

INDAGINE CONOSCITIVA SUI POPOLAMENTI BENTONICI DELLE AREE MARINE D'INTERESSE DEL PARCO REGIONALE RIVIERA D'ULISSE



RAPPORTO TECNICO



Prof. Giovanni Fulvio Russo

Dipartimento di Scienze per l'Ambiente, Università di Napoli Parthenope

Con la collaborazione di:

Dott.ssa Rossana Di Donato, Dott.ssa Floriana Di Stefano, Dott.ssa Vincenza Mastascusa,

Dott.ssa Maena Renzi, Dott. Luca Apolloni, Beatrice Squadrelli

| | |
|---|-----------|
| PREFAZIONE..... | 1 |
| 1 AREA DI STUDIO..... | 2 |
| 1.1 INQUADRAMENTO GENERALE..... | 2 |
| 1.2 AREA PROTETTA VILLA DI TIBERIO-COSTA DI TORRE CAPOVENTO | 7 |
| 1.3 AREA PROTETTA DI MONTE ORLANDO | 8 |
| 1.4 AREA PROTETTA DI GIANOLA-MONTE DI SCAURI | 9 |
| 2 MATERIALI E METODI..... | 12 |
| 2.1 INDAGINI DI CAMPO..... | 12 |
| 2.1.1 Rilevamenti video e censimenti visivi dei fondali..... | 12 |
| 2.1.2 Campionamento del benthos | 13 |
| 2.2 ANALISI DEI DATI | 18 |
| 2.2.1 Smistamento e identificazione dei campioni di benthos..... | 18 |
| 2.2.2 Analisi descrittiva e strutturale dei popolamenti bentonici | 20 |
| 2.2.3 Calcolo degli indici biotici dello stato ecologico di qualità | 23 |
| 2.2.4 Produzione delle carte bionomiche..... | 27 |
| 3 RISULTATI..... | 30 |
| 3.1 AREA PROTETTA DI VILLA DI TIBERIO-COSTA TORRE CAPOVENTO..... | 30 |
| 3.1.1 Tipologia e distribuzione dei popolamenti bentonici..... | 30 |
| 3.1.2 Gruppi tassonomici principali | 36 |
| 3.1.3 Popolamento a Molluschi..... | 39 |
| 3.1.4 Stato ecologico di qualità..... | 48 |
| 3.2 AREA PROTETTA DI MONTE ORLANDO | 49 |
| 3.2.1 Tipologia e distribuzione dei popolamenti bentonici..... | 49 |
| 3.2.2 Gruppi tassonomici principali | 55 |
| 3.2.3 Popolamento a Molluschi..... | 58 |
| 3.2.4 Stato ecologico di qualità..... | 67 |
| 3.3 AREA PROTETTA DI GIANOLA-MONTE DI SCAURI | 68 |
| 3.3.1 Tipologia e distribuzione dei popolamenti bentonici..... | 68 |
| 3.3.2 Gruppi tassonomici principali | 74 |
| 3.3.3 Popolamento a Molluschi..... | 77 |

| | |
|--|-----------|
| 3.3.4 Stato ecologico di qualità..... | 86 |
| 3.4 CONFRONTO TRA LE AREE PROTETTE..... | 88 |
| 3.4.1 Tipologia e distribuzione dei popolamenti bentonici Errore. Il segnalibro non è definito. | |
| 3.4.2 Confronto tra le differenti aree protette per Taxa | 89 |
| 3.4.3 Confronto tra le aree protette per i molluschi | 92 |
| 3.4.4 Stato ecologico di qualità: confronto tra le aree protette..... | 95 |
| 4 CONCLUSIONI | 98 |
| BIBLIOGRAFIA | 99 |

PREFAZIONE

Il presente rapporto tecnico riguarda la conclusione del programma congiunto tra il Parco Regionale Riviera d'Ulisse (Ente Gestore) e il Dipartimento di Scienze per l'Ambiente (DiSAM) dell'Università degli Studi di Napoli Parthenope, denominato "Indagine conoscitiva sui popolamenti bentonici delle aree marine d'interesse del Parco Regionale Riviera d'Ulisse", in ottemperanza all'art. 3, del contratto di consulenza tecnico-scientifico del 05/10/2005 tra l'Ente Gestore e il DiSAM.

