

***Area Marina Protetta Punta Campanella:***  
**Foraminiferi bentonici come bio-indicatori ambientali**



**PROGETTO PILOTA DI  
MONITORAGGIO AMBIENTALE**

**Francesco Paolo Buonocunto  
Luciana Ferraro  
Mario Sprovieri  
Ennio Marsella**



Consiglio Nazionale delle Ricerche  
Istituto per l'Ambiente Marino Costiero - Sede di Napoli

La presente pubblicazione contiene una descrizione dettagliata delle risorse impiegate e delle metodologie applicate nella fase di acquisizione e di elaborazione del dato scientifico nell'ambito del Progetto di Ricerca commissionato dall'ente Area Marina Protetta "Punta Campanella", nonché tutte le informazioni ritenute utili alla comprensione ed all'impiego degli elaborati.

Sono parte integrante della Relazione n. 3 Allegati:

Allegato 1 – Schede granulometriche

Allegato 2 – Sonda Multiparametrica CTD

Allegato 3 – Analisi statistica

## Sommario

<b>PREMESSA</b>	.....	<b>pag. 5</b>
<b>1. CONOSCENZE PREGRESSE</b>	.....	<b>pag. 7</b>
1.1 <i>Inquadramento geologico</i>		
1.2 <i>Il dominio sottomarino</i>		
1.3 <i>I foraminiferi bentonici</i>		
1.4 <i>Il monitoraggio ambientale</i>		
<b>2. ATTIVITA' DI RICERCA</b>	.....	<b>pag. 20</b>
2.1 <i>Attività di georeferenziazione</i>		
2.2 <i>Attività di campionamento</i>		
<b>3. ANALISI DI LABORATORIO</b>	.....	<b>pag. 27</b>
3.1 <i>Analisi micropaleontologiche</i>		
3.2 <i>Analisi sedimentologiche</i>		
3.3 <i>Analisi chimiche</i>		
<b>4. RISULTATI</b>	.....	<b>pag. 31</b>
4.1 <i>Le granulometrie</i>		
4.2 <i>Distribuzione e tipologia delle associazioni a foraminiferi bentonici</i>		
4.3 <i>I metalli pesanti</i>		
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	.....	<b>pag. 45</b>
<b>Allegato 1 – Schede granulometriche</b>	.....	<b>pag. 49</b>
<b>Allegato 2 – Sonda Multiparametrica</b>	.....	<b>pag. 93</b>
<b>Allegato 3 – Analisi statistica</b>	.....	<b>pag. 103</b>



## PREMESSA

L'Area Marina Protetta di Punta Campanella (Fig. 1) comprende la fascia costiera dei comuni di Massa Lubrense, Piano di Sorrento, Positano, Sant'Agnetto, Sorrento e Vico Equense. L'istituzione dell'Area ha tra i suoi fini principali la tutela e la valorizzazione delle risorse biologiche e geomorfologiche della zona, la divulgazione della conoscenza degli ambienti marini e costieri, nonché la promozione di uno sviluppo socio-economico compatibile con la vocazione naturalistico-paesaggistica dell'area.

Le indagini geofisiche e sedimentologiche effettuate già nel 1999 dall'Istituto per l'Ambiente Marino Costiero (CNR), nell'ambito del Progetto "*Parco Marino di P.ta Campanella*", hanno permesso di acquisire informazioni dettagliate sui fondali della Penisola Sorrentina, che hanno rivelato una alta variabilità morfologica funzione del particolare assetto strutturale dell'area.



**Figura 1** – L'Area marina Protetta di Punta Campanella (evidenziata in giallo).

L'Istituto per l'Ambiente Marino Costiero, sede di Napoli, ha stipulato, nell'ottobre 2005, con l'ente Area Marina Protetta "Punta Campanella" un nuovo progetto di ricerca di monitoraggio ambientale. Tale progetto, dal titolo *Foraminiferi bentonici come bio-indicatori ambientali*, è finalizzato allo studio di interazioni esistenti tra la componente organica e mineralogica dei sedimenti

del fondo marino e prevede inoltre l'osservazione delle possibili influenze dell'area emersa sull'ambiente marino in due settori selezionati del Golfo di Napoli e del Golfo di Salerno all'interno dell'Area Marina Protetta. Sono state individuate le aree con una maggiore possibile influenza antropica dall'emerso, rappresentata dalla presenza dei due principali reflui fognari: depuratore di Marina della Lobra (Massa centro) e depuratore di Torca.

Per ciascuna delle aree, comprese tra la batimetrica -5m e la -70m, si è proceduto con un piano di indagini geofisiche e geologiche finalizzato ad una campionatura di sedimento di fondo mare.

Successivamente i dati acquisiti sono stati processati nei laboratori dell'IAMC con particolare riguardo all'individuazione dei parametri sedimentologici (analisi granulometrica) (Allegato 1), micropaleontologici (analisi del benthos) e chimici (metalli pesanti). Su alcuni punti di campionamento è stata effettuata una rilevazione dei parametri chimico fisici della colonna d'acqua, mediante l'utilizzo di una sonda multiparametrica CTD (Allegato 2).

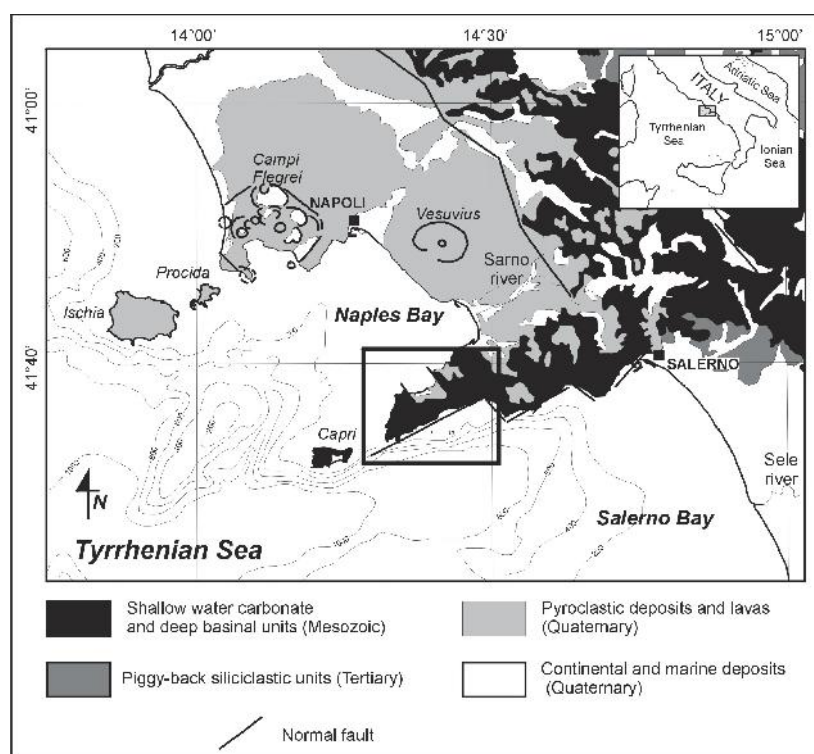
Nella fase interpretativa si è posta particolare attenzione ai possibili rapporti tra la componente biogenica ritrovata nei sedimenti (distribuzione e tipologia delle associazioni a foraminiferi bentonici) ed i valori dei parametri sedimentologici e chimici del sedimento stesso.

A conclusione del lavoro svolto, i dati raccolti sono stati sottoposti ad analisi statistica, con la redazione di mappe di distribuzione delle classi granulometriche e dei metalli su base batimetrica (Allegato 3).

## 1. CONOSCENZE PREGRESSE

### 1.1 Inquadramento geologico

La Penisola Sorrentina costituisce un promontorio roccioso sviluppato da NE a SO (Fig. 2), che si interpone tra le depressioni strutturali del Golfo di Napoli (Piana Campana a nord) e Golfo di Salerno (Piana del Sele a sud; Brancaccio *et al.*, 1981). Essa costituisce una dorsale disposta trasversalmente alla catena Appenninica ed è formata da depositi carbonatici mesozoici e, subordinatamente, nel settore più occidentale, da unità terrigene mioceniche in trasgressione su di essi e da coperture piroclastiche, provenienti dall'attività vulcanica del Somma-Vesuvio e dei Campi Flegrei (Perrone, 1988).



**Figura 2** – Principali lineamenti geologico-strutturali della Penisola Sorrentina (selezionata nel riquadro).

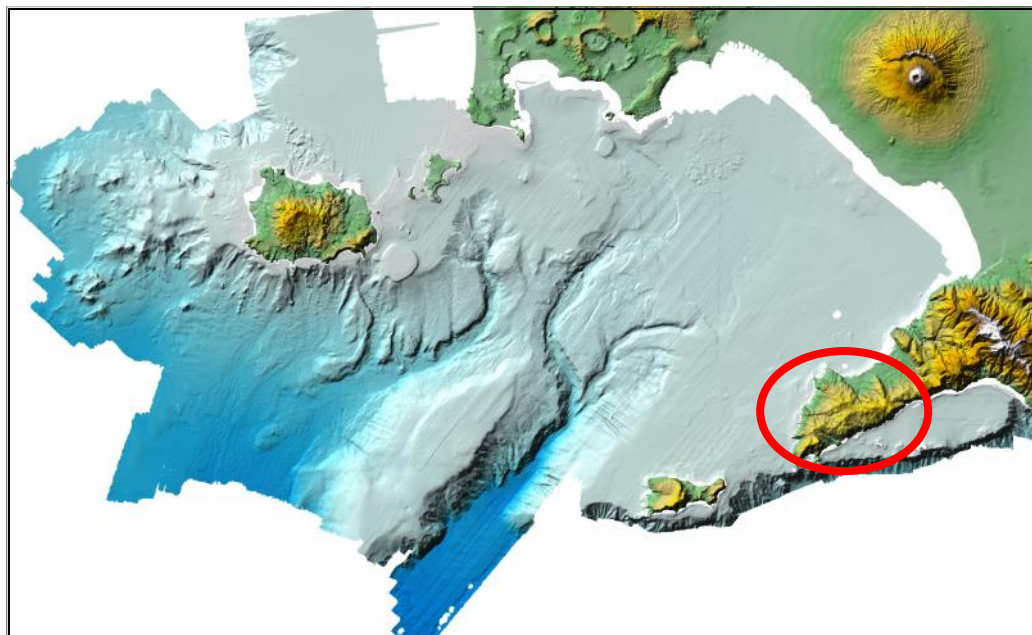
La Penisola Sorrentina deve la sua attuale configurazione ad eventi tettonici quaternari che hanno agito in più fasi a partire dal Pleistocene inferiore, causandone il progressivo sollevamento e la definitiva separazione dal blocco di Capri (Brancaccio *et al.*, 1991), originando così un promontorio con orografia

e larghezza decrescente verso ovest. Numerose tracce ed antiche linee di riva sono state infatti ritrovate e studiate lungo i versanti strutturali costieri nel tratto di penisola compreso tra Punta Campanella e Capo Sottile (Cinque, 1986; Cinque e Romano, 1990; Romano e Sgrosso, 1992). Esse sono costituite da piattaforme di abrasione marina, da depositi marini terrazzati e da solchi di battigia.

### *1.2 Il dominio sottomarino*

A causa della diversa configurazione strutturale, si riscontra una marcata differenza tra i settori settentrionale e meridionale del promontorio sorrentino (Fig. 3). Infatti la piattaforma continentale del lato settentrionale si presenta ampia fino a circa 15 km con basse pendenze e con un ciglio ubicato a -150/-160 m e risulta costituita da spessi cunei sedimentari che tendono ad assottigliarsi nei settori costieri (Pescatore e Senatore, 1988); quella sul lato meridionale, nel tratto compreso tra Amalfi e Punta Campanella, è invece più stretta, acclive e larga poco più di 4 km al traverso di Positano mentre risulta praticamente assente in corrispondenza di Punta Campanella e di Capo Sottile. In questa zona il ciglio è controllato strutturalmente da una scarpata di faglia che corrisponde ad un lineamento tettonico regionale (Sacchi *et al.*, 1994). Nel complesso le aree marine che circondano la penisola Sorrentina sono caratterizzate da ridotte coperture di depositi tardo quaternari a causa della bassa profondità a cui si ritrova il substrato meso-cenozoico. A Est di Li Galli e fino a Capo Sottile la piattaforma continentale aumenta gradualmente di ampiezza nell'area prospiciente l'abitato di Positano. Allo stesso tempo i caratteri fisiografici precedentemente descritti vengono sostituiti da morfologie più dolci e, a parità di distanza dalla costa, da profondità più elevate. Il fondo mare declina infatti rapidamente a - 80 m a breve distanza dalla linea di riva attuale (poco più di 200 m), dando origine a una depressione a forma di anfiteatro, espressione morfologica di una struttura ribassata (bacino de "li Galli") limitata a sud dal ciglio della piattaforma (Budillon *et al.*, 2001).





**Figura 3** – Caratteri morfologici del dominio sottomarino della Penisola Sorrentina (da D'Argenio *et al.*, 1994).

L'Area Marina protetta di P.ta Campanella è caratterizzata da un settore di mare circostante la penisola, da Capo di Sorrento a P.ta Campanella e di qui fino al 454 km di longitudine est (Progetto "Parco Marino di Punta Campanella"), più un'area allungata est-ovest comprendente l'arcipelago de Li Galli per un totale di circa 27 km<sup>2</sup>. In tali settori i fondali reggono pendenze discrete e mai inferiori a 1.5°; tale caratteristica deriva dalla presenza in subaffioramento del substrato roccioso, dalla vicinanza di una dorsale montuosa a breve distanza dalla costa e dalla presenza a fondo mare di sedimenti a granulometria prevalentemente sabbiosa. Nel settore settentrionale si osservano gradienti variabili tra 1.5° e 11° per i fondi mobili, pendenze fino a 20° per le aree con substrato subaffiorante e oltre i 40° per le pareti incise in roccia. Il versante meridionale presenta valori delle pendenze comprese tra 2.4 e 20° per i fondi mobili, oltre i 20° per aree con subaffioramento del substrato.

L'analisi morfo-batimetrica ha inoltre reso possibile delimitare i prismi sedimentari costieri che si osservano in corrispondenza degli *embayments* della linea di costa e presentano superfici sub-pianeggianti delimitate verso mare da cigli netti e piccole scarpate che si raccordano con una rottura di pendenza concava all'andamento generale della piattaforma più esterna.

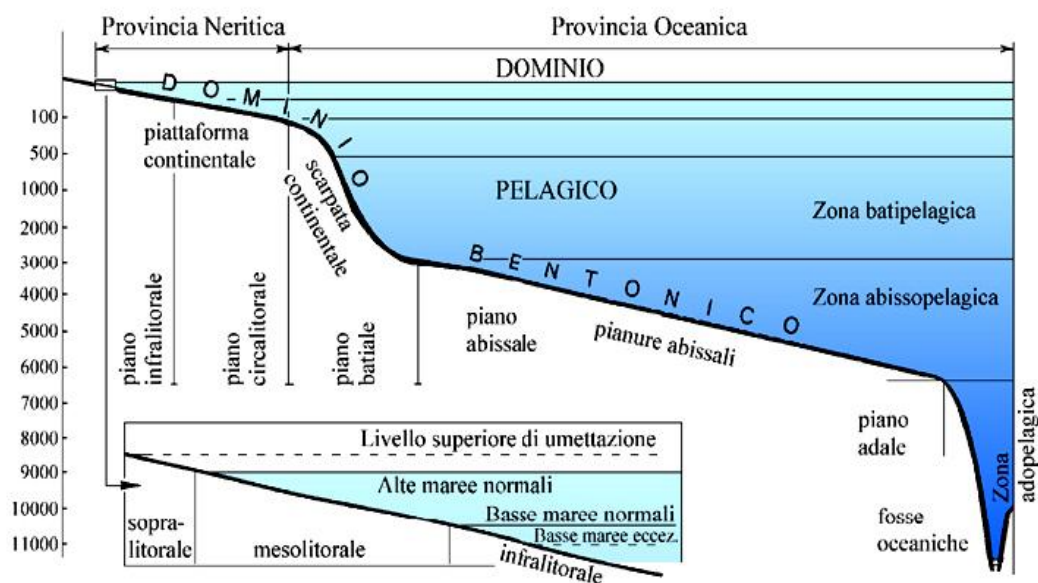
### **1.3 I foraminiferi bentonici**

I Foraminiferi (*Foraminifera*) sono protozoi (organismi unicellulari) eucarioti eterotrofi marini (Fig. 4), sia bentonici che planctonici. Abitano tutti gli ambienti marini dall'interditale al batiale (Fig. 5). Comparvero nel Cambriano e successivamente (durante tutto il Fanerozoico) invasero l'ambiente marino, adattandosi a molti modi di vita.



**Figura 4** – Esempio di foraminifero vivente.

La loro cellula è protetta e rivestita esternamente da un guscio, spesso mineralizzato, che può raggiungere dimensioni eccezionali per un organismo unicellulare (fino a 11-14 cm di diametro). La presenza di parti mineralizzate consente ai gusci dei foraminiferi di fossilizzare con relativa facilità nelle rocce sedimentarie di origine marina. Il loro nome (foramina fero = porto fori) è dovuto probabilmente alle piccole aperture tra le singole camere che compongono il guscio, più che alle minuscole perforazioni di cui quest'ultimo è fornito, ma che talora sono assenti, come nei Foraminiferi cosiddetti "imperforati". Comunemente sono formati da un corpo protoplasmatico e da un rivestimento solido, il guscio, di molteplici e mirabili forme ed importantissimo elemento evolutivo di questo ordine.

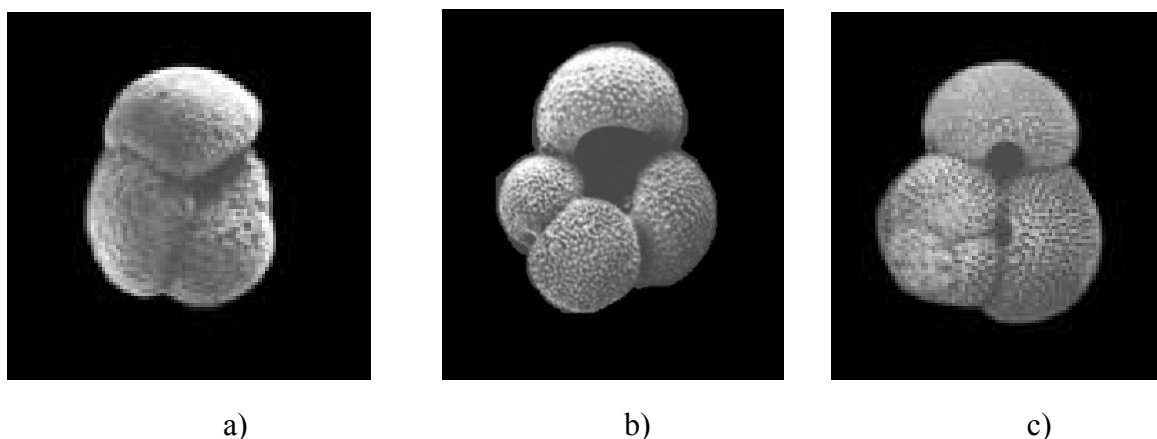


**Figura 5** – Il dominio sottomarino

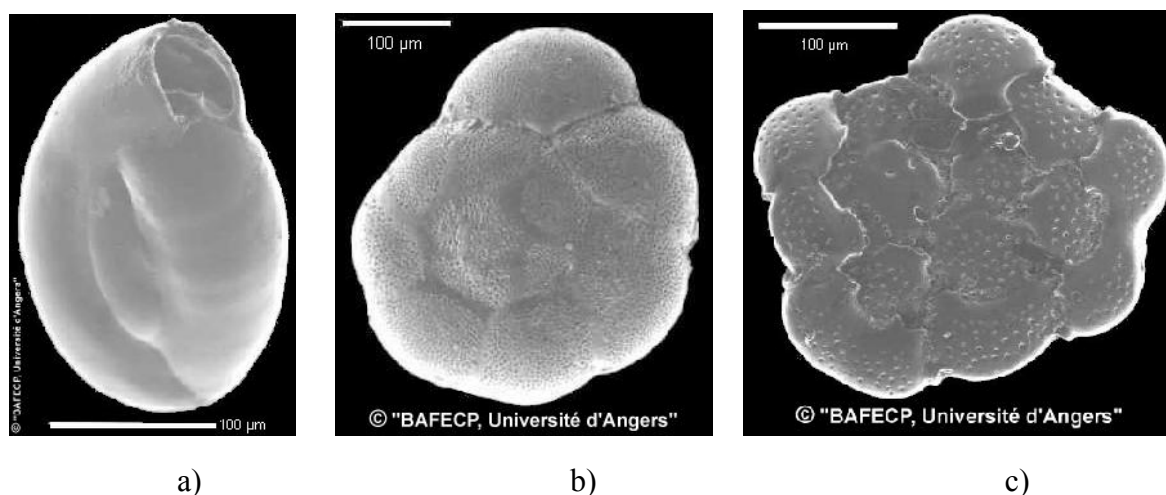
I foraminiferi si possono suddividere a seconda dell'ambiente di vita in:

- Foraminiferi planctonici (Fig. 6) → vivono sospesi nella colonna d'acqua (dimensioni intorno ai 100 micrometri)
- Foraminiferi bentonici (Fig. 7) → vivono sul e/o nel fondo marino (dimensioni che possono variare dai 100 micrometri al millimetro)

Tra i bentonici abbiamo un'ulteriore suddivisione in: epifaunali, forme che vivono sul substrato e che possono essere sessili, oppure vagili attraverso l'uso di pseudopodi (estensioni temporanee del citoplasma); oppure infaunali, che vivono entro il substrato.



**Figura 6** – Esempi di Foraminiferi planctonici: a) *Globorotalia inflata*, b) *Globigerina bulloides*, c) *Globogerinoides ruber*.



**Figura 7** – Esempi di Foraminiferi bentonici: a) *Quinqueloculina seminulum*, b) *Ammonia tepida*, c) *Planorbulina mediterraneensis*.

La distribuzione dei foraminiferi é ampiamente limitata da temperatura, salinità, livello di ossigenazione e substrato. La loro sensibilità alla temperatura ne ha consentito l'utilizzo per l'interpretazione dei cambiamenti climatici, soprattutto nel quaternario, utilizzando le oscillazioni nelle frequenze di specie planctoniche di acque calde o fredde e la stima delle paleotemperature, basata su analisi isotopiche dei gusci.

Altri esempi di applicazioni dei Foraminiferi sono la ricostruzioni del percorso ed intensità delle paleocorrenti, le ipotesi sulla profondità di sedimentazione delle rocce, basate sulle associazioni bentoniche tipiche di differenti zone batimetriche. Fra le applicazioni più recenti, che escono dal campo prettamente

micropaleontologico, vi è l'uso dei Foraminiferi per studi su ambienti attuali (aree marine protette, aree inquinate o in risanamento ecc.), in cui alcune specie bentoniche, molto sensibili alle variazioni di temperatura, quantità di nutrienti, ossigenazione, inquinanti, ecc., possono dare rapide informazioni sullo stato di "salute" dell'ambiente.

#### *1.4 Il monitoraggio ambientale*

L'ambiente marino e costiero costituisce un sistema articolato e complesso in equilibrio con l'ambiente terrestre nel quale convivono, attraverso dinamiche diversificate ma fortemente interagenti, ecosistemi tipicamente marini ed ecosistemi di transizione. La crescente densità di popolazione concentrata lungo i litorali, la progressiva espansione di attività connesse all'utilizzo delle risorse marine e costiere, rappresentano alcune delle problematiche che minacciano i delicati equilibri naturali del mare e della costa.

La condizione dell'Area Marina Protetta di P.ta Campanella, con un perimetro che si sviluppa su 31.433 km di litorale dalla morfologia varia (roccioso, sabbioso e ghiaioso), spesso di grande valenza naturalistica e paesaggistica, rappresenta una preziosa realtà da tutelare e una risorsa da valorizzare attraverso uno sviluppo economico e sociale rispettoso degli ecosistemi naturali.

Negli ultimi decenni sono state innumerevoli le perturbazioni che hanno condizionato l'ecosistema marino, causando una degradazione sempre più allarmante, così come dimostrano anche i cambiamenti nella biodiversità marina causati, direttamente o indirettamente, da attività antropiche.

In generale le aree costiere e gli ambienti di transizione sono le più esposte a stress legati ad attività umane, ed è proprio per attuare una corretta gestione e uno sviluppo economico sostenibile di questi ambienti, che diviene necessaria e indispensabile una loro conoscenza approfondita. Le alterazioni prodotte dall'inquinamento si ripercuotono soprattutto sulle comunità bentoniche per la loro scarsa capacità di movimento, alterando i parametri strutturali quali densità

e diversità, i quali costituiscono elementi da cui è possibile ricavare informazioni sullo stato di salute di un sito nel lungo periodo.

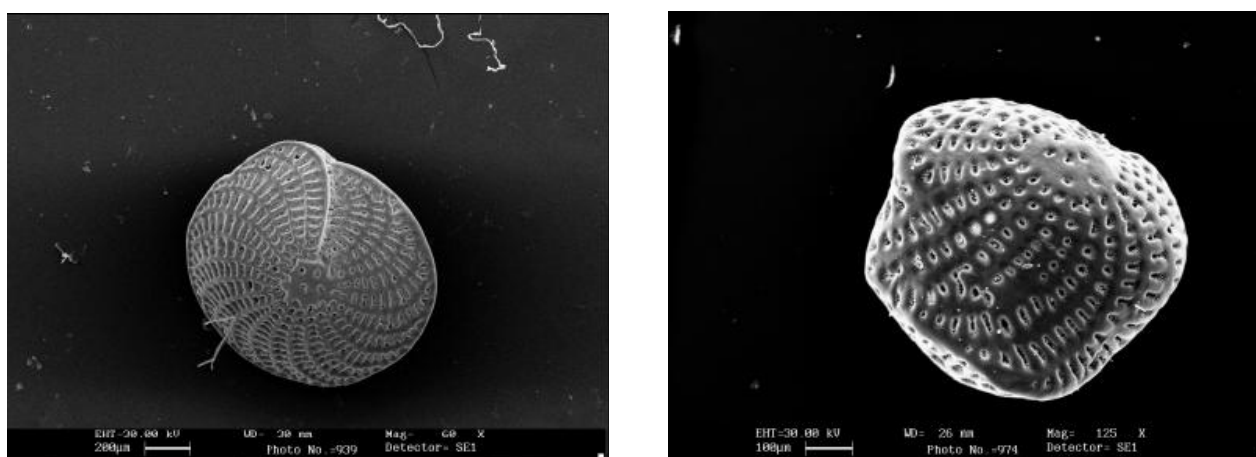
I foraminiferi bentonici sono una componente importantissima della meiofauna (piccoli organismi bentonici che hanno dimensioni che passano attraverso una maglia 500 micron e sono trattenuti da una maglia di 63 e 44 micron) e possono essere utilizzati come bioindicatori dell'inquinamento in modo semplice ed estremamente economico (Naidu et al., 1985; Ellison et al., 1986; Alve, 1991; Sharifi et al., 1991; Banerji, 1992; Stubbles, 1993; Yanko et al., 1994, 1998; Coccioni, 2000; Geslin et al., 2000; Samir, 2000; Samir & El-Din, 2001; Coccioni et al., 2003; Elberling et al., 2003; Du Châtelet et al., 2004; Ferraro & Lirer, 2006; Ferraro et al., 2006). In particolare i foraminiferi bentonici, vivendo in corrispondenza o appena al di sotto dell'interfaccia acqua-sedimento, ed essendo molto sensibili alle variazioni dei parametri ambientali delle aree in cui vivono, possono fornire utili informazioni sulle condizioni di fondo. Numerosi studi effettuati in differenti ambienti marini hanno analizzato la risposta di tali organismi all'inquinamento da elementi in tracce che si è notevolmente accresciuto negli ultimi decenni con effetti deleteri sugli ecosistemi. Queste ricerche hanno documentato che questo particolare tipo di inquinamento, favorendo probabilmente processi patologici a livello cellulare, svolge un ruolo molto importante nell'indurre una serie di fenomeni quali: (1) sviluppo di gusci morfologicamente anormali (Fig. 8), (2) variazioni dell'abbondanza e della composizione tassonomica delle associazioni e (3) variazioni delle dimensioni degli individui e modificazioni della struttura della parete del guscio.

