esclusivamente eseguito con piante autoctone di provenienza locale selezionate tra le specie caratteristiche di tali habitat.

A monte degli stabilimenti balneari il PP prevede la creazione di una passeggiata pubblica, che caratterizza l'intero assetto territoriale e che sarà contornato da un insieme di dune fisse con il duplice ruolo di sistemazione paesaggistica e di banca per la conservazione in situ di piante tipiche del litorale vietando l'utilizzo di piante potenzialmente in conflitto con quelle adottate per la rinaturalizzazione all'interno del percorso botanico. In tale sistemazione complessiva è previsto che vada particolarmente tutelata la piccola area relitta con prevalenza di *Ammophila arenaria* e *Calistegia soldanella* di fronte all'area ex Olivetti che deve essere interdetta al passaggio pedonale ed al parcheggio/passaggio degli automezzi.



Particolare cartografia con individuazione di dune relitte davanti ad ex Colonia Olivetti - Piano degli arenili e della fascia costiera, Comune di Sarzana.

Nel documento è previsto quanto di seguito.
La tutela della duna relitta si realizzerà attraverso una recinzione protettiva più estesa della stessa duna per favorire liberamente una rinaturalizzazione naturale. Per la conservazione *in situ* delle piante tutelate (aree di conservazione) si procederà con tecnica analoga di recinzione. Le aree di conservazione devono essere adatte all'insediamento delle piante e devono essere utilizzate anche per generare paesaggisticamente visuali prospettiche di qualità nel susseguirsi delle dune che vanno a formare il percorso botanico. La costruzione di tale percorso, le modalità di recupero delle piante, la determinazione dei sesti di impianto e la costituzione delle dune (calcolo della cubatura di sabbia necessaria e individuazione delle aree di prelievo), dovranno essere oggetto di uno studio di dettaglio seguito da una figura laureata in materie naturalistiche (scienze agrarie, scienze forestali, scienze naturali etc.), a completamento del progetto esecutivo edilizio.
Per la fase di cantierizzazione si fa riferimento alle linee guida gestione cantiere, con le seguenti indicazioni particolari:
• creare e mantenere ai margini di ogni accesso alla spiaggia spot di naturalità attraverso l'inserimento di piante tipiche da salvaguardare;
• allestimento di habitat puntuali per *Podarcis sp*;
• eliminazione di tutte le recinzioni di legno che arrivano al mare;
• vietare l'uso di saponi nelle docce che non sono collegate agli scarichi.
Le modalità per il mantenimento dell'ordine e della pulizia di queste aree deve essere concordata, coinvolgendo l'Ente Parco di Montemarcello Magra Vara (Ente gestore del SIC), al fine di individuare la soluzione ottimale. Devono inoltre essere posti in essere sistemi per la gestione dei rifiuti, severi meccanismi di controllo e sanzionamento, fino ad arrivare all'interdizione dall'area, per chi arreca grave disturbo alle specie animali o danneggia habitat, specie vegetali, ecc.
Sulla base della consulenza del tecnico naturalista le fasi esecutive sono così articolate:
f) fase di costruzione delle dune: la sagomatura delle "dune" del percorso botanico individuerà in particolare le zone più vocate ad avere caratteristiche di maggior umidità e quindi tali da favorire l'evoluzione della vegetazione adottata per la rinaturalizzazione;
g) fase di costruzione del percorso: individuare di volta in volta le aree più adatte per lo stoccaggio della sabbia, allestire le aree per la conservazione in situ;
h) fase di piantumazione retro spiaggia: controllo della corrispondenza delle specie messe in opera nelle diverse aree della piana con quelle indicate dalla planimetria progettuale di dettaglio.



Particolare planimetria dell'assetto vegetazione e livello puntuale di tutela naturalistica davanti ad ex Colonia Olivetti - Piano degli arenili e della fascia costiera, Comune di Sarzana.

Il processo di valutazione ambientale infine è previsto prosegua dopo la messa in opera degli interventi ambientali previsti con la fase di gestione, attraverso il monitoraggio e le connesse attività di valutazione dello stato dei luoghi. La frequenza dei controlli è previsto con cadenza trimestrale per i primi due anni dalla partenza dei lavori e semestrale in seguito fino all'allestimento finale delle opere ambientali previste.