Il progetto articolato in cinque fasi è stato finalizzato al seguente obiettivo:

- "indagine conoscitiva sui popolamenti bentonici costieri delle aree protette in consegna al Parco Regionale Riviera d'Ulisse, in particolare: le aree protette di Villa di Tiberio, Torre Capovento e Punta Cetarola (comune di Sperlonga), l'area protetta di Monte Orlando (comune di Gaeta) e l'area protetta di Giànola e Monte di Scauri (comune di Scauri)"

Una prima fase, ha previsto un'indagine bibliografica sull'area di studio e una raccolta di cartografia di base, propedeutiche alla individuazione delle aree di particolare interesse al fine di calibrare il piano di campionamento. Una seconda fase, ha previsto una serie di campagne a mare per individuare le principali associazioni biologiche con relativo campionamento. Una terza fase, ha previsto una serie di attività di ricerca quali-quantitative, svolte in laboratorio. Una quarta fase, ha previsto l'elaborazione dei dati, una quinta ed ultima fase la produzione del presente rapporto di ricerca, come sintesi del lavoro svolto con i relativi allegati cartografici.

Il programma così articolato è stato realizzato presso il Dipartimento di Scienze per l'Ambiente (DiSAM) dell'Università degli Studi di Napoli Parthenope, con il coordinamento e la responsabilità scientifica del Prof. Giovanni Fulvio Russo, ordinario di ecologia presso il DiSAM. Il gruppo di ricerca che ha collaborato al progetto è così costituito:

Dott.ssa Clelia Aricò, Università di Napoli Parthenope
Dott.ssa Rossana Di Donato, Università di Napoli Parthenope
Dott.ssa Floriana Di Stefano, Università di Napoli Parthenope
Dott.ssa Vincenza Mastascusa, Università di Napoli Parthenope
Dott.ssa Maena Renzi, Università di Napoli Parthenope
Dott. Guido Villani, CNR – Area di Ricerca di Napoli
Tirocinanti del corso di laurea in Scienze Ambientali:
Dott. Luca Appolloni
Beatrice Squadrelli

1 AREA DI STUDIO

1.1 Inquadramento generale

Il Parco Regionale Riviera d'Ulisse (Figura 1) è stato istituito dalla Regione Lazio con legge n. 2 del 06-02-2003, ne fanno parte quattro comuni: Minturno, Formia, Gaeta e Sperlonga.

Il Parco Regionale unisce tre aree costiere di particolare pregio naturalistico, storico e archeologico, che già precedentemente erano state aree protette di competenza regionale, rispettivamente, il Parco Regionale Urbano del Comune di Gaeta, istituito nel 1986, il Parco Suburbano di Gianola e Monte di Scauri, istituito 1987, il Monumento Naturale "Promontorio Villa di Tiberio e Costa Torre Capoverde-Punta Cetarola", istituito nel 2002. Inoltre, rientrano nella gestione del Parco le aree marine che costituivano le tre aree "Oasi Blu" del WWF, di Gianola estesa 5 ha ed istituita nel 1988, di Monte Orlando e di Villa Tiberio, estese rispettivamente 30 e 11 ha e istituite nel 1995.

Nel suo complesso il parco si estende su una superficie di 514 ha, di cui 434 terrestri e 80 marini e prende nome da Ulisse, l'eroe omerico che ormeggiò la propria nave nell'odierno golfo di Gaeta per rifornirsi d'acqua presso una fonte, dove incontrò la principessa Artacia, figlia del re dei terribili Lestrigoni, che abitavano sulle falde dei colli costieri.