Studi precedentemente svolti nell'area in esame (Ferraro e Lirer, 2006) hanno permesso di distinguere, nel settore di piattaforma continentale che si estende da Sorrento a Positano, le principali associazioni a foraminiferi bentonici e di individuare, ove presenti, specie che potessero essere utilizzate come bioindicatori. La mancanza di dati relativi al tipo di inquinamento non ha permesso però di riconfrontare i patterns di distribuzione delle singole specie con quelli degli elementi inquinanti ma solo di identificare individui con presenza di irregolarità morfologiche del guscio. I risultati di questo studio indicano che la presenza di individui irregolari o deformati si registrano nell'area antistante



Marina della Lobra e nel settore meridionale a largo di Marina di Crapolla (Ferraro e Lirer, 2006).

In base agli studi pregressi e nell'intento di allargare le conoscenze sulle tanatocenosi a Foraminiferi bentonici e sui loro rapporti con i principali metalli pesanti presenti nei sedimenti della piattaforma continentale, è stata incrementata la campionatura in due aree pilota della Penisola Sorrentina, Vervece e Marina di Crapolla. Su tali campioni sono state effettuate analisi sedimentologiche, analisi chimiche e analisi micropaleontologiche.



**Figura 8** - Esempio di foraminifero bentonico della specie *Elphidium crispum*, con guscio normale (a sinistra) e irregolare con variazione nella direzione di avvolgimento.





## 2. ATTIVITA' DI RICERCA

L'attività di ricerca é consistita in:

- Presa visione della cartografia morfo-batimetrica dell'area ed acquisizione dei dati pregressi relativi a progetti CNR sulla stessa area e/o ad aree limitrofi.
- Pianificazione di campagne di acquisizione del dato geologico attraverso campionature di sedimenti di fondo mare su punti opportunamente georeferenziati; in alcuni casi la campagna è stata completata con un rilievo dei parametri chimico-fisici relative alla colonna d'acqua.
- Analisi di laboratorio sui campioni raccolti, ovvero analisi micropaleontologiche, analisi granulometriche ed analisi chimiche (metalli pesanti).

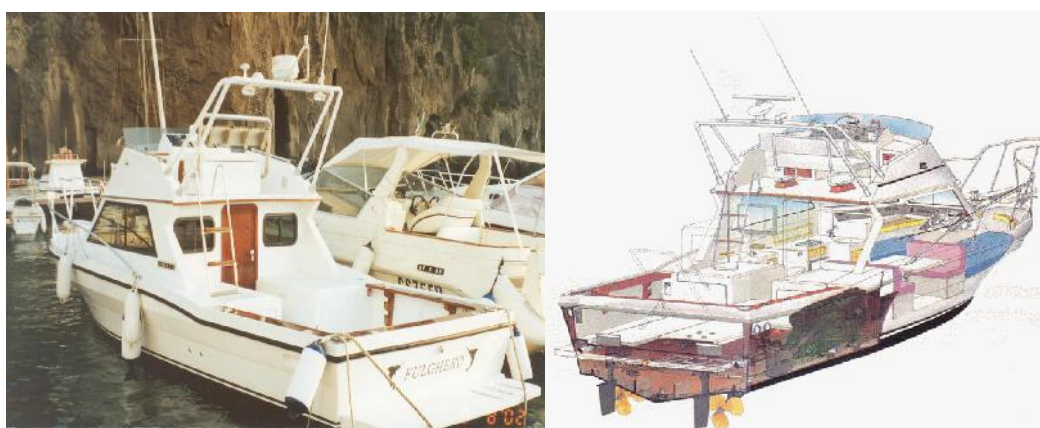
Nello svolgimento dell'incarico sono stati impegnati ricercatori, tecnici e personale a termine in servizio e/o in formazione presso l'I.A.M.C.-C.N.R., sede "Geomare sud" di Napoli.

Nome	Istituto	Qualifica	Competenze
Francesco P. Buonocunto	IAMC	Ricercatore/Tecnologo	Responsabile Operativo e Scientifico
Luciana Ferraro	IAMC	Ricercatore	Responsabile Scientifico
Mario Sprovieri	IAMC	Ricercatore	Analisi chimiche
Flavia Molisso	IAMC	Tecnologo	Analisi granulometriche
Michele Iavarone	IAMC	Tecnico	Analisi chimiche
Paolo Scotto	IAMC	Tecnico	Campionamento
Monica Capodanno	IAMC	Tecnico a contratto	Analisi granulometriche
Simone Sammartino	IAMC	Ricercatore a contratto	Statistica

Per effettuare la campagna di acquisizione dati è stato scelto un mezzo navale di facile manovrabilità e di piccole dimensioni, ovvero con caratteristiche tecniche consone all'espletamento della consulenza, in conformità alle specifiche tecniche richieste.

L'imbarcazione usata è del tipo 7 Mari F 27 FLY AMERICA; si tratta di un mezzo utilizzato per operare in mare aperto e con condizioni di mare anche normalmente non idonee al servizio. Ha ottime qualità nautiche e può essere impiegata, grazie all'elevata manovrabilità sia in acque relativamente basse che in mare aperto mantenendo un elevato livello di efficienza.

Lo scafo è realizzato con carena a V profondo a prua e con un fondo quasi piatto a poppa, caratteristiche che gli conferiscono elevata stabilità e notevoli performance in termini di velocità durante gli spostamenti (Fig. 9).



Lunghezza fuori tutto	9.20	m
Larghezza	2.90	m
Altezza di costruzione	1.00	m
Immersione	0.70	m
Motorizzazione	2X170	Cv
Velocità	32	nodi
Casse acqua	200	lt
Serbatoio gasolio	450	lt

**Figura 9** – Scheda tecnica dell'imbarcazione "Fulghero" .

Lo scafo è interamente costruito in fibra di vetro rinforzata, mentre gli accessori di coperta e le attrezzature per il supporto delle strumentazioni sono tutte in acciaio inox.

Le grandi dimensioni del pozzetto consentono di installare qualsiasi strumentazione con qualsiasi trasduttore da calare in mare con appositi sbracci in acciaio. Infine la doppia postazione di guida garantisce la manovrabilità in qualsiasi condizione di mare.

L'imbarcazione è abilitata alla Navigazione in classe B ed è provvista delle necessarie dotazioni di sicurezza prescritte per il tipo di navigazione richiesta. Lo scafo è progettato per una velocità massima di circa 32 nodi, e un'andatura da lavoro variabile da 0 a max senza alcuna limitazione grazie all'ausilio della trolling valve. L'imbarcazione è propulsa da due motori entro bordo diesel VM con ciclo 4 tempi, raffreddamento ad acqua di mare, lubrificazione forzata aventi ciascuno le seguenti caratteristiche:

Cilindrata	3590	cc
Alesaggio	92	mm
Corsa	90	mm
Numero cilindri	6	
Giri	3800	rpm
Potenza	125	KW
Consumo di crociera	43	lt/h

L'avviamento è elettrico da batteria a 12V con ricarica automatica della stessa. Lo scarico raffreddato in acqua è a basse emissioni. Ogni motore è dotato di un alternatore da 70 Ah cad. E' previsto inoltre un inverter 12Vdc-220Vac ed un gruppo elettrogeno portatile.

La pianificazione della attività di acquisizione dei nuovi dati è stata articolata in due fasi:

a) attività di georeferenziazione, che è stata effettuata attraverso un'indagine combinata con l'utilizzo di un Ecoscandaglio Reson Navisound 215 e di un sistema di posizionamento globale con correzione differenziale (DGPS), Trimble DSM 132 dotato di correzione OMNISTAR;

b) attività di campionamento, che è stata svolta con l'utilizzo di una benna del tipo Van Veen, e successivamente a completamento con un carotiere a mano, mediante operatore subacqueo.

## 2.1 Attività di georeferenziazione

### *Sistema di posizionamento*

Per posizionare il mezzo navale durante le attività di rilievo è stato impiegato un sistema di posizionamento DGPS (Differential Global Position System) tramite un ricevitore Trimble DSM 132, con correzione OMNISTAR (Fig. 10).



**Figura 10**

Questo tipo di sistema permette il posizionamento del mezzo navale in tempo reale con precisione centimetrica.

Caratteristiche del Sistema di posizionamento satellitare DGPS TRIMBLE DSM 132:

- 12 canali GPS, L1 1575.42 MHz con elemento di filtraggio di fase
- Azione combinata L1 GPS, Satellite differenziale e antenna faro
- L-Band satellite per la correzione differenziale
- Firmware Everest per l'eliminazione degli effetti Multipath
- Doppio canale digitale a media frequenza
- Correzione differenziale da un'altra sorgente RTCM SC-104
- Capacità WAAS(U.S.A.) e EGNOS(Europa)
- Accuratezza differenziale sub-metrica
- 1, 2, 5 e 10 Hz messaggi in output
- Due programmabili porte seriali RS-232:
- NMEA-0183 output
- RTCM SC-104 input
- TSIP I/O
- Baud Rate 2400-38400
- 1 PPS (pulse per second) output

### *Ecoscandaglio Idrografico*

Per rilevare la batimetria dei punti interessati dai rilievi è stato utilizzato un ecoscandaglio Navisound 215, rappresentato nella figura 11 ed avente i seguenti requisiti:

- Output risoluzione: cm
- Depth range: 0.2 – 600m
- Channels/trasducers: 2/1

- Max sounding rate: 20/10 Hz
- Heave input
- NMEA output
- DESOxx output protocol
- Supports SLS option
- AC Converter option
- Frequenza: Standard 28 – 35 e 190 – 225 kHz
- Accuratezza: 1cm a 210 kHz e 7cm a 33 kHz
- Stampa su carta termica



**Figura 11**

### *Software di navigazione e di acquisizione*

Per la campagna di acquisizione dei dati, si è fatto uso del software NAVSTAR, ovvero un sistema integrato di posizionamento, navigazione ed acquisizione dati realizzato in ambiente Visual Basic per la raccolta, gestione e trasformazione dei dati GPS, perfettamente integrato con l'ambiente GIS ArcView.

Nel dettaglio l'applicazione gestisce tutte le problematiche relative alla navigazione e al posizionamento di un mobile (in particolare un natante) nonché all'acquisizione di misure rilevate tramite dispositivi come un ecoscandaglio.

Tale software utilizza il GPS anche in configurazione differenziale, il software utilizza una base cartografica georeferenziata, esportata da ArcView, che permette di pianificare la campagna di ricerca, con i vari way point ed il relativo piano di navigazione. I requisiti del sistema NavStar sono quelli della semplicità

d'uso, architettura aperta, trasparenza del flusso dati e soprattutto quello della economicità.

Il sistema è composto principalmente da due moduli ognuno basato su di un personal computer e su di un software di gestione.

Un modulo, denominato TrakStar, è dedicato alla navigazione ed all'acquisizione dati ed è basato su di una applicazione Microsoft Visual Basic, l'altro è dedito a funzioni di supporto e realizzazione GIS.

A tale scopo sono stati utilizzati software e hardware, come Ecoscandaglio, Navisound 215, ed un sistema di posizionamento globale con correzione differenziale (DGPS), Trimble DSM 132.

Gli obiettivi del modulo TrakStar sono:

1. Interscambio dei dati con il sistema GIS già esistente;
2. Posizionamento e guida di un mezzo (sia marino che terrestre) su rotte e punti prestabiliti;
3. Acquisizione dati georeferenziati provenienti da sensori esterni (come ecoscandagli, magnetometro, flussometro, Sparker).

Per soddisfare il punto 1, mantenendo una precisione submetrica del sistema di posizionamento, si è scelto di utilizzare il GPS in configurazione differenziale (DGPS).

Tale sistema utilizza la correzione Omnistar.

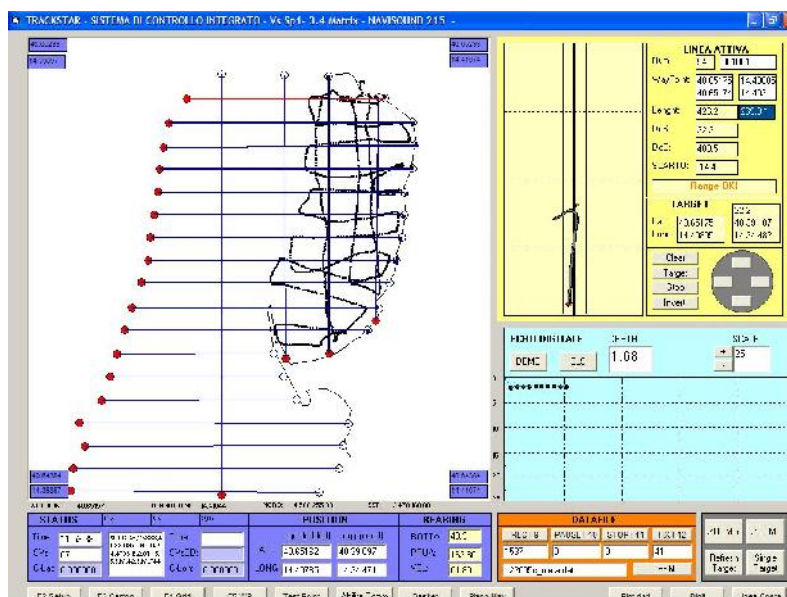


Figura 12

Nel dettaglio TrackStar è composto da una Base Station, (Fig. 12).

La Base Station è composta da:

- un PC portatile, Notebook NX 5000, in ambiente windows;
- una interfaccia software realizzata con Microsoft Visual Basic;
- una base dati su Microsoft Access 97;
- un GPS della serie Trimble DSM 132.

Questa stazione è posizionata sulla imbarcazione e visualizza una cartografia precedentemente individuata, georeferenziata e memorizzata in un apposito tematismo dalla stazione GIS.

Dopo aver completato le operazioni di start-up e attivato la stazione con posizionamento del punto su apposita cartografia raster in scala opportuna (prodotta dalla stazione GIS), la *base station* può iniziare in automatico a trasmettere la stringa dati alla Mobile Station.

Nella stringa vi sono memorizzate una serie di informazioni tra cui le correzioni, il numero dei satelliti visibili e la loro codifica, PDOP etc. Questa stringa viene memorizzata sulla Base Station per un eventuale post processing.

L'applicazione Visual Basic fin qui descritta gestisce contemporaneamente la navigazione (basata su piano di navigazione e cartografia prodotta dalla stazione GIS) ed il monitoraggio dei sensori esterni nonché l'acquisizione del database delle misure effettuate.

Come default, il TrackStar (Fig. 12) presenta: la mappa dell'area (georeferenziata tramite GIS), il piano di navigazione, e la posizione del natante con opportuna simbologia sulla mappa.

Sono disponibili, inoltre, tutta una serie di informazioni relative alla posizione (nei formati standard), alle distanze percorse o da percorrere per raggiungere un determinato way point.

Durante la navigazione quando viene agganciato uno Start Point si attiva una apposita finestra dove viene visualizzata, con apposita simbologia ad opportuna scala, la Track Linea (in alto a destra della Fig. 12) con gli scostamenti rispetto alla linea programmata.



A tale scopo lo schermo del portatile è di supporto al pilota per agevolare la navigazione.

Il modulo GIS è composto da un PC corredato di ArcView 8.2, con cartografia digitale e una applicazione GIS specifica, che viene creata ad hoc nella fase di pianificazione della campagna per l'elaborazione dati e il post-processing (Fig. 13).

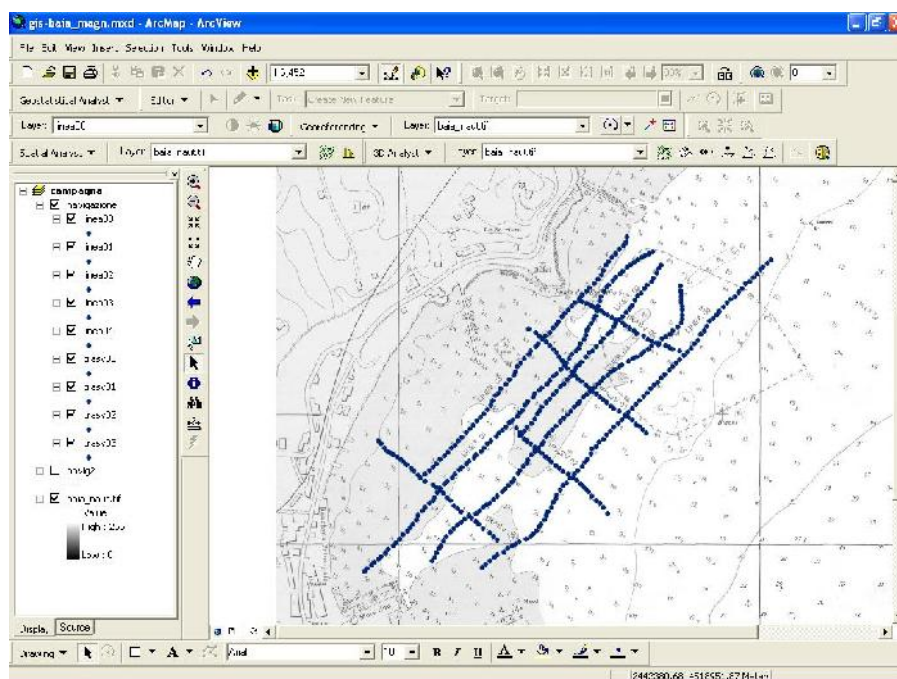


Figura 13

Tipicamente il progetto GIS è composto da:

- una cartografia digitale in formato raster o vector;
- le linee batimetriche e/o eventuali target dell'area da esaminare, quando disponibili;
- un LAYER delle linee di navigazione progettate in fase di pianificazione;
- un LAYER dei punti GPS acquisiti in fase di campagna visualizzati in tempo quasi reale alla fine di ogni linea di navigazione durante la campagna per un controllo ulteriore del posizionamento;
- un LAYER dei punti GPS acquisiti in fase di campagna elaborati e corredati dell'informazione registrata dagli strumenti collegati al TrakStar durante la campagna (ecoscandaglio, ecc.)



- una serie di LAYER che contengono le opportune elaborazioni, tipicamente interpolazioni.

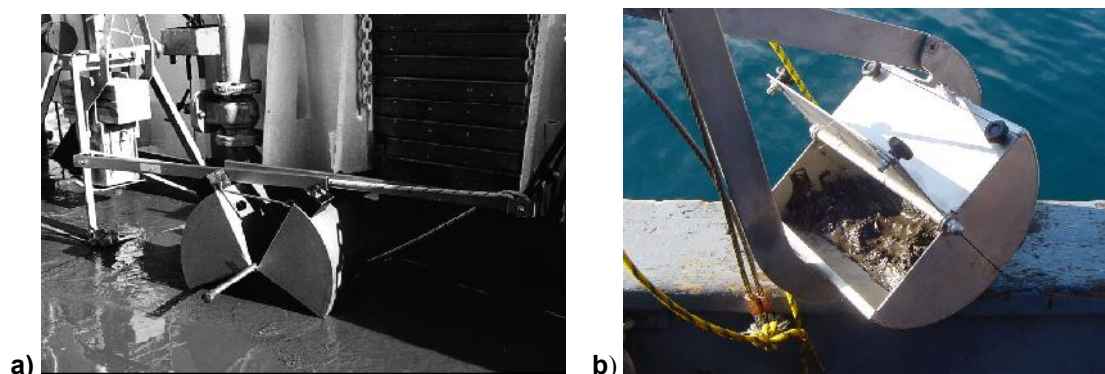
Tra i prodotti finali che è possibile ottenere dalle elaborazioni GIS, il più usato in questa applicazione è la cartografia tematica del sito contenente tutte le elaborazioni dei dati ambientali rilevati in campagna.

## *2.2 Attività di campionamento*

Le campagne in mare effettuate tra il maggio e luglio 2006 hanno consentito di raccogliere 44 campionature di sedimento di fondo mare su circa 46 punti georeferenziati all'interno delle due aree campione dell'Area Marina Protetta di P.ta Campanella:

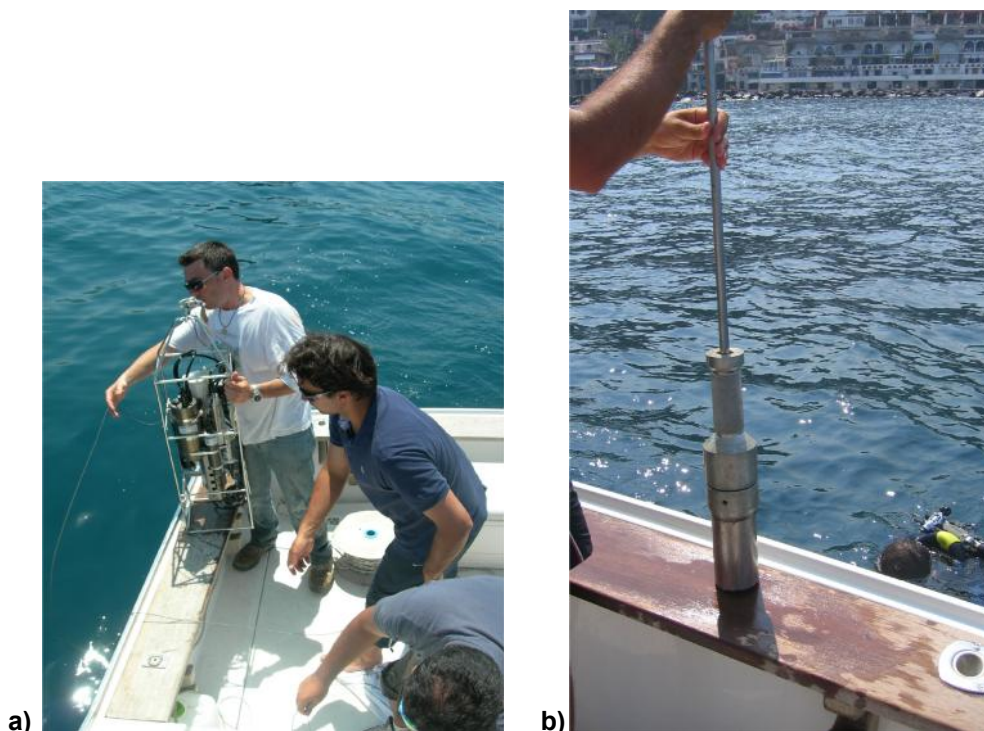
- Veruce (22 campioni su 26 punti);
- Marina di Crapolla (22 campioni su 22 punti).

I campioni sono stati prelevati mediante benna Van Veen (Fig. 14). La benna permette la campionatura della parte più superficiale del fondo mare, ovvero la parte vivente; il modello adoperato, di dimensioni 20 X 20 X 40 cm, è munito di due sportelli superiori per permettere la visione ed il prelievo della parte relativamente poco disturbata del sedimento raccolto. Recuperi modesti si sono verificati solo in presenza di fondali con sabbia grossolana, dove è stata poi effettuata la campionatura manuale con carotiere da 30 centimetri (vedi di seguito). Questo attrezzo ha permesso di effettuare campionature rapide, di ottimizzare il tempo-nave a disposizione e di ottenere un buon recupero di sedimento.



**Figura 14** – Benna tipo “ Van Veen”; in a) strumento a bordo prima del prelievo di sedimento, in b) strumento dopo il recupero di sedimento

Una volta a bordo si è proceduto alle operazioni di apertura dello strumento, alla fotografia, descrizione e campionatura in tre aliquote destinate ad analisi sedimentologica, analisi chimica e analisi micropaleontologica. Infine i campioni sono stati stivati in frigo a 4°C.



**Figura 15 – a)** Posizionamento in acqua della sonda CTD; **b)** Carotiere manuale di 30 cm.

Per alcune postazioni, la campionatura di sedimento di fondo mare è stata integrata con la rilevazione dei parametri chimico-fisici della colonna d'acqua, mediante una sonda multiparametrica CTD di ultima generazione la SBE 19 plus (Fig. 15a), (in Allegato 2).

Successivamente, fine luglio 2006, sono state effettuate ulteriori 12 campionature con un carotiere manuale da 30 centimetri per mezzo di subacqueo nelle aree sottocosta, a profondità comprese tra -5 e -10 m, sia del Vervece (campioni da A1 a A6) che di Marina di Crapolla (Campioni da B1 a B6).

### **3. ANALISI DI LABORATORIO**

#### *3.1 Analisi micropaleontologiche*

Per lo studio delle microfaune si è prelevato un sub-campione di circa 20 g di sedimento che è stato fissato e colorato con una soluzione alcolica di Rosa del Bengala al momento del prelievo in nave, per evidenziare la parte organica presente nell'organismo al momento del prelievo. I campioni sono stati successivamente portati in laboratorio e lavati con setacci da 125 e 90 micron ed asciugati in forno ventilato ad una temperatura di 60°C, il residuo ottenuto è stato analizzato allo stereomicroscopio per lo studio delle microfaune. Data la scarsa abbondanza di individui si è presa in esame tutta la frazione del campione ottenuta dal lavato contando tutti gli individui presenti. Infine per ciascuna specie è stata calcolata la percentuale in rapporto al totale della rispettiva popolazione.

#### *3.2 Analisi sedimentologiche*

Le analisi granulometriche sono state eseguite mediante setacci per le frazioni sabbiose e usando un granulometro laser per quelle inferiori. Il materiale organogeno fine (frammenti di conchiglie, alghe calcaree, foraminiferi, ecc.) è stato incluso nelle determinazioni granulometriche.

La preparazione di ogni campione consiste di diverse fasi e le tecniche di analisi come di seguito riportato (Molisso, 2000).

Ogni campione di sedimento è stato suddiviso in parti statisticamente uguali con l'utilizzo di uno *splitter* e, tramite suddivisioni successive, si è arrivati a selezionare circa 100 g di campione rappresentativo del materiale iniziale. Il campione, posto in becker, è stato essiccato in forno a 40°C per non alterare la composizione chimica del sedimento, e successivamente pesato, con una bilancia analitica, per ottenere il peso secco. Al termine di questa operazione è stata aggiunta una soluzione di acqua ossigenata a 20 volumi, sino a totale copertura del sedimento, al fine di eliminare parte della materia organica; dopo circa 24 ore si è effettuato il lavaggio con acqua distillata, oppure, dove

necessario, si è proceduto ad un secondo o terzo lavaggio con acqua ossigenata. Il campione così ottenuto è stato di nuovo essiccato in forno a 40°C, successivamente pesato (peso netto), e quindi immerso in acqua distillata per essere sottoposto ad agitazione meccanica per disgregarlo. A questo punto si è separata per via umida, con setaccio 125 $\mu$ , la parte più grossolana da quella più fine, opportunamente raccolta in becker posto sotto il setaccio. La frazione grossolana (sabbia) rimasta sulle maglie della rete, è stata essiccata in forno, mentre il fine è stato lasciato a decantare, finché l'acqua non è risultata limpida (circa 48 ore). Una volta essiccata, la frazione grossolana è stata setacciata a secco utilizzando una pila di setacci con apertura delle maglie da 4000 $\mu$  a 125 $\mu$  e, successivamente, è stato determinato il peso delle singole frazioni. Durante questa operazione si è ritenuto opportuno non utilizzare setacciatori meccanici, ma effettuare le setacciate a mano perché il sedimento presenta una notevole frazione organogena, facile alla rottura per sollecitazioni meccaniche. Dopo la decantazione della frazione fine e l'asportazione con pipetta idraulica dell'acqua, il sedimento è stato essiccato e pesato. Il campione, così ottenuto, è stato prima disgregato con un pestello e poi quartato sino a separare 2 g circa, processo che serve a garantire la massima casualità nella scelta del subcampione utilizzato per l'analisi al granulometro laser. Il sedimento è stato quindi disperso in acqua distillata con l'aggiunta di una soluzione di esametafosfato di sodio al 6 ‰. La soluzione finale, con una concentrazione circa dello 0,3 %, dopo essere stata mescolata, è stata lasciata a riposo per 24 ore. Il campione è stato sottoposto ad agitazione meccanica per circa 2h a 600 giri/min, ed ulteriormente quartato tramite quartatore ad umido. Questa procedura è necessaria perché la quantità di materiale da introdurre nella cella del granulometro deve essere molto ridotta, ed avere una concentrazione finale compresa tra 0,25-0,05 %.

