

Dinamica morfologica e sedimentaria del litorale di Castellammare di Stabia (Golfo di Napoli)

Chiara Cammelli, Pierluigi Iannotta, Valentina Matucci e Enzo Pranzini

Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Firenze
Borgo Albizi, 28 - 50122 Firenze

Riassunto

L'analisi dell'evoluzione della linea di riva del Golfo di Castellammare di Stabia indica che questo tratto di litorale non soffre, nel suo insieme, di un deciso deficit sedimentario, ma che vi è una consistente ridistribuzione dei sedimenti a favore dei tratti che ricevono protezione dai due porti costruiti ai due lati dell'unità fisiografica; questo flusso sedimentario è in parte dovuto alla diffrazione delle onde sull'estremità delle dighe foranee. Progradazione o stabilità della spiaggia si ha anche in quei settori del litorale nei quali recentemente sono state costruite opere di difesa; ma, mentre le scogliere parallele, emerse o sommerse, sono state efficaci, quelle ortogonali a riva hanno prodotto risultati più modesti, dato che la direzione di provenienza delle onde è quasi sempre ortogonale alla costa. Lo studio granulometrico dei sedimenti di spiaggia emersa e sommersa, effettuato solo nel settore meridionale, conferma l'esistenza di un flusso sedimentario che porta materiali fini nell'area riparata dal porto di Castellammare di Stabia e lascia sedimenti grossolani residui nei tratti di litorale più esposti. In tutto il settore studiato si evidenzia un flusso sedimentario diretto da nord verso sud, tale da far considerare il Fiume Sarno, che pure ha una modesta portata solida, come il principale alimentatore di questa parte del golfo. Questi risultati portano a ritenere necessaria la modifica sia delle strutture portuali, in modo da ridurre l'impatto sui litorali adiacenti, che di alcune opere di difesa, per aumentarne l'efficacia. Potrebbe essere inoltre opportuno un reflimento dei sedimenti depositatisi in prossimità dei porti verso le zone che più se ne sono impoverite ed un ripascimento con materiali grossolani dei settori meno interessati dall'attività turistica.

Parole chiave: Evoluzione della linea di riva, parametri tessiturali, difese costiere, porti.

Abstract

The study of the shoreline evolution of the Castellammare di Stabia Gulf proves that this coast, as a whole, does not experience a sedimentary deficit, but that a significant sediment redistribution exists favouring the beaches protected by the two harbours present on both the gulf extremities; this flux is partially due to wave diffraction at the tips of the harbours breakwaters. Beach progradation or stability is present where shore protection works were executed during the last years, but parallel emerged and submerged breakwaters were more effective than groins due to the prevailing orthogonal approach angle of most of the waves in the area. Textural sediment analysis, performed on the southern side of the gulf, confirms the harbour-ward directed sedimentary flux, responsible of fines deposition in the protected area and of the existence of coarse lag deposits in the most exposed beaches. The River Sarno, although its limited bedload, is recognized as the main feeder of the southern part of the physiographic unit. Changes in the harbours configuration is therefore necessary in order to prevent further silting and the erosion of the unprotected beaches. Shore protections must be modified in order to meet the sediment dynamics of this coast, and sediment should be dredged in the harbour protected areas to feed eroded beaches. Coarse material could be used for artificial nourishment in those sectors where touristic activity is limited.

Key-words: Shoreline evolution, textural parameters, shore protections, harbours.

Inquadramento geografico

Il Golfo di Castellammare di Stabia costituisce la parte più meridionale del Golfo di Napoli ed è compreso fra le propaggini del Vesuvio e la Penisola Sorrentina, che si protende in mare per circa 20 km (Fig. 1).

Protetto da questa e dal suo prolungamento strutturale dell'Isola di Capri nei confronti dei mari meridionali, è esposto direttamente solo alle ondate di SSO, dato che ad Ovest vi sono le Isole di Ischia e di Procida e a NO il Monte di Procida ed il promontorio dei Campi Flegrei.

I dati raccolti dall'ondametro di Ponza (posto a circa 120 km a W-NW) indicano una prevalenza delle onde dal settore occidentale (Fig. 2) con una risultante da 249°, ossia praticamente ortogonale alla spiaggia, tanto da fare ipotizzare un flusso lungo riva estremamente limitato sul litorale del Golfo di Castellammare.

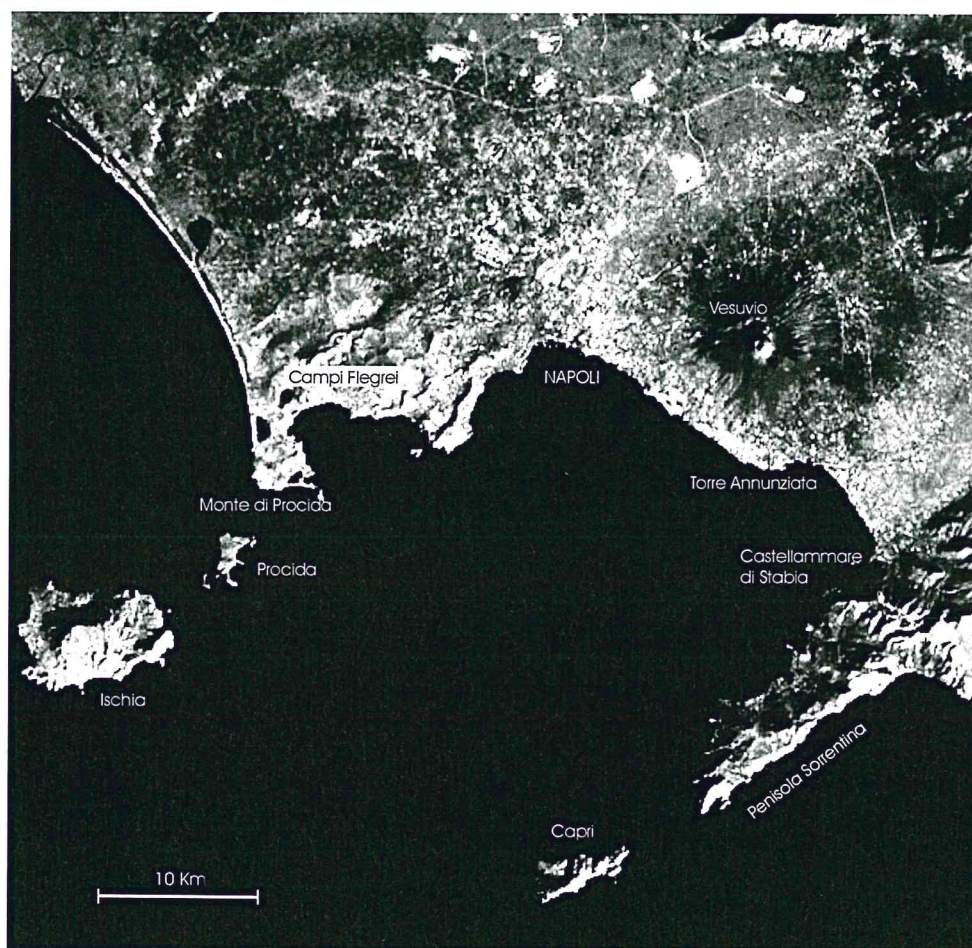


Figura 1 - Posizione geografica dell'area di studio.

I fondali, entro l'isobata dei 10 m, hanno una pendenza media del 2%, con una leggera prominente in corrispondenza dello Scoglio di Rovigliano, un isolotto del diametro di un centinaio di metri posto a circa 300 m da riva poco più a nord della foce del Fiume Sarno e che determina la formazione di un saliente visibile in tutte le edizioni della cartografia IGM.

Il principale corso d'acqua che raggiunge questo tratto di litorale è il Fiume Sarno, con un bacino di circa 438 km², ma per il quale non esistono misure o stime di portata solida. Nel settore meridionale del golfo sfocia il Fosso Gragnano (o Vernotico), con un bacino di circa 40 km² ed una portata solida, calcolata per un evento con tempo di ritorno di 10 anni, pari a 8.480 m³/anno (Paris et al, 2002).

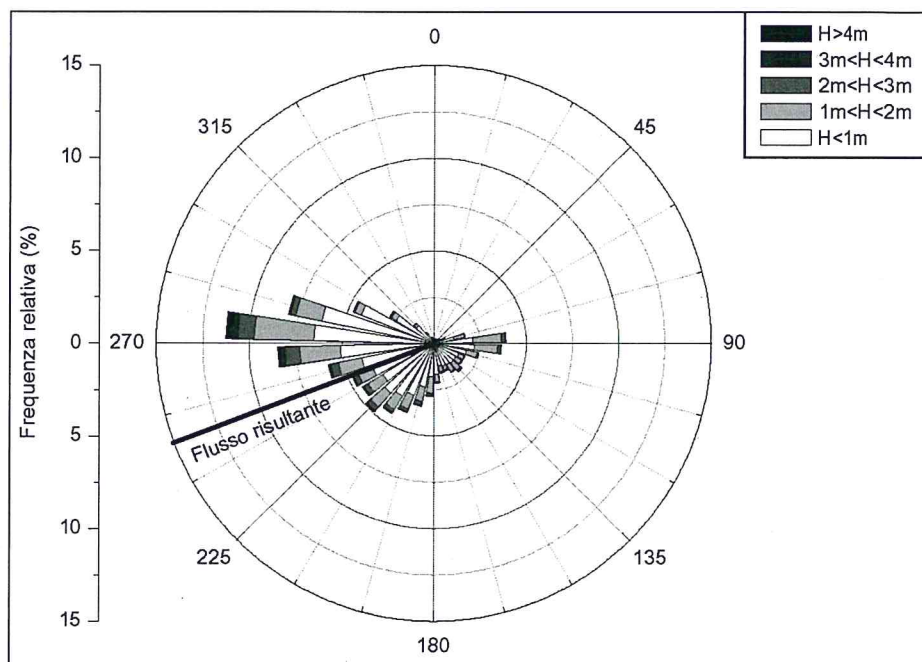


Figura 2 - Stato del mare ricostruito sulla base dei dati rilevati dall'ondametro di Ponza della Rete Ondametrica Nazionale (Periodo di osservazione: 1989 - 2001).

Sulla spiaggia di Castellammare sfocia anche il Rivo della Calcatella (o Cametello), che ha un bacino idrografico che non raggiunge i 6 km² e di cui non è nota la portata.

Nella Tavola relativa ai Fogli 183, 184 e 185 "Isola d'Ischia", Napoli" e "Salerno" dell'Atlante delle Spiagge Italiane (Cocco et al., 1996) la gran parte di questo litorale è indicata in equilibrio, con l'eccezione del settore centrale, in erosione, e di un piccolo tratto prossimo all'estremità meridionale, in ripascimento.

Evoluzione della linea di riva

Lo studio dell'evoluzione della linea di riva del litorale compreso fra il porto di Torre Annunziata e quello di Castellammare di Stabia si basa sui dati tratti dalla cartografia dell'Istituto Geografico Militare, in scala 1:50.000 del 1870 (circa) ed in scala 1:25.000 degli anni 1907/09, 1954 e 1968, sulle foto aeree riprese negli anni 1989 (1:75.000, Volo Italia), 1994 (1:75.000 Volo Italia) e 1998 (1:40.000), nonché sui dati rilevati nel 2002 dalla Soc. GeoLab di Napoli su incarico dell'ENEA. Dato che quest'ultimi non si estendono al tratto adiacente al porto di Castellammare, nel 2003 si è proceduto ad un nuovo rilievo della linea di riva da 500 m a nord della foce del Rio Gragnano fino al porto.

La linea di riva è stata digitalizzata dalla cartografia IGM da parte della Ricerche Marine s.n.c. di Pozzuoli, mentre quella tratta dalle foto aeree, che sono state acquistate in formato digitale dalla Compagnia Generale Ripresearee s.p.a. di Parma, è stata ottenuta per fotointerpretazione dopo la georeferenziazione delle immagini nel sistema di riferimento Gauss-Boaga (fuso Est).

Si fa presente che, per la disomogeneità dei documenti originali e, talvolta, per oggettive difficoltà di estrazione della linea di riva dalle foto aeree e da immagini telerilevate, i dati ottenuti possono essere soggetti ad errori anche rilevanti. Bartolini et al. (1989), per una cartografia realizzata da un unico operatore con grande esperienza in fotorestituzione e con documenti di partenza omogenei, hanno stimato l'errore di posizione della linea di riva in 5 m, cosa che porta ad un errore possibile nel confronto fra due linee a ben 10 m. Nel nostro caso si ritiene che l'errore relativo ai rilievi più antichi possa essere anche superiore e i dati prodotti, seppur riportati in formato numerico con approssimazione al cm, devono essere considerati come semi-quantitativi.