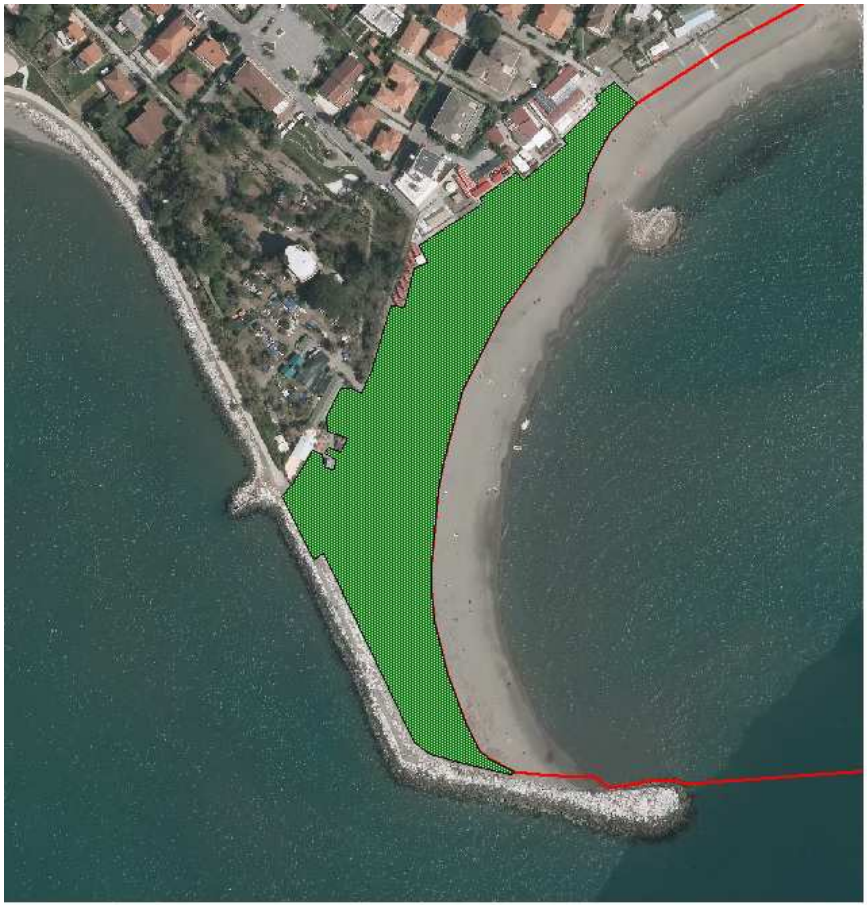
7.2. PIANO ENTE PARCO MONTEMARCELLO-MAGRA-VARA

Più recentemente l'Ente Parco di Montemarcello-Magra-Vara", nell'ambito del Progetto Interreg GIREPAM, ha elaborato, quale ente gestore della ZSC, un progetto di "Restauro ecologico degli ambienti costieri nelle ZSC" (Giunti A., Lombardi L., 2019); esso prevede in particolare il restauro ecologico per l'arenile situato nell'area contigua al torrente Parmignola.
Il progetto prevede interventi di ripristino della morfologia dunale e di rimozione di alcuni manufatti non compatibili.
La ricostruzione del profilo dunale avverrà mediante riporto di sabbia eventualmente mista a materiale vegetale, posto in opera in modo da formare un rilevato di forma irregolare che con il tempo tenderà ad assumere la morfologia dunale tipica, in equilibrio con i fattori ambientali (in particolare il vento).
Al fine di accelerare il processo di naturale accumulo di sabbia trasportata dal vento si prevede la realizzazione di piccole viminate collocate secondo un andamento ortogonale o comunque trasversale ai venti dominanti che, tra la primavera e l'autunno provengono principalmente dai quadranti meridionali (SO e SE).
Il prelievo di sabbia verrà eseguito direttamente in sito, nella porzione di arenile antistante l'area oggetto di riqualificazione e sarà limitata agli accumuli generatisi durante la stagione