Il granulometro a diffrazione laser utilizzato (Sympatec) è composto da una cella umida dotata di tre differenti campi di misurazione ed una sorgente luminosa laser He-Ne da 5mWb. In questo caso è stato utilizzato il range di misura 0,5/0,9-175,00. Nel momento in cui il laser colpisce le particelle in sospensione, le immagini che ne derivano sono lette da una cellula fotosensibile, che converte l'intensità della luce in segnali elettrici attraverso un

sistema di fibre ottiche collegato ad un computer su cui è installato un software d'interfaccia dedicato.

I dati ottenuti dai setacci per la frazione grossolana e dal granulometro laser per quella fine, sono stati elaborati e riuniti insieme per ottenere le curve cumulative. La scala granulometrica adottata è quella di Wentworth (1922); per la classificazione dei sedimenti si è fatto uso del diagramma triangolare di Shepard 1954. In sintesi, per ogni campione è stata elaborata una scheda rappresentativa delle classi granulometriche pesate (Allegato 1 - schede granulometriche).

### 3.3 Analisi chimiche

Le analisi chimiche hanno riguardato esclusivamente la presenza di metalli pesanti all'interno del sedimento di fondo mare. A tal fine la procedura di analisi seguita è stata quella del *metodo attacco totale*, che comprende metodiche di mineralizzazione ampiamente riportate in EPA 3052.

Una quantità di circa 100 mg di campione precedentemente essiccato a 30°C e polverizzato a  $\phi < 30 \mu\text{m}$  è stata portata in soluzione tramite attacco acido totale.

Per la digestione dei sedimenti è stato utilizzato il forno a microonde focalizzate Mars X della CEM. E' stata utilizzata una procedura a doppio step consistente in una prima fase di digestione (miscela acida:  $\text{HNO}_3:\text{HF}:\text{HCl}=9:3:2$ ) dei campioni e una seconda fase di tamponamento dell'acido fluoridrico con acido borico (30 ml di una soluzione preparata con 15 g di  $\text{H}_3\text{BO}_3$  in 250 ml di  $\text{H}_2\text{O}$ ).

La prima fase consiste in tre step:

- Potenza 1100 W 15.00 min a 600 psi T=165°C
- Potenza 1100 W 10.00 min a 600 psi T=200°C
- Potenza 1100 W 10.00 min a 600 psi T=220°C

La seconda fase consiste in uno step:

- Potenza 600 W 15.00 min a 100 psi T=170°C

Prima dell'analisi il campione è stato filtrato con filtri da 11  $\mu\text{m}$ .

Lo standard di matrice utilizzato per verificare le prove di recupero e l'affidabilità delle misure è stato il PACS-2 (i cui dati sono relativi a sedimenti di porto analizzati con digestione totale).

La tecnica di quantificazione in ICP-AES (EPA 6010b) e ICP-MS (epa 6020) è stata quella dello standard esterno con curve di calibrazione a 5 punti.

Il recupero stimato per i vari metalli è stato superiore al 95%.

Le analisi di tutti i metalli, tranne Hg, Cd, As e Sn, analizzati in ICP-MS Varian, sono state eseguite con ICP-AES MPX Varian.

In tutte le operazioni analitiche è stata utilizzata acqua di tipo MilliQ e acidi ultrapure.

La deviazione standard associata alle singole misure è stata stimata essere  $\pm 10\%$ .

I risultati sono riportati come mg/kg di concentrazione rispetto a peso secco (T=105°C).

## **4. RISULTATI**

### **4.1 Le granulometrie**

Le analisi sedimentologiche sono state finalizzate alla determinazione della litologia e della granulometria dei sedimenti che caratterizzano i fondali delle rispettive aree pilota.

Nell'Allegato 1 vengono presentate le analisi granulometriche relative ai campioni prelevati. Tra questi campioni sono stati esclusi i campioni ripetitivi e quelli costituiti esclusivamente da rizomi e foglie di *Posidonia oceanica* (VG, VN, V5).

Per l'area del Veruce le analisi granulometriche mostrano un prevalenza di sabbie generalmente ben classate distribuite nella fascia batimetrica compresa tra -13 m e -19 m e caratterizzate da un contenuto biologico composto da frammenti e/o resti conchigliari (bivalvi, piccoli gasteropodi e policheti).

La naturale diminuzione in granulometria ed il relativo aumento in frazione pelitica si osserva col crescere della profondità, infatti i campioni che ricadono nella fascia batimetrica tra -57 m e -68 m sono costituiti da sabbie pelitiche. Una significativa inversione nella granulometria si osserva invece a profondità comprese tra i -50 e -55 m, dove si ritrovano sabbie ghiaiose. In questo intervallo batimetrico si concentrano sedimenti più grossolani di natura organogena, derivanti dal disfacimento di probabili strutture biocostruite.

Nell'area di Marina di Crapolla le granulometrie al fondo mare sono caratterizzate in prevalenza da sabbie e sabbie ghiaiose, un solo campione (13bis) è costituito da ghiaia con sabbia ed è ubicato ad una profondità di -14.3 m. Sabbie con frazione più sottile sono invece presenti tra i - 54 m e - 56 m di profondità.



#### 4.2 Distribuzione e tipologia delle associazioni a foraminiferi bentonici

In tutti i campioni analizzati il materiale di origine inorganica è nettamente dominante rispetto alla componente organica. Il materiale biogenico è costituito prevalentemente da foraminiferi bentonici, alghe coralline, briozoi, piccoli gasteropodi, bivalvi e rari ostracodi.

L'associazione a foraminiferi é composta quasi totalmente da specie bentoniche generalmente caratteristiche di ambiente marino costiero. Le specie bentoniche sono presenti in tutti i campioni analizzati escluso i campioni: VL, VM, VS, V2, V7, MC20, A1-A6 e B1-B6, che risultano sterili. Nel complesso sono state identificate 61 specie di foraminiferi bentonici che sono riportate nella Tabella 1, a seguire, con i relativi valori percentuali calcolati sul totale della tanatocenosi di ogni campione. Le faune viventi sono totalmente assenti.

I risultati delle analisi mostrano una microfauna composta da gusci di medio-piccole dimensioni e buono stato di conservazione. Le forme più comuni, tutte morte, appartengono ai Cibicidae, Discorbidae, Elphidiidae, Rotalida, ma frequenti si ritrovano anche Textularidae e Miliolidae. Le specie più diffuse e con le percentuali più elevate sono rappresentate dalle specie *Ammonia tepida*, *Cibicides lobatulus*, *Connemarella rudis*, *Elphidium crispum*, *Planorbulina mediterraneensis*, *Quinqueloculina contorta* e *Rosalina bradyi*. Altre specie sono presenti solo in un numero ristretto di campioni e sono rappresentate da: *Buccella granulata*, *Spiroplectinella wrighti*, *Textularia calva* e *Triloculina trigonula*. E' da notare come numerose specie epifite (*Cibicides lobatulus*, *Elphidium crispum*, *Planorbulina mediterraneensis*, *Rosalina bradyi*) sono presenti nella maggioranza dei campioni legate alla presenza di praterie a *Posidonia oceanica*.





Solo un ristretto numero (generalmente con percentuali inferiori al 5% del totale della fauna bentonica per campione), mostra deformazioni morfologiche del guscio (Tabella 2). In particolare le variazioni sono state riscontrate nelle seguenti specie: *Cibicides lobatulus*, *Elphidium crispum*, *Miliolinella webbiana*, *Peneroplis pertusus*, *Planorbulina mediterraneensis*, *Quinqueloculina* sp., *Quinqueloculina undulata*, *Rosalina obtusa* e *Vertebralina striata*.

CAMPIONE	<i>Cibicides lobatulus</i>	<i>Elphidium crispum</i>	<i>Miliolinella webbiana</i>	<i>Peneroplis pertusus</i>	<i>Planorbulina mediterraneensis</i>	<i>Quinqueloculina</i> sp.	<i>Quinqueloculina undulata</i>	<i>Rosalina obtusa</i>	<i>Vertebralina striata</i>	Totale
<b>VERVECE</b>										
VE				1,0			1,0			2,0
VF					1,0					1,0
VO	1,0	1,0			1,0					3,0
VP					1,0					1,0
VQ	1,0				1,0					2,0
VR			1,0							1,0
V6	1,0				1,0					2,0
<b>MARINA DI GRACOLLA</b>										
MC1				1,0	1,0					2,0
MC3	1,0									1,0
MC9	2,0									2,0
MC10						1,0		1,0		2,0
MC11	1,0									1,0
MC12					1,0					1,0
MC13									1,0	1,0
MC13bis									2,0	2,0
MC15					2,0					2,0
MC22	1,0				3,0					4,0
MC23		1,0								1,0
MC28		4,0			1,0					5,0

**Tabella 2** - Valori percentuali delle specie di foraminiferi bentonici con guscio deformato riconosciute per ogni campione analizzato.

## Vervece

I sedimenti in quest'area, costituiti in prevalenza da sabbie e sabbie limose, sono caratterizzati da una associazione oligotipica, dominata da *Elphidium crispum* cui sono associate le specie epifite *Cibicides lobatulus*, *Planorbulina mediterranensis* e *Rosalina bradyi* che vivono di preferenza sulla prateria a *Posidonia oceanica* ed infine *Ammonia tepida* che presenta la massima abbondanza nel campione VU costituito da ghiaia con sabbia (Fig. 16). Oltre i 40 m di profondità, dove le sabbie presentano una componente limosa, predominano invece le specie *Spiroplectinella wrighti*, *Rosalina obtusa*, *Connemarella rudis* e *Quinqueloculina contorta* (Fig. 17).

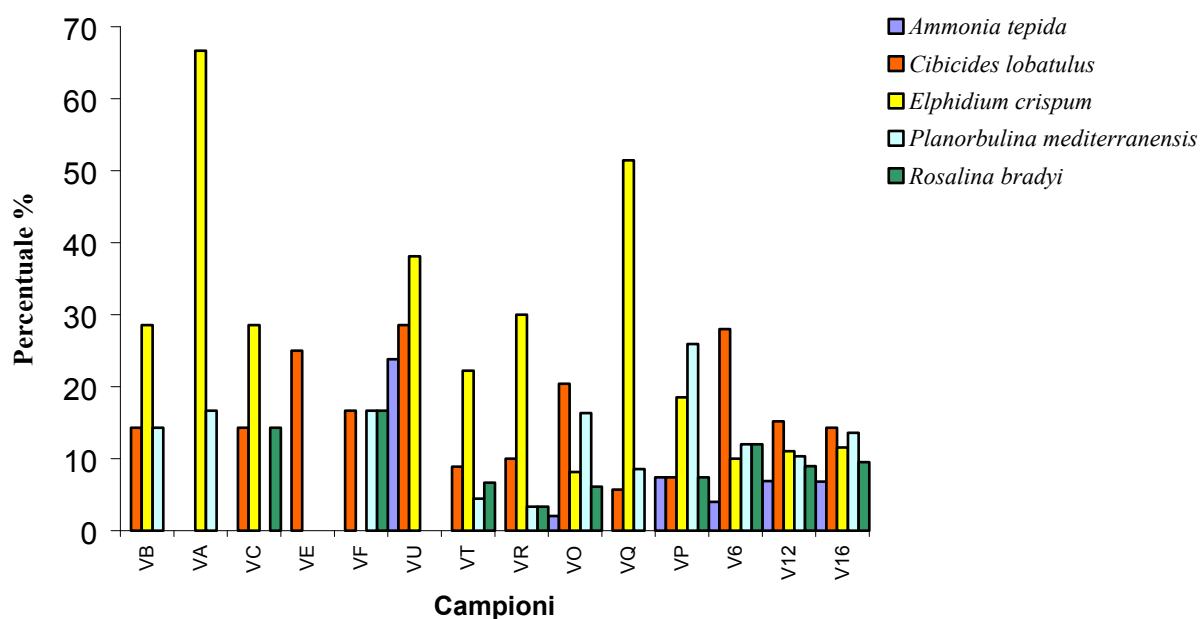


Figura 16 – Specie dominanti in tutti i campioni dell'area Vervece

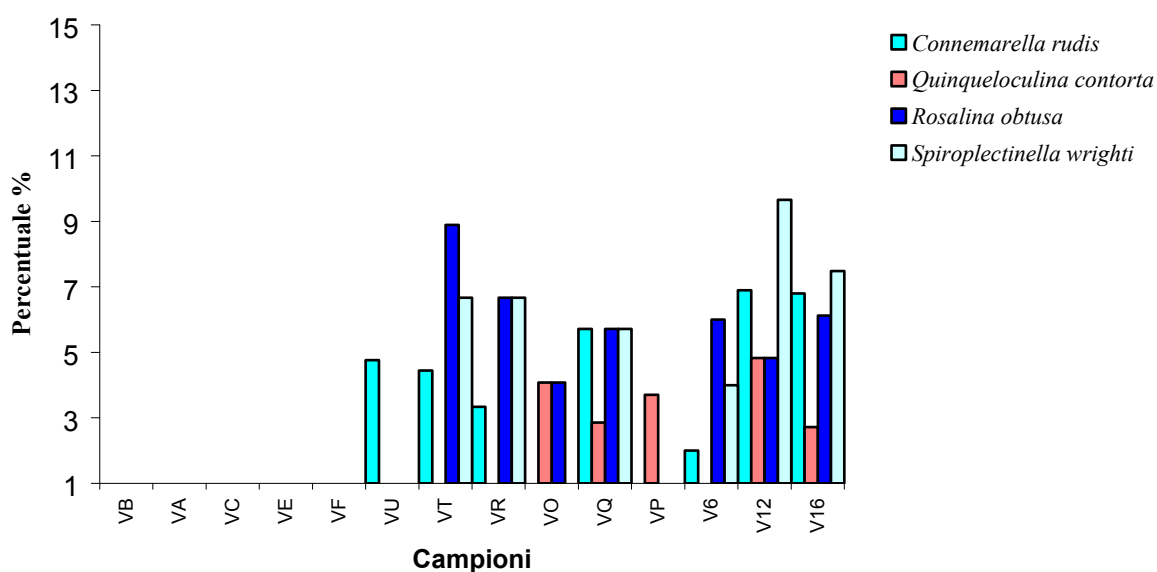


Figura 17 – Specie dominanti nei campioni ubicati a profondità maggiori di 40 m.

### Marina di Crapolla

In questo settore, dove i fondali sono caratterizzati principalmente da sabbie grossolane, l'associazione bentonica è dominata da *Elphidium crispum* e dalle specie epifite *Cibicides lobatulus*, *Planorbulina mediterraneis* e *Rosalina bradyi* a cui sono associate *Quinqueloculina contorta* (Fig. 18). Le specie secondarie sono costituite da *Ammonia tepida*, *Asterigerinata mamilla*, *Buccella granulata*, *Connemarella rudis*, *Rosalina obtusa* e *Triloculina trigonula* (Fig. 19).

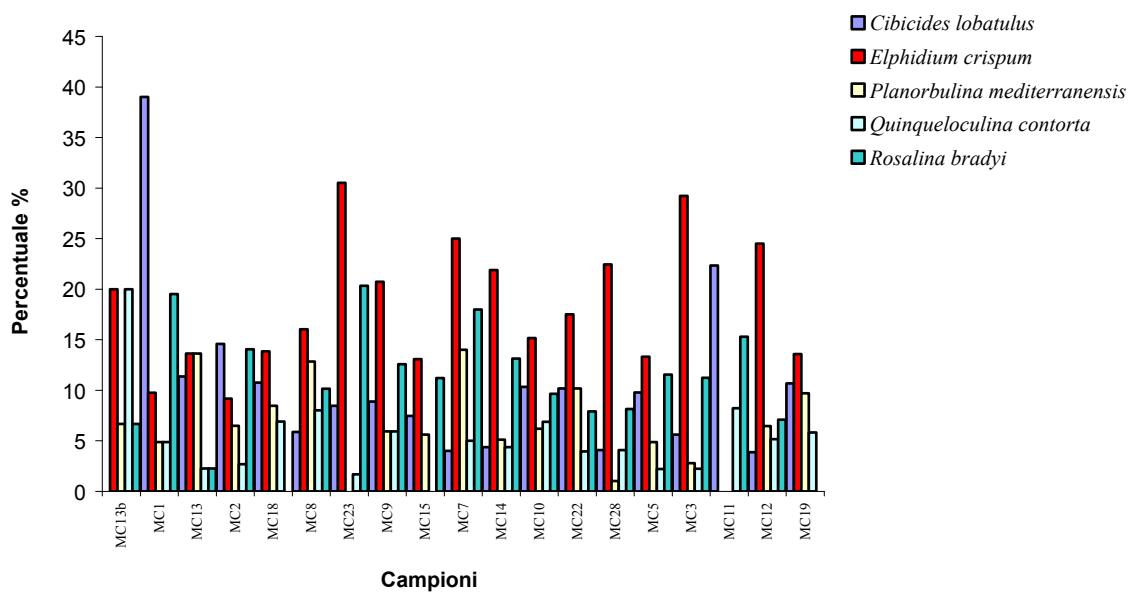


Figura 18 - Specie dominanti nei campioni dell'area Marina di Crapolla

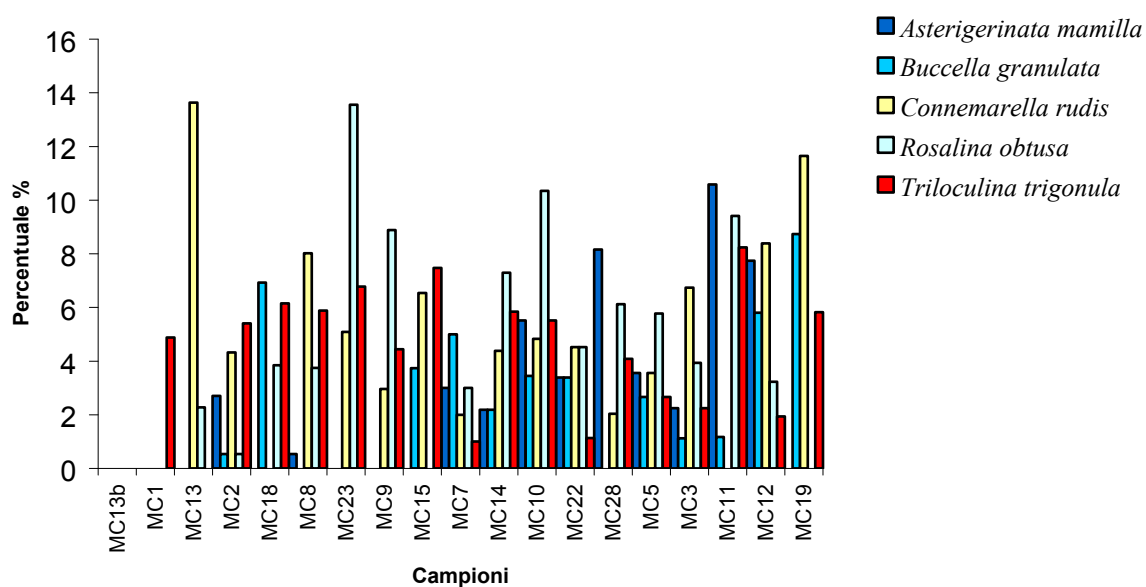


Figura 19 – Specie secondarie nei campioni di Marina di Crapolla





Campania (Tabella 4). Questi ultimi sono sostanzialmente simili a quelli del D.M. 367/03, ma prevedono piccoli incrementi relativamente all' As e al Pb, le cui concentrazioni sono influenzate dagli apporti di risalite idrotermali che caratterizzano le coste campane.

Valori soglia	As	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Cd	Hg
	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg
DM 367/03	12	50		30	30		0,3	0,30
ICRAM pulito	25	50	45	30	50	100	0,3	0,30

Tabella 4

Inoltre, si sono calcolati per ciascun campione i fattori di arricchimento dei metalli studiati (Fig. 20), secondo la seguente formula:

$$EF = (\text{concentrazione elemento})_{\text{campione}} / (\text{concentrazione elemento})_{\text{background}}$$

In particolare, per ciascun metallo presente nel campione si sono calcolati due EF:

- $EF_{BD}$ , quantificato prendendo in considerazione come background del metallo i dati riportati da De Vivo et al. (2003) per l'area campana.
- $EF_{AS}$ , quantificato prendendo in considerazione come background del metallo la concentrazione riportata in letteratura relativamente agli shales medi (Wedepohl, 1978).

Le analisi condotte sui campioni dell'area costiera di Marina di Crapolla (Tabella 5) hanno rivelato concentrazioni di Cu, Cr, Cd abbondantemente al di sotto dei valori soglia riferiti alle aree non inquinate, i livelli di Zn superano la concentrazione limite (100 mg/Kg) solo per i punti di campionamento MC13BIS e B1, mentre il Hg risulta essere alto ( $> 0.3$  mg/Kg) in più siti: MC01, MC02, MC04, MC05, MC06, MC13, MC15, MC18, MC23. La distribuzione di Co, V e Pb è abbastanza variabile, le concentrazioni più alte sono state registrate in B1, B2 a cui si aggiunge MC13BIS solo relativamente ai primi due elementi.

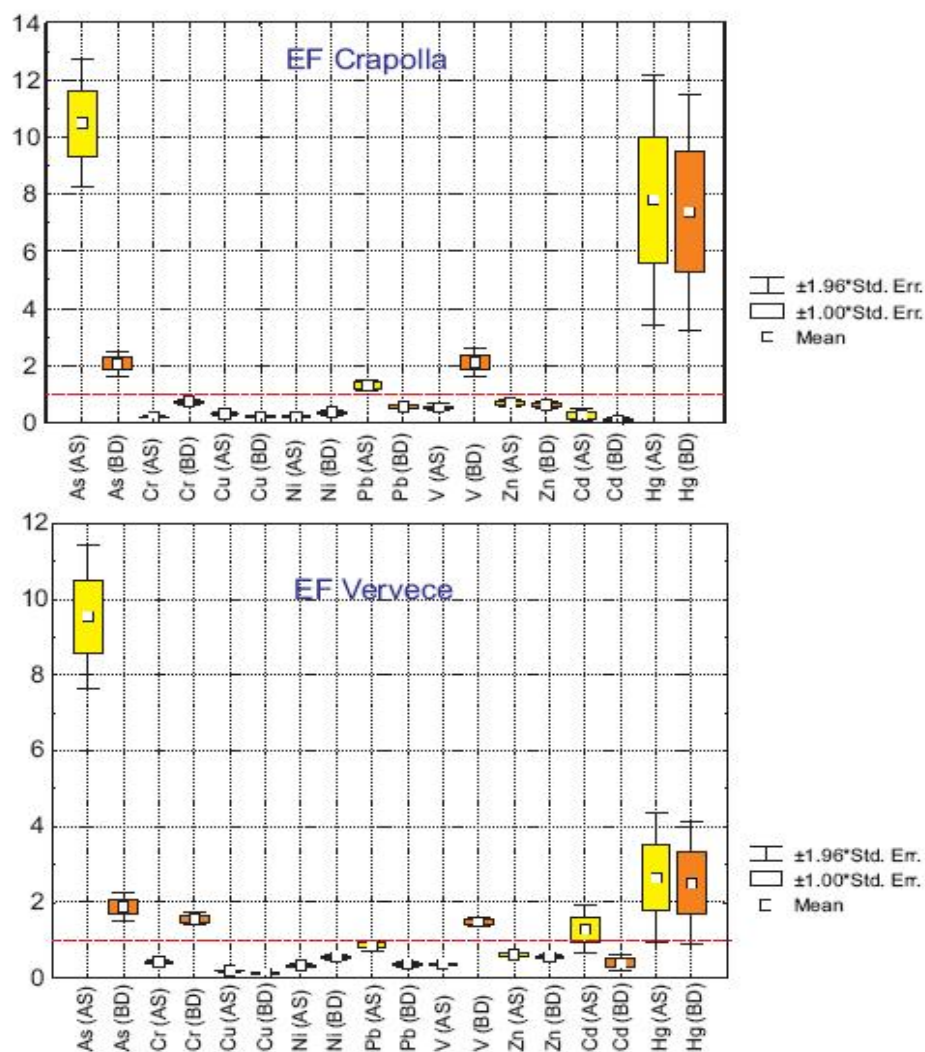


Figura 20

Mentre per Co e V non esistono valori di riferimento, per il Pb tutti i campioni sono da considerarsi non inquinati secondo le direttive ICRAM. Facendo riferimento al D.M. 367/03, l'As risulta essere al di sopra del valore soglia (12 mg/Kg) in diversi luoghi dell'area studiata (MC1; MC2, MC3, MC6, MC7, MC8, MC9, MC10, MC12 MC13 MC14, MC15, MC18, MC19, MC20, MC22, MC23, MC28), ma solo in tre di questi (MC12, MC19, MC20) le concentrazioni analizzate superano la concentrazione limite di 25 mg/Kg prevista da ICRAM per le coste campane che sono frequentemente interessate da fenomeni di risalita idrotermale.