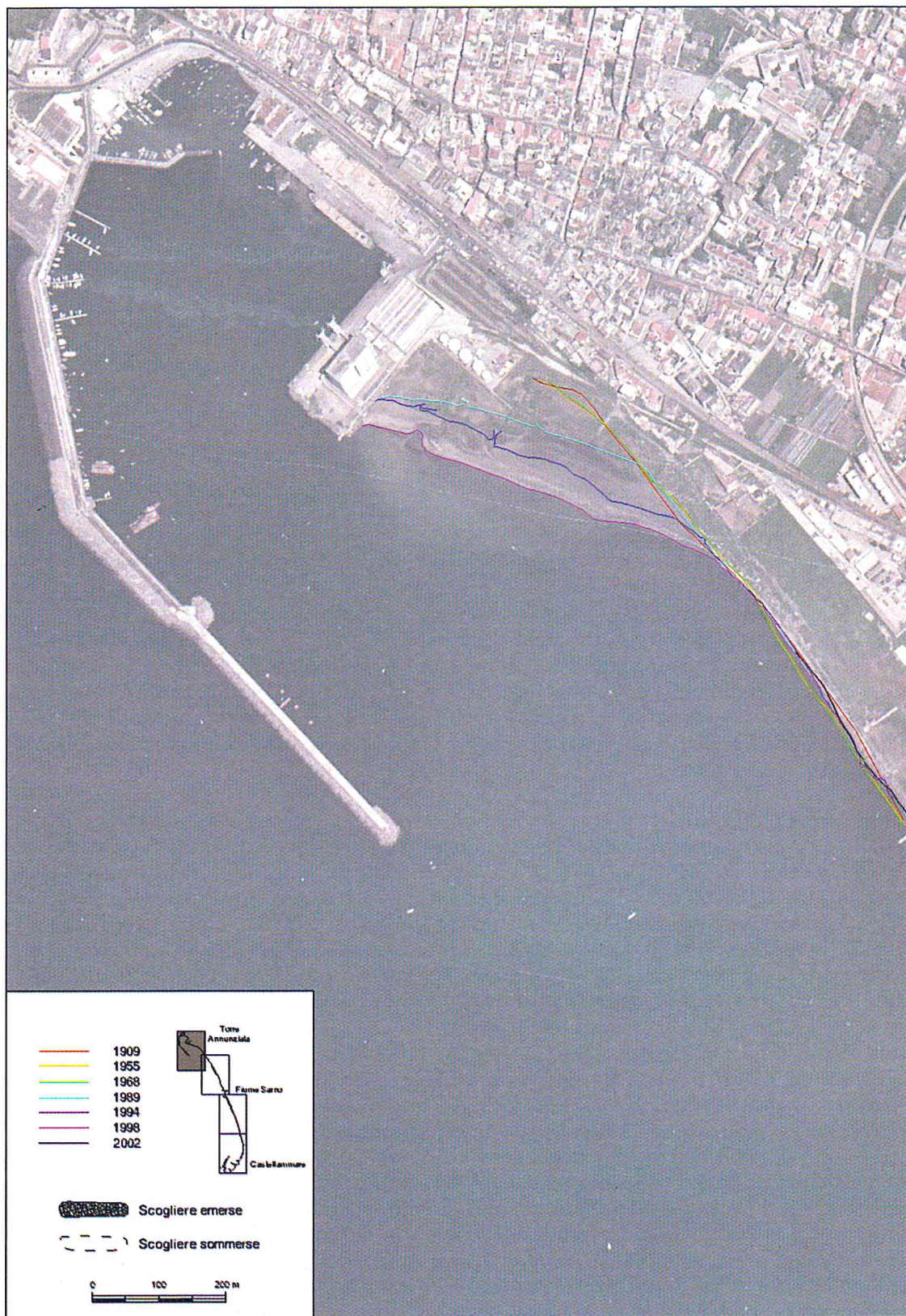


Figura 3a - Evoluzione della linea di riva nel tratto settentrionale del Golfo di Castellammare di Stabia.

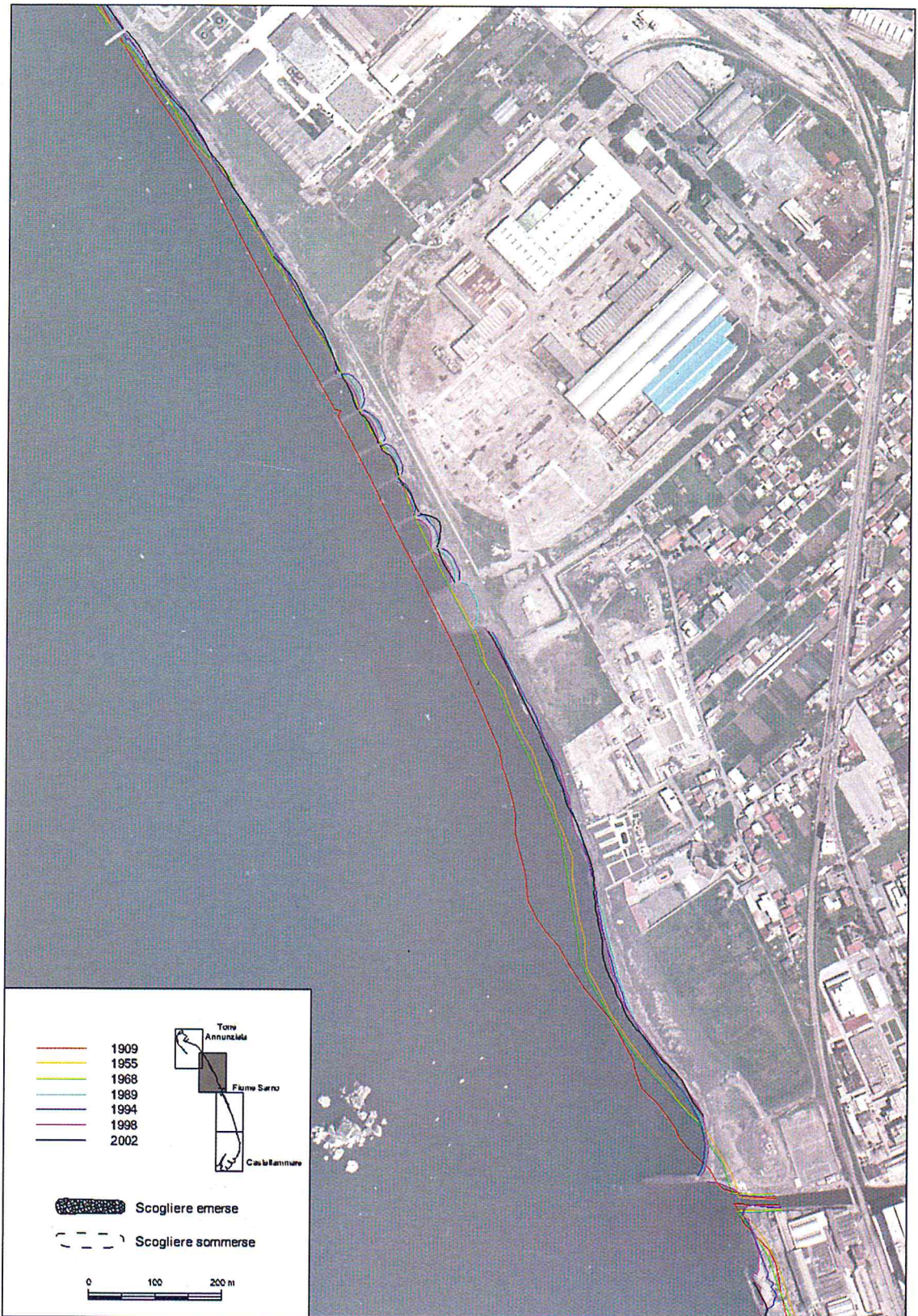


Figura 3b - Evoluzione della linea di riva nel tratto centro-settentrionale del Golfo di Castellammare di Stabia.

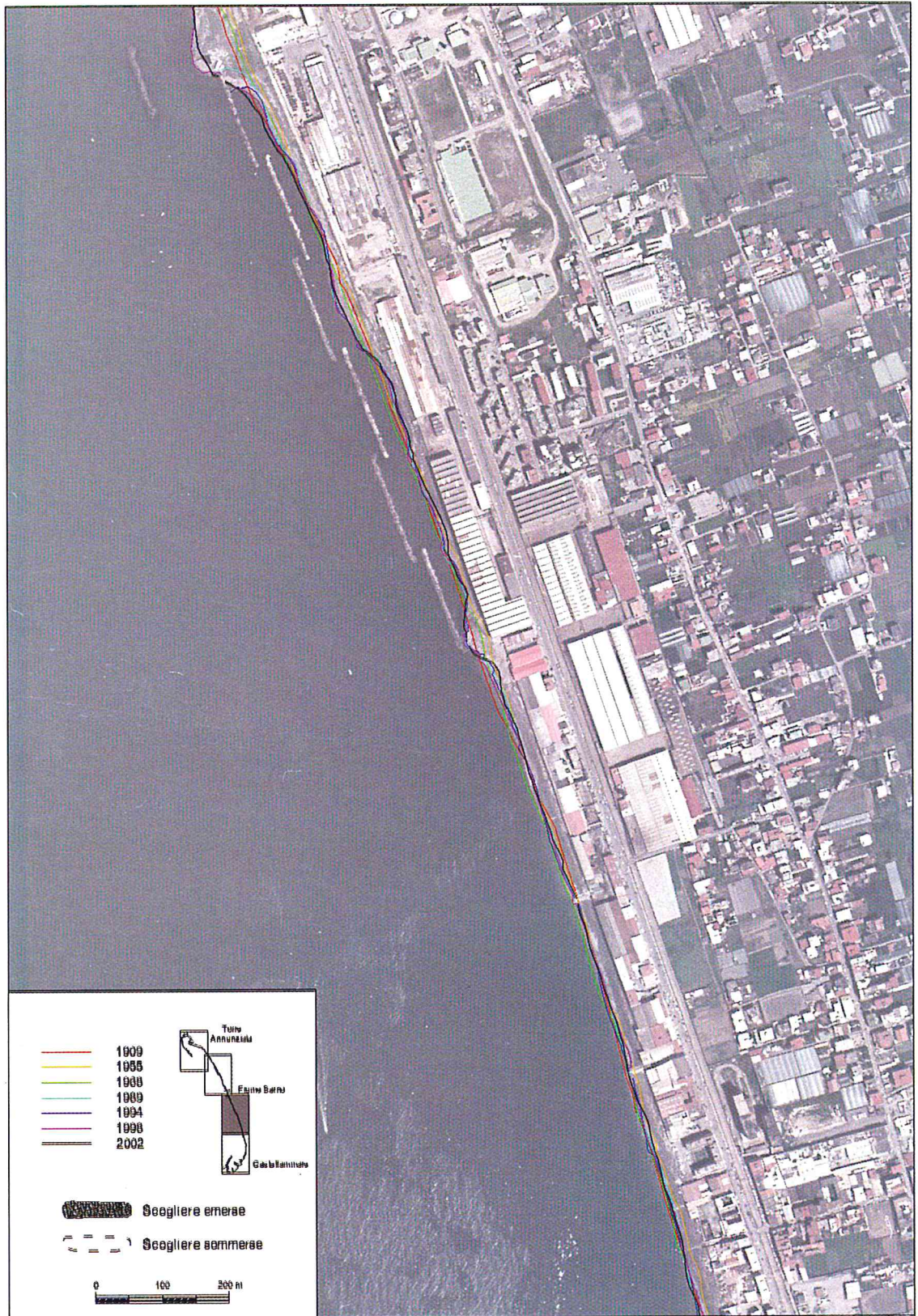


Figura 3c - Evoluzione della linea di riva nel tratto centro-meridionale del Golfo di Castellammare di Stabia.



Figura 3d - Evoluzione della linea di riva nel tratto meridionale del Golfo di Castellammare di Stabia.



Figura 4 - Settori nei quali è stato diviso il litorale per lo studio dell'evoluzione della linea di riva.

Tabella 1a - Variazione areale della spiaggia emersa nei diversi settori nei vari intervalli di tempo.

Settori	Lung. (m)	<i>L. set. Ridotti</i>	1909 1954	1954 1968	1968 1989	1989 1994	1994 1997	1994 1998	1997 2002	1998 2002	1954 2002/3
1	460	<i>409</i>		11230	6203	7813	8973	12707			
2	421	<i>280</i>	33,72	4768	-1789	2165	-701	-140	<i>1459</i>	<i>1778</i>	<i>5116</i>
3	481		2423	5911	-3194	615	-2406	-1866	1896	1356	2822
4	504		-4831	6219	-1962	739	-1382	-1027	742	387	4356
5	637		-2888	6271	-4927	1395	-1643	-621	303	-719	1399
6	1244	<i>1146</i>	-10183	10348	4152	397	6607	2712	<i>-1317</i>	<i>2267</i>	<i>18143</i>
7	822	<i>758</i>	-33054	4860	-23450	638	842	-503	<i>18</i>	<i>1298</i>	<i>-17527</i>
8	518		-18707	582	-7029	-1405	-233	4947	3440	-1741	-4645
9	587		-11948	-915	-2490	-499	1052	1331	-1272	-1551	-4124
10	406	<i>308</i>	4518	1224	-3441	-804	1109	1060	<i>-1511</i>	<i>-1186</i>	<i>-2925</i>
11	457		-1732	-254	8418	13155	-13383	13385			
Tot	6537	<i>2907</i>	-76402	50243	-29509	24209	-1164	31987	3764	1889	2616

Tabella 1b - Spostamento lineare medio della linea di riva nei diversi settori nei vari intervalli di tempo.