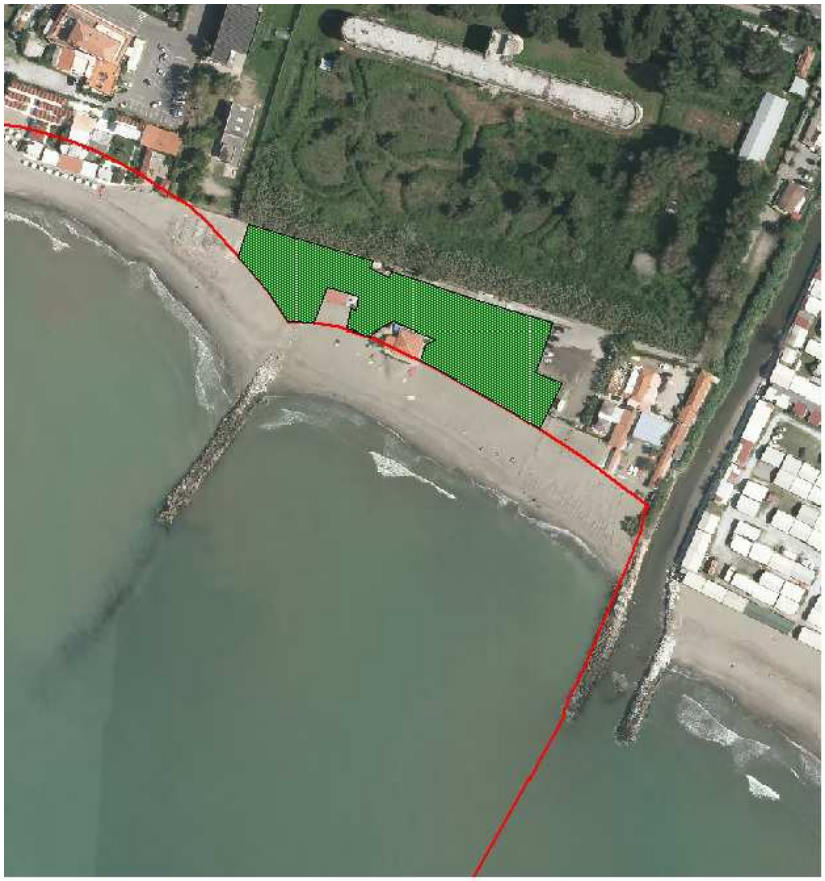
autunnale e invernale, liberata dai rifiuti di origine inorganica (in particolare materie plastiche), da eventuali materiali legnosi di grandi dimensioni o di origine antropica (stecche, pali o altri semi lavorati), o da materiale vegetale indesiderato (es. canne ed eventuali parti di specie aliene invasive).
Si prevede la movimentazione di circa 500 metri cubi di sabbia da distribuire su circa 2.500 metri quadrati di superficie, pertanto con un sopralzo medio di 20 cm ma che, preferibilmente, dovrà assumere carattere di variabilità con accumuli fino a 40-50 cm di altezza in alcune aree e meno di altre.
Sono previsti inoltre la realizzazione di accessi attrezzati dotati di camminamento attrezzato, costituito da una pedana in legno appoggiata al suolo disposta secondo l'andamento morfologico del tracciato esistente e che si adatta al profilo naturale della duna, e la realizzazione di recinzione con corda mediante palo di castagno oltre a tratti di staccionata in paleria di legno trattato.
Il progetto prevede infine la posa in opera di cartelli informativi e pannelli didattici.
Il contenimento della diffusione delle specie aliene (in particolare *Yucca gloriosa*), sarà effettuato mediante eliminazione manuale o con l'ausilio di mini-escavatore o più facilmente di strumenti manuali al fine di rimuovere completamente l'apparato radicale.
L'intervento si completerà con la messa a dimora di un numero limitato esemplari (30-50) di specie psammofile (es. *Calamagrostis arenaria* subsp. *arundinacea*, *Elymus farctus*, *Eryngium maritimum*, *Echinophora spinosa*, *Calystegia soldanella*) che potranno essere recuperati, anche in numero limitato da altri siti in cui sono presenti in quantità elevata (es. Parco San Rossore).

In questo contesto la normativa gestionale della ASR si inserisce in maniera del tutto coerente fornendo i criteri minimi tecnico-operativi per la realizzazione degli obiettivi della pianificazione comunale.

Per quanto riguarda gli habitat costieri gli arenili di Fiumaretta (Ameglia) e Marinella (Sarzana) offrono opportunità di riqualificazione della vegetazione psammofila; per questo sito il Piano individua le perimetrazioni da assoggettare alla normativa della Aree di Spiaggia di Recupero vegetazionale.