Tutto l'arco del golfo di Gaeta (Figura 1) fu intensamente occupato, a partire dalla tarda età repubblicana (II-I sec. A.C.), da impianti produttivi e complessi residenziali, edifici funerari, porticcioli e peschiere, appartenenti a insigni esponenti dell'aristocrazia romana, che elesse questa zona a luogo privilegiato di soggiorno. La viabilità, incentrata sull'asse primario dell'Appia e sulle sue diramazioni, fu incrementata nel 184 a.C. da una strada aperta dal censore Lucio Valerio Flacco, il cui percorso originario è in buona parte ricalcato dalla moderna statale denominata "Flacca". La nuova arteria era nata per meglio collegare il porto di Terracina con la zona produttiva dell'*ager fundanus* (agro di Fondi) e la città di Formia. Alcuni tratti sono tuttora visibili tra Torre Capoverde e Punta dello Scarpone (AA. VV., 2006).

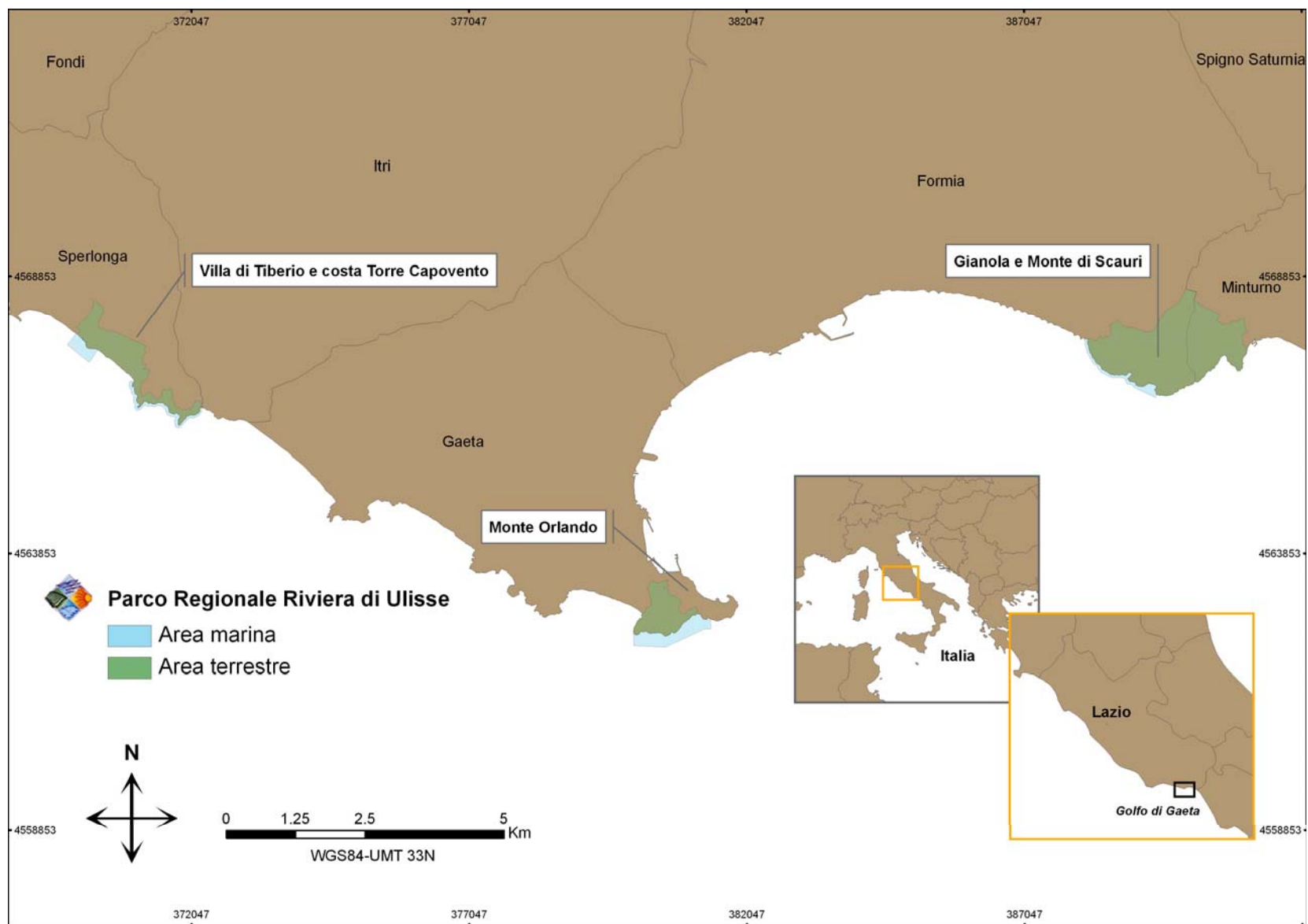


Figura 1 – Ubicazione aree di studio

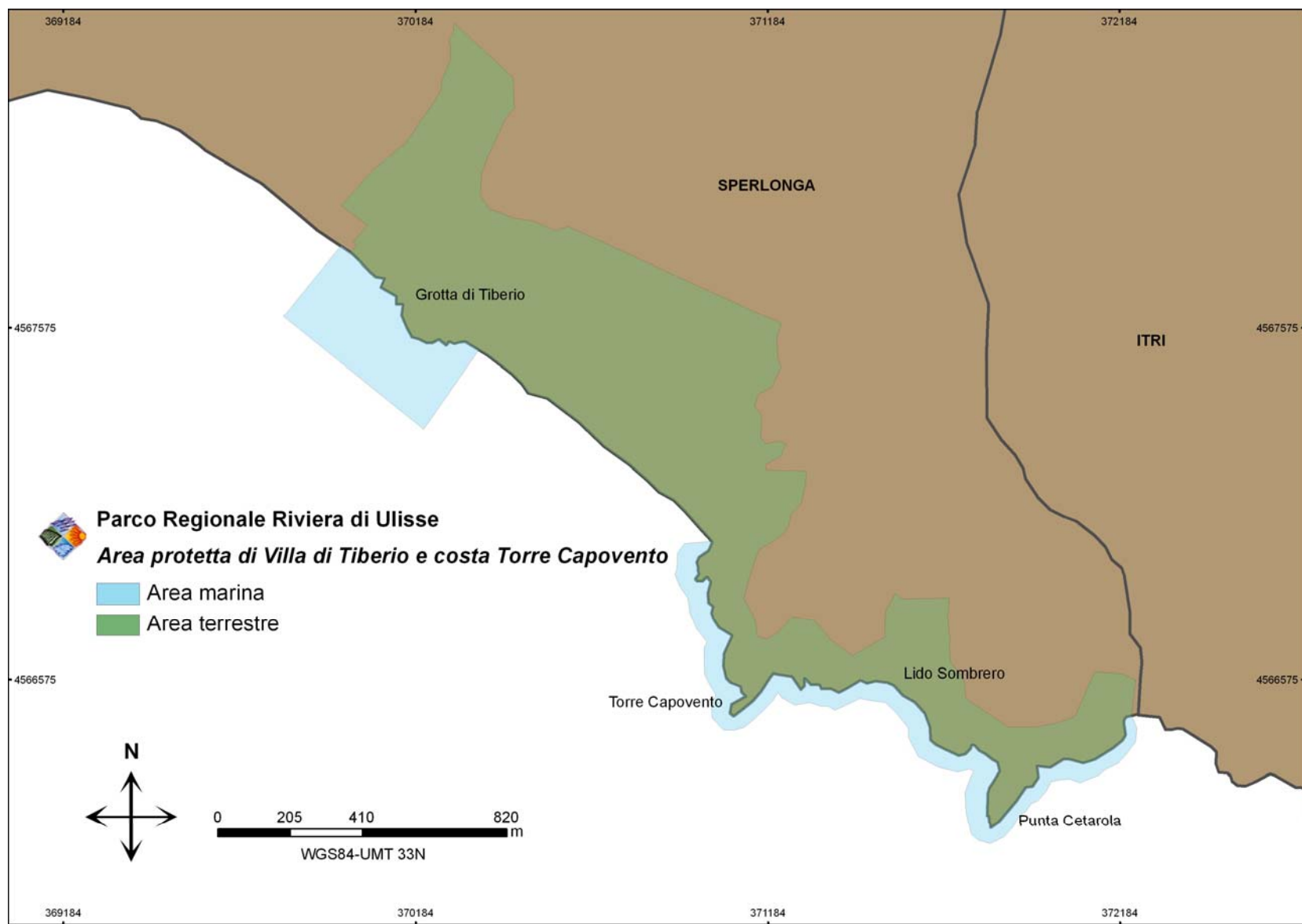


Figura 2 – Area protetta Villa di Tiberio-Costa Torre Capovento