Settori	Lung. (m)	<i>L. set. Ridotti</i>	1909 1954	1954 1968	1968 1989	1989 1994	1994 1997	1994 1998	1997 2002	1998 2002	1954 2002/3
1	460	<i>409</i>		24,43	13,49	17,00	19,52	27,65			
2	421	<i>280</i>	0,15	11,33	-4,25	5,14	-1,67	-0,33	<i>5,20</i>	<i>6,34</i>	<i>18,25</i>
3	481		5,04	12,30	-6,65	1,28	-5,01	-3,88	3,94	2,82	5,87
4	504		-9,58	12,34	-3,89	1,47	-2,74	-2,04	1,47	0,77	8,64
5	637		-4,53	9,85	-7,73	2,19	-2,58	-0,98	0,48	-1,13	2,20
6	1244	<i>1146</i>	-8,18	8,32	3,34	0,32	5,31	2,18	<i>-1,14</i>	<i>1,98</i>	<i>15,83</i>
7	822	<i>758</i>	-40,20	5,91	-28,52	0,78	1,02	-0,61	<i>0,02</i>	<i>1,71</i>	<i>-23,14</i>
8	518		-36,09	1,12	-13,56	-2,71	-0,45	9,54	6,64	-3,36	-8,96
9	587		-20,34	-1,56	-4,24	-0,85	1,79	2,27	-2,17	-2,64	-7,02
10	406	<i>308</i>	11,14	3,02	-8,48	-1,98	2,73	2,61	<i>-4,91</i>	<i>-3,85</i>	<i>-9,50</i>
11	457		-3,79	-0,56	18,41	28,76	-29,26	29,27			

Tabella 1c - Tasso di spostamento lineare medio della linea di riva nei diversi settori nei vari intervalli di tempo.

Settori	Lung. (m)	<i>L. set. Ridotti</i>	1909 1954	1954 1968	1968 1989	1989 1994	1994 1997	1994 1998	1997 2002	1998 2002	1954 2002/3
1	460	<i>409</i>		1,75	0,64	3,40	6,51	6,91			1,66
2	421	<i>280</i>	0,00	0,81	-0,20	1,03	-0,56	-0,08	<i>1,04</i>	<i>1,59</i>	0,32
3	481		0,11	0,88	-0,32	0,26	-1,67	-0,97	0,79	0,71	0,14
4	504		-0,22	0,88	-0,19	0,29	-0,91	-0,51	0,29	0,19	0,18
5	637		-0,10	0,70	-0,37	0,44	-0,86	-0,24	0,10	-0,28	0,05
6	1244	<i>1146</i>	-0,19	0,59	0,16	0,06	1,77	0,54	<i>-0,23</i>	<i>0,49</i>	0,34
7	822	<i>758</i>	-0,91	0,42	-1,36	0,16	0,34	-0,15	0,00	0,43	-0,49
8	518		-0,82	0,08	-0,65	-0,54	-0,15	2,39	1,33	-0,84	-0,19
9	587		-0,46	-0,11	-0,20	-0,17	0,60	0,57	-0,43	-0,66	-0,15
10	406	<i>308</i>	0,25	0,22	-0,40	-0,40	0,91	0,65	<i>-0,98</i>	<i>-0,96</i>	-0,20
11	457		-0,08	-0,04	0,88	5,75	-9,75	7,32			

I valori in corsivo sono riferiti a settori per i quali, in un determinato intervallo di tempo, la linea di riva è disponibile per un tratto minore, la cui lunghezza è indicata nella terza colonna. Il confronto 1909 - 1954 nel settore n. 2 interessa solamente i 228 m settentrionali. Per i primi tre settori l'anno del rilievo è il 2003.

Le linee di riva sono state riportate, in scala 1:5.000, su di una base costituita dalla foto aerea del 1998 in scala originaria 1:40.000 con risoluzione a terra di 1 m (nelle Figure 3a, 3b, 3c, 3d compaiono questi documenti in scala adattata). Il litorale è stato quindi suddiviso in 11 settori di circa 500 m ciascuno (Fig. 4), ma estendendone alcuni in modo da avere, all'interno di essi, condizioni omogenee per quanto riguarda le

difese costiere. Per ciascun settore, e per ciascun intervallo di tempo, è stata misurata la variazione areale della spiaggia emersa (m^2) dalla quale si sono ottenuti gli spostamenti medi della linea di riva (m) ed i rispettivi tassi di spostamento (m/anno) (vedi Tabelle 1a, b, c).

Dal 1909 al 1954

La cartografia IGM in scala 1:25.000 del 1909 (1907 per il solo porto di Torre Annunziata) costituisce il documento più antico disponibile di accuratezza accettabile per l'analisi dell'evoluzione della linea di riva¹. Purtroppo, nel settore n. 1 e per buona parte del settore n. 2 la presenza della ferrovia e di abitazioni (elementi per i quali non viene rispettata la scala o la posizione) rende impossibile l'acquisizione del dato di nostro interesse.

Il confronto fra la linea di riva estratta da questa carta e quella riportata sulla successiva cartografia IGM 1954 (Fig. 5) indica una prevalenza dei processi erosivi, con valori elevati in corrispondenza dei settori n. 7, 8 e 9, posti immediatamente a nord della foce del Sarno.

Anche se i valori devono essere normalizzati sulla lunghezza del periodo di tempo considerato (vedi Tab.

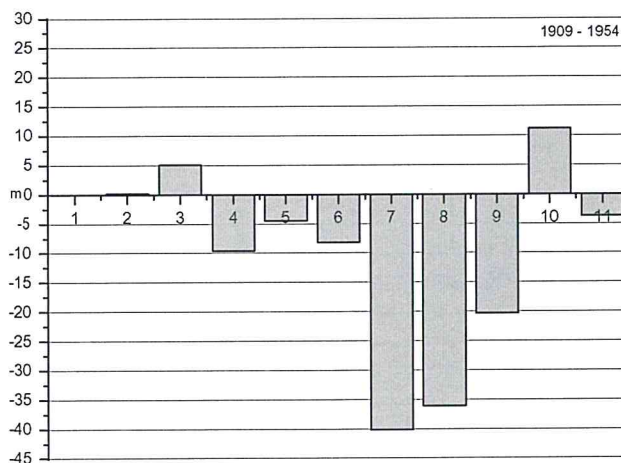


Figura 5 - Spostamento medio della linea di riva nei vari settori fra il 1909 e il 1954.

1c) l'erosione in questo tratto è rilevante e non può essere messa in relazione ad eventuali opere a mare, dato che il rilievo del 1954 riporta solo un pontile a giorno posto in corrispondenza dello stabilimento ILVA, comunque presente anche nel 1909. Si pone quindi l'ipotesi che in questo periodo si sia verificata una riduzione dell'apporto sedimentario da parte del Fiume Sarno.

In modesto avanzamento risultano i settori n. 3 e 10, mentre il settore n. 2 è praticamente in equilibrio. Si tratta di settori prossimi ai porti di Torre Annunziata e di Castellammare; nel primo già nel 1907 (Fig. 6) vi era un molo foraneo che poteva esercitare un effetto di richiamo dei sedimenti, mentre nel secondo un'analoga struttura viene realizzata fra il 1936 e il 1941.

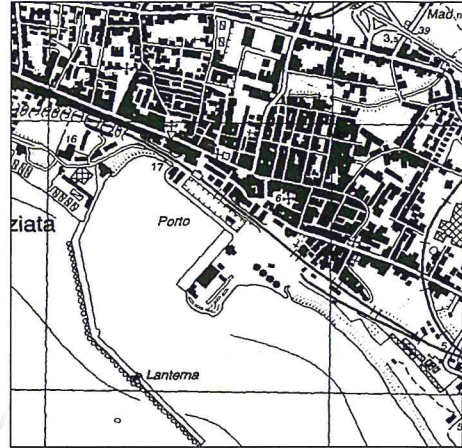
Dal 1954 al 1968

Il primo dato disponibile per tutta l'unità fisiografica è costituito dalla linea di riva del 1954 che, messa a confronto con quella del 1968, fornisce indicazioni sull'evoluzione del litorale (Fig. 7) quando i fenomeni erosivi si erano già da tempo affermati, tanto che erano già state costruite 5 scogliere parallele a nord dell'Hotel Miramare e due scogliere aderenti a protezione del Lungomare Garibaldi. Nonostante ciò, il confronto fra le due linee di riva mostra una forte espansione della spiaggia, con un incremento di superficie di circa $50.000 m^2$, pari ad un ampliamento di quasi 8 metri. Solo i settori n. 9 e n. 11, sul lato di Torre Annunziata, mostrano una leggera tendenza all'arretramento, con il settore n. 9 che perde circa 1,5 m di arenile, valore comunque abbondantemente all'interno del margine di errore atteso nel confronto.

¹ Il precedente rilievo del 1870 è in scala 1:50.000.



1907 (originale 1:25.000)



1984 (originale 1:25.000)

Figura 6 - Il porto di Torre Annunziata nelle edizioni della cartografia IGM del 1907 e del 1984.

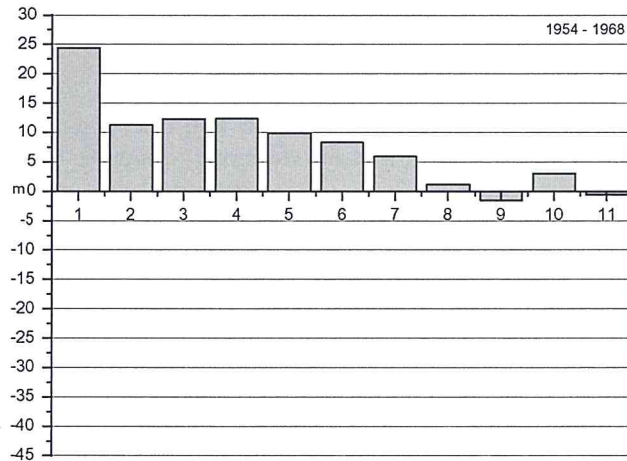


Figura 7 - Spostamento medio della linea di riva nei vari settori fra il 1954 e il 1968.

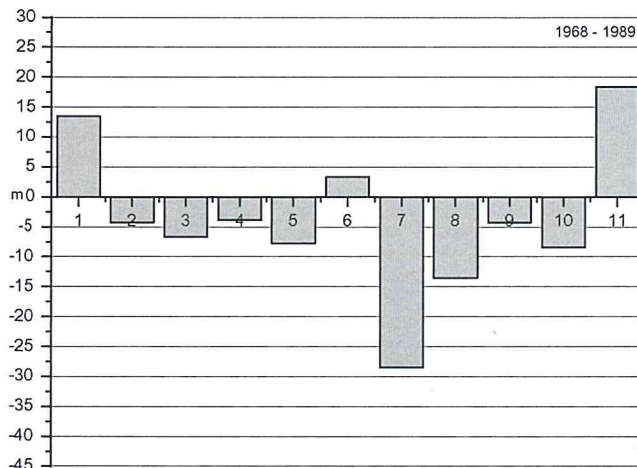


Figura 8 - Spostamento medio della linea di riva nei vari settori fra il 1968 e il 1989.

Il tratto meridionale, dove erano state costruite le difese, ma non certamente solo a causa di esse, avanza in modo consistente, e nel settore n. 1, adiacente al porto di Castellammare, la spiaggia avanza di più di 24 m ad un tasso di 1,75 m/anno.

Non si hanno dati certi sulle fasi di costruzione e di espansione del porto, ma negli anni 1967/68 fu esteso leggermente il molo in corrispondenza della Villa Comunale e fu prolungata di oltre 100 metri la diga foranea: si ritiene che queste opere siano le principali responsabili della progradazione della spiaggia in questo tratto.

Dal 1968 al 1989

La situazione risulta ben diversa nel successivo intervallo di tempo (Fig. 8), quando 8 degli 11 settori considerati risultano in erosione. Particolarmente grave è la situazione del settore n. 7, posto immediatamente a nord della foce del Sarno (Fig. 9), dove la linea di riva arretra di quasi 30 m, ad un tasso di quasi 1,5 m/anno. Di ciò è certamente responsabile il pennello di foce in lato destro, che impedisce l'alimentazione diretta della spiaggia settentrionale. Non è stato possibile determinare la data esatta di costruzione di quest'opera, ma essa compare per la prima volta nella cartografia basata sul volo aerofotogrammetrico del 1984 (Fig. 10).

I tratti adiacenti ai due porti subiscono un accrescimento consistente, più di 13 m sul margine di Castellammare e più di 18 su quello di Torre Annunziata, entrambi, quasi certamente, a causa del riparo offerto dalle dighe foranee e dal flusso sedimentario indotto dalla diffrazione delle onde alla loro estremità.

Nei settori adiacenti alla foce del Rio Gragnano la spiaggia arretra di $4 \div 7$ m, e nel tratto antistante la foce, proprio dopo le mareggiate del 1987, vengono costruite le prime scogliere soffolte.

Complessivamente il litorale perde, in questo intervallo di tempo, quasi 30.000 m², con un arretramento medio di circa 4,5 m.

Dal 1989 al 1994

L'insabbiamento delle zone protette dai due porti prosegue anche nel periodo successivo (Fig. 11), con una espansione media della spiaggia di quasi 29 m a nord e di circa 17 m a sud; mentre i settori centrali risultano quasi in equilibrio.

I settori adiacenti alla foce del Rio Gragnano, grazie anche alle scogliere soffolte realizzate alla fine del periodo precedente, recuperano una parte della spiaggia che avevano perso. Si ritiene comunque che parte di questo avanzamento, in particolare nel settore n. 2, sia dovuto all'espansione laterale dell'effetto di riparo del porto (Fig. 12).

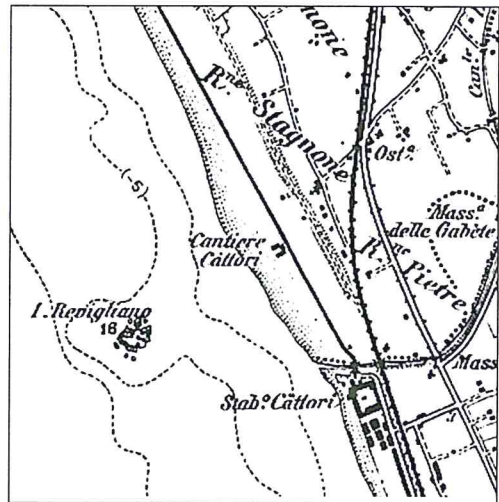
Complessivamente il litorale si accresce di 24.000 m², con un avanzamento medio della linea di riva di 7,7 m.