Aree di spiaggia assoggettate alla normativa di Piano ASR (aree verde).

8. SINTESI DEI PROCESSI COSTIERI

A levante della foce del Magra i processi morfodinamici sono dominati dal libeccio che induce una deriva litoranea netta diretta verso sud-est e quindi verso la Toscana. Solo nel tratto a ridosso del lungo pennello costruito in sponda sinistra della foce il trasporto si inverte, per diffrazione, e il sedimento tende ad accumularsi al pennello generando la tipica forma a spirale.
Oltre la prima piattafoma-isola di fronte all'abitato di Fiumaretta, ormai inglobata nella spiaggia, la deriva litoranea è diretta decisamente verso levante contrastata talvolta dalle opere rigide presenti, che generano rip current secondarie d'uscita. Il principale ostacolo ala deriva litoranea è rappresentato dalla barriera emersa costruita a protezione degli impianti dell'Idrovora, costruita dal consorzio Canale Lunense a scopi di bonifica della piana. Questa barriera, non rimossa nel corso degli interventi del 2003-2010, genera due evidenti correnti d'uscita ai suoi lati e rappresenta il maggior elemento disturbatore della dinamica costiera nel tratto ligure della spiaggia.
Oltre la barriera dell'Idrovora la deriva litoranea indotta dal libeccio prosegue in direzione del confine toscano contrastata solo dai pennelli emersi e sommersi che trattengono celle di spiaggia sufficientemente ampie.

9. TENDENZA EVOLUTIVA DEL LITORALE

Come visto nei precedenti paragrafi il fiume Magra ha cominciato a riequilibrare il suo profilo dopo la cessazione delle escavazioni in alveo e sta ricominciando a portare il suo carico solido verso la foce. La distribuzione naturale di questo materiale verso le spiagge di pertinenza è attualmente inibito per due motivi principali: la presenza del pennello alla foce e le necessità di mantenere la navigazione nel tratto terminale attraverso operazioni di dragaggio periodico.
Con queste condizioni al contorno la spiaggia di Fiumaretta-Marinella è destinata a continuare il suo trend erosivo con il materiale che viene trasportato verso il confine sud dell'unità fisiografica, in territorio toscano.
Con il sistema di difesa attuale è presumibile che tale trend erosivo non assumerà le velocità che lo hanno caratterizzato nella seconda metà del '900 ma sarà assai più lento e avvertibile nel medio-lungo termine.

L'evoluzione recente delle spiagge, in deciso avanzamento a seguito degli interventi di ripascimento artificiale effettuati negli ultimi anni, ha visto un netto miglioramento delle capacità dissipative della spiaggia che ormai è sufficientemente ampia da difendere le strutture retrostanti. In particolare ad oggi la zona di Fiumaretta è da considerarsi sicura mentre alcuni problemi rimangono nel settore di Marinella, dove le mareggiate più intense raggiungono ancora le strutture balneari con una certa energia. È chiaro che l'equilibrio raggiunto è piuttosto fragile e comunque dipendente da interventi antropici, in assenza dei quali il trend erosivo potrebbe riprendere.
Le piccole spiagge di Bocca di Magra, a ponente del porticciolo turistico, sono insufficienti a contenere la mareggiata cinquantennale e sono a rischio le strutture balneari retrostanti la spiaggia.

10. MISURE DI INTERVENTO

A seguito delle analisi dello stato e della tendenza evolutiva del litorale si individuano i seguenti indirizzi che costituiscono norma di Piano ai sensi dell'art. 6 delle Norme di Attuazione. L'obiettivo principale da perseguire nel paraggio di Marinella è il mantenimento e miglioramento del sistema spiaggia come opera di difesa attraverso l'aumento della resilienza e delle condizioni di maggior naturalità.
Nel dettaglio le indicazioni di intervento per il paraggio di Marinella sono le seguenti:

10.1. INTERVENTI COSTA BASSA

- La spiaggia di Fiumaretta-Marinella ha avuto un trend recente di ampliamento seguito agli interventi di ristrutturazione delle difese e ripascimento artificiale. Allo stato attuale la situazione è soddisfacente può essere migliorata proseguendo nella direzione intrapresa.
  L'obiettivo finale dovrebbe essere lo smantellamento delle strutture rigide ormai inutili, come le vecchie piattaforme-isola e il diradamento dei pennelli nella zona di Fiumaretta, seguito dalla demolizione della barriera davanti all'Idrovora. Quest'ultimo intervento è il più delicato perché le strutture balneari a tergo della barriera sono in posizione molto più avanzata rispetto a quelle delle celle limitrofe quindi occorre che la spiaggia aumenti in maniera stabile e sufficiente a difenderle. In alternativa si può pensare ad un arretramento e/o revisione delle strutture stesse per renderle meno vulnerabili.
  La revisione delle opere di cui sopra deve essere necessariamente accompagnato da ripascimenti artificiali periodici col materiale proveniente dai dragaggi dell'asta fluviale del Magra effettuati ai fini della navigabilità.

Le numerose esperienze di ripascimento strutturale realizzate con il materiale proveniente dai dragaggi dell'asta fluviale del Magra effettuati ai fini della navigabilità hanno sempre dimostrato l'idoneità di questa scelta gestionale sia dal punto di vista dell'efficacia del ripascimento sia dal punto di vista ambientale, con particolare riferimento ala qualità dei sedimenti utilizzati, alla qualità del corpo idrico marino e alla qualità delle acque di balneazione.

11. CARATTERIZZAZIONE DEL SITO SOGGETTO A RIPASCIMENTO

La dettagliata analisi territoriale effettuata a livello di PTAMC e le misure gestionali che ne derivano, come dettagliatamente riportate nel capitolo Analisi territoriali, forniscono :

- una forte giustificazione dell'intervento, dal momento che viene indicato come ogni prelievo del contributo sedimentario del fiume dovrà prioritariamente essere riutilizzato ai fini di ripascimento
- una caratterizzazione idraulico-marittima, geologica e naturalistica del sito di intervento, della quale vengono riportati di seguito gli elementi essenziali

11.1. CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE DELLA SPIAGGIA OGGETTO DI INTERVENTO

Dall'analisi sedimentologica condotta si evince che la distribuzione dei sedimenti è uniforme, in quanto mostra una prevalenza di sabbie medie (0.50 – 0.25 mm) lungo la fascia più prossima alla costa, mentre a profondità maggiori le sabbie fini (0.25 – 0.125) risultano prevalenti; solo lungo la foce del Magra si segnale la presenza di sabbia grossolana derivante dal trasporto fluviale. In battigia è stata rilevata la presenza di materiale più grossolano tra i 2 e i 4 mm (ghiaia molto fine) nell'area a nord e in quella centrale.

11.2. COLORE DEL MATERIALE DELLA SPIAGGIA OGGETTO DI INTERVENTO

La valutazione preliminare del sito di intervento, come desumibile dalle fotografie aeree e dal materiale fotografico del PTAMC indica una spiaggia che dal punto di vista cromatico appare piuttosto uniforme e caratterizzata dai toni del grigio chiaro.
La fonte del materiale, che riguarda materiale autoctono direttamente prelevato dall'alveo dello stesso corso d'acqua che alimenta la spiaggia e presso sezioni molto prossime alla foce, dovrebbe garantire una piena compatibilità cromatica, fatte salve eventuali differenze temporanee durante la fase di cantiere e nelle prime settimane dopo la stesa, dovute al diverso grado di idratazione e ossidazione del sedimento di apporto. A tal proposito particolare attenzione dovrà essere volta alla separazione di eventuale terreno vegetale che possa essersi formato sulla superficie dei cumuli e che non dovrà essere utilizzato per il ripascimento.

11.3. MORFOLOGIA DELLA SPIAGGIA EMERSA E SOMMERSA

Si fa riferimentoagl elaborati di progetto G04, G05 e G06 denominati rispettivamente Planimetria Stato attuale, Planimetria Progetto, Sezioni.