Nome	Co mg/Kg	As mg/Kg	Cr mg/Kg	Cu mg/Kg	Ni mg/Kg	Pb mg/Kg	V mg/Kg	Zn mg/Kg	Cd mg/Kg	Hg mg/Kg
MC01	9,27	15,27	33,04	8,37	16,52	26,60	61,89	50,28	0,288	2,535
MC02	7,60	13,48	27,61	14,34	12,58	26,58	63,76	54,35	0,046	0,734
MC03	10,67	16,11	21,94	21,55	9,83	20,97	81,89	46,76	0,009	0,009
MC04	12,51	10,82	22,82	25,20	15,24	20,83	92,07	53,55	0,009	1,448
MC05	11,28	8,75	25,03	23,27	15,09	23,50	88,48	56,12	0,009	0,891
MC06	9,95	16,09	13,73	17,42	10,04	13,74	72,43	40,90	0,009	0,781
MC07	11,10	18,14	17,09	18,35	8,27	15,30	80,89	38,73	0,009	0,009
MC08	10,76	21,88	18,19	18,91	16,52	23,29	73,42	61,14	0,009	0,009
MC09	10,78	17,24	18,17	17,30	10,68	14,50	77,86	39,97	0,009	0,009
MC10	12,64	20,82	18,01	17,25	13,87	15,63	86,40	47,44	0,009	0,009
MC11	8,91	10,81	24,45	20,27	10,92	18,31	72,46	46,52	0,009	0,269
MC12	7,73	29,16	10,38	9,09	12,32	13,46	55,38	31,33	0,009	0,009
MC13	11,08	22,28	27,56	16,06	13,75	18,73	80,45	54,25	0,009	0,563
MC13BIS	27,87	0,01	21,83	5,80	28,99	10,26	334,23	156,98	0,009	0,009
MC14	5,79	20,18	15,69	11,48	4,77	15,44	50,61	32,70	0,009	0,182
MC15	10,45	19,00	22,50	19,79	11,61	20,47	80,86	46,25	0,009	0,359
MC18	8,64	20,74	18,88	16,07	13,64	26,98	66,98	53,12	0,260	1,027
MC19	10,81	26,23	12,28	13,37	11,18	9,61	75,88	33,56	0,009	0,009
MC20	12,45	40,38	18,72	15,08	13,61	15,64	83,63	48,42	0,009	0,009
MC22	6,74	23,04	8,01	7,83	7,57	9,08	46,04	19,50	0,009	0,009
MC23	4,83	22,81	7,11	9,44	2,41	8,38	37,14	19,96	0,009	1,180
MC28	8,72	15,60	12,16	15,86	7,53	14,98	66,03	34,52	0,009	0,009
B1	16,64	3,60	21,45	20,60	34,07	33,49	144,84	104,29	0,009	0,192
B2	15,02	4,60	29,65	24,28	39,97	38,37	119,54	93,21	0,009	0,281
B3	10,59	5,80	23,48	13,13	35,28	11,81	71,04	56,02	0,009	0,057
B4	10,60	5,28	18,53	6,39	36,87	19,05	70,23	58,34	0,009	0,222
B5	11,47	7,51	25,82	7,66	21,98	16,33	87,87	57,68	0,009	0,078
B6	7,80	4,22	20,41	5,47	40,98	8,03	35,37	33,88	0,009	0,009
Media	10,81	15,71	19,80	14,99	17,00	18,19	84,20	52,49	0,03	0,39
min	4,83	0,01	7,11	5,47	2,41	8,03	35,37	19,50	0,01	0,01
Max	27,87	40,38	33,04	25,20	40,98	38,37	334,23	156,98	0,29	2,54
DEV. ST	4,19	9,03	6,38	5,82	10,96	7,44	53,75	27,27	0,07	0,59

**Tabella 5** - Concentrazioni dei metalli pesanti nell'area marina costiera di Marina di Crapolla.

L'As ed il Hg, le cui concentrazioni superano i valori soglia nel maggior numero dei siti campionati, sono anche caratterizzati dai valori di EF più alti. In particolare, i fattori di arricchimento del Hg rispetto agli shales medi ( $EF_{AS}$ ) sono molto simili a quelli calcolati considerando come background l'area campana ( $EF_{BD}$ ), entrambi variano all'incirca tra 4 e 12, suggerendo un possibile inquinamento antropico dell'area in studio; per l'As invece, le forti differenze dei valori relativi ai due tipi di fattori di arricchimento ( $EF_{AS}$  varia più o meno tra 8 e 13 mentre  $EF_{BD}$  tra 1.5 e 2.5) sono giustificate dall'elevato background di As registrato in Campania legato all'intensa attività idrotermale che caratterizza questa regione, risulta quindi lecito pensare più ad un apporto naturale che antropico di questo elemento nei sedimenti marini costieri. Le stesse considerazioni possono essere estese anche al Pb (anch'esso presente in fluidi di risalita idrotermale) sebbene in questo caso  $EF_{(AS)}$  è risultato essere solo di poco superiore ad 1.

$EF_{BD}$  medio = 2 del V indurrebbe a considerare questo elemento come un inquinante per l'area di Crapolla, ma tuttavia i suoi valori di concentrazione non superano mai quelli relativi agli shales medi ( $EF_{(AS)} < 1$ ).

Gli altri metalli (Cr, Cu, Ni) mostrano fattori di arricchimento minori di uno, evidenziando che l'area in studio non mostra significativi livelli di inquinamento legati ad essi.

### *Vervece*

I risultati delle analisi condotte sui sedimenti marini prelevati nell'area costiera di Vervece (Tabella 6) mostrano che i valori di concentrazione di Cu, Zn, Pb, Co e V sono mediamente più bassi e meno variabili di quelli registrati nei campioni di marina di Crapolla e possono essere considerati tipici di aree non inquinate. Le stesse considerazioni non valgono per gli altri metalli che per diversi siti appaiono essere al di sopra dei limiti di riferimento sopraccitati (Tab.1). Infatti, il Cr è risultato essere  $> 50$  mg/Kg in A6, VD, VF, VH, VM, VO; il Cd  $> 0.3$  mg/kg in VM, VO, VP, VQ, VS; il Hg  $> 0.3$  mg/Kg in A2, A5, A6 ed in A1, dove si è registrata una concentrazione di 1.132 mg/Kg, valore di un ordine di grandezza maggiore rispetto alla media delle concentrazioni di questo elemento negli altri campioni. Più numerosi sono i campioni rivelatesi inquinati per gli alti contenuti di Ni, precisamente sono caratterizzati da concentrazioni  $> 30$  mg/Kg i campioni: A1, A2, A3, A4, A5, A6, VF, VH, VI. Infine, in tutti i siti, tranne in V02, V06, V12, VA, VB, i livelli di As sono risultati essere più alti di 12 mg/Kg, soglia limite stabilita dal D.M 367/03 per le zone non inquinate, anche se in realtà solo due di questi valori, ovvero quelli relativi a VT e VU, sono da considerarsi veramente anomali per le coste campane in cui i valori di background, sono stati incrementati da ICRAM, alla luce dell'attività idrotermale della zona.

Nome	Co mg/Kg	As mg/Kg	Cr mg/Kg	Cu mg/Kg	Ni mg/Kg	Pb mg/Kg	V mg/Kg	Zn mg/Kg	Cd mg/Kg	Hg mg/Kg
V02	8,71	6,57	39,52	4,44	27,72	10,26	66,63	40,89	0,009	0,098
V06	8,27	5,16	44,88	9,43	21,40	10,37	60,14	48,02	0,009	0,009
V07	8,56	14,54	41,25	4,28	29,21	7,18	58,94	38,19	0,009	0,009
V12	6,53	6,51	28,71	10,16	12,05	11,07	49,23	35,12	0,009	0,009
V16	9,39	13,98	40,50	8,73	20,36	10,97	61,11	44,21	0,009	0,009
A1	7,67	14,11	39,85	7,82	37,16	19,21	51,46	45,84	0,009	1,132
A2	7,60	12,16	35,29	7,39	39,72	10,01	48,03	43,09	0,009	0,507
A3	9,75	15,59	45,23	11,56	52,77	11,21	46,94	53,91	0,009	0,171
A4	7,58	16,81	48,39	10,18	42,46	10,32	46,77	49,17	0,009	0,201
A5	7,02	14,79	33,32	6,03	36,78	6,55	38,03	35,90	0,009	0,318
A6	9,09	15,96	70,43	13,84	50,80	13,66	60,15	68,39	0,009	0,391
VA	6,79	6,66	36,17	5,55	20,69	5,30	59,38	38,83	0,174	0,013
VB	5,31	5,95	33,56	5,27	18,19	4,18	48,46	34,13	0,049	0,009
VC	6,64	10,55	45,78	6,82	22,51	16,24	48,54	43,84	0,049	0,131
VD	8,72	12,74	60,57	6,98	28,29	9,82	62,98	47,21	0,209	0,063
VE	5,08	10,80	36,29	7,21	18,17	6,03	43,04	35,50	0,049	0,009
VF	8,80	19,44	56,35	8,85	32,21	10,52	55,02	50,66	0,242	0,049
VH	8,21	16,39	55,83	7,48	26,53	12,33	55,12	48,37	0,212	0,046
VI	6,05	12,46	42,25	9,08	23,90	11,65	48,20	41,30	0,049	0,049
VL	8,31	12,00	49,58	8,12	26,51	8,01	58,89	48,49	0,237	0,009
VM	10,23	15,79	51,57	6,78	31,37	6,54	71,00	47,43	0,332	0,009
VO	10,34	10,66	63,74	16,28	27,38	26,28	73,68	69,17	0,509	0,121
VP	13,27	10,94	47,63	21,45	23,16	27,02	93,32	71,67	0,690	0,092
VQ	12,30	14,58	32,09	16,46	18,32	15,27	86,41	54,64	0,478	0,009
VR	9,79	16,95	34,58	15,08	16,51	18,51	71,67	48,57	0,049	0,127
VS	13,18	16,82	40,40	13,26	20,61	13,73	94,58	46,12	0,449	0,103
VT	7,45	26,87	17,81	11,02	9,59	15,52	52,75	40,33	0,049	0,009
VU	8,80	45,19	18,05	8,41	9,98	11,59	59,94	33,44	0,049	0,009
<b>Media</b>	8,55	14,32	42,49	9,57	26,58	12,12	59,66	46,52	0,14	0,13
<b>min</b>	5,08	5,16	17,81	4,28	9,59	4,18	38,03	33,44	0,01	0,01
<b>Max</b>	13,27	45,19	70,43	21,45	52,77	27,02	94,58	71,67	0,69	1,13
<b>DEV. ST</b>	2,05	7,62	12,22	4,08	10,95	5,55	14,21	10,04	0,19	0,23

**Tabella 6** - Concentrazioni dei metalli pesanti nell'area marina costiera di Veruce.

Tra gli elementi presenti nei campioni con concentrazioni superiori ai valori soglia, il Hg è quello caratterizzato dai fattori di arricchimento più alti (per alcuni campioni  $EF > 4$ ), ciò confermerebbe che tale elemento è un importante inquinante di origine antropica nell'area esaminata.

I fattori di arricchimento relativi all'As rafforzerebbero l'ipotesi, già fatta per l'area di Crapolla, di un arricchimento di questo elemento nei sedimenti essenzialmente imputabile all'idrotermalismo presente nella zona.

Gli altri elementi sono caratterizzati da  $EF \leq 1$  (Cu, Ni, Pb, Zn) o molto vicini ad 1 (V e Cr) e sono quindi da considerarsi presenti nell'area studiata in concentrazioni rientranti nella norma.

**Hanno collaborato per l'IAMC – CNR**

Monica Capodanno  
Michele Iavarone  
Lidia Prevedello  
Flavia Molisso  
Daniela Salvagio Manta  
Simone Sammartino  
Paolo Scotto di Vettimo  
Aniello Pietropaolo

**Si ringraziano inoltre per la disponibilità**

Dr. Antonino Miccio – Direttore dell'Area Marina Protetta Punta Campanella  
Ing. Giuseppe De Angelis – Direttore tecnico della Prisma s.a.s.  
Dr. Carmela Guidone – Responsabile Società Coop. Biosphera a.r.l.  
Dr. Antonella Ambrosio – Collaboratrice Società Coop. Biosphera a.r.l.

## BIBLIOGRAFIA

- Alve, E., 1991. Benthic foraminifera reflecting heavy metal pollution in Sérffjord, Western Norway. *J. Foraminifer. Res.* 34,1641-1652.
- Banerji, R.K. 1992. Heavy metals and benthic foraminiferal distribution along Bombay coast. In: *Benthos'90, Sendai, Studies in Benthic Foraminifera*. Tokay University Press, Tokay, 151-158.
- Brancaccio L., Cinque A., Scarpa R., Sgrosso I., 1981. Evoluzione neotettonica e sismicità in Penisola Sorrentina e in Baronia (Campania). *Rend. Soc. Geol. It.*, 4, 145-149.
- Brancaccio L., Cinque A., Romano P., Roskopf C., Russo F., Santangelo N., Santo A., 1991. Geomorphology and neotectonic evolution of a sector of the Tyrrhenian flank of the Southern Apennines (Region of Naples, Italy). *Zeit. Geomorph. N. F. Suppl. Bd.*, 82, 47-58.
- Budillon F., Cristofalo G.C., Tonielli R., 2004. Segnalazione di terrazzi deposizionali sommersi in penisola sorrentina (campania, italia). *Apat-Servizio Geologico d'italia, "Atlante dei terrazzi deposizionali sommersi lungo le coste italiane". Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia. Vol. Iviii. 2004, 46-55.*
- Budillon F., Violante C., De Lauro M. 2001. I fondali della Penisola Sorrentina: nuove informazioni dall'analisi della morfobatimetria e delle immagini acustiche. *Atti del Bicentenario Real Museo mineralogico 1801 – 2001. A cura di Ghiara M.R. e Petti C.*, 182-191.
- Cinque A., Romano P., 1990. Segnalazione di nuove evidenze di antiche linee di riva in Penisola Sorrentina (Campania). *Geogr. Fis. e Dinam. Quat.*, 13(1), 23-26.
- Cinque A., 1986. Guida alle escursioni geomorfologiche: Penisola Sorrentina, Capri, Piana del Sele e Monti Picentini. *Dip. Sc. Della Terra*, 33, 49-55.
- Coccioni, R., 2000. Benthic Foraminifera as Bioindicators of heavy metal pollution: A case study from the Goro Lagoon (Italy). In: Martin, R.E. (ed), *Environmental Micropaleontology*, Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York, 71-103.
- Coccioni, R. & Venturati, A., 2003. Monitoring in polluted transitional marine environments using foraminifera bioindicators: a case study from the Venice Lagoon (Italy). *2nd Italian Meeting of Environmental Micropaleontology, Abstracts Volume*, p. 9, Urbino 10- 12 June 2003.
- De Vivo B, Lima A, Albanese S, Cicchella D. *Atlante di Geochimica-ambientale della regione Campania*. Di Frede (ed.), 2003, 2144 pp.
- Du Châtelet, E.A., Debenay, J.P., Soulard, R., 2004. Foraminiferal proxies for pollution monitoring in moderately polluted harbors. *Environmental Pollution* 127, 27-40.
- Elberling B., Knudsen K.L., Kristensen P.H., Asmund G., 2003. Applying foraminiferal stratigraphy as a biomarker for heavy metal contamination and mining impact in a fiord in West Greenland. *Marine Environmental Research* 55 (2003) 235–256
- Ellison R.L., Broome R., Oglivie R., 1986. Foraminiferal response to trace metal contamination in the Patapsco river and Baltimore Harbour, Maryland. *Marine Pollution Bulletin* 17 (9), 419–423.
- Ferraro L. e Lirer F., 2006. Morphological variations of benthic foraminiferal tests from holocene sediments of Punta Campanella shelf (Southern Tyrrhenian sea). In Coccioni R. & Marsili A. (eds.). *Proceedings of the Second and Third Italian Meetings on Environmental Micropaleontology*. Grzybowski Foundation Special Publication, 11, 45-58.
- Ferraro L., Sprovieri M., Lirer F., Alberico I., Prevedello L., Marsella E., 2006. Benthic foraminifera and heavy metals distribution: a case study from the Naples Harbour (Tyrrhenian Sea, Southern Italy). *Environmental Pollution*, 142(2), 274-287.
- GAZZETTA UFFICIALE DELLA REPUBBLICA ITALIANA (G.U.R.I.). Decreto Ministeriale 6 novembre 2003, n° 367. Regolamento concernente la fissazione di standard di qualità nell'ambiente acquatico per le sostanze pericolose, ai sensi dell'articolo 3, comma 4, del decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152. In: Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, Roma, 08 Gennaio 2004, 5, 17-29.
- Geslin E., Stoff V., Debenay J.P., Lesourd, M., 2000. Environmental variation and foraminiferal test abnormalities. In: R.E. Martin (Editor). *Environmental Micropaleontology*. Kluwer Academic/Plenum, NewYork, 191-215.
- Molisso F., 2000. Elaborazione delle analisi granulometriche: metodologie e tecniche. *Il Granulometro a Diffrazione Laser. Rapporto tecnico (RINT10)*, Istituto di Ricerca CNR "Geomare sud", Napoli.
- Naidu T.Y., 1985. Foraminifera as pollution indicators in the Vissakhapatnam harbor complex, east coast of the India. *Bulletin of Geological Mining and Metallurgical Society of India*.
- Perrone V., 1988. Carta Geologica della Penisola Sorrentina . Note Illustrative. *Atti del 74° Cong. Soc. Geol. It.*, B, 336-340, Sorrento 13-17 sett. 1988.
- Pescatore T., Senatore M.R., 1988. Geologia del Golfo di Napoli: la piattaforma continentale. *Atti del 74° Cong. Soc. Geol. It.*, Guida al Periplo del Golfo di Napoli, 29-32.
- Romano P., Sgrosso A., 1992. L'evoluzione geomorfologia della grotta subacquea dell'Isca (Penisola Sorrentina, Campania). *Giorn. di Geol.*, 3, 54, 151-163.
- Sacchi M., Infuso S., Marsella E., 1994. Late Pliocene-Early Pleistocene compressional tectonics in offshore Campania (Eastern Tyrrhenian, sea). *Boll. Geof. Teor. App.*, 36, 469-482.
- Samir A.M., 2000. The response of benthic foraminifera and ostracods to various pollution sources: a study from two lagoons in Egypt. *J. Foraminifer. Res.* 30, 83-98.

- Samir A.M., El-Din A.B., 2001. Benthic foraminiferal assemblages and morphological abnormalities as pollution proxies in two Egyptian bays. *Marine Micropaleontology* 41, 193-227.
- Sharifi A.R., Croudace I.W., Austin, R.L., 1991. Benthic foraminiferids as pollution indicators in Southampton Water, southern England, U.K. *Journal of Micropaleontology*, 10, 109-113.
- Stubbles, S., 1993. Recent benthic foraminiferida as indicators of pollution in Restouguet Creek, Cornwall. Note of poster display at the Annual Conference of the Ussber Society, 200-204.
- Wedepohl KH. *Handbook of Geochemistry*. Springer Verlag, Berlin-Heidelberg, 1978.
- Yanko V., Ahmad M., Kaminski, M.A., 1998. Morphological deformities of benthic foraminiferal tests in response to pollution by heavy metals: implications for pollution monitoring. *Journal of Foraminiferal Research*, 28, 177-200.
- Yanko V. Kronfeld A., Flexer A., 1994. The response of benthic foraminifera to various pollution sources: implications for pollution monitoring. *Journal of Foraminiferal Research*, 24, 1 17.

## **ALLEGATO 1**

### **Schede granulometriche**



**Area Marina Protetta *Punta Campanella*:  
Foraminiferi bentonici come bio-indicatori ambientali**





Riferimento: Punta Campanella Zona 1 - Vervece  
Campione: A1

Ghiaia con sabbia

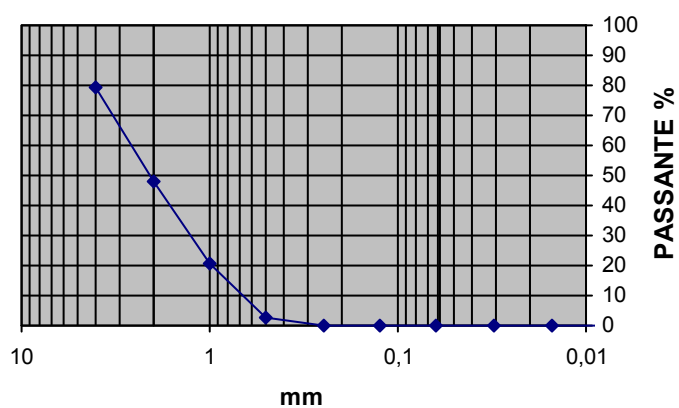
Ghiaia: 52,23 %  
Sabbia: 47,68 %  
Silt: 0,09 %  
Argilla: 0,00 %

Norma ASTM E11-70

Passante al setaccio 10 (2 mm) 48 %  
Passante al setaccio 60 (0,250 mm) 0,26 %  
Passante al setaccio 400 (0,038 mm) 0,05 %

Diametro mm Passante %

4,000	79,37
2,000	47,77
1,000	20,53
0,500	2,99
0,250	0,26
0,125	0,11
0,063	0,09
0,030	0,05



Riferimento: Punta Campanella Zona 1 – Vervecce  
Campione: A2

Sabbia con ghiaia

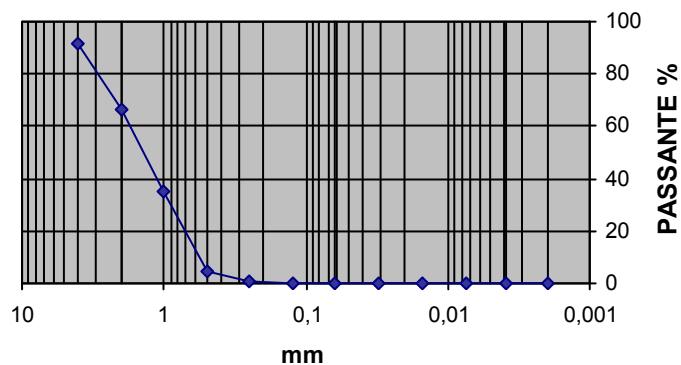
Ghiaia: 33,93 %  
Sabbia: 66,00 %  
Silt: 0,08 %  
Argilla: 0,00 %

Norma ASTM E11-70

Passante al setaccio 10 (2 mm) 66 %  
Passante al setaccio 60 ( 0,250 mm) 0,46 %  
Passante al setaccio 400 (0,038 mm) 0,04 %

Diametro mm Passante %

4,000	91,29
2,000	66,07
1,000	35,28
0,500	4,90
0,250	0,46
0,125	0,13
0,063	0,08
0,030	0,04



Riferimento: Punta Campanella Zona 1 – Veruce  
Campione: A3

Sabbia con ghiaia

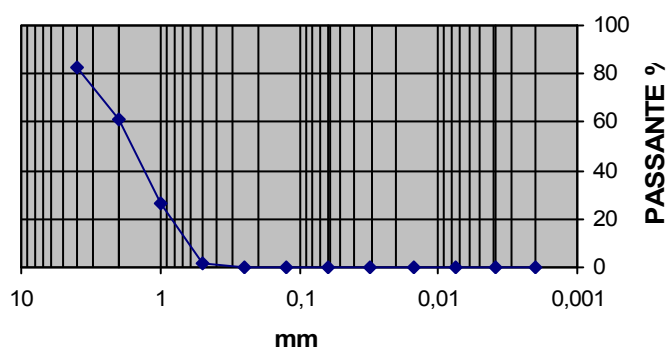
Ghiaia: 38,52%  
Sabbia: 61,36%  
Silt: 0,12 %  
Argilla: 0,00 %

Norma ASTM E11-70

Passante al setaccio 10 (2 mm) 61 %  
Passante al setaccio 60 (0,250 mm) 0,32 %  
Passante al setaccio 400 (0,038 mm) 0,06 %

Diametro mm Passante %

4,000	82,45
2,000	61,48
1,000	26,63
0,500	1,93
0,250	0,32
0,125	0,16
0,063	0,12
0,030	0,06



Riferimento: Punta Campanella Zona 1 - Veruce  
Campione: A4

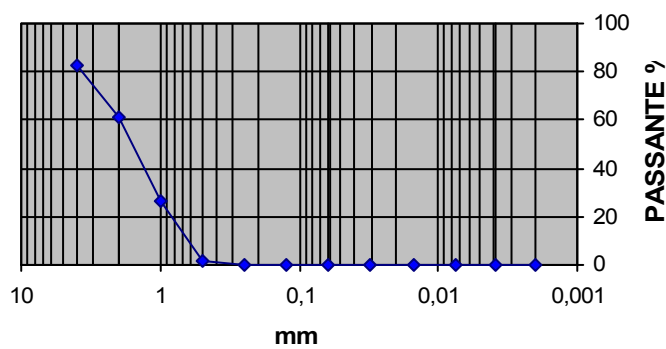
Sabbia con ghiaia

Ghiaia: 41,69 %  
Sabbia: 58,20 %  
Silt: 0,12 %  
Argilla: 0,00 %

Norma ASTM E11-70

Passante al setaccio 10 (2 mm) 58,31 %  
Passante al setaccio 60 (0,250 mm) 0,30 %  
Passante al setaccio 400 (0,038 mm) 0,05 %

Diametro mm	Passante %
4,000	72,67
2,000	58,31
1,000	40,48
0,500	2,41
0,250	0,30
0,125	0,16
0,063	0,12
0,030	0,05



Riferimento: Punta Campanella Zona 1 - Vervecce  
Campione: A5

Sabbia

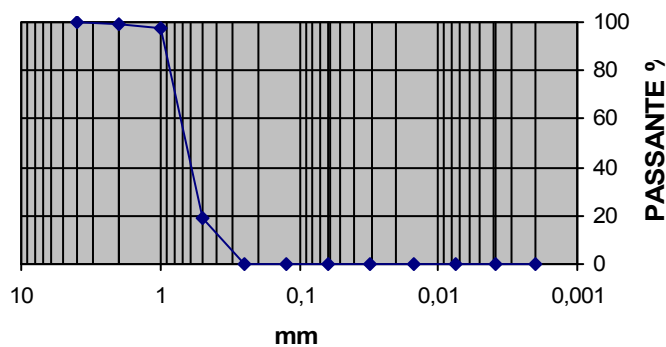
Ghiaia: 0,74 %  
Sabbia: 99,19 %  
Silt: 0,07 %  
Argilla : 0,00 %

Norma ASTM E11-70

Passante al setaccio 10 (2 mm) 58,31 %  
Passante al setaccio 60 (0,250 mm) 0,30 %  
Passante al setaccio 400 (0,038 mm) 0,05 %

Diametro mm Passante %

4,000	100,00
2,000	99,26
1,000	97,32
0,500	18,87
0,250	0,24
0,125	0,11
0,063	0,07
0,030	0,04



Riferimento: Punta Campanella Zona 1 - Vervecce  
Campione: A6

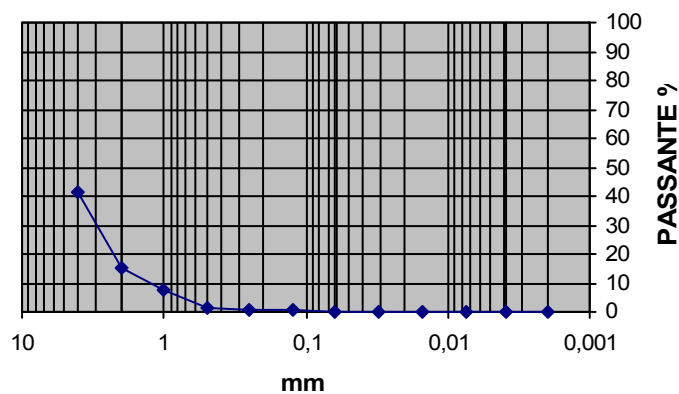
Ghiaia sabbiosa

Ghiaia: 84,75 %  
Sabbia: 14,97 %  
Silt: 0,28 %  
Argilla: 0,00 %

Norma ASTM E11-70

Passante al setaccio 10 (2 mm) 15,25 %  
Passante al setaccio 60 (0,250 mm) 0,65 %  
Passante al setaccio 400 (0,038 mm) 0,17 %

Diametro mm	Passante %
4,000	41,17
2,000	15,25
1,000	7,26
0,500	1,70
0,250	0,65
0,125	0,37
0,063	0,28
0,030	0,17