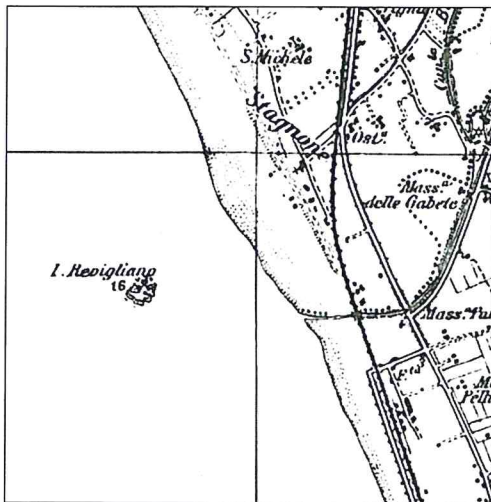
Figura 9 - La foce del Sarno e la spiaggia posta a nord di essa, soggetta ad una forte erosione nonostante la protezione fornita dallo Scoglio di Rovigliano.



1870 (originale 1:50.000)



1909 (originale 1:25.000)



1941 (originale 1:25.000)



1954 (originale 1:25.000)



1984 (originale 1:25.000)

Figura 10 - La foce del Sarno nelle diverse edizioni della cartografia IGM.

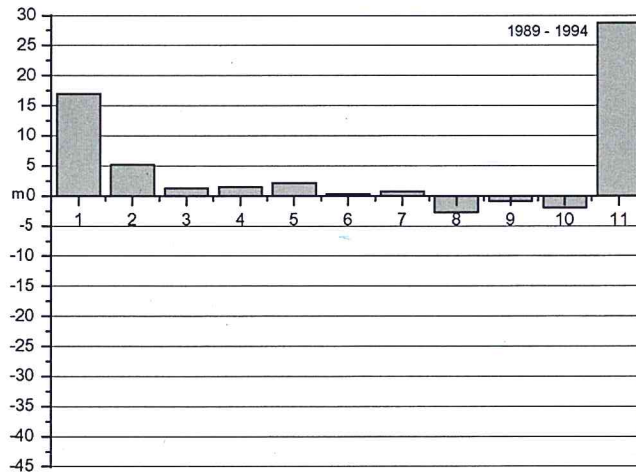


Figura 11 - Spostamento medio della linea di riva nei vari settori fra il 1989 e il 1994.

Dal 1994 al 1997/98

I dati relativi alle linee di riva del 1997 e del 1998 indicano tendenze evolutive del litorale sufficientemente concordanti, salvo che nel settore n. 11, adiacente al porto di Torre Annunziata, dove fra il 1994 e il 1997 si sarebbero persi quasi 30 m di spiaggia, completamente recuperati nell'anno successivo (Fig. 13). E' probabile che ciò sia dovuto a lavori eseguiti in questo tratto estremamente alterato dall'attività antropica.

Il lato opposto, settore n. 1, continua nella sua progradazione, con un ulteriore avanzamento di quasi 20 metri fino al 1997 a cui si aggiungono altri 8 metri nell'anno successivo.

Gli altri settori mostrano variazioni modeste, prevalentemente negative nel tratto meridionale e positive in quello settentrionale. Un avanzamento considerevole è presente nel settore n. 8, dove sono stati costruiti 6 pennelli a T (Fig. 14) ed una piattaforma in scogli a protezione dello scarico a mare del Canale industriale (Fig. 15). I pennelli hanno prodotto una risposta immediata del litorale che, come vedremo, non è proseguita nel tempo data la modesta dinamica longitudinale di quest'area e la carenza di sedimenti.

Facendo un bilancio areale complessivo fra il 1954 e il 1998 (non è possibile farlo per il periodo 2002/03 dato che manca la linea di riva nel settore n. 11) si ha un incremento di spiaggia di circa 80.000 m², pari ad un avanzamento medio di quasi 12 metri. Quasi tutto l'incremento areale (76.000 m²) si ha nei due settori adiacenti ai porti, mentre nei 9 settori rimanenti si ha un incremento di soli 4.000 m², con alternanza di tratti in erosione e tratti in ripascimento.

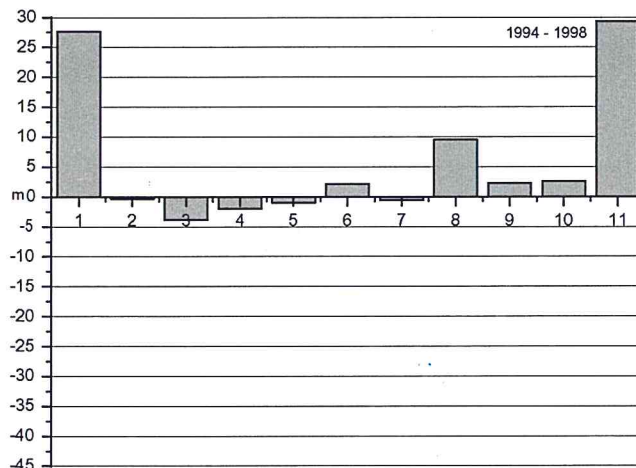
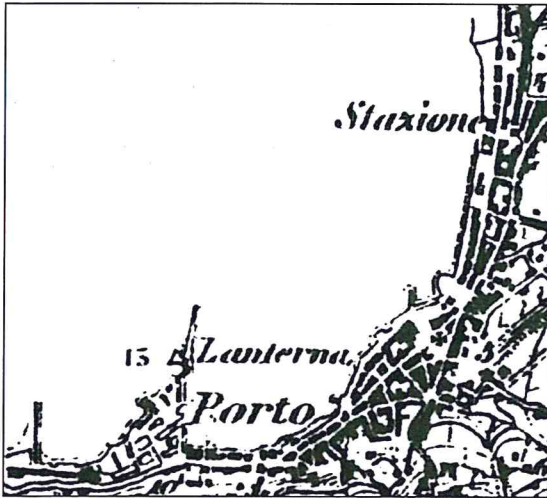
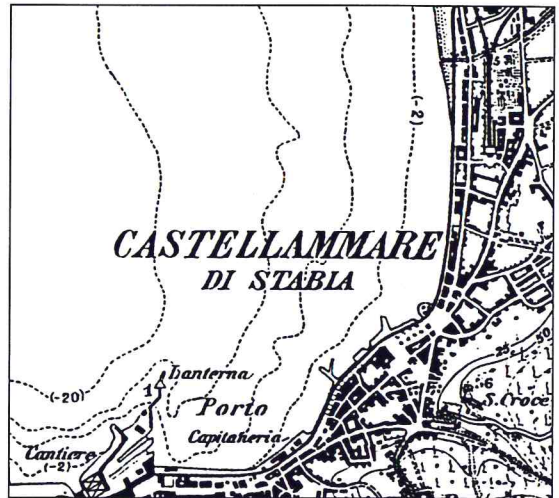


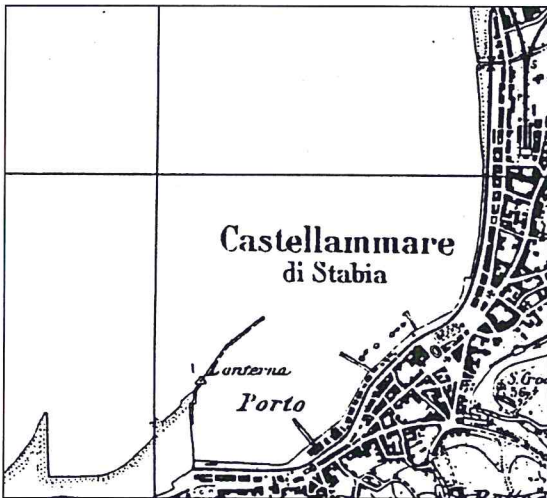
Figura 13 - Spostamento medio della linea di riva nei vari settori fra il 1994 e il 1998.



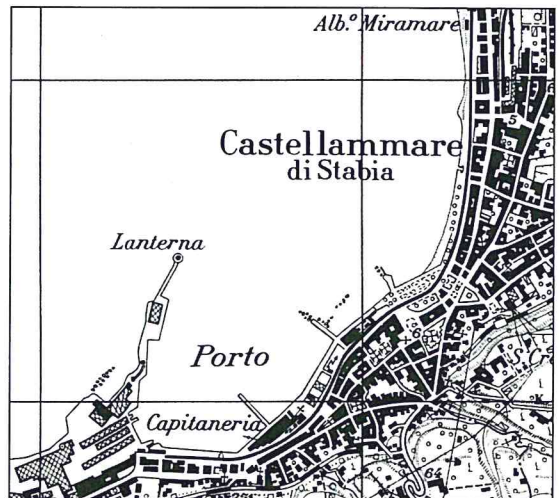
1870 (originale 1:50.000)



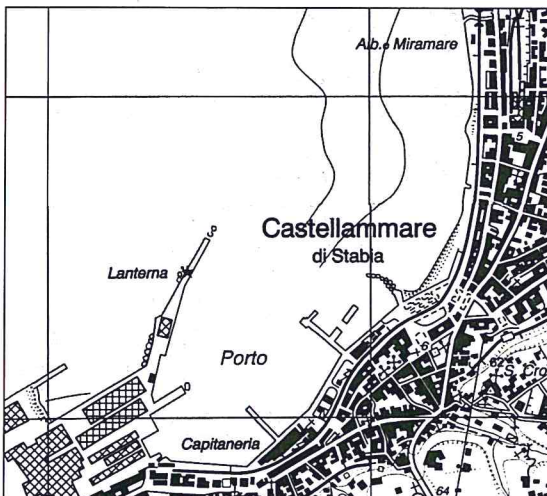
1909 (originale 1:25.000)



1941 (originale 1:25.000)



1954 (originale 1:25.000)



1984 (originale 1:25.000)

Figura 12 - Il porto di Castellammare di Stabia nelle diverse edizioni della cartografia IGM.



Figura 14 - Pennelli a T del tratto centro-settentrionale del Golfo di Castellammare fotografati dalla scogliera posta a difesa dello sbocco del Canale industriale.



Figura 15 - Scogliera aderente a difesa dello scarico del Canale industriale nel tratto settentrionale del litorale.



Figura 16 - La spiaggia adiacente al porto di Castellammare di Stabia, che si è accresciuta di oltre 80 m fra il 1954 e il 1998. Vista verso sud (a sinistra) e verso nord (a destra).

Dal 1998 al 2002/03

Come accennato in precedenza, il rilievo del 2002 dell'ENEA non copre i settori esterni (n. 1 e n. 11), mentre per i settori n. 1 ÷ 3 è disponibile il rilievo effettuato nel 2003 dall'Università di Firenze in occasione del prelievo dei campioni di sedimenti di spiaggia.

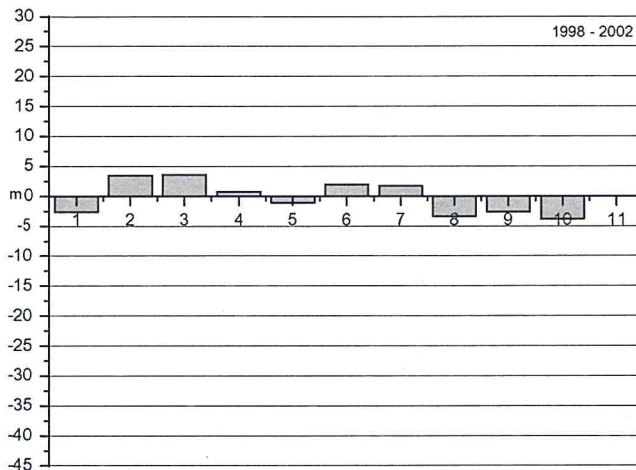


Figura 17 - Spostamento medio della linea di riva nei vari settori fra il 1998 e il 2002 (2003 nei settori n. 1÷3).

I settori del tratto settentrionale mostrano una prevalente tendenza all'arretramento (Fig. 17), dovuta probabilmente alla riduzione dell'alimentazione diretta del Fiume Sarno, la cui foce è ora protetta da due lunghi moli guardiani, mentre in quello meridionale si ha una generale espansione dell'arenile. Ciò è particolarmente evidente nei settori n. 2 e 3, che avanzano rispettivamente di circa 6 e 3 metri. E' credibile che questa progradazione sia l'effetto delle ultime scogliere soffolte, realizzate proprio all'inizio di questo periodo. Il richiamo di sabbia da esse esercitato interesserebbe il settore n. 1, adiacente al porto, che per la prima volta troviamo in leggera erosione.

Il settore n. 6, difeso dalle scogliere parallele (Fig. 18), presenta un avanzamento di un paio di metri, ma i sedimenti presenti sulla parte più alta della spiaggia sono costituiti prevalentemente da materiale di discarica e non è dato di valutare le reale efficacia delle opere di protezione.