11.4. CARATTERISTICHE NATURALISTICHE DEL SITO DI INTERVENTO

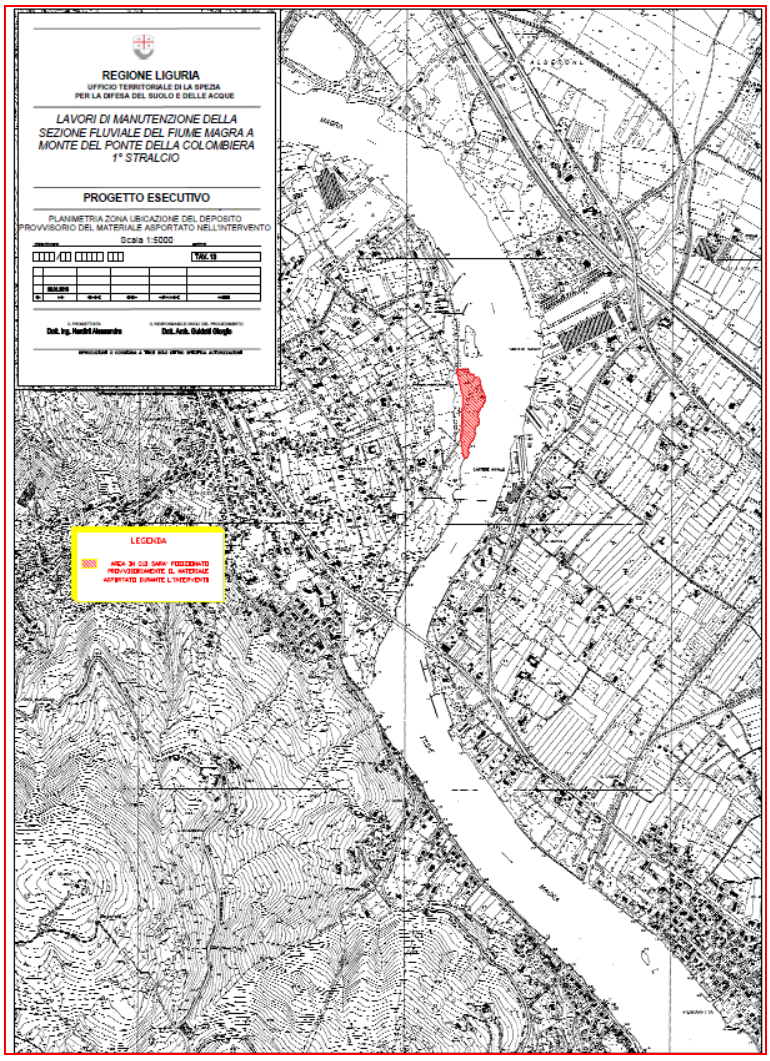
Questo paraggio è fortemente condizionato dalla presenza della foce del Fiume Magra e dai suoi apporti di sedimento e nutrienti. A ponente della foce la costa rocciosa presenta a mare un substrato duro colonizzato da alghe fotofile, mentre a levante della foce la costa è caratterizzata da un susseguirsi di spiagge delimitate da pennelli artificiali colonizzati a mare da alghe fotofile su substrato duro artificiale.

12. CARATTERIZZAZIONE DEL SITO DI PRELIEVO DEL MATERIALE DA RIPASCIMENTO

12.1. SITO DI PRELIEVO

Come meglio dettagliato nella premessa, nel corso dell'anno 2016 sono stati quindi eseguiti i "Lavori di manutenzione della sezione fluviale del fiume Magra a monte del ponte della Colombiera – 1° Stralcio".

Il materiale ottenuto dall'intervento di manutenzione realizzato veniva depositato nell'area demaniale (denominata ex-Viti), in sponda destra del Fiume Magra, situata nel Comune di Sarzana, in corrispondenza dei mappali n. 134, n. 135, nel Foglio n.33 del N.C.T. (area indicata nella figura sottostante) .



13. CARATTERIZZAZIONE DEL MATERIALE DA RIPASCIMENTO

Per quanto attiene la caratterizzazione del materiale da ripascimento si rimanda all'elaborato R01b - Relazione Rapporti di Prova Chimiche e Geotecniche redatto dal Settore Difesa del Suolo La Spezia.