Riferimento: Punta Campanella Zona 1 - Vervece  
Campione: V2

Sabbia

Ghiaia: 0,0 %  
Sabbia: 99,6 %  
Limo: 0,4 %  
Argilla: 0.0 %

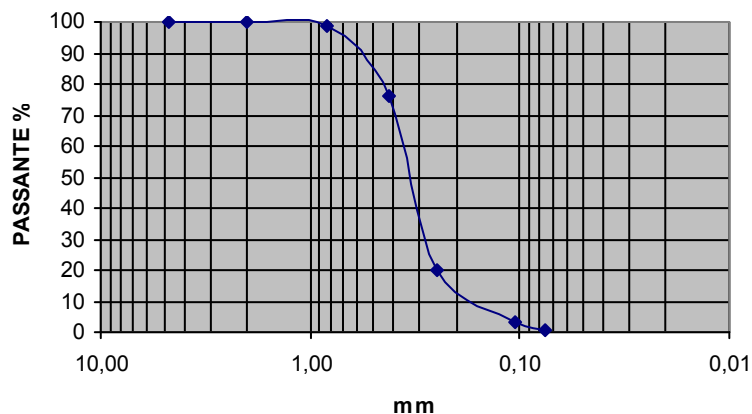
Norma ASTM D422

Passante setaccio 10 (2 mm) 100 %  
Passante setaccio 40 (0,42 mm) 76,2 %  
Passante setaccio 200 (0,074 mm) 0,4 %

D10 0,14949 mm  
D30 0,27402 mm  
D50 0,32967 mm  
D60 0,36159 mm  
D90 0,64273 mm

Coefficiente di uniformità 2,42  
Coefficiente di curvatura 1,39

Diametro mm	Passante %
4,750	100,00
2,000	99,95
0,841	98,72
0,420	76,20
0,250	20,07
0,105	3,08
0,075	0,39



Riferimento: Punta Campanella Zona 1 - Vervece  
Campione: V12

Sabbia con ghiaia

Ghiaia: 33,9 %  
Sabbia: 63,2 %  
Limo: 2,9 %  
Argilla: 0.0 %

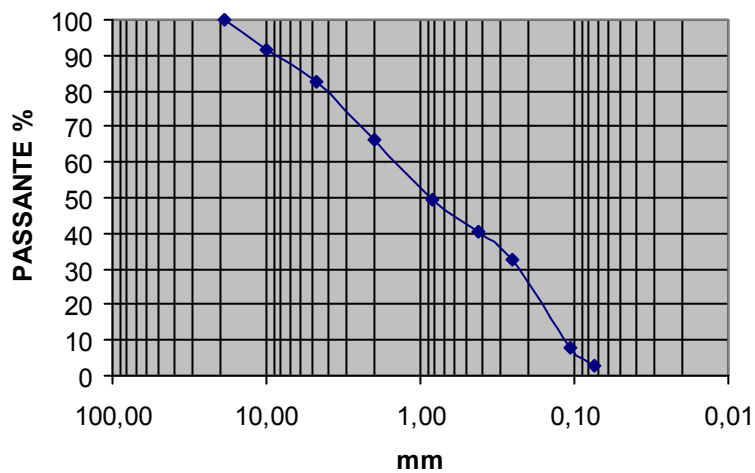
Norma ASTM D422

Passante setaccio 10 (2 mm) 66,1 %  
Passante setaccio 40 (0,42 mm) 40,4 %  
Passante setaccio 200 (0,074 mm) 2,9 %

D10 0,11344 mm  
D30 0,22904 mm  
D50 0,87136 mm  
D60 1,45950 mm  
D90 8,78264 mm

Coefficiente di uniformità 12,87  
Coefficiente di curvatura 0,32

Diametro mm	Passante %
19,000	100,00
10,000	91,58
4,750	82,51
2,000	66,11
0,841	49,31
0,420	40,39
0,250	32,49
0,105	7,80
0,075	2,91



Riferimento: Punta Campanella Zona 1 - Vervece  
Campione: V16

Sabbia debolmente limoso

Ghiaia: 0,9 %  
Sabbia: 89,7 %  
Limo: 8,2 %  
Argilla: 1,2 %

Norma ASTM D422

Passante setaccio 10 (2 mm) 99,1 %  
Passante setaccio 40 (0,42 mm) 95,5 %  
Passante setaccio 200 (0,074 mm) 9,4 %

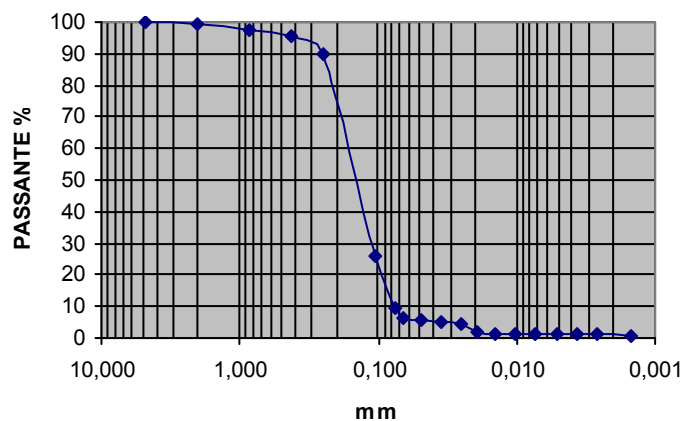
D10 0,07593 mm  
D30 0,11076 mm  
D50 0,14544 mm  
D60 1,6667 mm  
D90 0,25537 mm

Coefficiente di uniformità 2,20  
Coefficiente di curvatura 0,97



Diametro mm      Passante %

4,7500	100,00
2,0000	99,14
0,8410	97,21
0,4200	95,52
0,2500	89,76
0,1050	26,08
0,0750	9,39
0,0662	6,25
0,0484	5,45
0,0350	4,92
0,0255	4,12
0,0196	1,73
0,0144	1,46
0,0103	1,25
0,0073	1,22
0,0051	1,20
0,0037	0,98
0,0026	0,96
0,0015	0,93



Riferimento: Punta Campanella Zona 1 - Vervecce  
Campione: VA

Sabbia

Ghiaia: 0,3 %  
Sabbia: 99,3 %  
Limo: 0,4 %  
Argilla: 0.0 %

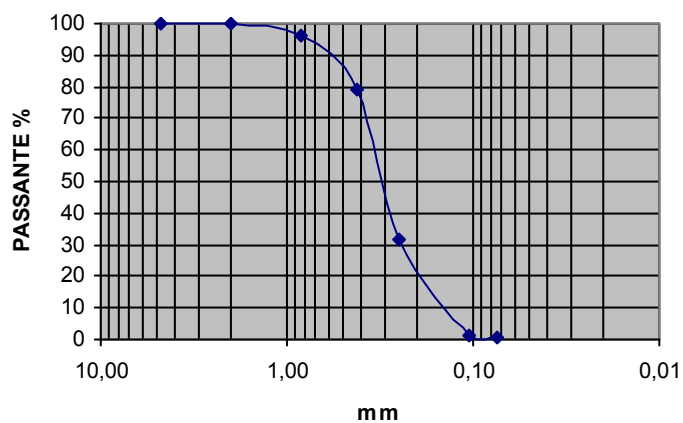
Norma ASTM D422

Passante setaccio 10 (2 mm) 99,7 %  
Passante setaccio 40 (0,42 mm) 79,4 %  
Passante setaccio 200 (0,074 mm) 0,4 %

D10 0,13495 mm  
D30 0,23783 mm  
D50 0,30497 mm  
D60 0,34008 mm  
D90 0,65006 mm

Coefficiente di uniformità 2,52  
Coefficiente di curvatura 1,23

Diametro mm	Passante %
4,750	100,00
2,000	99,71
0,841	96,27
0,420	79,37
0,250	31,76
0,105	1,14
0,075	0,40



Riferimento: Punta Campanella Zona 1 - Vervecce  
Campione: VB

Sabbia ghiaiosa

Ghiaia: 11,7 %  
Sabbia: 88,2 %  
Limo: 0,1 %  
Argilla: 0.0 %

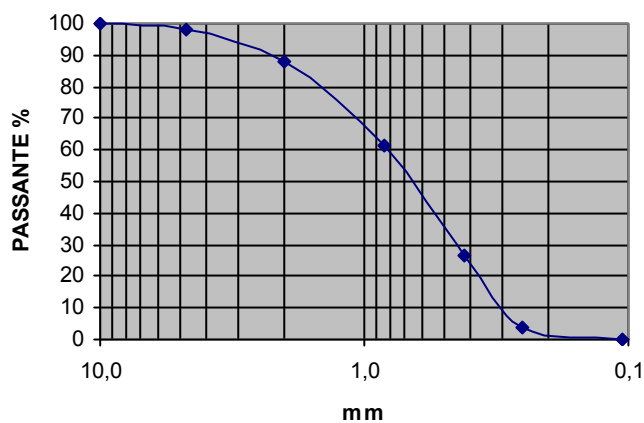
Norma ASTM D422

Passante setaccio 10 (2 mm) 88,3 %  
Passante setaccio 40 (0,42 mm) 26,3 %  
Passante setaccio 200 (0,074 mm) 0,1 %

D10 0,28748 mm  
D30 0,45235 mm  
D50 0,67387 mm  
D60 0,82248 mm  
D90 2,33476 mm

Coefficiente di uniformità 2,86  
Coefficiente di curvatura 0,87

Diametro mm	Passante %
10,000	100,00
4,750	97,86
2,000	88,29
0,841	61,12
0,420	26,28
0,250	4,00
0,105	0,11
0,075	0,07



Riferimento: Punta Campanella Zona 1 - Vervecce  
Campione: VC

Sabbia

Ghiaia: 0,3 %  
Sabbia: 99,3 %  
Limo: 0,4 %  
Argilla: 0.0 %

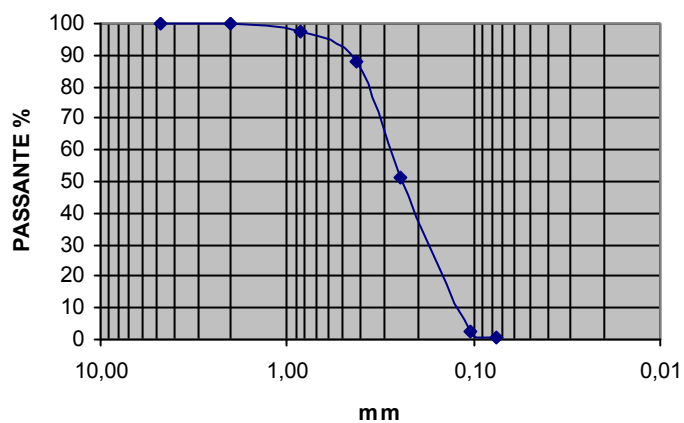
Norma ASTM D422

Passante setaccio 10 (2 mm) 99,7 %  
Passante setaccio 40 (0,42 mm) 87,7 %  
Passante setaccio 200 (0,074 mm) 0,4 %

D10 0,12053 mm  
D30 0,17204 mm  
D50 0,24554 mm  
D60 0,28392 mm  
D90 0,49413 mm

Coefficiente di uniformità 2,36  
Coefficiente di curvatura 0,86

Diametro mm	Passante %
4,750	100,00
2,000	99,70
0,841	97,66
0,420	87,66
0,250	51,01
0,105	2,24
0,075	0,37



Riferimento: Punta Campanella Zona 1 - Vervecce  
Campione: VD

Sabbia

Ghiaia: 0,1 %  
Sabbia: 99,8 %  
Limo-Argilla: 0,1 %

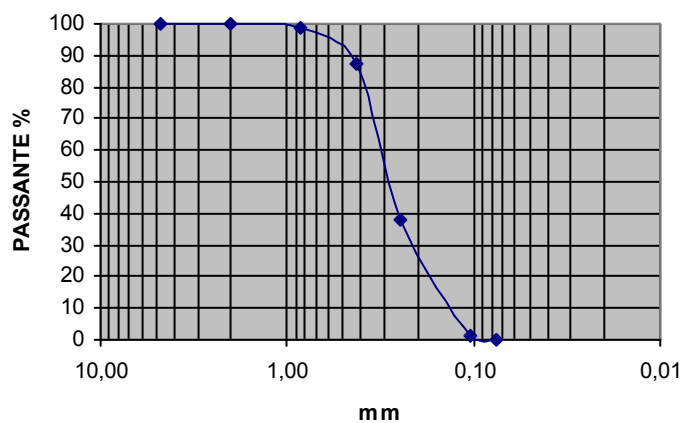
Norma ASTM D422

Passante setaccio 10 (2 mm) 99,9 %  
Passante setaccio 40 (0,42 mm) 87,5 %  
Passante setaccio 200 (0,074 mm) 0,1 %

D10 0,12951 mm  
D30 0,20755 mm  
D50 0,28373 mm  
D60 0,31500 mm  
D90 0,48839 mm

Coefficiente di uniformità 2,43  
Coefficiente di curvatura 1,06

Diametro mm	Passante %
4,750	100,00
2,000	99,91
0,841	98,95
0,420	87,52
0,250	37,89
0,105	1,10
0,075	0,15





Riferimento: Punta Campanella Zona 1 - Vervecce  
Campione: VE

Sabbia

Ghiaia: 1,8 %  
Sabbia: 98,0 %  
Limo: 0,2 %  
Argilla: 0,0 %

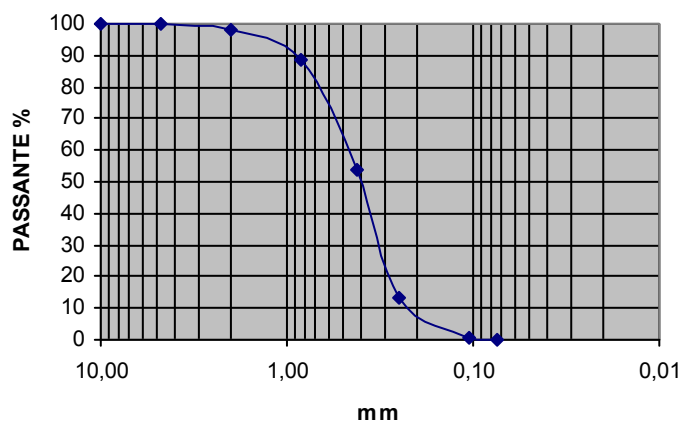
Norma ASTM D422

Passante setaccio 10 (2 mm) 98,2 %  
Passante setaccio 40 (0,42 mm) 53,08 %  
Passante setaccio 200 (0,074 mm) 0,2 %

D10 0,20016 mm  
D30 0,30960 mm  
D50 0,40014 mm  
D60 0,47540 mm  
D90 0,95076 mm

Coefficiente di uniformità 2,38  
Coefficiente di curvatura 1,01

Diametro mm	Passante %
10,000	100,00
4,750	99,69
2,000	98,19
0,841	88,65
0,420	53,78
0,250	13,33
0,105	0,34
0,075	0,21



Riferimento: Punta Campanella Zona 1 - Veruce  
Campione: VM

Ghiaia: 0,0 %  
Sabbia: 99,9 %  
Limo: 0,1 %  
Argilla: 0.0 %

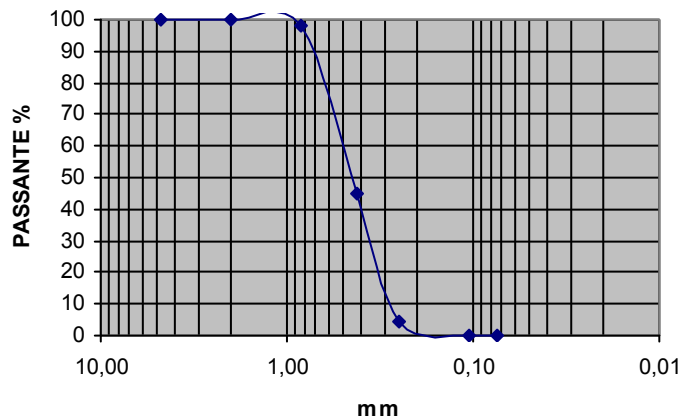
Norma ASTM D422

Passante setaccio 10 (2 mm) 100, %  
Passante setaccio 40 (0,42 mm) 44,8 %  
Passante setaccio 200 (0,074 mm) 0,1 %

D10 0,26804 mm  
D30 0,34703 mm  
D50 0,44947 mm  
D60 0,51180 mm  
D90 0,75559 mm

Coefficiente di uniformità 1,91  
Coefficiente di curvatura 0,88

Diametro mm	Passante %
4,750	100,00
2,000	99,97
0,841	98,25
0,420	44,78
0,250	4,61
0,105	0,27
0,075	0,12



Riferimento: Punta Campanella Zona 1 - Vervecce  
Campione: VO

Sabbia limosa

Ghiaia: 0,3 %  
Sabbia: 78,9 %  
Limo 19,2 %  
Argilla 1,6

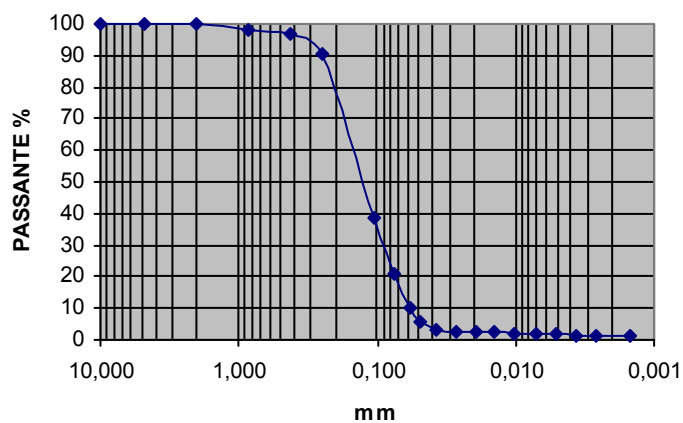
Norma ASTM D422

Passante setaccio 10 (2 mm) 99,7, %  
Passante setaccio 40 (0,42 mm) 96,7 %  
Passante setaccio 200 (0,074 mm) 20,8 %

D10 0,05776 mm  
D30 0,08906 mm  
D50 0,12668 mm  
D60 0,14988 mm  
D90 0,24822 mm

Coefficiente di uniformità 2,59  
Coefficiente di curvatura 0,92

Diametro mm	Passante %
10,0000	100,00
4,7500	99,90
2,0000	99,71
0,8410	97,90
0,4200	96,74
0,2500	90,42
0,1050	38,84
0,0750	20,78
0,0578	10,04
0,0495	5,54
0,0375	3,45
0,0272	2,55
0,0194	2,31
0,0142	2,28
0,0101	1,95
0,0072	1,68
0,0051	1,65
0,0036	1,41
0,0026	1,38
0,0015	1,35



Riferimento: Punta Campanella Zona 1 - Vervecce  
Campione: VP

Sabbia limosa

Ghiaia: 2,3 %  
Sabbia: 83,9 %  
Limo: 12,1 %  
Argilla: 1,7 %

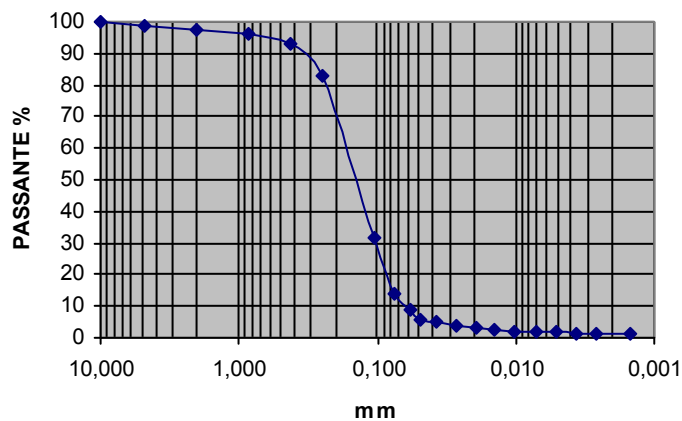
Norma ASTM D422

Passante setaccio 10 (2 mm) 97,7, %  
Passante setaccio 40 (0,42 mm) 93,1 %  
Passante setaccio 200 (0,074 mm) 13,8 %

D10 0,06164 mm  
D30 0,10158 mm  
D50 0,14284 mm  
D60 0,16910 mm  
D90 0,35709 mm

Coefficiente di uniformità 2,74  
Coefficiente di curvatura 0,99

Diametro mm	Passante %
10,0000	100,00
4,7500	98,65
2,0000	97,73
0,8410	96,15
0,4200	93,11
0,2500	83,17
0,1050	31,76
0,0750	13,84
0,0578	8,76
0,0495	5,62
0,0375	5,10
0,0272	3,79
0,0194	3,27
0,0142	2,74
0,0101	2,01
0,0072	1,96
0,0051	1,70
0,0036	1,46
0,0026	1,44
0,0015	1,18



Riferimento: Punta Campanella Zona 1 - Vervecce  
Campione: VQ

Sabbia limosa

Ghiaia: 3,7 %  
Sabbia: 84,6 %  
Limo 10,5 %  
Argilla 1,2 %

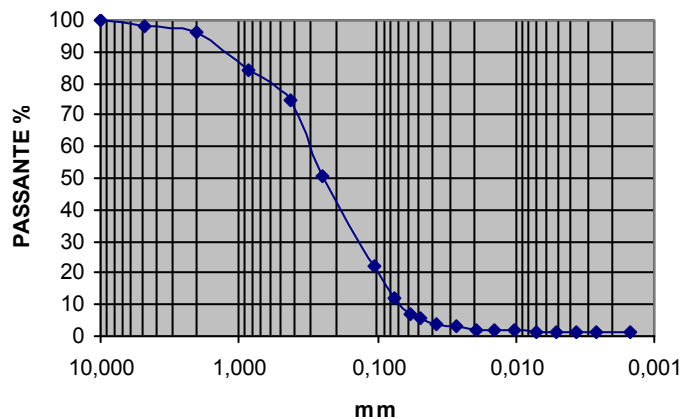
Norma ASTM D422

Passante setaccio 10 (2 mm) 96,3 %  
Passante setaccio 40 (0,42 mm) 74,5 %  
Passante setaccio 200 (0,074 mm) 11,7 %

D10 0,06932 mm  
D30 0,13361 mm  
D50 0,24361 mm  
D60 0,30564 mm  
D90 1,27874 mm

Coefficiente di uniformità 4,41  
Coefficiente di curvatura 0,84

Diametro mm	Passante %
10,0000	100,00
4,7500	98,18
2,0000	96,28
0,8410	84,11
0,4200	74,45
0,2500	50,86
0,1050	21,98
0,0750	11,74
0,0578	6,98
0,0495	5,38
0,0375	3,78
0,0272	3,09
0,0194	2,17
0,0142	1,72
0,0101	1,60
0,0072	1,49
0,0051	1,26
0,0036	1,08
0,0026	1,05
0,0015	1,03



Riferimento: Punta Campanella Zona 1 - Vervecce  
Campione: VR

Sabbia debolmente ghiaiosa

Ghiaia: 9,2 %  
Sabbia: 87,6 %  
Limo: 3,2 %  
Argilla: 0.0 %

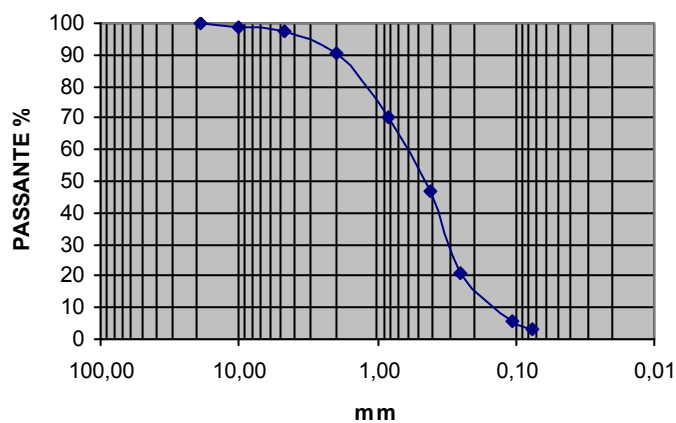
Norma ASTM D422

Passante setaccio 10 (2 mm) 90,8 %  
Passante setaccio 40 (0,42 mm) 47,0 %  
Passante setaccio 200 (0,074 mm) 3,2 %

D10 0,13293 mm  
D30 0,29949 mm  
D50 0,46038 mm  
D60 0,62205 mm  
D90 1,93252 mm

Coefficiente di uniformità 4,68  
Coefficiente di curvatura 1,08

Diametro mm	Passante %
19,000	100,00
10,000	98,82
4,750	97,59
2,000	90,82
0,841	70,02
0,420	46,95
0,250	20,95
0,105	5,91
0,075	3,15



Riferimento: Punta Campanella Zona 1 - Vervecce  
Campione: VS

Sabbia debolmente ghiaiosa

Ghiaia: 6,4 %  
Sabbia: 92,2 %  
Limo: 1,4 %  
Argilla: 0.0 %

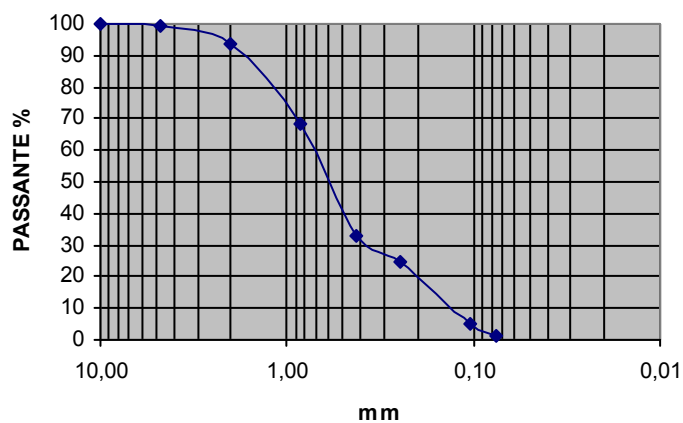
Norma ASTM D422

Passante setaccio 10 (2 mm) 93,6 %  
Passante setaccio 40 (0,42 mm) 32,8 %  
Passante setaccio 200 (0,074 mm) 1,4 %

D10 0,13157 mm  
D30 0,35106 mm  
D50 0,58813 mm  
D60 0,71529 mm  
D90 1,76903 mm

Coefficiente di uniformità 5,44  
Coefficiente di curvatura 1,31

Diametro mm	Passante %
10,000	100,00
4,750	99,14
2,000	93,59
0,841	68,27
0,420	32,80
0,250	24,70
0,105	4,83
0,075	1,39





Riferimento: Punta Campanella Zona 1 - Veruce  
Campione: VT

Sabbia debolmente ghiaiosa

Ghiaia: 18,3 %  
Sabbia: 80,7 %  
Limo: 1,0 %  
Argilla: 0.0 %

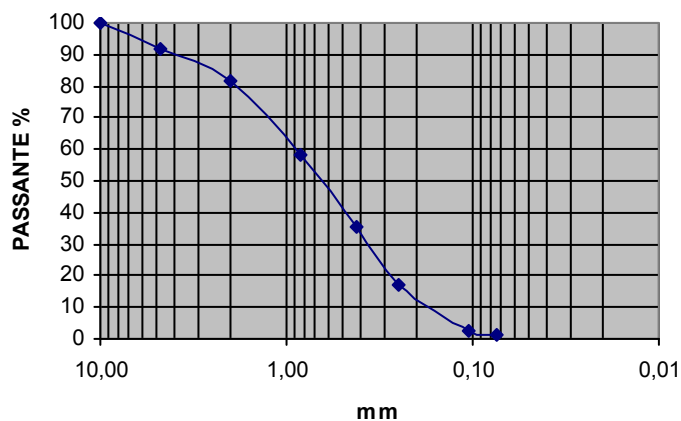
Norma ASTM D422

Passante setaccio 10 (2 mm) 81,7 %  
Passante setaccio 40 (0,42 mm) 35,3 %  
Passante setaccio 200 (0,074 mm) 1,0 %

D10 0,16378 mm  
D30 0,36046 mm  
D50 0,65627 mm  
D60 0,88932 mm  
D90 4,03781 mm