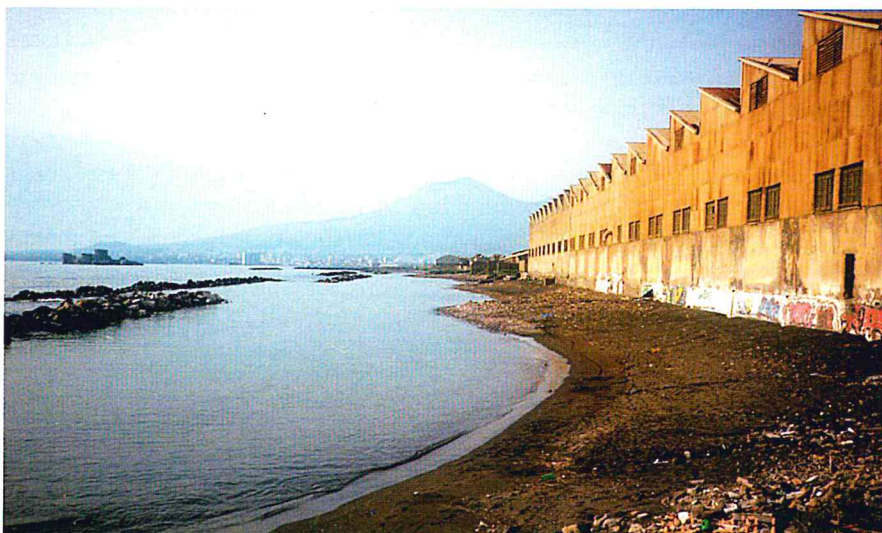


Figura 18 - Il tratto difeso dalle scogliere parallele (settorio n. 6) sulla cui spiaggia sono presenti ingenti quantità di materiale di discarica.

Considerazioni generali sull'evoluzione della linea di riva

Sebbene i dati disponibili per lo studio dell'evoluzione della linea di riva del Golfo di Castellammare siano estremamente eterogenei e di difficile confronto, forniscono comunque indicazioni coerenti con le osservazioni effettuate sul posto e, almeno per il settore meridionale, con quanto emerge dallo studio sedimentologico.

Nel complesso l'unità fisiografica non sembra soffrire di un consistente deficit sedimentario, ma anzi, almeno in termini areali, le spiagge nel complesso si è accresciuta di circa 80.000 m² fra il 1954 e il 1998. Ciò non è immediatamente interpretabile in termini di volume dato che il profilo della spiaggia, in particolare nella parte sommersa, non si mantiene costante nei vari settori.

La forte espansione della spiaggia nei due settori riparati dai moli foranei dei porti di Torre Annunziata e di Castellammare di Stabia interessa probabilmente solo la fascia prossimale, mentre nei settori in erosione è probabilmente tutto il profilo, fino alla profondità di chiusura, che risulta ribassato.

In ogni caso è possibile affermare che, dal 1954 ad oggi, questo tratto di litorale ha visto una consistente redistribuzione dei sedimenti presenti a favore dei tratti posti alle due estremità, dove i moli foranei dei due porti determinano condizioni di bassa energia e favoriscono i processi di sedimentazione (Fig. 20). Il flusso diretto verso queste zone è favorito dalla diffrazione delle onde sulla testata dei moli, che determina la rotazione dei fronti d'onda che giungono paralleli alla costa conferendo loro una componente longshore in direzione dei porti.

Le opere di difesa hanno avuto in genere un effetto limitato, in quanto lontano dalle strutture portuali il flusso sedimentario è modesto, sia per la limitatezza degli input sedimentari che per la direzione di approccio del moto ondoso, prevalentemente ortogonale a costa. Ciò è dimostrato anche dal ridotto insabbiamento dei pennelli.



Figura 19 - Il litorale del settore n. 2 nel tratto adiacente alla foce del Rio Gragnano (a sinistra) e davanti al Lungomare Garibaldi (a destra), dove la spiaggia si è riformata negli ultimi anni.

Di difficile valutazione è l'efficacia delle scogliere soffolte, poste su fondali notevoli e che in alcuni tratti hanno una forte sommergenza: nel loro breve periodo di presenza il litorale su cui insistono mostra comunque una leggera tendenza alla progradazione e le caratteristiche granulometriche dei sedimenti, che analizzeremo nel prossimo paragrafo, mostrano di risentire della presenza di queste opere.

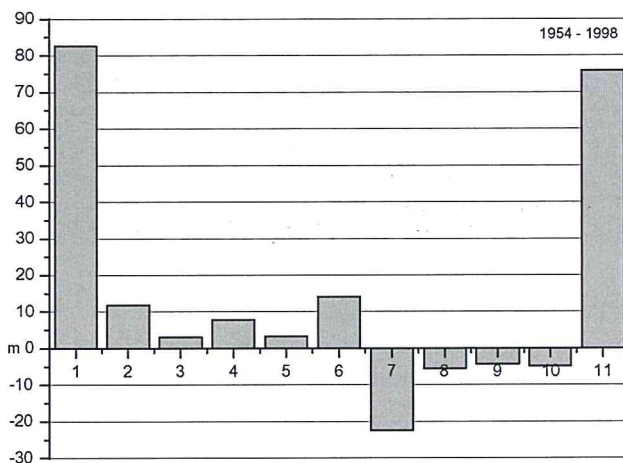


Figura 20 - Spostamento medio della linea di riva nei vari settori fra il 1954 e il 1998. La scala verticale del grafico è compressa rispetto a quella dei grafici precedenti.



Figura 21 - La scogliera parallela posta nel settore n. 2. A causa di uno sfavorevole rapporto lunghezza/distanza da riva, la sua efficacia è assai limitata e determina solo un debole saliente.



Figura 22 - La spiaggia del settore n. 3, che ha subito alterne fasi di erosione e progradazione e che, dopo la costruzione delle scogliere soffolte, mostra una tendenza all'avanzamento.

Caratteristiche granulometriche dei sedimenti del paraggio

Materiali e metodi

Nel gennaio 2003 è stata effettuata una campionatura di sedimenti di spiaggia emersa e sommersa durante la quale sono stati prelevati, con una benna Van Veen, 75 campioni su 13 profili perpendicolari a costa. Il posizionamento è stato effettuato con GPS differenziale e la profondità di ciascun campione è stata stimata per mezzo di uno scandaglio a mano.

A causa di una elevata presenza di piroclastiti (Fig. 23), si è resa necessaria una preliminare separazione dei granuli a bassa densità, per evitare di includere nelle varie classi dimensionali elementi che, in funzione del loro peso specifico, hanno un comportamento idraulico notevolmente diverso, falsando le considerazioni che dallo studio tessiturale consentono di trarre indicazioni sulla dinamica dei sedimenti. I campioni, dopo la separazione della frazione fine ($< 4 \text{ phi} = 0,063 \text{ mm}$), sono stati immersi in una soluzione salina di densità 1.3 che ha messo in galleggiamento i granuli di piroclastiti. Il campione è stato quindi lavato con lo stesso setaccio da 0,063 mm per estrarre il sale ed asciugato in forno. Il problema non è stato comunque completamente risolto, anche se una successiva analisi al microscopio ha indicato che i granuli piroclastici rimasti nel campione sulla quale è stata effettuata l'analisi granulometrica sono relativamente pochi.

I campioni sono stati quindi sottoposti ad analisi granulometrica per mezzo di setacciatura meccanica a secco con intervallo di $1/2 \text{ phi}$ e per una durata di 10 minuti al fine di ottenere i parametri grafici di Folk e Ward (1957): Media (M_z), Classazione (σ_1) ed Asimmetria (Sk_1).

Per ciascun parametro, ad eccezione dell'Asimmetria, sono state disegnate carte in scala 1:5.000 ed è stata effettuata l'analisi delle possibili direzioni di trasporto dei sedimenti sia sulla base dei vettori Media (M_z) e Classazione (σ_1) che con il metodo di Gao e Collins (1992).

Nella discussione di questi dati è opportuno tenere presente che una parte non quantificabile del materiale presente in prossimità della riva proviene da demolizioni o altre attività antropiche e può compromettere la ricostruzione della dinamica sedimentaria di questo tratto di litorale.

Dimensioni medie (M_z) dei sedimenti

I sedimenti presenti nell'area di studio mostrano una notevole varietà dimensionale, passando da -3.88 a +3.86 phi, ossia dalla *ghiaia media* alla *sabbia molto fine*, secondo la classificazione di Krumbein (1934).

La correlazione fra il parametro M_z e la profondità di campionamento (Fig. 24) è piuttosto scarsa con una debole tendenza alla riduzione delle dimensioni con la profondità. Da questo trend escono comunque i campioni di *step*, qui associati alla profondità di 0.5 m, che sono in genere rappresentativi delle condizioni di massima energia nel profilo della spiaggia.

Le dimensioni massime si ritrovano nel settore settentrionale che, probabilmente, risente in modo più diretto dell'alimentazione fornita dal Fiume Sarno. Gli altri punti in cui i sedimenti di *step* sono più grossolani sono posti in corrispondenza della foce del Fosso Gragnano (Fig. 25) e del Rivo della Calcatella (Fig. 26), che dimostrano così di contribuire, seppure in modo marginale, all'alimentazione del litorale. Anche dal punto di vista areale (Fig. 27) i sedimenti delle classi maggiori si ritrovano nel tratto settentrionale, dove la *sabbia grossolana* si spinge fino alla profondità massima campionata (4 m). Procedendo verso sud si ha una progressiva riduzione delle dimensioni medie, fino a che nel tratto adiacente al porto sulla battigia si hanno delle *sabbie medie e fini*. Sui fondali antistanti si ritrovano *sabbie molto fini* che, nel tratto settentrionale, sono presenti solamente dietro alle scogliere sommerse, dove l'energia del moto ondoso viene attenuata.

Figura 23 - Fotografia di una campione di battigia particolarmente ricco di frammenti di piroclastiti.



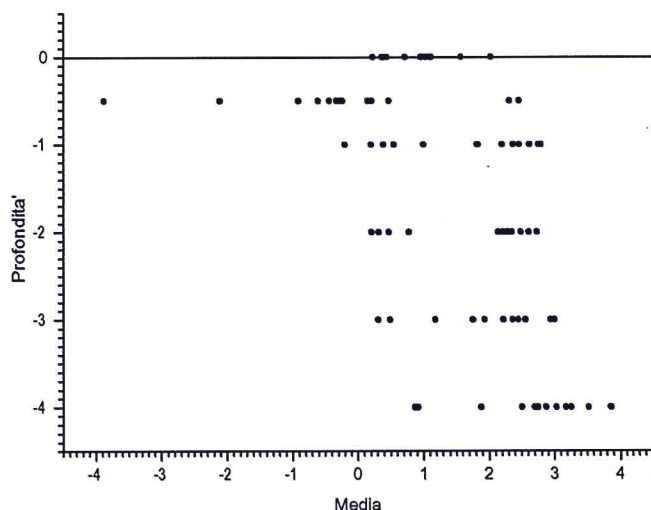


Figura 24 - Confronto fra il valore delle dimensioni medie (M_z) dei sedimenti del settore meridionale del Golfo di Castellammare di Stabia e la loro profondità.



Figura 25 - Asta terminale del Rio Gragnano. Si notano in alveo materiali a granulometria estremamente eterogenea.



Figura 26 - Sbocco del Rivo della Calcatella sulla spiaggia di Castellammare.

Dimensioni del Primo percentile

Le dimensioni del Primo percentile della distribuzione granulometrica sono rappresentative dei granuli di dimensioni massime presenti nei campioni e sono da correlare all'energia del moto ondoso capace di muovere questi elementi. Ciò ovviamente non è vero in quei casi in cui il deposito è residuale, cosa che può avvenire in corrispondenza delle foci di fiumi e di fossi o dove vi è stato un versamento artificiale di materiale: in queste zone si possono ritrovare degli elementi grossolani che il moto ondoso non riesce a rimuovere.

Si ritiene che questo sia il caso dei materiali presenti alla foce del Rivo Calcatella (Fig. 28) dove, per il riparo fornito dalla diga foranea e dal primo tratto della scogliera soffolta, non vi è energia sufficiente a mobilitare i materiali più grossolani che si accumulano in prossimità della foce.

La limitatezza dell'area investigata non consente una chiara interpretazione della dinamica sedimentaria del tratto settentrionale, dove i sedimenti grossolani potrebbero essere correlati, come precedentemente ipotizzato, all'input sedimentario del Fiume Sarno, ma potrebbero essere dovuti anche alla discarica di materiali poco classati.

I valori più elevati delle dimensioni del Primo percentile si ritrovano al largo della zona precedentemente citata e in corrispondenza dei varchi fra le scogliere soffolte, anche se sorprende che opere posizionate su di un fondale di 5 m e con una notevole sommergenza (localmente anche più di 3 m) possano avere un così evidente impatto sulla dinamica sedimentaria.