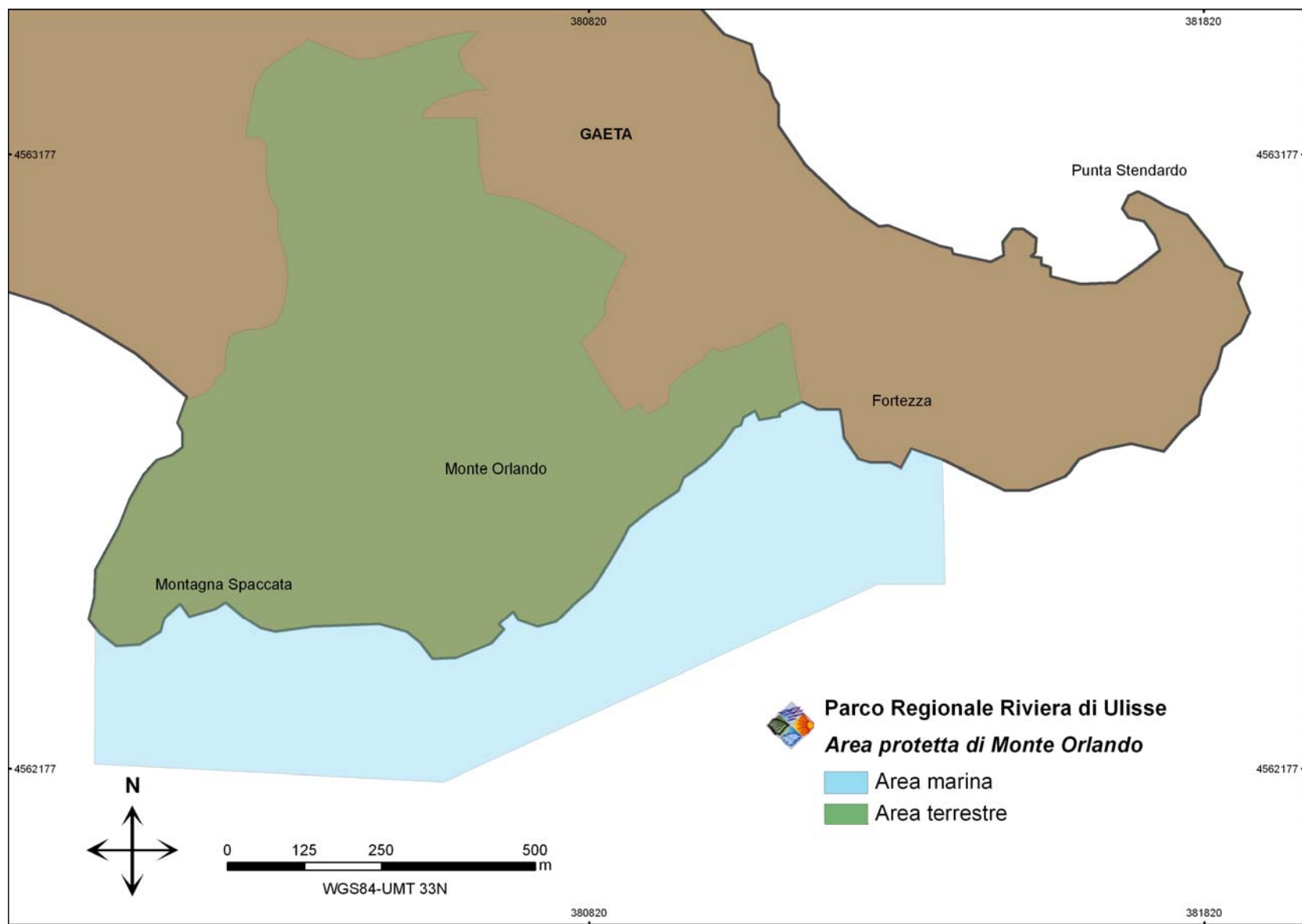


Figura 3 – Area protetta di Monte Orlando

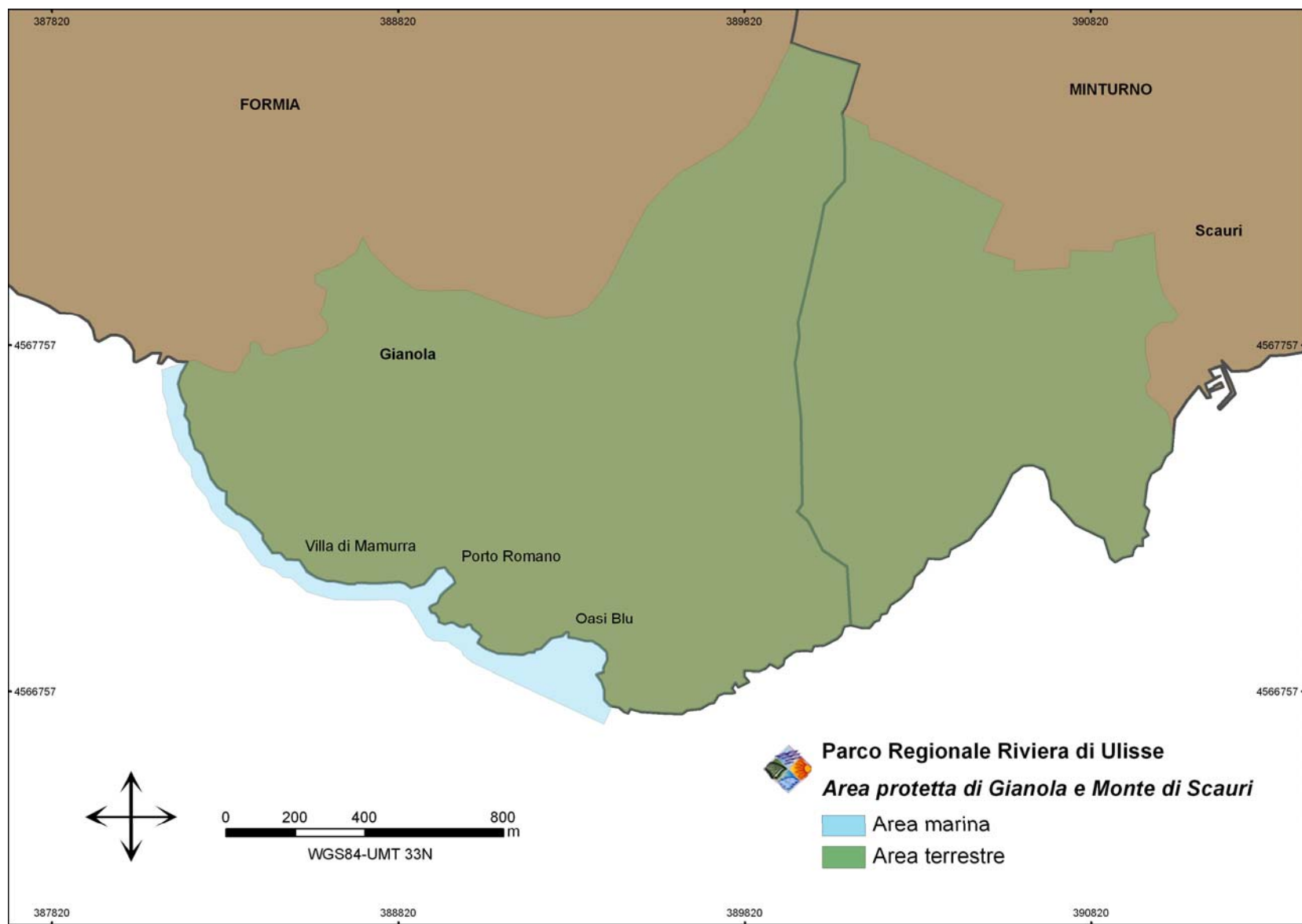


Figura 4 – Area protetta di Gianola-Monte di Scauri

La costa del Golfo di Gaeta si presenta ad oriente con un tratto sabbioso dovuto ai notevoli apporti sedimentari del fiume Garigliano, il quale ha originato una pianura alluvionale. Proseguendo verso nord, si incontra il promontorio di Gianola-Monte di Scauri, il cui fondale, per lo più fangoso, ha una bassa profondità e la costa è a tratti rocciosa e sabbiosa, andando avanti, la costa ridiventa sabbiosa fino a raggiungere le falesie calcaree di Monte Orlando, dove il fondale degrada ripidamente fino ad una profondità di 150 m. Proseguendo verso Sperlonga la costa alterna insenature sabbiose a lunghi tratti rocciosi. L'area è priva di un vero e proprio reticolo idrografico, poiché le acque meteoriche si incanalano velocemente attraverso le fratture delle rocce fino a raggiungere il sottosuolo. Lungo il loro percorso esercitano un'azione