Coefficiente di uniformità 5,49  
Coefficiente di curvatura 0,88

Diametro mm	Passante %
10,000	100,00
4,750	91,92
2,000	81,69
0,841	58,18
0,420	35,28
0,250	17,36
0,105	2,26
0,075	1,02



Riferimento: Punta Campanella Zona 1 - Vervece  
Campione: VU

Ghiaia con sabbia

Ghiaia: 52,7 %  
Sabbia: 47,1 %  
Limo: 0,2 %  
Argilla: 0.0 %

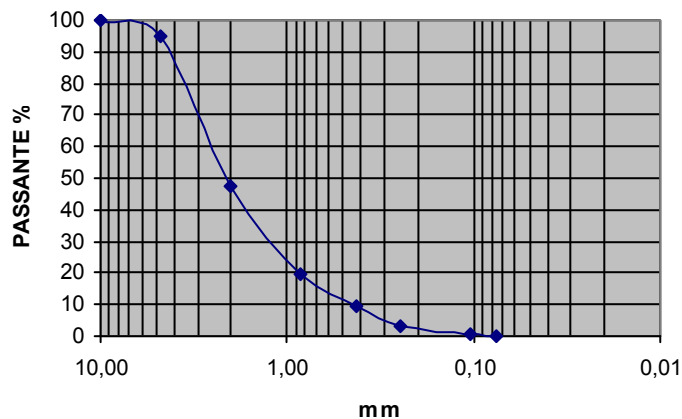
Norma ASTM D422

Passante setaccio 10 (2 mm) 47,3 %  
Passante setaccio 40 (0,42 mm) 9,7 %  
Passante setaccio 200 (0,074 mm) 0,2 %

D10 0,42756 mm  
D30 1,16542 mm  
D50 2,10064 mm  
D60 2,51599 mm  
D90 4,32297 mm

Coefficiente di uniformità 5,88  
Coefficiente di curvatura 1,26

Diametro mm	Passante %
10,000	100,00
4,750	95,22
2,000	47,28
0,841	19,56
0,420	9,75
0,250	3,17
0,105	0,53
0,075	0,21



Riferimento: Punta Campanella Zona 2 – Marina di Crapolla  
Campione: B1

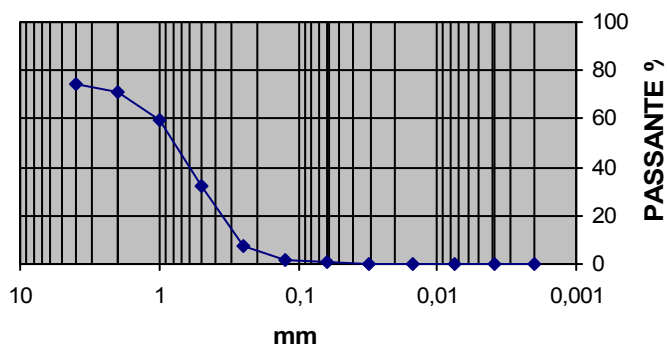
Sabbia con ghiaia

Ghiaia: 28,80 %  
Sabbia: 70,50 %  
Silt: 0,70 %  
Argilla: 0,00 %

Norma ASTM E11-70

Passante al setaccio 10 (2 mm) 71,20 %  
Passante al setaccio 60 (0,250 mm) 7,60 %  
Passante al setaccio 400 (0,038 mm) 0,30 %

Diametro mm	Passante %
4,000	74,68
2,000	71,20
1,000	59,75
0,500	32,26
0,250	7,60
0,125	1,30
0,063	0,70
0,030	0,30



Riferimento: Punta Campanella Zona 2 – Marina di Crapolla  
Campione: B2

Ghiaia con sabbia

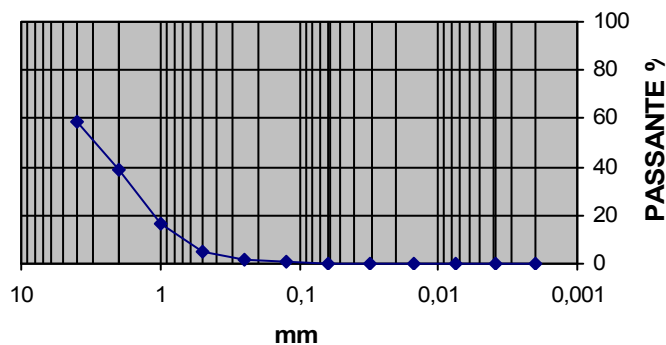
Ghiaia: 60,94 %  
Sabbia: 38,72 %  
Silt: 0,35 %  
Argilla: 0,00 %

Norma ASTM E11-70

Passante al setaccio 10 (2 mm) 36,06 %  
Passante al setaccio 60 (0,250 mm) 1,98 %  
Passante al setaccio 400 (0,038 mm) 0,14 %

Diametro mm Passante %

4,000	59,03
2,000	39,06
1,000	16,21
0,500	5,21
0,250	1,98
0,125	0,63
0,063	0,35
0,030	0,14



Riferimento: Punta Campanella Zona 2 – Marina di Crapolla  
Campione: B3

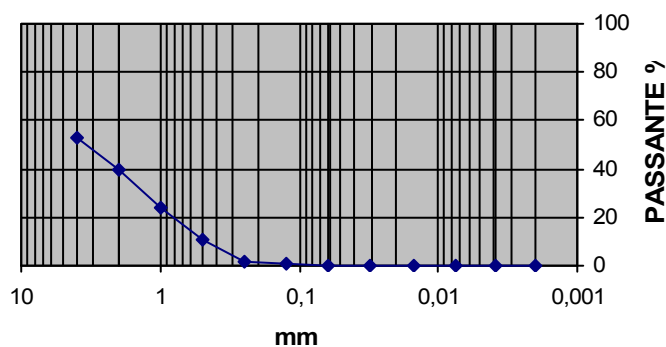
Ghiaia con sabbia

Ghiaia: 60,68 %  
Sabbia: 38,93 %  
Silt: 0,39 %  
Argilla: 0,00 %

Norma ASTM E11-70

Passante al setaccio 10 (2 mm) 39,32 %  
Passante al setaccio 60 (0,250 mm) 1,95 %  
Passante al setaccio 400 (0,038 mm) 0,18 %

Diametro mm	Passante %
4,000	53,30
2,000	39,32
1,000	24,05
0,500	10,87
0,250	1,95
0,125	0,59
0,063	0,39
0,030	0,18



Riferimento: Punta Campanella Zona 2 – Marina di Crapolla  
Campione: B4

Sabbia

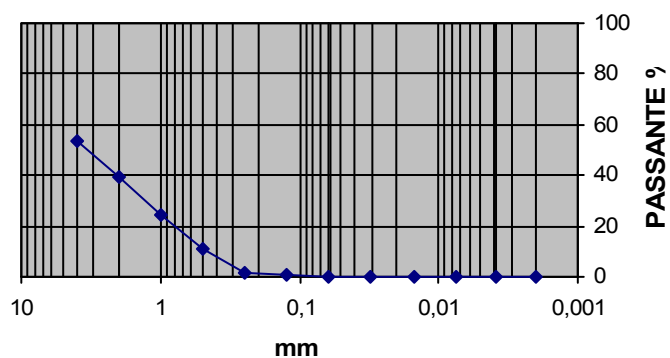
Ghiaia: 4,18 %  
Sabbia: 95,69 %  
Silt: 0,12 %  
Argilla: 0,00 %

Norma ASTM E11-70

Passante al setaccio 10 (2 mm) 95,82 %  
Passante al setaccio 60 (0,250 mm) 11,18 %  
Passante al setaccio 400 (0,038 mm) 0,04 %

Diametro mm Passante %

4,000	99,21
2,000	95,82
1,000	82,74
0,500	52,34
0,250	11,18
0,125	0,46
0,063	0,12
0,030	0,04



Riferimento: Punta Campanella Zona 2 – Marina di Crapolla  
Campione: B5

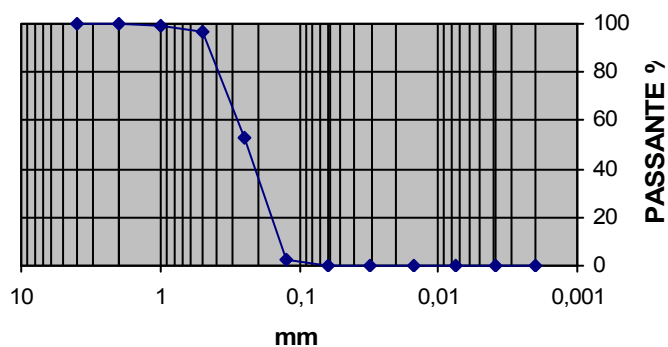
Sabbia

Ghiaia: 0,00 %  
Sabbia: 99,59 %  
Silt: 0,41 %  
Argilla: 0,00 %

Norma ASTM E11-70

Passante al setaccio 10 (2 mm) 100,00 %  
Passante al setaccio 60 (0,250 mm) 52,86 %  
Passante al setaccio 400 (0,038 mm) 0,12 %

Diametro mm	Passante %
4,000	100,00
2,000	100,00
1,000	99,45
0,500	97,05
0,250	52,86
0,125	2,63
0,063	0,41
0,030	0,12





Riferimento: Punta Campanella Zona 2 – Marina di Crapolla  
Campione: B6

Sabbia ghiaiosa

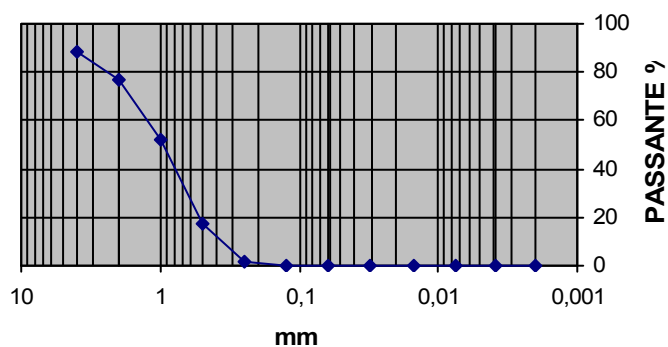
Ghiaia: 22,99 %  
Sabbia: 76,96 %  
Silt: 0,05 %  
Argilla: 0,00 %

Norma ASTM E11-70

Passante al setaccio 10 (2 mm) 77,01 %  
Passante al setaccio 60 (0,250 mm) 1,38 %  
Passante al setaccio 400 (0,038 mm) 0,02 %

Diametro mm Passante %

4,000	88,65
2,000	77,01
1,000	51,78
0,500	17,52
0,250	1,38
0,125	0,10
0,063	0,05
0,030	0,02



Riferimento: Punta Campanella Zona 1 – Marina di Crapolla  
Campione: MC1

Sabbia debolmente limoso

Ghiaia: 2,6 %  
Sabbia: 94,9 %  
Limo: 2,5 %  
Argilla: 0,0 %

Norma ASTM D422

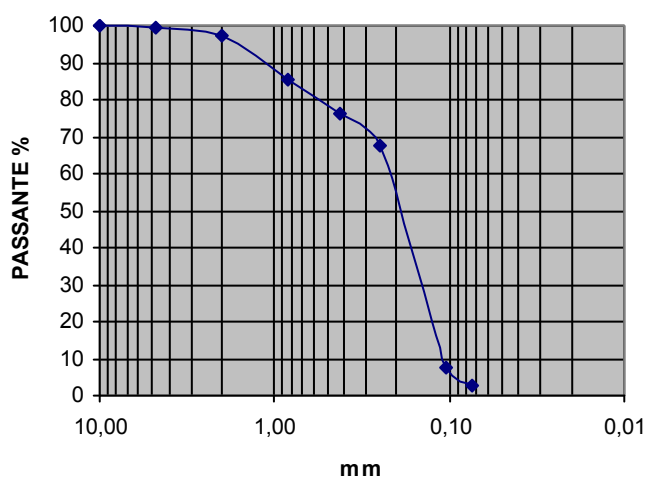
Passante setaccio 10 (2 mm) 97,4 %  
Passante setaccio 40 (0,42 mm) 76,4 %  
Passante setaccio 200 (0,074 mm) 2,5 %

D10 0,10877 mm  
D30 0,14508 mm  
D50 0,19349 mm  
D60 0,22346 mm  
D90 1,16462 mm

Coefficiente di uniformità 2,05  
Coefficiente di curvatura 0,87



Diametro mm	Passante %
10,000	100,00
4,750	99,51
2,000	97,39
0,841	85,55
0,420	76,40
0,250	67,79
0,105	7,55
0,075	2,48



Riferimento: Punta Campanella Zona 2 - Marina Crapolla  
Campione: MC3

Sabbia debolmente limosa e debolmente ghiaiosa

Ghiaia: 5,7 %  
Sabbia: 83,3 %  
Limo: 7,5 %  
Argilla: 3,5 %

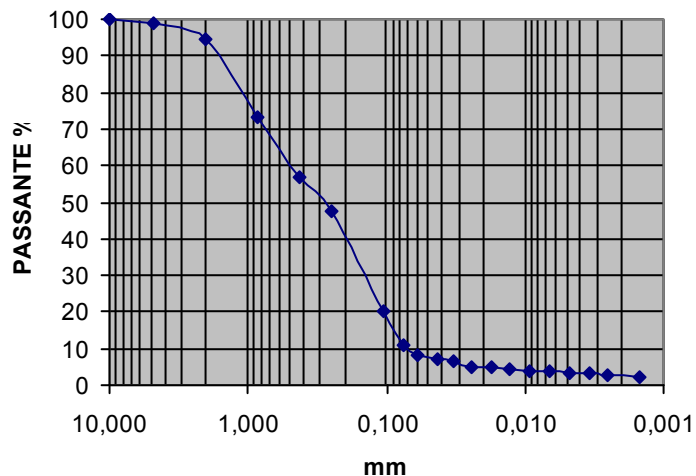
Norma ASTM D422

Passante setaccio 10 (2 mm) 94,3 %  
Passante setaccio 40 (0,42 mm) 57,1 %  
Passante setaccio 200 (0,074 mm) 11,0 %

D10 0,06887 mm  
D30 0,14296 mm  
D50 0,28797 mm  
D60 0,47699 mm  
D90 1,67945 mm

Coefficiente di uniformità 6,93  
Coefficiente di curvatura 0,62

Diametro mm	Passante %
10,0000	100,00
4,7500	98,64
2,0000	94,27
0,8410	73,10
0,4200	57,06
0,2500	47,35
0,1050	20,42
0,0750	11,04
0,0588	8,08
0,0435	7,36
0,0324	6,39
0,0244	5,19
0,0174	4,94
0,0130	4,46
0,0094	3,98
0,0067	3,74
0,0048	3,50
0,0034	3,01
0,0025	2,53
0,0015	2,05



Riferimento: Punta Campanella Zona 2 - Marina Crapolla  
Campione: MC5

Sabbia limosa debolmente argillosa

Ghiaia: 4,0 %  
Sabbia: 77,0 %  
Limo: 13,8 %  
Argilla: 5,2 %

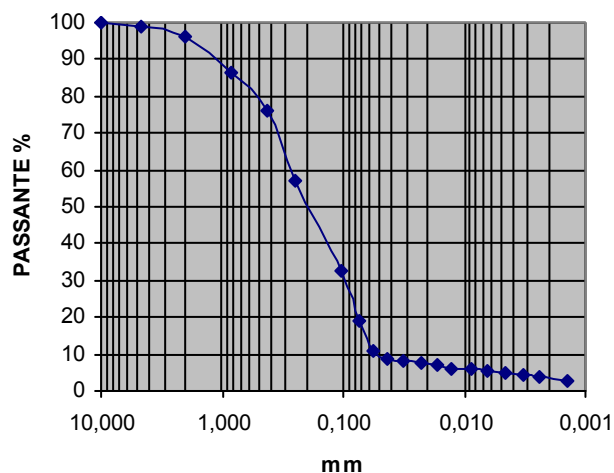
Norma ASTM D422

Passante setaccio 10 (2 mm) 96,0 %  
Passante setaccio 40 (0,42 mm) 76,0 %  
Passante setaccio 200 (0,074 mm) 19,0 %

D10 0,04975 mm  
D30 0,09830 mm  
D50 0,19518 mm  
D60 0,27190mm  
D90 1,14576mm

Coefficiente di uniformità 5,47  
Coefficiente di curvatura 0,71

Diametro mm	Passante %
10,0000	100,00
4,7500	98,66
2,0000	96,03
0,8410	86,65
0,4200	75,97
0,2500	56,92
0,1050	32,68
0,0750	19,01
0,0560	11,07
0,0439	8,88
0,0319	8,26
0,0231	7,64
0,0167	7,01
0,0126	6,14
0,0089	6,08
0,0065	5,46
0,0046	5,14
0,0033	4,52
0,0024	3,59
0,0014	2,96



Riferimento: Punta Campanella Zona 2 - Marina Crapolla  
Campione: MC7

Sabbia debolmente ghiaiosa e debolmente limosa

Ghiaia: 5,4 %  
Sabbia: 86,3 %  
Limo: 5,4 %  
Argilla: 2,9 %

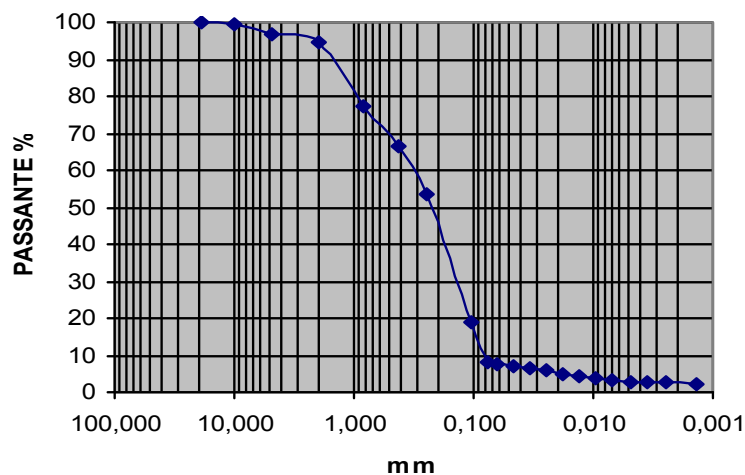
Norma ASTM D422

Passante setaccio 10 (2 mm) 94,6 %  
Passante setaccio 40 (0,42 mm) 66,30 %  
Passante setaccio 200 (0,074 mm) 8,3 %

D10 0,07921 mm  
D30 0,13829 mm  
D50 0,22787 mm  
D60 0,32417 mm  
D90 1,59072 mm

Coefficiente di uniformità 4,09  
Coefficiente di curvatura 0,74

Diametro mm	Passante %
19,0000	100,00
10,0000	99,45
4,7500	97,02
2,0000	94,58
0,8410	77,26
0,4200	66,27
0,2500	53,71
0,1050	18,97
0,0750	8,26
0,0645	7,79
0,0469	7,09
0,0341	6,33
0,0245	5,91
0,0179	5,02
0,0133	4,41
0,0096	3,81
0,0069	3,20
0,0049	2,89
0,0035	2,59
0,0025	2,44
0,0014	2,40



Riferimento: Punta Campanella Zona 2 - Marina Crapolla  
Campione: MC9

Sabbia debolmente limosa e debolmente ghiaiosa

Ghiaia: 5,0 %  
Sabbia: 86,2 %  
Limo: 6,1 %  
Argilla: 2,7 %

Norma ASTM D422

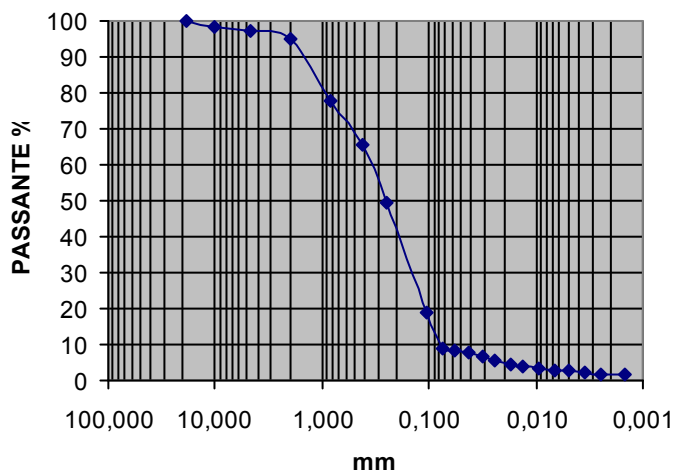
Passante setaccio 10 (2 mm) 95,0 %  
Passante setaccio 40 (0,42 mm) 65,7 %  
Passante setaccio 200 (0,074 mm) 8,8 %

D10 0,07804 mm  
D30 0,14407 mm  
D50 0,25310 mm  
D60 0,34947 mm  
D90 1,55114 mm

Coefficiente di uniformità 4,48  
Coefficiente di curvatura 0,76



Diametro mm	Passante %
19,0000	100,00
10,0000	98,42
4,7500	97,11
2,0000	95,00
0,8410	77,95
0,4200	65,70
0,2500	49,62
0,1050	18,74
0,0750	8,83
0,0587	8,30
0,0432	7,58
0,0321	6,61
0,0239	5,49
0,0175	4,72
0,0132	3,96
0,0095	3,45
0,0068	2,94
0,0049	2,68
0,0035	2,43
0,0025	1,91
0,0015	1,66



Riferimento: Punta Campanella Zona 2 - Marina Crapolla  
Campione: MC10

Sabbia debolmente limosa e debolmente ghiaiosa

Ghiaia: 5,0 %  
Sabbia: 87,6 %  
Limo: 4,40 %  
Argilla: 3,0 %

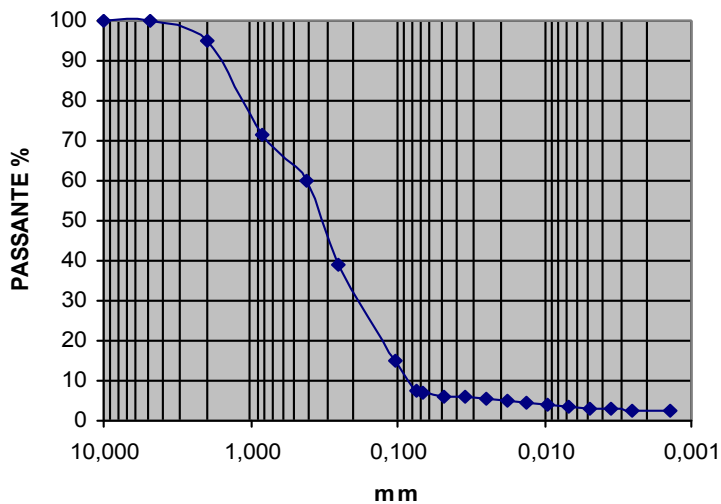
Norma ASTM D422

Passante setaccio 10 (2 mm) 95,0 %  
Passante setaccio 40 (0,42 mm) 59,8 %  
Passante setaccio 200 (0,074 mm) 7,4 %

D10 0,08436 mm  
D30 0,18000 mm  
D50 0,32810 mm  
D60 0,42550 mm  
D90 1,66169 mm

Coefficiente di uniformità 5,04  
Coefficiente di curvatura 0,90

Diametro mm	Passante %
10,0000	100,00
4,7500	99,77
2,0000	95,01
0,8410	71,60
0,4200	59,78
0,2500	39,23
0,1050	14,85
0,0750	7,39
0,0665	7,11
0,0486	6,22
0,0348	5,82
0,0250	5,36
0,0180	4,77
0,0133	4,46
0,0095	4,16
0,0068	3,54
0,0049	2,96
0,0035	2,92
0,0025	2,62
0,0014	2,31



Riferimento: Punta Campanella Zona 2 - Marina Crapolla  
Campione: MC11

Sabbia debolmente limosa e debolmente ghiaiosa

Ghiaia: 5,2 %  
Sabbia: 81,1 %  
Limo: 9,30 %  
Argilla: 4,4 %

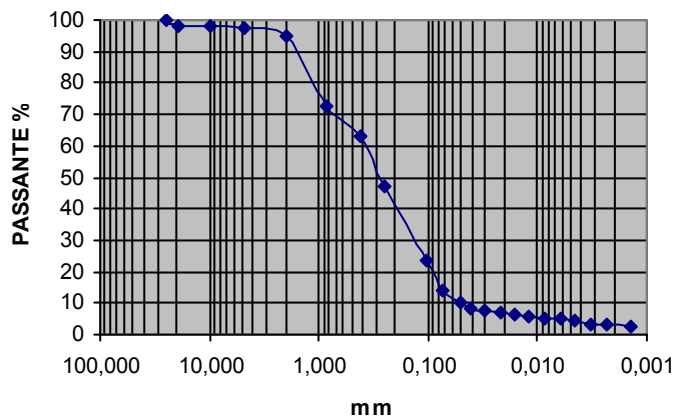
Norma ASTM D422

Passante setaccio 10 (2 mm) 94,8 %  
Passante setaccio 40 (0,42 mm) 63,4 %  
Passante setaccio 200 (0,074 mm) 13,7 %

D10 0,04804 mm  
D30 0,13274 mm  
D50 0,27188 mm  
D60 0,37637 mm  
D90 1,66197 mm

Coefficiente di uniformità 5,04  
Coefficiente di curvatura 0,90

Diametro mm	Passante %
25,0000	100,00
19,0000	97,98
10,0000	97,88
4,7500	97,69
2,0000	94,75
0,8410	72,51
0,4200	63,37
0,2500	47,42
0,1050	23,55
0,0750	13,71
0,0508	10,46
0,0403	8,57
0,0301	7,48
0,0218	6,94
0,0160	6,13
0,0119	5,59
0,0086	5,05
0,0062	4,78
0,0045	4,24
0,0032	3,43
0,0023	2,89
0,0014	2,35





Riferimento: Punta Campanella Zona 2 - Marina Crapolla  
Campione: MC12

Sabbia debolmente ghiaiosa

Ghiaia: 9,7 %  
Sabbia: 88,3 %  
Limo: 4,4 %  
Argilla: 0.0 %

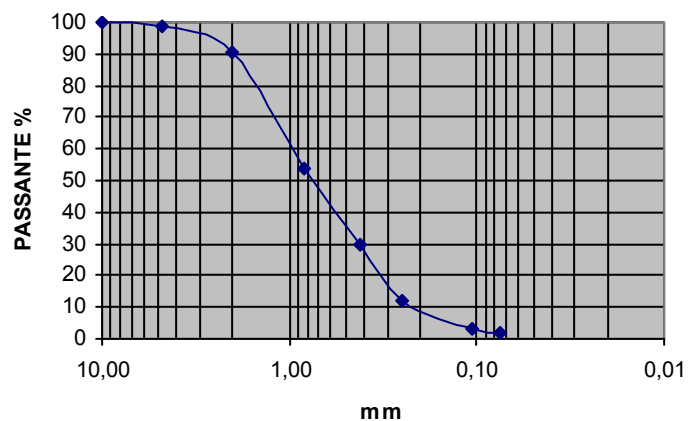
Norma ASTM D422

Passante setaccio 10 (2 mm) 90,3 %  
Passante setaccio 40 (0,42 mm) 29,7 %  
Passante setaccio 200 (0,074 mm) 2,0 %

D10 0,20032 mm  
D30 0,42372 mm  
D50 0,75187 mm  
D60 0,97211 mm  
D90 1,98385 mm

Coefficiente di uniformità 4,85  
Coefficiente di curvatura 0,92

Diametro mm	Passante %
10,0000	100,00
4,7500	98,91
2,0000	90,34
0,8410	53,91
0,4200	29,69
0,2500	12,30
0,1050	3,29
0,0750	2,04