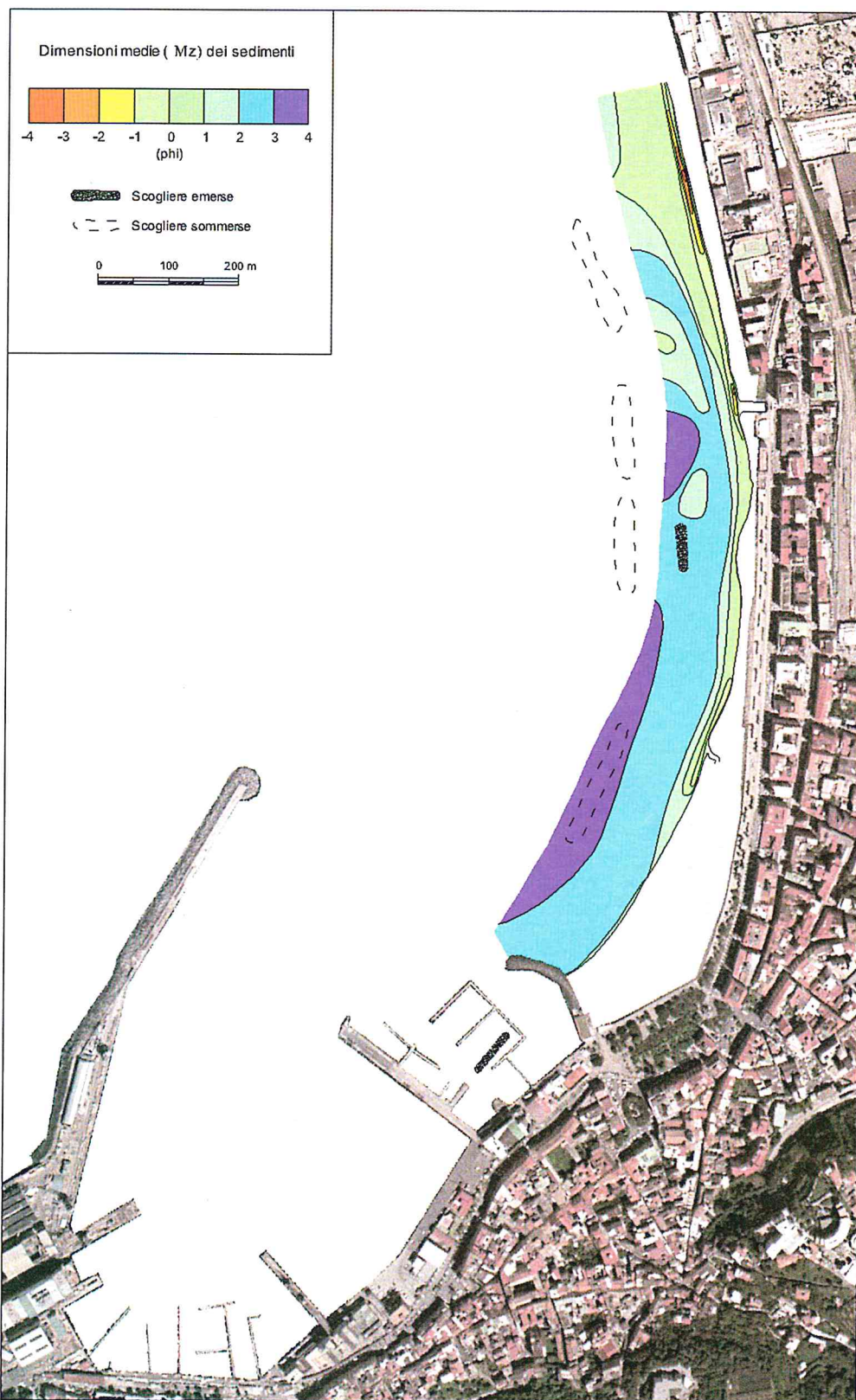


Figura 27 - Dimensioni medie (Mz) dei sedimenti del settore meridionale del Golfo di Castellammare di Stabia.

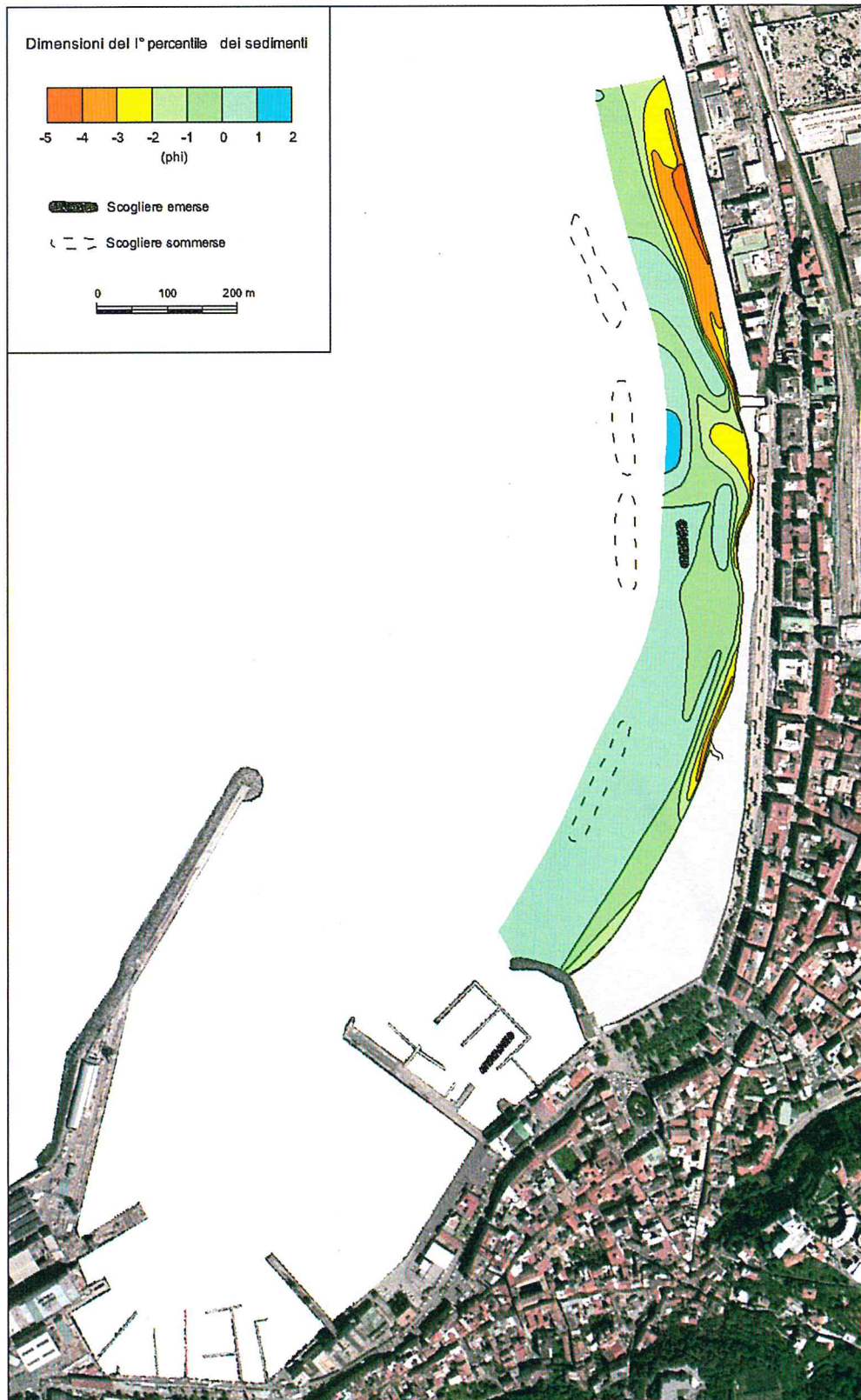


Figura 28 - Dimensioni del primo percentile dei sedimenti del settore meridionale del Golfo di Castellammare di Stabia.

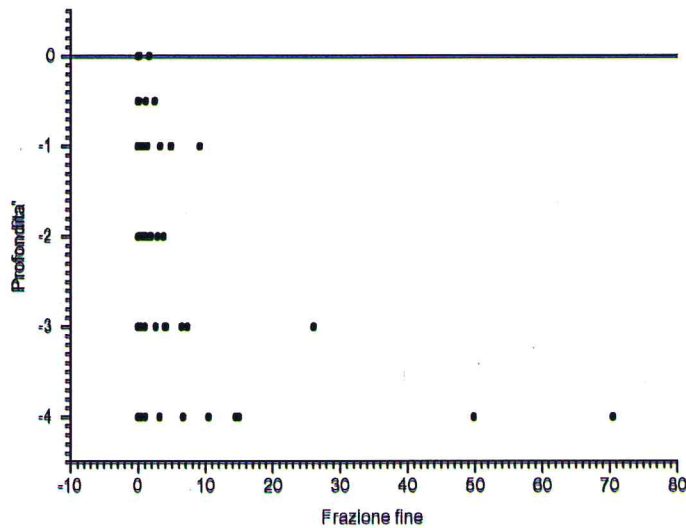


Figura 29 - Confronto fra la percentuale di frazione fine nei sedimenti e la loro profondità.

Percentuale di frazione fine (<0.063 mm)

I granuli di dimensioni inferiori a 0.063 mm (argille e limi) generalmente non si trovano in ambienti ad elevata energia poiché sono da questa rapidamente asportati. Nelle spiagge raramente raggiungono percentuali apprezzabili in prossimità della battigia e tendono ad accumularsi sui fondali maggiori.

Ciò appare evidente nel grafico che correla la percentuale di frazione fine con la profondità (Fig. 29); in esso si nota la presenza di alcuni punti che escono dal trend generale, in particolare alle profondità di 3 e 4 metri. Il valore massimo (70%) si ha dietro alla scogliera soffolta posta al largo della foce del Rio Gragnano (Fig. 30). Qui, grazie alla protezione della struttura, si depositano i materiali fini, in parte organici (residui vegetali ed animali), portati da questo corso d'acqua.

Un'altra zona di sedimentazione dei limi è posta nel tratto meridionale, dove si risente della protezione del molo foraneo del porto.

Classazione dei sedimenti (σ_1)

La Classazione dei sedimenti è correlabile in modo diretto all'energia dell'ambiente di sedimentazione, ma purtroppo questo parametro, in natura, è strettamente influenzato anche dalle dimensioni medie dei sedimenti e quindi una sua interpretazione in termini energetici è assai più complessa. La Classazione è generalmente buona per le *sabbie fini*, cosa che nel nostro caso risulta evidente anche dal diagramma di Figura 31, ma anche per la *sabbia grossolana* e *molto grossolana* che si ritrova sullo *step* (Fig. 32) e quindi in condizioni di maggiore energia.

Va comunque sottolineato che in nessuna posizione del profilo di spiaggia si ritrovano sedimenti *molto ben classati* (secondo la classificazione di Folk e Ward, 1957) e pochi sono anche quelli *ben classati*, a riprova dei modesti livelli energetici di questo tratto di costa e della difficoltà che ha il moto ondoso a selezionare i materiali eterogenei portati dai corsi d'acqua.

Per quanto riguarda la distribuzione areale dei valori (Fig. 32) si nota una forte variabilità nel tratto settentrionale e centrale, dove il litorale è più articolato e dove si hanno diverse provenienze dei sedimenti, mentre in prossimità del porto, dove i livelli energetici sono inferiori ma più costanti, i materiali presentano una classazione simile.

Si sottolinea che la scarsa classazione dei sedimenti di battigia e di *step* presenti in prossimità del porto è, almeno in parte, dovuta alla presenza di molti granelli di pomice² che evidentemente si accumulano nelle zone più riparate allargando le distribuzioni granulometriche.

² Si ricorda a questo proposito che la pomice è stata solo parzialmente separata e che granelli di dimensioni maggiori, ma di peso specifico minore, hanno un comportamento idraulico analogo a quello delle sabbie più fini.

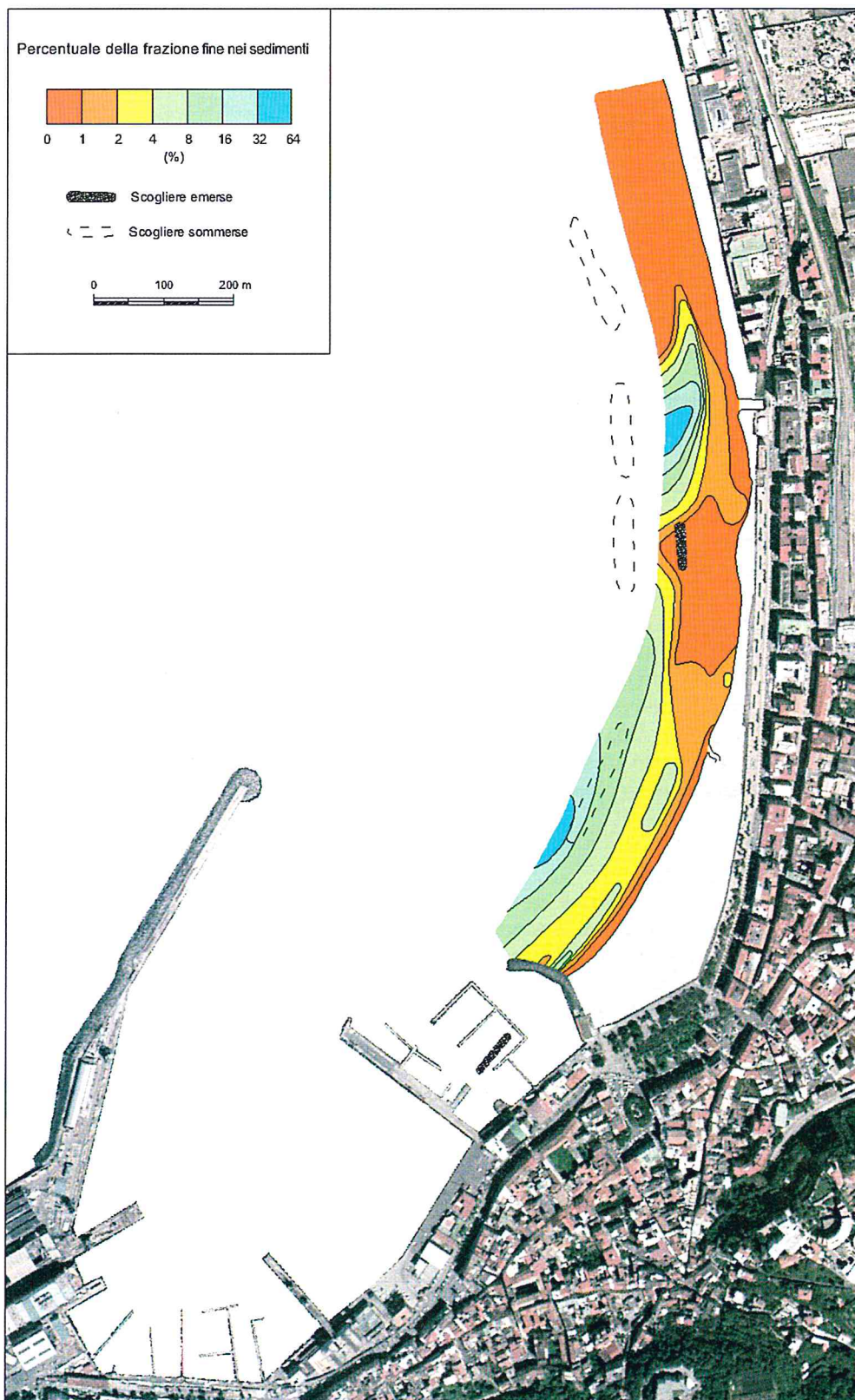


Figura 30 - Percentuale di frazione fine nei sedimenti del settore meridionale del Golfo di Castellammare di Stabia.