corrosiva, dissolvendo chimicamente il carbonato di calcio, il maggior costituente delle rocce calcaree della zona. Ne consegue un'azione di modellamento che nel tempo ha dato origine in tutto il territorio a solchi, crepacci, cavità e grotte. In particolare "la montagna Spaccata" e la "Grotta del Turco" sono strutture geologiche in cui il fenomeno carsico si è sviluppato in modo molto evidente, utilizzando le faglie verticali come linee preferenziali. Contemporaneamente, l'erosione marina ha contribuito a forgiare le coste, l'azione del moto ondoso ha allargato fessure, ha frammentato e rimosso massi, tracciato solchi di battigia e sagomato micro forme d'erosione (*lapiez* e *vaschette*) sulle rocce esposte agli spruzzi. Lungo la costa vi sono numerose piccole sorgenti d'acqua dolce che fuoriescono al di sotto del livello del mare (Antolini *et al.*, xx).

L'area del golfo è interessata dalla presenza di un fiume di considerevole portata, il Garigliano, che sfocia nel comune di Minturno e i cui apporti per la maggior parte dell'anno vengono trasportati verso Nord influenzando la qualità delle acque costiere del golfo (Budillon *et al.*, 1998) e il torrente S. Croce, che sfocia nel comune di Formia, seguendo il confine del parco.

1.2 Area protetta Villa di Tiberio-costa di Torre Capovento

L'area protetta "Villa di Tiberio e Costa Torre Capovento" (Figura 2), ricade integralmente nel comune di Sperlonga (82 ettari a terra, 33 a mare), per meglio tutelare le emergenze archeologiche e gli aspetti vegetazionali è stata dichiarata protetta tutta la zona compresa tra il promontorio della Villa di Tiberio e le falesie di Punta Cetarola.

Il nome Sperlonga deriva dal latino *speluncae* che lascia intendere la presenza, lungo la costa, di grotte e cavità che hanno conservato, nel tempo, tracce di presenze preistoriche a testimonianza dell'importanza che questo tratto di costa già aveva anticamente (Figura 5)



Figura 5 - La costa tra Villa di Tiberio-Torre Capovento

Tra le numerose ville costiere quella di Sperlonga, identificabile con il *pretorium*, ossia il palazzo posseduto da Tiberio nella zona, presenta caratteri senza pari. Il nucleo originario della residenza era una villa marittima risalente alla prima metà del I secolo a.C., di dimensioni contenute e disposta su due livelli probabilmente appartenente ad un avo di Tiberio. All’inizio dell’età imperiale, nel periodo augusteo-tiberiano, si deve una totale ristrutturazione del complesso. Tra le varie opere eseguite fu ampliato il quartiere “a mare”, con la creazione di doppi portici, peschiere, la decorazione della grotta, la realizzazione in essa di un triclinio-ninfeo, decorato con marmi e mosaici, ed anche con un ciclo marmoreo di soggetto epico, il tutto conservato tuttora presso l’adiacente museo.

1.3 Area Protetta di Monte Orlando

L’area protetta di Monte Orlando (Figura 3), con un’estensione totale di 89 ettari (59 di area terrestre e 30 di area marina), è inserita nel contesto urbano del Comune di Gaeta e rappresenta l’estrema propaggine del sistema montuoso dei Monti Aurunci.