Riferimento: Punta Campanella Zona 2 - Marina Crapolla  
Campione: MC13

Sabbia debolmente ghiaiosa e debolmente limosa

Ghiaia: 10,0 %  
Sabbia: 80,3 %  
Limo: 7,1 %  
Argilla: 2,6 %

Norma ASTM D422

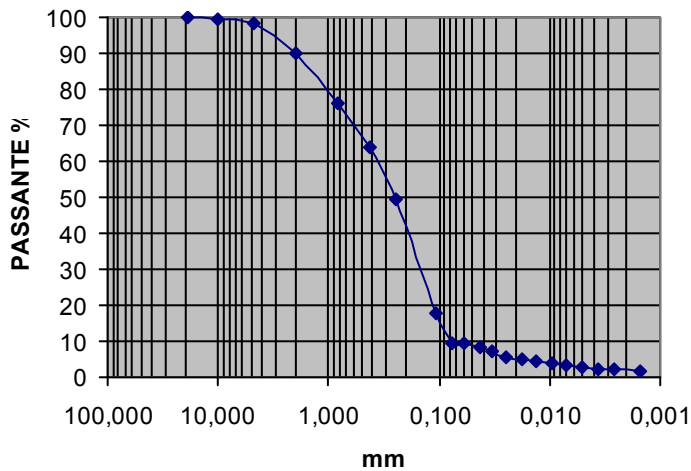
Passante setaccio 10 (2 mm) 90,0 %  
Passante setaccio 40 (0,42 mm) 64,1 %  
Passante setaccio 200 (0,074 mm) 9,7 %

D10 0,07599 mm  
D30 0,14744 mm  
D50 0,25722 mm  
D60 0,36383 mm  
D90 2,00999 mm

Coefficiente di uniformità 4,79  
Coefficiente di curvatura 0,79



Diametro mm	Passante %
19,0000	100,00
10,0000	99,43
4,7500	98,25
2,0000	89,95
0,8410	76,16
0,4200	64,14
0,2500	49,18
0,1050	17,67
0,0750	9,69
0,0588	9,24
0,0435	8,41
0,0329	7,03
0,0249	5,38
0,0180	4,83
0,0134	4,27
0,0097	3,72
0,0070	3,17
0,0050	2,62
0,0036	2,34
0,0026	2,07
0,0015	1,79



Riferimento: Punta Campanella Zona 2 - Marina Crapolla  
Campione: MC13bis

Ghiaia con sabbia

Ghiaia: 51,0 %  
Sabbia: 48,8 %  
Limo: 0,2 %  
Argilla: 0.0 %

Norma ASTM D422

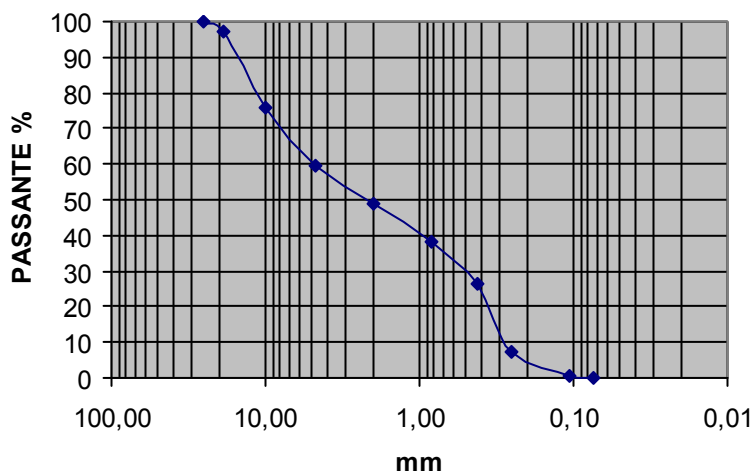
Passante setaccio 10 (2 mm) 49,0 %  
Passante setaccio 40 (0,42 mm) 26,2 %  
Passante setaccio 200 (0,074 mm) 0,2 %

D10 0,27053 mm  
D30 0,52248 mm  
D50 2,17438 mm  
D60 4,83941 mm  
D90 15,25387 mm



Coefficiente di uniformità 17,89  
Coefficiente di curvatura 0,21

Diametro mm	Passante %
25,000	100,00
19,000	97,31
10,000	75,95
4,750	59,59
2,000	48,97
0,841	38,34
0,420	26,18
0,250	7,10
0,105	0,36
0,075	0,16



Riferimento: Punta Campanella Zona 2 - Marina Crapolla  
Campione: MC14

Sabbia ghiaiosa

Ghiaia: 21,5 %  
Sabbia: 73,6 %  
Limo: 4,9 %  
Argilla: 0.0 %

Norma ASTM D422

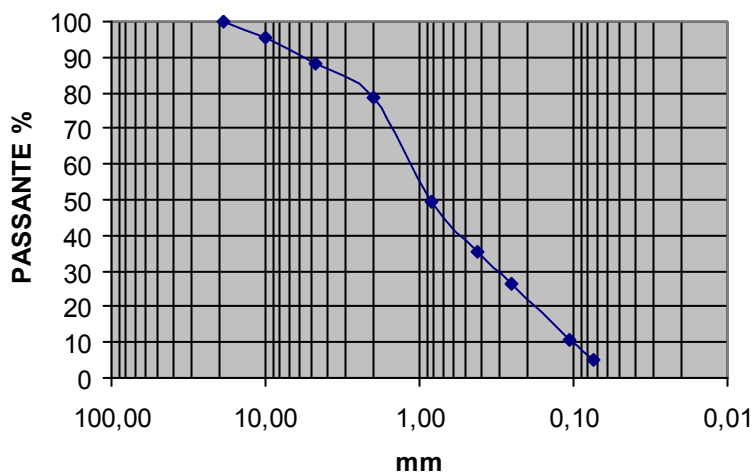
Passante setaccio 10 (2 mm) 78,5 %  
Passante setaccio 40 (0,42 mm) 35,5 %  
Passante setaccio 200 (0,074 mm) 4,9 %

D10 0,09957 mm  
D30 0,30596 mm  
D50 0,86214 mm  
D60 1,15806 mm  
D90 5,71974 mm



Coefficiente di uniformità 11,63  
Coefficiente di curvatura 0,81

Diametro mm	Passante %
19,000	100,00
10,000	95,24
4,750	88,26
2,000	78,52
0,841	49,16
0,420	35,50
0,250	26,49
0,105	10,95
0,075	4,95



Riferimento: Punta Campanella Zona 2 - Marina Crapolla  
Campione: MC15

Sabbia debolmente ghiaiosa

Ghiaia: 9,5 %  
Sabbia: 85,6 %  
Limo: 4,9 %  
Argilla: 0.0 %

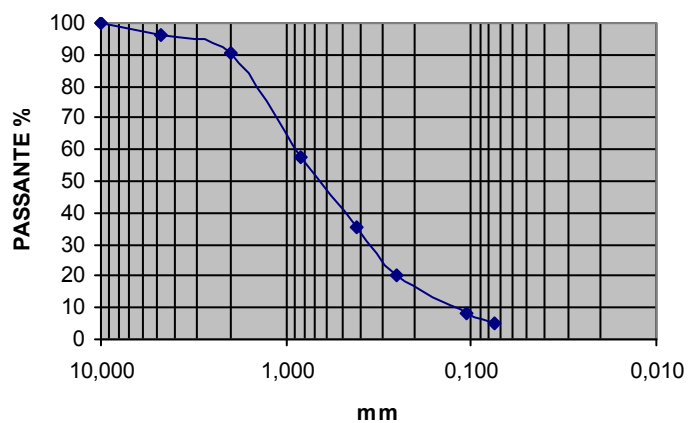
Norma ASTM D422

Passante setaccio 10 (2 mm) 90,5 %  
Passante setaccio 40 (0,42 mm) 35,7 %  
Passante setaccio 200 (0,074 mm) 4,9 %

D10 0,12079 mm  
D30 0,34807 mm  
D50 0,66231 mm  
D60 0,89810 mm  
D90 1,97252 mm

Coefficiente di uniformità 7,44  
Coefficiente di curvatura 1,12

Diametro mm	Passante %
10,000	100,00
4,750	96,51
2,000	90,53
0,841	57,50
0,420	35,71
0,250	19,95
0,105	8,08
0,075	4,91



Riferimento: Punta Campanella Zona 2 - Marina Crapolla  
Campione: MC18

Sabbia con ghiaia

Ghiaia: 34,4 %  
Sabbia: 60,9 %  
Limo: 4,7 %  
Argilla: 0.0 %

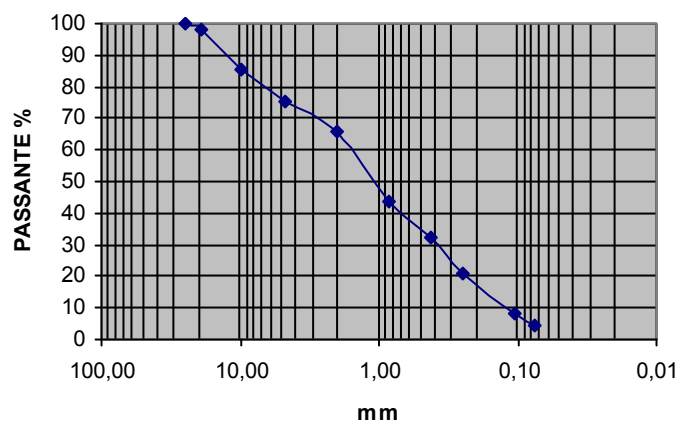
Norma ASTM D422

Passante setaccio 10 (2 mm) 65,6 %  
Passante setaccio 40 (0,42 mm) 32,5 %  
Passante setaccio 200 (0,074 mm) 4,7 %

D10 0,11960 mm  
D30 0,37645 mm  
D50 1,08228 mm  
D60 1,60610 mm  
D90 12,70302 mm

Coefficiente di uniformità 13,43  
Coefficiente di curvatura 0,74

Diametro mm	Passante %
25,000	100,00
19,000	98,05
10,000	85,21
4,750	75,22
2,000	65,56
0,841	43,61
0,420	32,46
0,250	20,81
0,105	8,09
0,075	4,74



Riferimento: Punta Campanella Zona 2 - Marina Crapolla  
Campione: MC19

Sabbia

Ghiaia: 3,8 %  
Sabbia: 92,3 %  
Limo: 3,9 %  
Argilla: 0.0 %

Norma ASTM D422

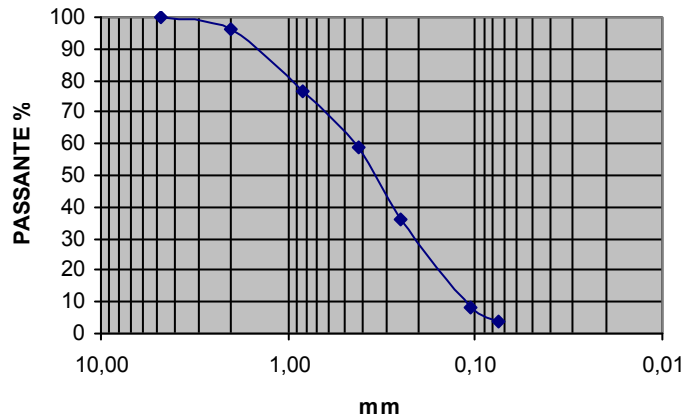
Passante setaccio 10 (2 mm) 96,2 %  
Passante setaccio 40 (0,42 mm) 58,9 %  
Passante setaccio 200 (0,074 mm) 3,9 %

D10 0,10994 mm  
D30 0,20539 mm  
D50 0,34245 mm  
D60 0,43880 mm  
D90 1,52641 mm

Coefficiente di uniformità 3,99  
Coefficiente di curvatura 0,87



Diametro mm	Passante %
4,750	100,00
2,000	96,15
0,841	76,43
0,420	58,89
0,250	36,29
0,105	8,53
0,075	3,90



Riferimento: Punta Campanella Zona 2 - Marina Crapolla  
Campione: MC20

Sabbia

Ghiaia: 4,9 %  
Sabbia: 90,3 %  
Limo: 4,8 %  
Argilla: 0.0 %

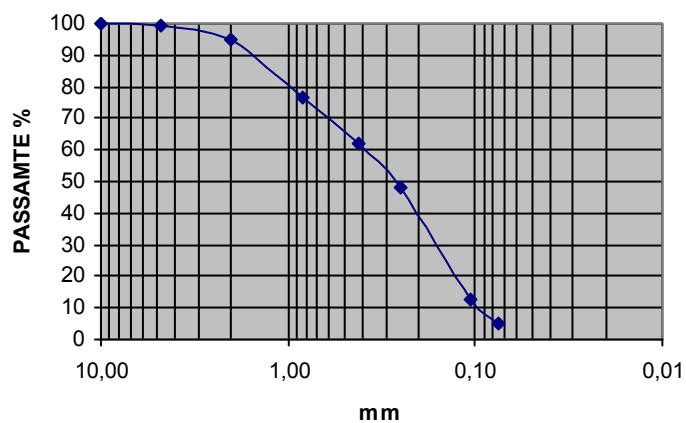
Norma ASTM D422

Passante setaccio 10 (2 mm) 95,1 %  
Passante setaccio 40 (0,42 mm) 62,3 %  
Passante setaccio 200 (0,074 mm) 4,8 %

D10 0,09457 mm  
D30 0,16089 mm  
D50 0,26700 mm  
D60 0,38620 mm  
D90 1,57577 mm

Coefficiente di uniformità 4,08  
Coefficiente di curvatura 0,71

Diametro mm	Passante %
10,0000	100,00
4,7500	99,25
2,0000	95,05
0,8410	76,69
0,4200	62,27
0,2500	48,22
0,1050	12,36
0,0750	4,77





Riferimento: Punta Campanella Zona 2 - Marina Crapolla  
Campione: MC22

Sabbia debolmente ghiaiosa

Ghiaia: 8,2 %  
Sabbia: 90,2 %  
Limo: 1,6 %  
Argilla: 0.0 %

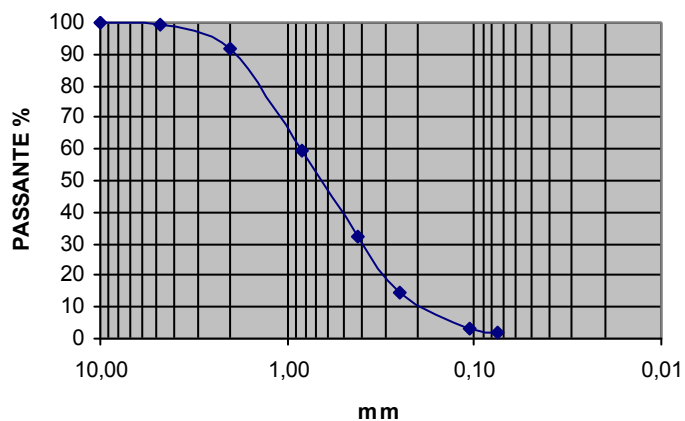
Norma ASTM D422

Passante setaccio 10 (2 mm) 91,8 %  
Passante setaccio 40 (0,42 mm) 32,4 %  
Passante setaccio 200 (0,074 mm) 1,6 %

D10 0,17825 mm  
D30 0,39195 mm  
D50 0,65733 mm  
D60 0,84819 mm  
D90 1,90544 mm

Coefficiente di uniformità 4,76  
Coefficiente di curvatura 1,02

Diametro mm	Passante %
10,000	100,00
4,750	99,48
2,000	91,80
0,841	59,68
0,420	32,40
0,250	14,41
0,105	3,09
0,075	1,61



## **ALLEGATO 2**

### **Sonda Multiparametrica CTD**



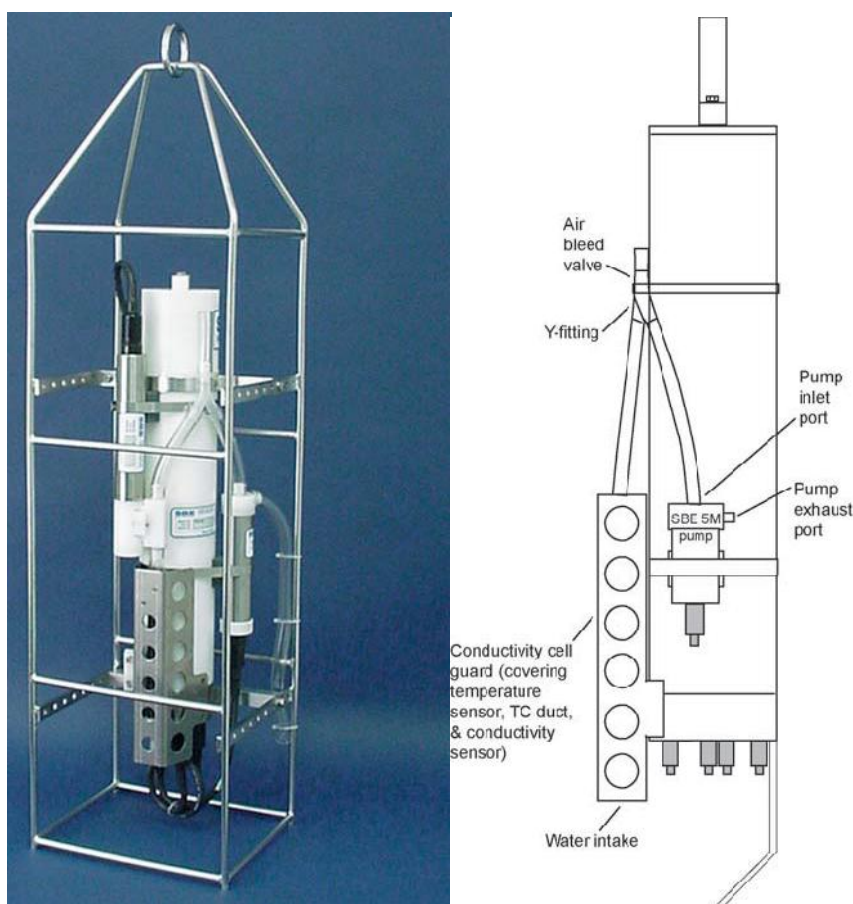
**Area Marina Protetta *Punta Campanella*:  
Foraminiferi bentonici come bio-indicatori ambientali**



## **PREMESSA**

Al fine di studiare la distribuzione, ed eventuali anomalie, dei diversi parametri lungo la colonna d'acqua viene utilizzata, in oceanografia, la tecnica di rilevare le proprietà dell'acqua in profilatura, tramite una sonda multiparametrica CTD (Conductivity, Temperature, Depth), connessa con un cavo elettromeccanico al verricello della nave.

Nell'ambito del Progetto di monitoraggio ambientale dell'Area Marina Protetta di Punta Campanella è stata utilizzata una sonda multiparametrica SBE-19 plus della Sea-Bird Electronics inc., di cui il profilo tecnico a seguire.



Per ogni stazione sono stati acquisiti profili verticali di temperatura, salinità, ossigeno disciolto, fluorescenza, conducibilità, pH e velocità del suono (di seguito vengono riportate le schede sia tabulari che grafiche delle variazioni dei parametri per ciascuna stazione).

### **Zona di acquisizione Vervece**

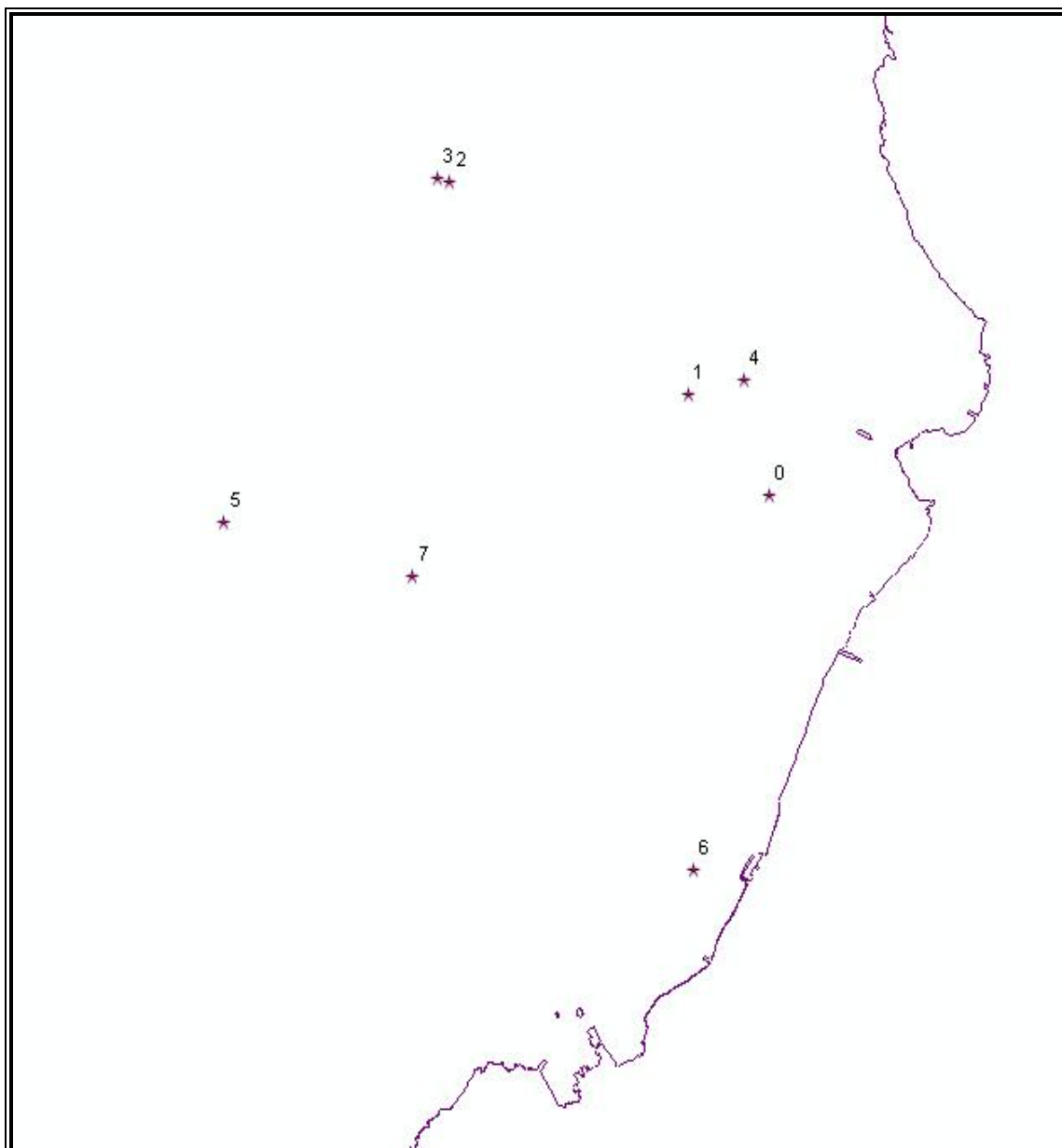
La caratterizzazione fisica-chimica della colonna d'acqua è stata eseguita in 2 stazioni in data 28 maggio 2006 (Tabella 1) e in 7 stazioni in data 29 maggio 2006 (Tabella 2) nella zona di Vervece (la posizione geografica dei campionamenti è riportata nelle mappe in Fig. 1 e Fig. 2).

<b>ID</b>	<b>Punto</b>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>Ora</b>	<b>Profondità m</b>	<b>Operazioni effettuate</b>
1	V02	40° 37',025	14°20',253	10.14	7	CTD 2 (7)
3	VO5	40° 37',305	14°19',844	11.54	53	CTD 3 (53)

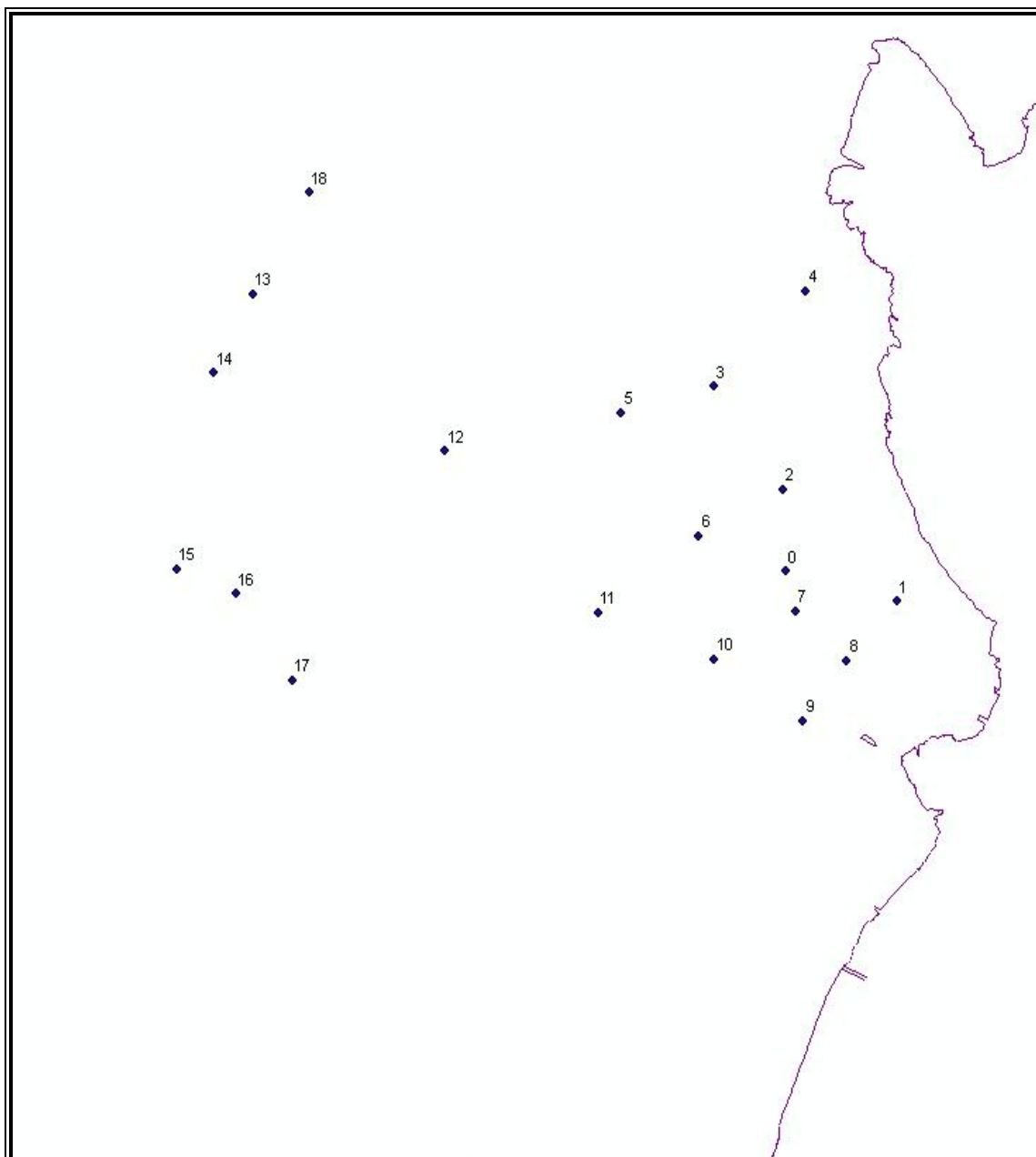
**Tabella 1** – Stazioni CTD – Vervece 28 maggio 2006

<b>ID</b>	<b>Punto</b>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>Ora</b>	<b>Profondità m</b>	<b>Operazioni effettuate</b>
0	VA	40°37',225	14°20',270	9.45	12	CTD 12 (12)
3	VD	40°37',385	14°20',181	10.17	15	CTD 13 (15)
6	VG	40°37',255	14°20',165	10.43	16	CTD 14 (16)
9	VL	40°37',096	14°20',293	11.10	13	CTD 15 (13)
12	VO	40°37',327	14°19',856	11.36	58	CTD 16 (58)
15	VR	40°37',223	14°19',532	12.05	55	CTD 17 (55)
18	VU	40°37',550	14°19',689	12.32	37	CTD 18 (37)

**Tabella 2** – Stazioni CTD – Vervece 29 maggio 2006



**Figura 1** – Mappa delle stazioni di campionamento relative all'area del Veruce per il 28 maggio 2006.



**Figura 2** – Mappa delle stazioni di campionamento relative all'area del Vervece per il 29 maggio 2006.

I dati acquisiti dalla superficie al fondo sono stati rappresentati lungo profili verticali e per ogni stazione si sono rappresentati i valori di temperatura [°C.], fluorescenza [ $\mu\text{g/L}$ ], ossigeno disciolto [ $\text{mg/L}$ ] e conducibilità [ $\text{S/m}$ ].