Direzione di trasporto dei sedimenti

L'analisi delle caratteristiche granulometriche di campioni di sedimenti raccolti in una determinata area consente di formulare ipotesi sul flusso sedimentario nella zona. Questa possibilità deriva dal fatto che il trasporto dei materiali da parte di un fluido ne determina una variazione granulometrica ed è quindi possibile associare a coppie di campioni caratteristiche rispettivamente di "sorgente" e di "deposito".

I presupposti teorici sono in realtà ancora oggetto di discussione e i diversi Autori riconoscono effetti diversi all'azione di trasporto. Mentre inizialmente si pensava che durante il processo di trasporto i materiali dovessero necessariamente assumere dimensioni minori (*downdrif fining*, vedi ad esempio Pettijhon e Ridge, 1932 e McCave, 1978), si è poi scoperto che è anche possibile un fenomeno inverso, nel quale i sedimenti diventano progressivamente più grossolani lungo le direzioni di trasporto, in particolare quando si ha una graduale perdita verso il largo delle frazioni a granulometria minore (Schalk, 1938). In ogni caso la gran parte dei modelli oggi utilizzati si basa sul presupposto che i materiali che costituiscono un deposito hanno una Classazione migliore di quelli riconoscibili come sorgente.

Inoltre, sono stati sviluppati modelli, talvolta in contrasto fra loro, che si basano anche sul valore che assume l'Asimmetria (vedi Gao e Collins, 1992 per un elenco piuttosto completo di questi modelli).

In questo lavoro si fa riferimento al modello sviluppato Gao e Collins (1992) per una descrizione del quale si rimanda a Pranzini e Rossi (2000).

Comunque, anche le direzioni secondo le quali si ha una semplice riduzione delle dimensioni medie dei sedimenti (direzioni di incremento del parametro Mz) e quelle nelle quali si ha un miglioramento della Classazione (direzioni di riduzione del parametro σ_I) possono dare informazioni utili sulla dinamica sedimentaria del paraggio, in particolare se letti alla luce di altri parametri morfologici.

In ogni caso, gli originari vettori in uscita da ciascun punto vengono successivamente sommati a dare un vettore risultante. L'insieme dei vettori risultanti viene quindi sottoposto ad un processo di filtratura "passa basso" per eliminare l'informazione ad alta frequenza ed ottenere quindi i flussi sedimentari regionali. Se ciò fa perdere l'informazione puntuale, d'altra parte consente una più facile lettura dei risultati e l'eliminazione di punti singolari che potrebbero essere legati a fattori estremamente locali od anche a piccoli errori di analisi, probabili nel nostro caso per la presenza delle piroclastiti.

In questo studio il confronto fra campioni adiacenti è effettuato per mezzo di un programma implementato presso il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Firenze e che consente di tracciare le direzioni dei vettori relativamente a qualsiasi parametro granulometrico e all'insieme dei parametri considerati da Gao e Collins (1992). In considerazione del fatto che il riconoscimento delle possibili direzioni di trasporto avviene in una logica SI/NO non quantificata, si è preferito assegnare, contrariamente a quanto proposto da Gao e Collins (1992), una dimensione costante alle frecce che identificano i vettori.

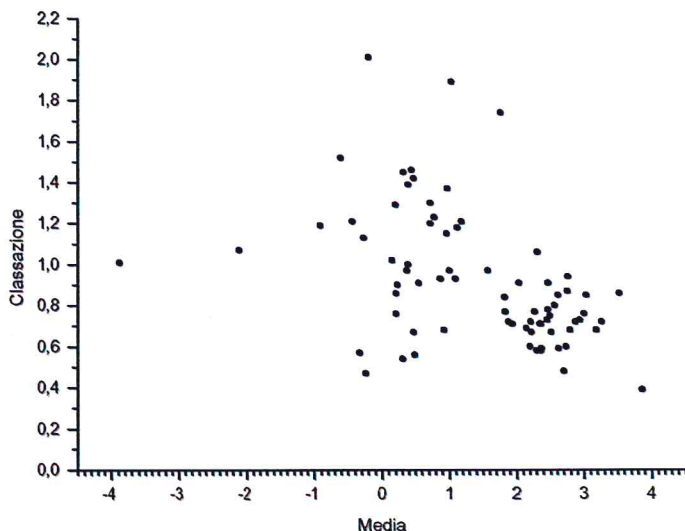


Figura 31 - Confronto le dimensioni medie (Mz) e la classazione (σ_I) dei sedimenti.

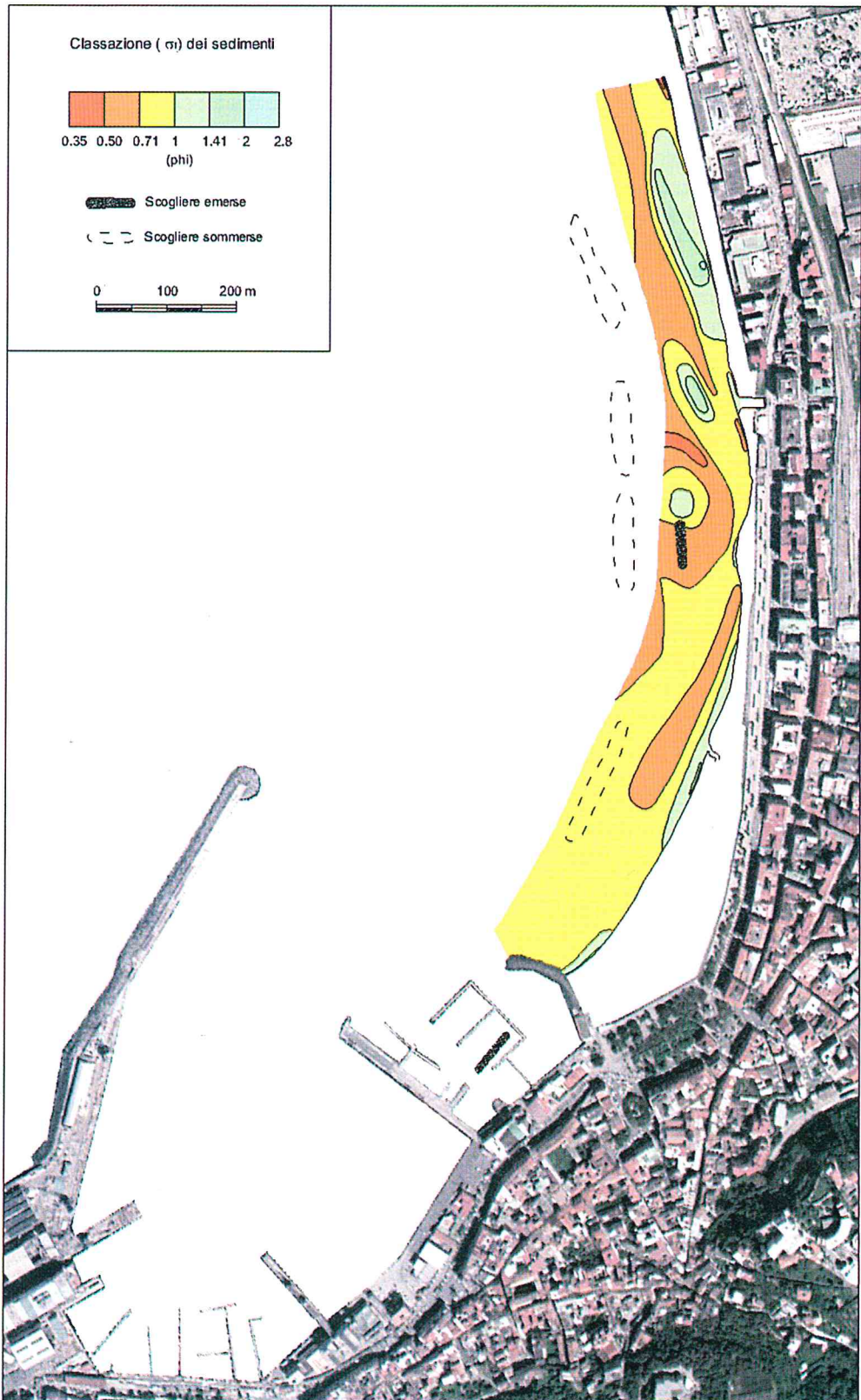


Figura 32 - Classazione (σ) dei sedimenti del settore meridionale del Golfo di Castellammare di Stabia.

Vettori Media (Mz)

Tracciando la direzione nelle quali il valore di Mz diventa maggiore (dimensioni dei sedimenti minori) si identificano i flussi sedimentari quali risulterebbero nell'ipotesi di un *downdrift fining* (Fig. 33).

Nel nostro caso, dopo la filtratura su di una maglia 3x3 dei vettori risultanti, si ottiene la rappresentazione di un flusso prevalente diretto da nord verso sud, che subisce però un'inversione in prossimità del porto di Castellammare, con una convergenza che si colloca in corrispondenza dell'ultima scogliera soffolta, convergenza che potrebbe essere correlata a fenomeni di riflessione sul molo di sottoflutto del porto.

In corrispondenza di tutte le sezioni, fatta eccezione per quella più meridionale, i sedimenti di batigia mostrano una debole componente *on-shore*.

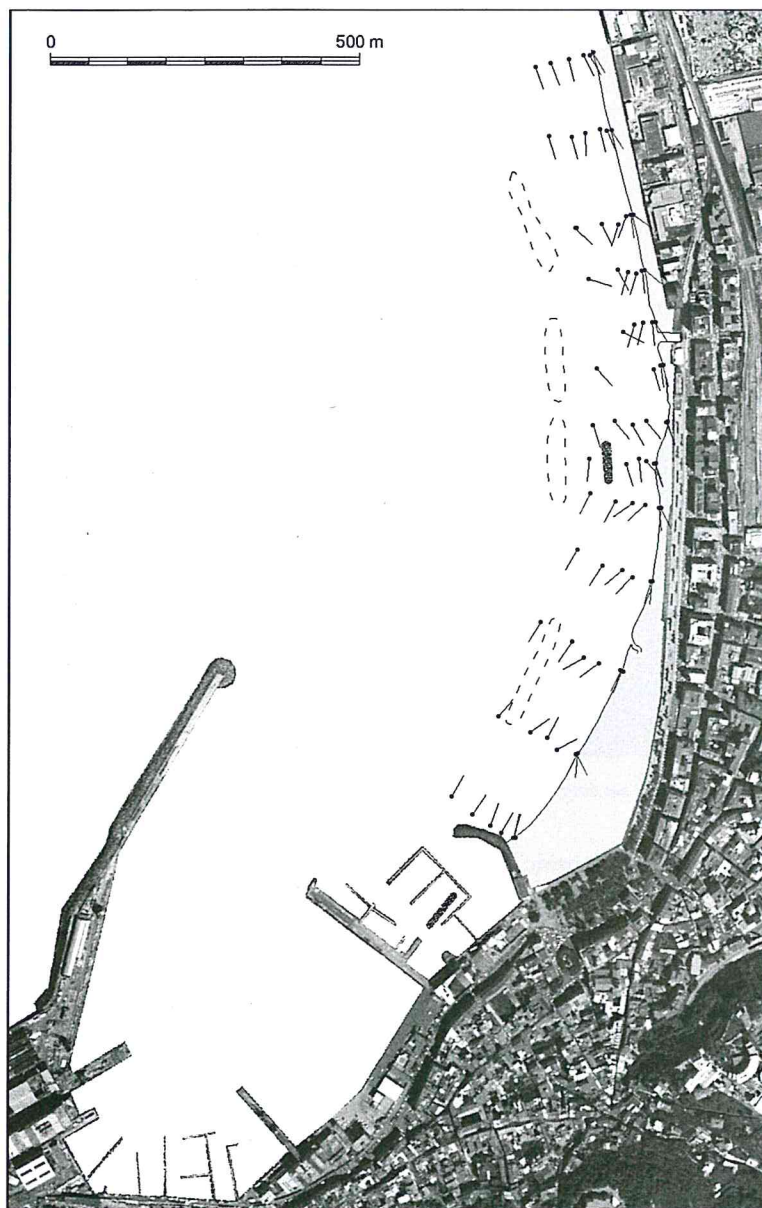


Figura 33 - Flussi sedimentari nell'ipotesi di un *downdrift fining*.