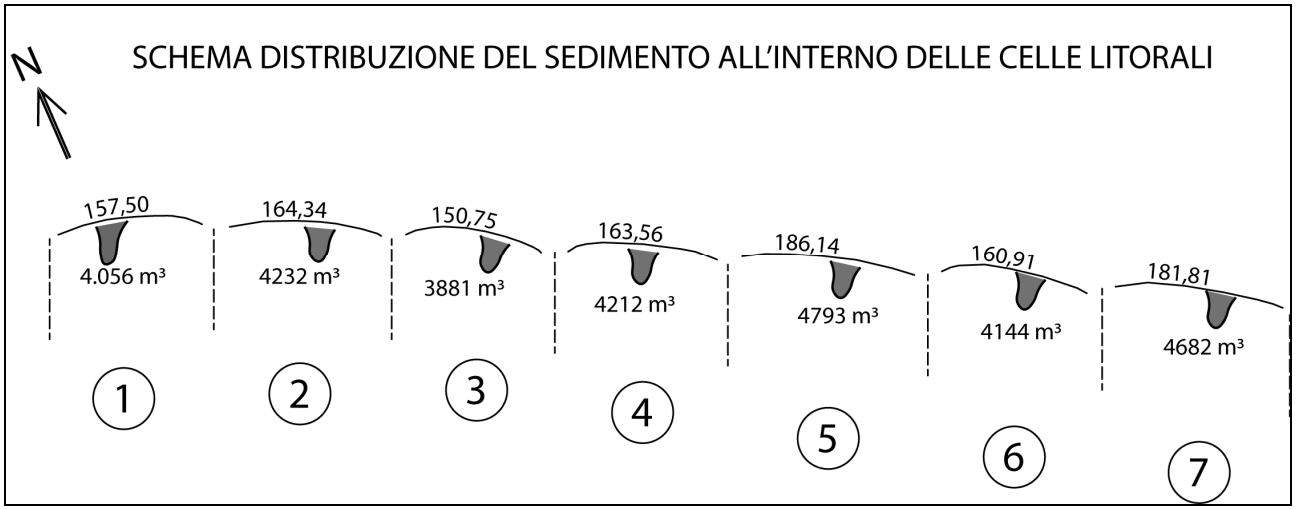
14. MODALITA' DI RIPASCIMENTO

Il materiale sabbioso, trasportato dall'AREA 1 di attuale deposito intermedio nell'AREA 2 e nell'AREA 3, utilizzando mezzi con cassoni impermeabili; verrà successivamente movimentato, caricato e trasportato su mezzi di trasporto idonei a percorrere il litorale sabbioso.
La stesa del materiale avverrà secondo le indicazioni della DD.LL, con possibilità di esclusione, di aree con elementi di vegetazione da salvaguardare.
Le lavorazioni dovranno essere sospese nel periodo stabilito dall'Autorità Marittima con apposita ordinanza quale "Stagione Balneare", salvo diverse disposizioni impartite dall'Amministrazione Comunale. La stagione balneare è prevista dal 1 maggio al 30 settembre, salvo diverse disposizioni impartite dall'Autorità Marittima.
I mezzi potranno accedere alle aree di lavoro mediante la strada comunale di accesso e la predisposizione di appositi specifici passaggi come individuati negli elaborati grafici
Nel trasporto dei materiali lungo il litorale da ripascere l'impresa aggiudicataria dovrà tenere in debito conto delle difficoltà operative di transito nella strada di accesso all'area di cantiere e quelle di predisposizione, mantenimento e delimitazione delle aree occorrenti per le lavorazioni previste.
E' onere dell'impresa richiedere all'Amministrazione Comunale eventuali specifiche autorizzazioni per il passaggio dei mezzi utilizzati in tutti i luoghi in cui tale autorizzazione è necessaria.

Per quanto riguarda le modalità di posa / sversamento è prevista l'immissione del materiale di ripascimento attraverso la creazione di pennelli imbonitori per ogni cella litoranea ; il materiale a disposizione da utilizzare per il ripascimento sarà suddiviso in funzione dello sviluppo lineare della linea di riva, così come proposto nella tabella seguente e successivamente schematizzato

cella	Lunghezza spiaggia in metri	m^3 per ripascimento
1	157,50	**4056**
2	164,34	**4232**
3	150,75	**3881**
4	163,56	**4212**

5	186,14	**4793**
6	160,91	**4144**
7	181,81	**4682**



Le modalità di sversamento, secondo i calcoli eseguiti per il profilo di equilibrio della spiaggia di Marinella di Sarzana e la stima del volume a metro lineare necessario al ripascimento di detta spiaggia, prevedono un avanzamento teorico della linea di riva pari a 5,2 metri con un volume di sedimento totale utilizzato pari a 30.000 m^3 e considerando il tratto di spiaggia interessato che si sviluppa per una lunghezza totale pari a circa 1.165 metri.