Dall'esame dei profili verticali dei parametri misurati si possono trarre alcune informazioni generali sulle caratteristiche della colonna d'acqua.

I valori di *temperatura* sono compresi tra 13.6 e 22.8 °C. Si rinviene la presenza di un termoclino stagionale, situato intorno ai 10m di profondità, che

permette di diversificare termometricamente gli strati d'acqua superficiali più caldi dalle acque profonde che, come ci si aspetta, risultano più fredde.

La *conducibilità* è il parametro che caratterizza la presenza di sali minerali disciolti nell'acqua, essa risulta oscillare tra 4.5 e 6.8 S/m. La distribuzione della *salinità* evidenzia una situazione omogenea con valori compresi tra 36.9 e 38.1 PSU (Practical Salinity Unit).

I valori di *fluorescenza*, che danno indicazioni sulla produzione primaria, risultano compresi tra 0.2 e 0.3 µg/L mostrando, per tutte le stazioni lungo tutta la colonna d'acqua, una scarsa attività fotosintetica tipica del Tirreno meridionale.

Un altro fattore importante è l'*ossigeno disciolto*, in quanto da esso dipende la sopravvivenza della vita acquatica. Nonostante l'attività primaria risulti inibita, i valori di ossigeno disciolto rilevati non mostrano alcuna anomalia (range 6.6-9.2 mg/l). Si evidenzia che i valori inferiori vengono registrati in superficie e si ha una distribuzione crescente fino ad una certa profondità, poi i valori diminuiscono progressivamente. Ciò si può notare soltanto in relazione alle stazioni in cui è stata raggiunta una profondità maggiore ovvero nella stazione VO dove i valori massimi sono collocati ad una profondità compresa tra 25m e 36.7m; nella stazione VU tra 21.8m e 35.7m; nella stazione VR tra 24.8m e 39.7m; nella stazione VO5 tra 18.9m e 38.7m. Nelle restanti stazioni si rinviene semplicemente un aumento di ossigeno disciolto man mano che si scende lungo la colonna d'acqua.

Il *PH*, indicatore del metabolismo delle comunità animali e vegetali (fotosintesi e respirazione), risulta essere quasi costante e debolmente alcalino (range 8 – 8.2) in tutte le stazioni.

### **Zona di acquisizione Crapolla**

Nella zona di Crapolla (mappa in Fig. 3) i parametri idrologici indagati lungo la colonna d'acqua sono stati rilevati in 7 stazioni in data 28/05/2006 (Tabella 3).



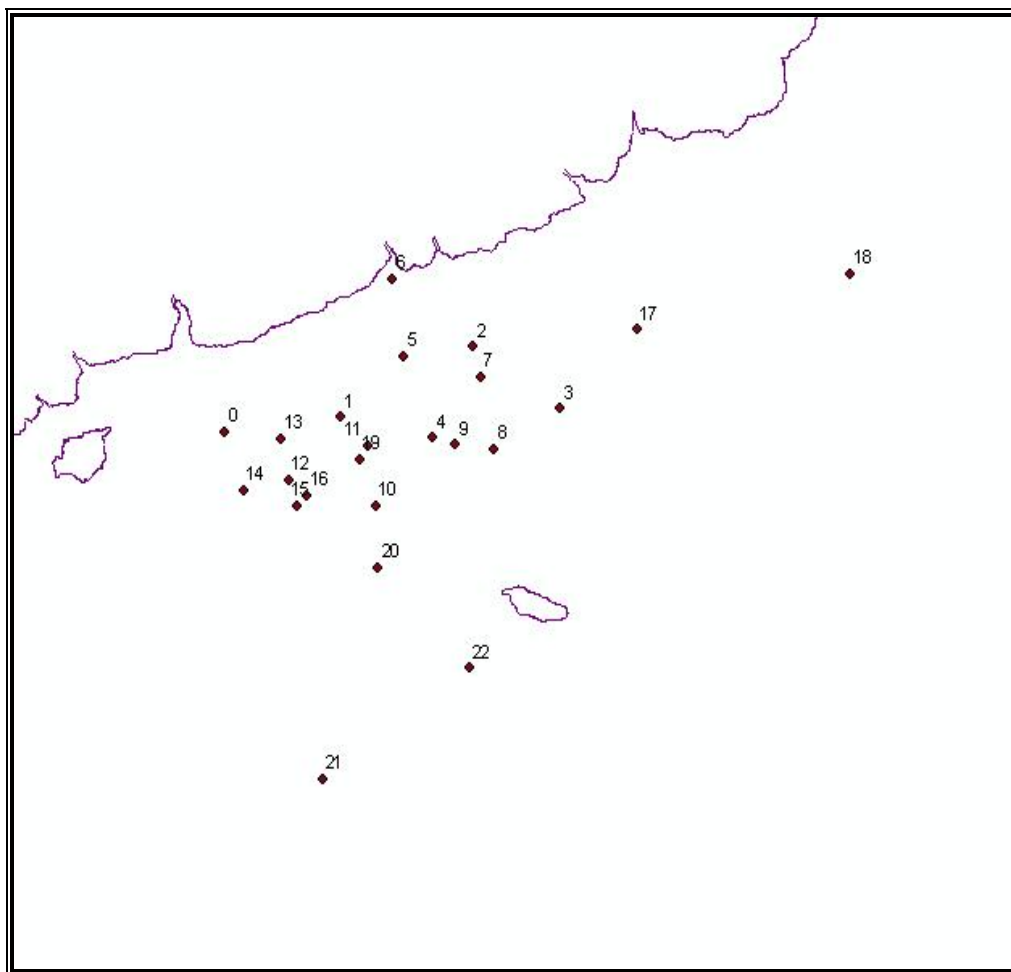


Figura 3 – Mappa delle stazioni di campionamento relative all'area di Crapolla.

Punto	$\phi$	$\lambda$	Ora	Profondità m	Operazioni effettuate
MC01	40°35',33	14°22',99	14.59	39	CTD 4 (39)
MC20	40°35',50	14°23',67	15.53	42	CTD 5 (42)
MC13bis	40°35',632	14°23',449	16.54	14	CTD 6 (14)
MC15	40°35',307	14°23',624	17.37	47	CTD 8 (47)
MC08	40°35',316	14°23',146	18.07	47	CTD 9 (47)
MC06	40°35',205	14°23',218	18.36	50	CTD 10 (50)
<b>MC28</b>	<b>40°35',535</b>	<b>14°24',117</b>	<b>18.51</b>	<b>51</b>	<b>CTD 11 (51)</b>

Tabella 3 – Stazioni CTD – Crapolla 28 maggio 2006

Esaminando i profili verticali della *temperatura*, nelle varie stazioni, si nota una debole stratificazione termica tipica del periodo di campionamento (mese di maggio) durante il quale l'acqua comincia a scaldarsi superficialmente. Il valore di temperatura più alto (23.6°C) si registra in superficie, quello più basso (13.7°C) alla massima profondità raggiunta dallo strumento (50.6m); di conseguenza l'escursione termica che si verifica lungo la colonna d'acqua è

paragonabile a quella rilevata nella zona di Vervece. La *salinità* e la *fluorescenza* presentano esattamente lo stesso range di valori riscontrato a Vervece, per cui valgono le medesime considerazioni. Anche l'andamento del profilo dell'*ossigeno disciolto* è simile nelle due zone di rilevamento (Vervece e Rapolla) con un andamento prima crescente e poi decrescente, anche se il range relativo alla zona di Rapolla risulta leggermente diverso con valori compresi tra 7.7 e 9.3 mg/l. I valori di PH variano tra 8 e 8.1.

### **Conclusioni**

Per entrambe le aree di studio (Vervece e Marina di Crapolla) i profili verticali dei parametri idrologici indagati sono caratteristici di una sola misurazione effettuata una tantum (28 e 29 maggio 2006). Considerando la dinamicità del sistema "mare" risulta difficile la determinazione delle proprietà chimico-fisiche della colonna d'acqua. La bassa percentuale di misurazioni effettuate rispetto alle stazioni di campionamento di sedimento di fondo mare (16/59) non permette di effettuare considerazioni scientifiche valide circa la correlabilità tra le caratteristiche fisico-chimiche della colonna d'acqua e le proprietà chimico-fisiche del sedimento ed in generale del benthos. Tra l'altro il progetto di ricerca, così come impostato, non si prefigge alcun obiettivo in tal senso.

Pertanto nel perseguire una nuova strategia di ricerca, impostata sull'acquisizione di nuovi dati, potrebbe essere utile l'effettuazione di campagne di misurazione con sonda CTD con cadenza mensile in un arco di tempo di almeno un anno per ciascuna delle stazioni di campionamento.



## ALLEGATO 3

### ANALISI STATISTICA

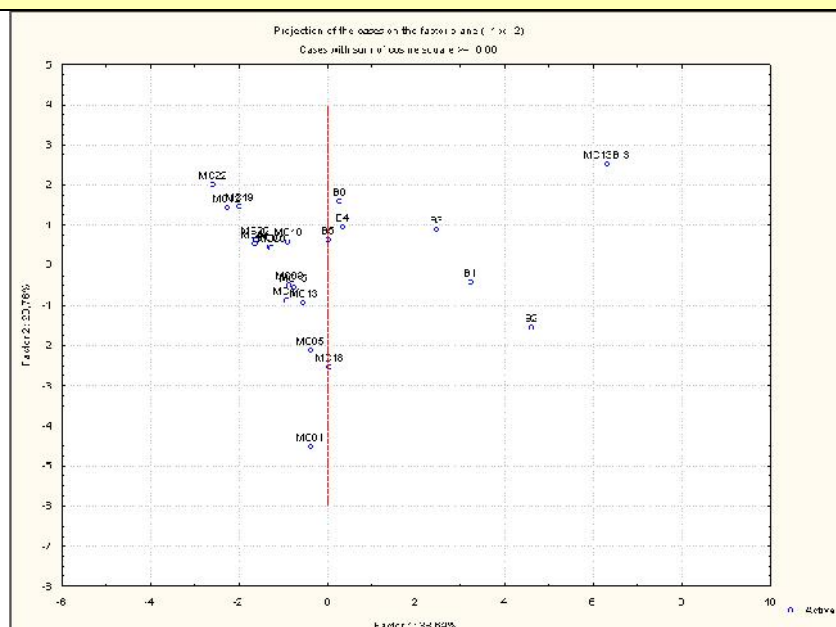
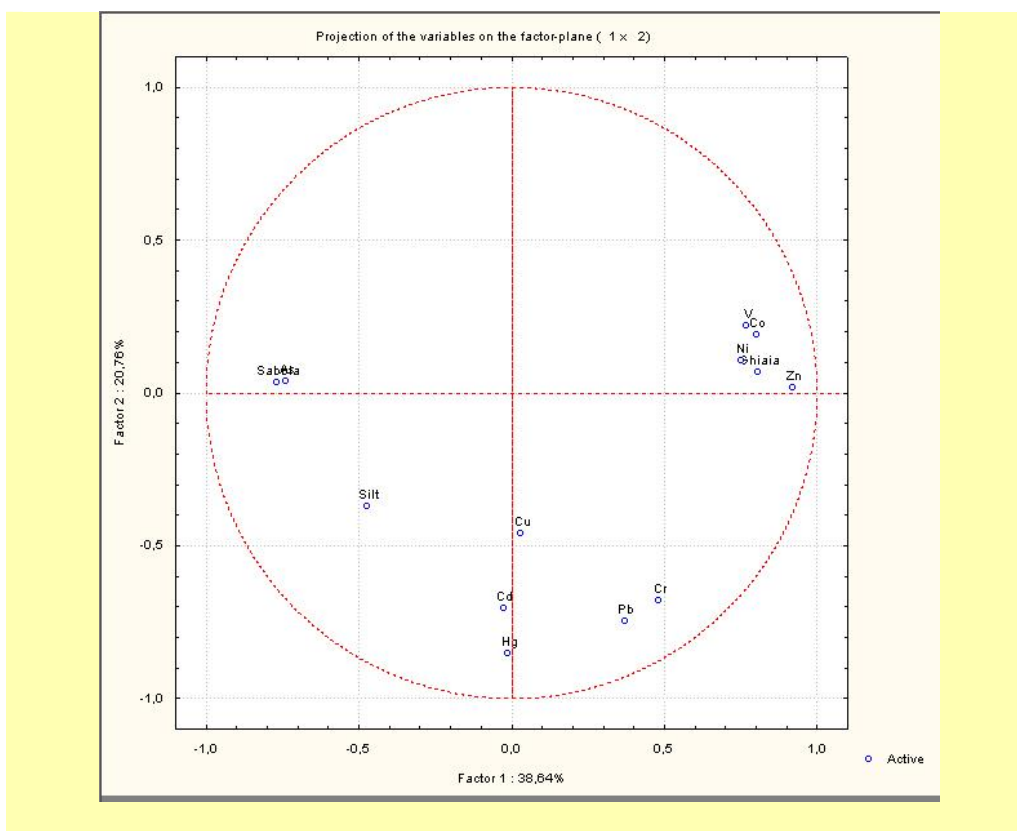


**Area Marina Protetta *Punta Campanella*:  
Foraminiferi bentonici come bio-indicatori ambientali**



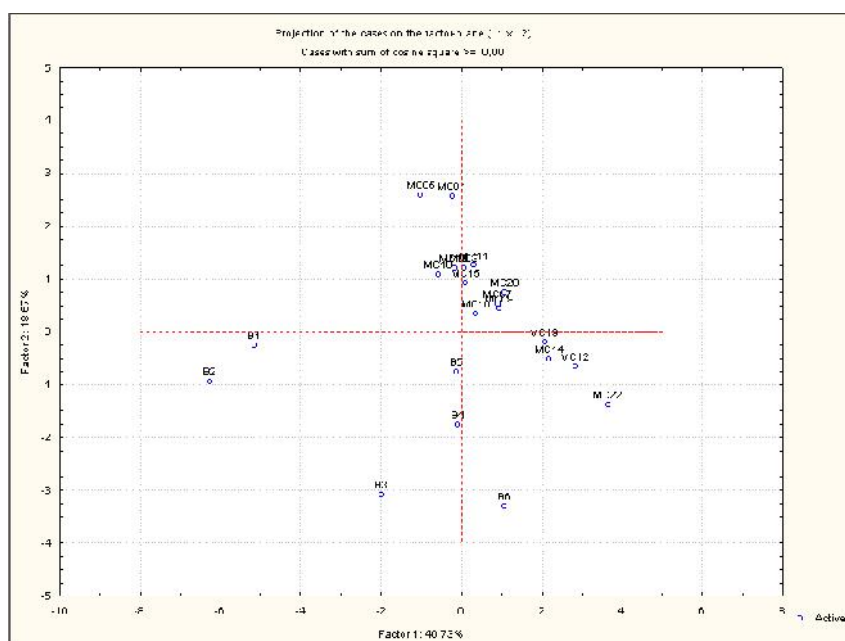
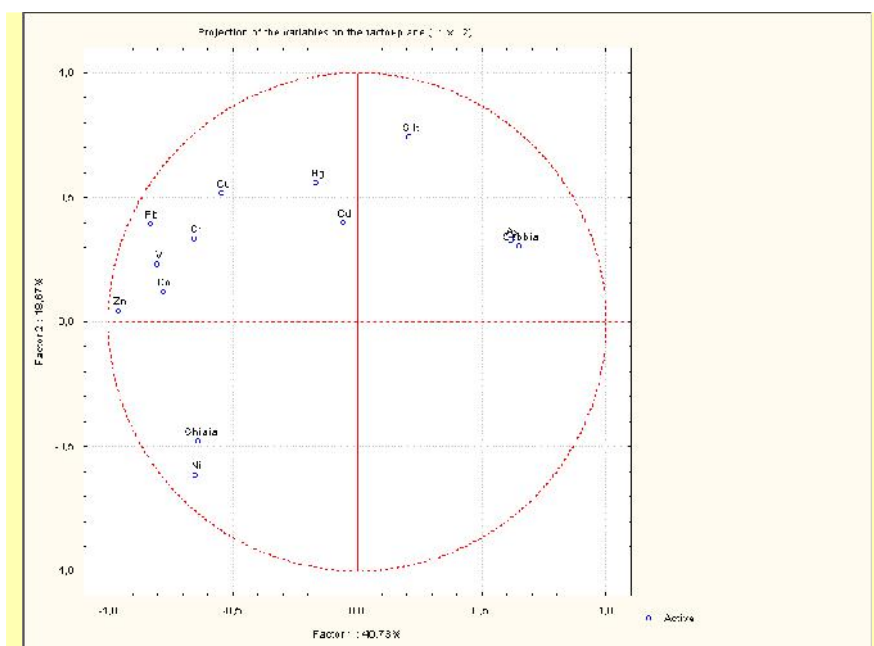
## MARINA DI CRAPOLLA

### PCA – assi 1x2 – Metalli; Granulometria



**Commenti:** V, Co, Ni e Zn si correlano con Ghiaia; As con Sabbia. Il campione MC13bis è sensibilmente isolato rispetto agli altri. Si filtra.

### PCA – assi 1x2 – Metalli; Granulometria (Campione MC13bis filtrato)



**Commenti:** i campioni sono più coerenti, mentre la PCA delle variabili mostra risultati diversi. As e Sabbia confermano la loro elevata correlazione, mentre la Ghiaia rimane abbastanza ben correlata con Ni. Dalla PCA delle variabili, inoltre, si può approssimare il Factor2, proprio, alla granulometria.

	Ghiaia	Sabbia	Silt	Co	As	Cr	Cu	Ni	Pb	V	Zn	Cd	Hg
Factor 2	-0,48	0,30	0,74	0,12	0,33	0,33	0,52	-0,62	0,39	0,23	0,04	0,40	0,56

### Matrice di correlazione

	Ghiaia	Sabbia	Silt	Co	As	Cr	Cu	Ni	Pb	V	Zn	Cd	Hg
Ghiaia	1,00	-0,96	-0,42	0,22	-0,40	0,22	0,20	0,59	0,38	0,24	0,49	0,05	-0,06
Sabbia	-0,96	1,00	0,15	-0,23	0,39	-0,28	-0,40	-0,47	-0,41	-0,28	-0,48	-0,02	0,04
Silt	-0,42	0,15	1,00	-0,12	0,28	0,06	0,56	-0,63	0,01	-0,01	-0,22	-0,06	0,13
Co	0,22	-0,23	-0,12	1,00	-0,26	0,40	0,57	0,42	0,59	0,94	0,83	-0,20	-0,09
As	-0,40	0,39	0,28	-0,26	1,00	-0,49	-0,07	-0,71	-0,36	-0,28	-0,54	0,06	-0,08
Cr	0,22	-0,28	0,06	0,40	-0,49	1,00	0,31	0,36	0,60	0,38	0,58	0,31	0,58
Cu	0,20	-0,40	0,56	0,57	-0,07	0,31	1,00	-0,14	0,57	0,68	0,48	-0,16	-0,05
Ni	0,59	-0,47	-0,63	0,42	-0,71	0,36	-0,14	1,00	0,30	0,28	0,61	-0,09	-0,05
Pb	0,38	-0,41	0,01	0,59	-0,36	0,60	0,57	0,30	1,00	0,72	0,84	0,35	0,45
V	0,24	-0,28	-0,01	0,94	-0,28	0,38	0,68	0,28	0,72	1,00	0,87	-0,18	-0,07
Zn	0,49	-0,48	-0,22	0,83	-0,54	0,58	0,48	0,61	0,84	0,87	1,00	0,03	0,14
Cd	0,05	-0,02	-0,06	-0,20	0,06	0,31	-0,16	-0,09	0,35	-0,18	0,03	1,00	0,85
Hg	-0,06	0,04	0,13	-0,09	-0,08	0,58	-0,05	-0,05	0,45	-0,07	0,14	0,85	1,00

Dalla matrice di correlazione troviamo conferma dei valori più alti rispettivamente per le coppie:

As – Sabbia

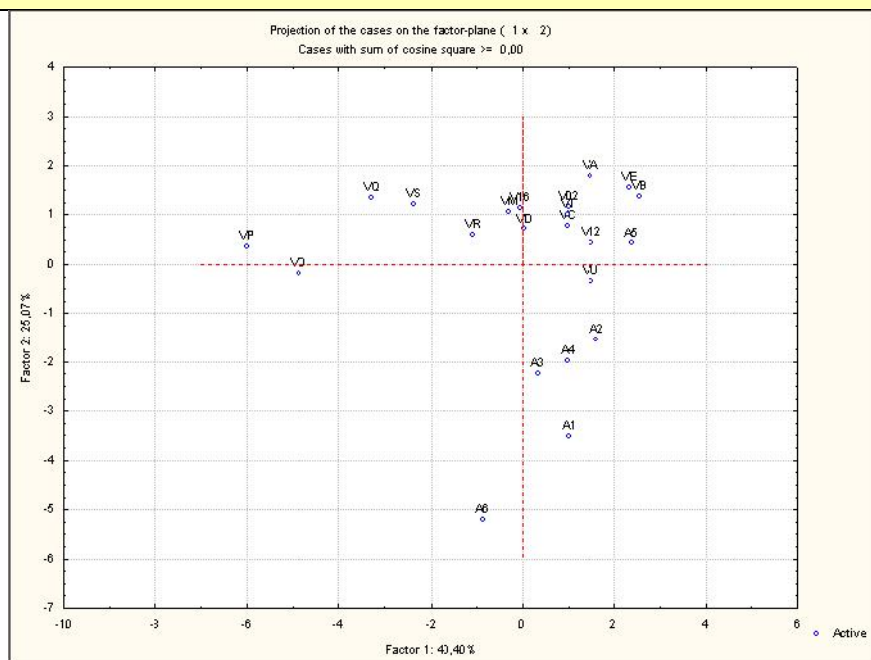
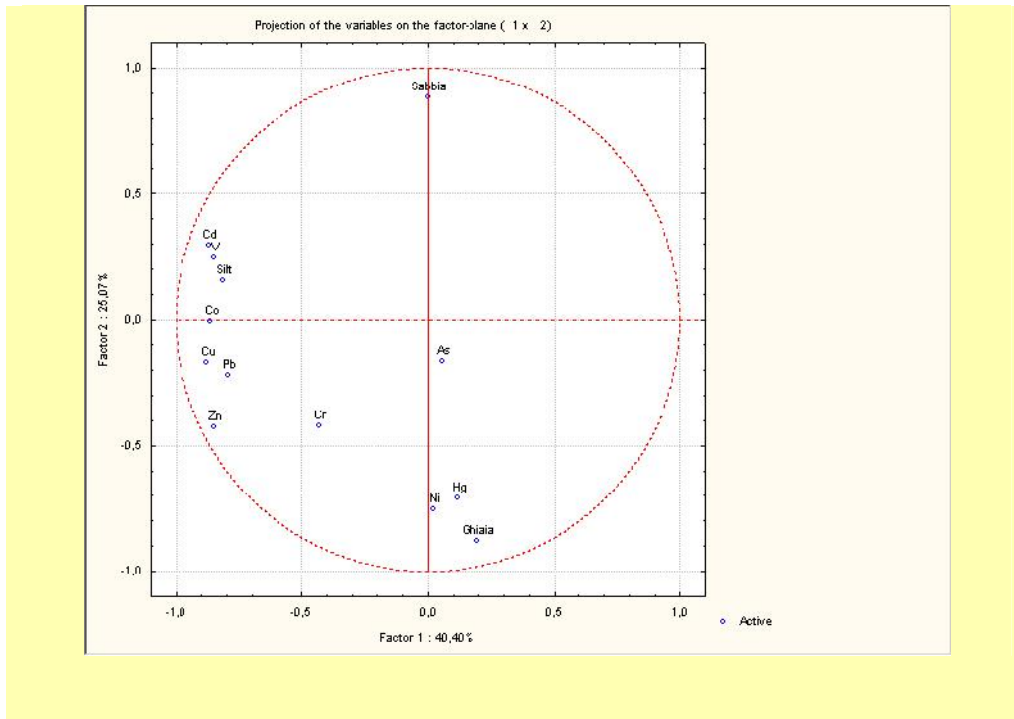
Ni – Ghiaia

Cu – Silt



# VERVECE

PCA – assi 1x2 – Metalli; Granulometria



**Commenti:** I campioni non rivelano nessun pattern specifico. Nella PCA delle variabili sembrano formarsi due gruppi attorno a:

1) Ghiaia - Ni e Hg

## 2) Silt - Cd, Co, e V

### Matrice di correlazione

	Ghiaia	Sabbia	Silt	Co	As	Cr	Cu	Ni	Pb	V	Zn	Cd	Hg
Ghiaia	1,00	-0,97	-0,32	-0,12	0,39	0,08	0,08	0,45	0,03	-0,30	0,14	-0,43	0,51
Sabbia	-0,97	1,00	0,08	-0,01	-0,38	-0,15	-0,26	-0,43	-0,21	0,17	-0,31	0,28	-0,49
Silt	-0,32	0,08	1,00	0,54	-0,14	0,25	0,70	-0,20	0,70	0,56	0,63	0,69	-0,19
Co	-0,12	-0,01	0,54	1,00	0,16	0,27	0,74	0,05	0,57	0,90	0,66	0,76	-0,10
As	0,39	-0,38	-0,14	0,16	1,00	-0,38	0,10	-0,19	0,08	0,03	-0,13	-0,10	-0,05
Cr	0,08	-0,15	0,25	0,27	-0,38	1,00	0,23	0,62	0,25	0,20	0,72	0,28	0,16
Cu	0,08	-0,26	0,70	0,74	0,10	0,23	1,00	-0,03	0,79	0,66	0,79	0,66	-0,08
Ni	0,45	-0,43	-0,20	0,05	-0,19	0,62	-0,03	1,00	-0,05	-0,25	0,42	-0,19	0,54
Pb	0,03	-0,21	0,70	0,57	0,08	0,25	0,79	-0,05	1,00	0,53	0,72	0,54	0,22
V	-0,30	0,17	0,56	0,90	0,03	0,20	0,66	-0,25	0,53	1,00	0,55	0,84	-0,24
Zn	0,14	-0,31	0,63	0,66	-0,13	0,72	0,79	0,42	0,72	0,55	1,00	0,60	0,13
Cd	-0,43	0,28	0,69	0,76	-0,10	0,28	0,66	-0,19	0,54	0,84	0,60	1,00	-0,26
Hg	0,51	-0,49	-0,19	-0,10	-0,05	0,16	-0,08	0,54	0,22	-0,24	0,13	-0,26	1,00

Il Silt sembra presentare i valori di correlazione più alti.

Di seguito vengono riportate le carte tematiche su rilievo batimetrico relative a:

- Distribuzione in % delle classi granulometriche più fini (silt+argilla).
- Distribuzione in valore assoluto di ciascuno dei metalli pesanti analizzati.