Vettori Classazione (σ_1)

Il quadro precedentemente tracciato trova conferma nell'elaborazione dei dati relativi alla Classazione (σ_1), che mostra un flusso prevalente diretto verso sud e l'inversione in prossimità del porto (Fig. 34). La situazione è leggermente più articolata in corrispondenza della scogliera parallela emersa ed immediatamente a sud di essa, mentre i campioni prelevati alle profondità maggiori mostrano una chiara componente *on-shore*.

Vettori di trasporto di Gao e Collins

Il confronto contemporaneo dei valori di Media (Mz), Classazione (σ_1) ed Asimmetria (Sk_1) pone restrizioni assai maggiori alle possibilità di flusso, ma queste vengono poi mascherate dall'operazione di filtratura.

I vettori di trasporto che si evidenziano (Fig. 35) coincidono abbastanza bene, come era da attendersi, con quelli precedentemente identificati. In particolare abbiamo lo spostamento dei sedimenti del tratto settentrionale in direzione del porto, con un'evidente componente *on-shore* per quasi tutti i vettori.

Nel tratto centrale i flussi mantengono la stessa direzione, ma tutti acquisiscono progressivamente una più forte componente *on-shore* che diventa prevalente a sud della scogliera parallela.

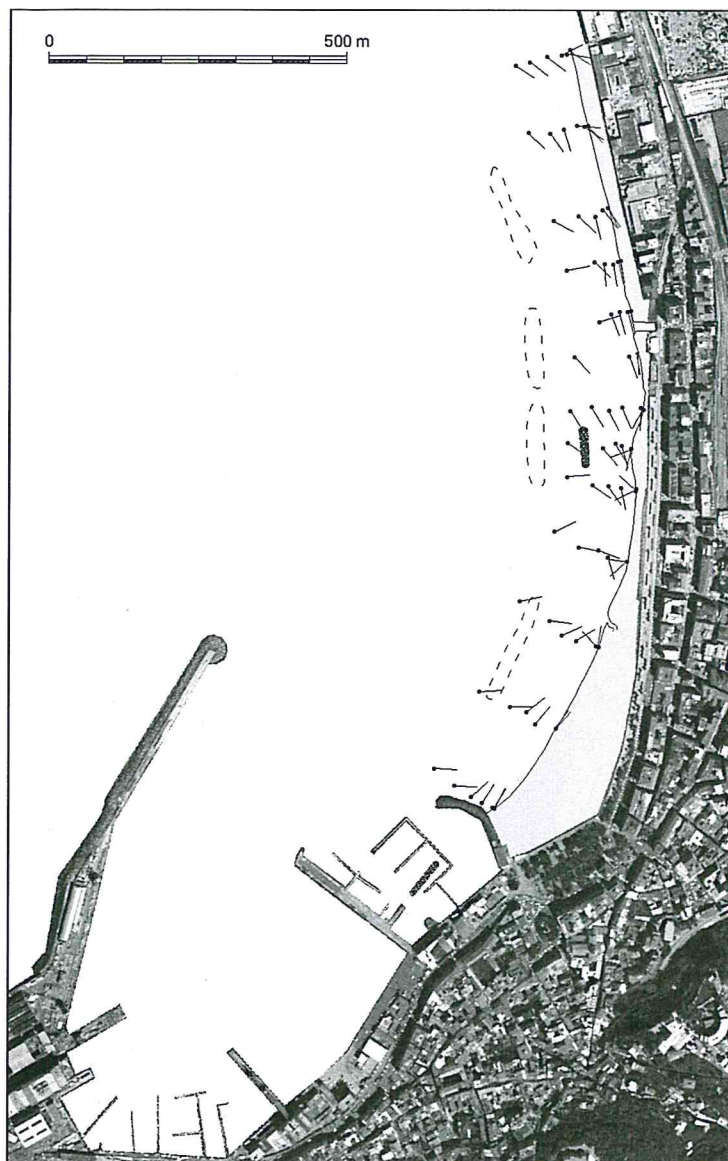


Figura 34 - Flussi sedimentari nell'ipotesi di un *downdrift sorting*.

Tutte le elaborazioni prodotte consentono di identificare un flusso sedimentario diretto da nord verso sud, con una più o meno evidente componente *on-shore*. Ciò significa che questo tratto di litorale è alimentato prevalentemente da sedimenti provenienti dall'esterno della zona considerata e che i contributi locali, seppur identificabili su alcune elaborazioni, sono minoritari.

Considerazioni conclusive sulle direzioni di trasporto dei sedimenti

Il flusso sedimentario si riduce in corrispondenza del porto, non tanto per l'ostacolo costituito dal molo di sottoflutto, che anzi determina localmente un'inversione del *drift* per fenomeni di riflessione del moto ondoso, quanto per la riduzione dell'energia dovuta alla presenza della diga foranea. In quest'area, comunque, possono farsi sentire anche gli effetti negativi dell'operazione di filtratura effettuata sui vettori risultanti in ciascuna elaborazione.

Le opere di difesa realizzate su questo tratto di costa, che pure abbiamo visto avere un effetto locale sulle caratteristiche tessiturali dei sedimenti, non influenzano in modo rilevante la dinamica sedimentaria a scala regionale.

Conclusioni e suggerimenti per il riequilibrio del litorale

Il confronto fra le varie linee di riva disponibili consente di affermare che l'intera unità fisiografica compresa fra Torre Annunziata e Castellammare di Stabia non soffre oggi di un deciso deficit sedimentario.

Negli ultimi anni si sono però verificate forti e localizzate variazioni della linea di riva conseguenti agli interventi antropici realizzati lungo il litorale, ma nel complesso gli avanzamenti pareggiano le erosioni.

I due porti posti alle estremità, per la configurazione dei moli foranei, costituiscono un forte richiamo dei sedimenti e determinano un avanzamento della spiaggia nei settori di litorale adiacenti. Ciò avviene a spese dei tratti contigui, che hanno registrato, in alcuni intervalli di tempo, forti tassi di arretramento.

Per contrastare l'erosione sono state adottate diverse tipologie di difesa: opere ortogonali a riva (pennelli) e parallele (scogliere emerse e sommerse).

In considerazione del fatto che, a causa della configurazione del golfo, le onde giungono a riva quasi sempre ortogonalmente, l'efficacia dei pennelli è stata limitata e il loro effetto è più dovuto alla configurazione a T, che crea diffrazione dell'onda, che non all'opera di intercettazione del modesto flusso sedimentario.



Figura 35 - Flussi sedimentari derivanti dall'applicazione del metodo di Geo e Collins (1992).

Le opere parallele presenti nel golfo sono di tre tipi: nella parte centrale sono emerse, vicinissime a riva e con varchi molto stretti, vi è poi una scogliera parallela più lontana da riva ed una lunga soffolta segmentata su alti fondali. Le prime hanno intrappolato un po' di sedimenti, forse anche materiale di riporto, ma si comportano essenzialmente come una scogliera radente ed impediscono la sedimentazione nel tratto di fondale antistante. Lo specchio d'acqua interno è assolutamente inutilizzabile per la balneazione dato che non vi è ricambio idrico. Quella esterna è isolata ed assai lontana da costa: ha potuto generare solamente un piccolo saliente che però si riduce per il flusso di sedimenti diretto verso il porto di Castellammare.

I vari tratti della scogliera soffolta risultano, dai rilievi effettuati dall'ENEA, posti su di un fondale di circa 5 metri ed inoltre presentano una sommergezza variabile, spesso anche notevole. Nonostante ciò queste opere interagiscono in modo sensibile con il flusso dei sedimenti nella zona e sembrano influire positivamente sul bilancio sedimentario dei tratti da esse protetti.

I dati sedimentologici, relativi al solo settore meridionale (che comunque è speculare a quello settentrionale), confermano questa dinamica con un flusso di materiali fini diretto verso l'area più riparata e la presenza di sedimenti grossolani residuali nei tratti di litorale più esposti. Complessivamente si evidenzia un flusso sedimentario diretto da nord verso sud, tanto da fare ritenere che l'alimentazione di questo settore sia garantita prevalentemente dal Fiume Sarno.

Ciò consente di affermare che è possibile raggiungere un equilibrio della costa con impegni sostenibili sia in termini economici sia in termini ambientali. Non è infatti necessario compensare un forte deficit sedimentario, quanto ristabilire equilibri all'interno dell'unità fisiografica.

Per fare ciò è assolutamente indispensabile modificare i moli di sottoflutto dei porti per impedire un ulteriore richiamo di sedimenti o, in alternativa, costruire opere in grado di ridurlo.

Si ritiene inoltre opportuno rimuovere o abbassare le scogliere parallele vicine a riva, in modo da eliminare o ridurre la riflessione del moto ondoso su di esse.

Il tratto di litorale difeso dai pennelli a T necessiterebbe di periodici ma modesti interventi di ripascimento, in modo da ottenere e mantenere una spiaggia sufficientemente ampia per un uso turistico-balneare.

E' comunque necessario un avanzamento generalizzato della linea di riva che consenta di gestire l'interfaccia terra-mare senza il condizionamento delle strutture industriali e residenziali esistenti, salvo che nei tratti in cui non si possa procedere alla loro demolizione.

L'avanzamento della linea di riva, ad eccezione del tratto difeso dai pennelli a T, non può avvenire con sabbia fine che, assumendo un profilo a debole pendenza, richiederebbe volumi ingenti. D'altra parte si ritiene che debba essere limitata al massimo la costruzione di difese rigide, che in genere comportano una perdita del valore paesaggistico del litorale, hanno elevati costi di manutenzione e determinano l'erosione dei settori costieri limitrofi. Le opere di difesa possono essere ridotte al massimo impiegando ghiaia nei ripascimenti. Essa fa assumere al profilo della spiaggia una pendenza maggiore e determina un maggiore avanzamento della linea di riva a parità di volume impiegato. Dato che i tratti sabbiosi utilizzati turisticamente sono pochi, si ritiene che non vi siano pregiudiziali da parte degli abitanti e degli operatori turistici alla realizzazione di spiagge con tessitura più grossolana di quella attuale. La ghiaia è più facilmente reperibile sul mercato ed ha costi decisamente inferiori. Inoltre, i sedimenti grossolani presentano il vantaggio di non accumulare gli inquinanti come invece fanno le sabbie fini. Parte del materiale di ripascimento potrebbe provenire dalle aree di sedimentazione adiacenti ai due porti, dove la spiaggia ha assunto un'ampiezza tale che una parte consistente non viene più modellata e ripulita dal moto ondoso, tanto che è in atto un processo di inerbimento. Queste due spiagge sono comunque talmente ampie che la loro utilizzazione per un uso turistico-balneare porrebbe gravi problemi. E' anche possibile una conversione della loro parte interna a verde pubblico attrezzato al fine di costituire una fascia di transizione fra l'abitato e la spiaggia. In un'eventuale realizzazione di questa, si deve tenere conto che l'auspicato riequilibrio del litorale determinerà una riduzione del flusso sedimentario verso queste zone e si dovrà quindi garantire un'ampiezza della spiaggia sufficiente ad assorbire occasionali arretramenti per eventi marini eccezionali.

Ringraziamenti

Studio eseguito nell'ambito di una convenzione stipulata fra la Provincia di Napoli e il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Firenze e coordinato con altre ricerche affidate all'ENEA e al Dipartimento di Ingegneria civile dell'Università Federico II di Napoli.

Il rilievo batimetrico è stato eseguito dalla Soc. GeoLab di Pozzuoli per conto dell'ENEA.

Si ringrazia il Prof. Ennio Cocco, del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università Federico II di Napoli e il Dott. Federico Tarallo, della Ricerche Marine s.n.c. di Pozzuoli, per aver messo a disposizione dati non pubblicati di loro proprietà.

Si ringrazia inoltre il Dott. Licinio Ferretti, presidente della Compagnia Generale Riprese aeree di Parma, per aver fornito e concessa l'autorizzazione alla pubblicazione delle immagini aeree TerraItaly(tm).

Bibliografia

- Bartolini C., Cipriani L.E., Pranzini E. e Sargentini M. (1989) - *Caratteristiche geomorfologiche ed evoluzione della linea di riva del litorale toscano e criteri di lettura*. In: "Coste toscane", Regione Toscana, pp. 33-56.
- Cocco et al. (1986) - *Atlante delle Spiagge Italiane*. Fogli 183 "Isola d'Ischia", 184 "Napoli", 185 "Salerno". CNR - S.El.Ca.
- Folk R.L. e Ward W.C. (1957) - *Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters*. Journ. Sedim. Petrol., 27: 3-26.
- Gao S. e Collins M. (1992) - *Net sediment transport patterns inferred from grain-size trends, based upon definition of "transport vectors"*. Sedim. Geol., 81: 47-60.
- Krumbein W.C. (1934) - *Size frequency distribution of sediments*. Journ. Sedim. Petrol., 4: 65-77.
- McCave I.N. (1978) - *Grain-size trends and transport along beaches: examples from Eastern England*. Marine Geology, 28: M43-M51.
- Paris E., Rinaldi M. e Solari L. (2002) - *Studio morfologico e sedimentologico delle spiagge del litorale alla foce del Rio Vernotico*. Provincia di Napoli, Relazione inedita, pp. 84.
- Pranzini E. e Rossi S. (2000) - *L'erosione del litorale di Punta Ala: una caso di naturale riequilibrio morfologico*. Studi costieri, 3: 3-27.

Manoscritto ricevuto il 30 Dicembre 2004, accettato il 25 Febbraio 2005.