Monte Orlando, con la sua forma caratteristica detta a “mandolino”, è legato a settentrione alla terraferma da una sottile striscia di terra, l’istmo di Monte Secco, e termina nella parte meridionale con un’alta costa rocciosa di cui sono caratteristiche le spettacolari falesie, con le loro faglie.

Gaeta trasse il nome, secondo la tradizione raccolta da Virgilio da Cajeta, dalla nutrice di Enea, morta in Gaeta durante il viaggio che da Cuma doveva portare l’eroe troiano ai lidi del

Lazio. (Figura 6). Secondo la fonte di Strambone sarebbe stata invece la forma cava del porto a far designare la località con tal nome dai navigatori laconi, “*Kaidas*” è, infatti, voce dorica che vuol dire cavità. (Aurigema e De Santis, 1979).

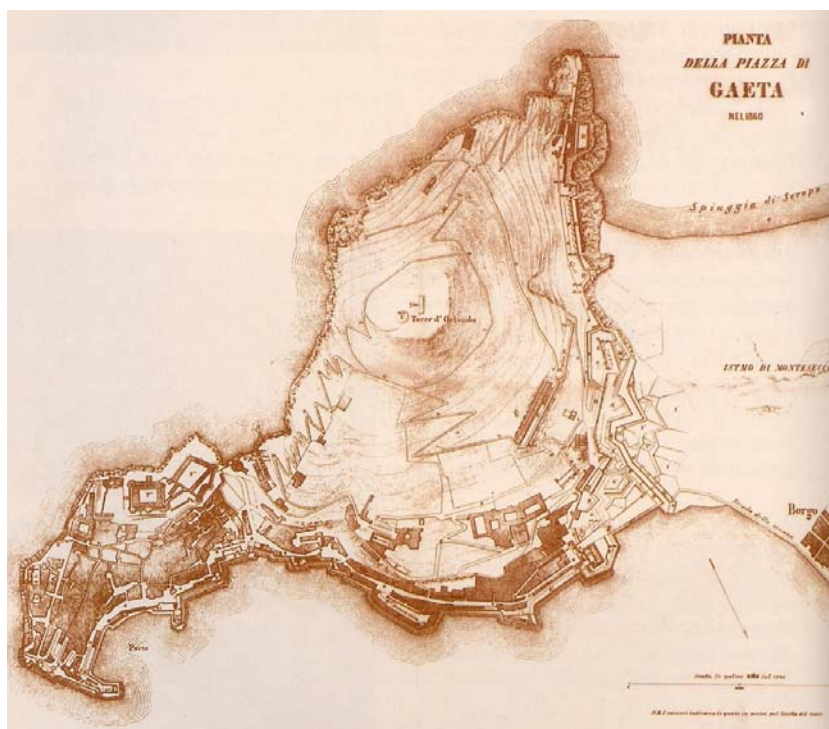


Figura 6 - Pianta della piazza di Gaeta.

L'azione dell'uomo ha lasciato, anche in questo caso, i segni della sua presenza, dal mausoleo di Lucio Munatio Planco, sito sulla sommità di M. Orlando, alle polveriere borboniche sulle sue pendici, con i relativi camminamenti, cinte murarie, strade e batterie, modellando il paesaggio.

Della residenza di Lucio Munatio Planco, console, governatore dell'Asia e della Siria e poi censore, rimane ben visibile il solo mausoleo, ispirato a quello di Augusto, il quale è costituito da un corpo cilindrico coperto presumibilmente da un tetto conico. L'esterno è rivestito da blocchi di calcare ed è decorato con fregio dorico di triglifi e metope con simboli guerreschi, l'interno si articola in un corridoio anulare su cui si aprono quattro celle funerarie disposte a croce.

1.4 Area Protetta di Gianola-Monte di Scauri

L'area protetta di Gianola e Monte di Scauri (Figura 4), situata nei comuni di Minturno e Formia, ha un'estensione di 309 ettari di cui 292 a terra e 17 a mare.

Le alture costiere di Gianola e del Monte di Scauri (120 m) costituiscono un circoscritto complesso orografico, indicato come Promontorio di Gianola. In apparenza isolato, è in realtà

una propaggine del retrostante massiccio dei Monti Aurunci. Il paesaggio è caratterizzato dall'orografia e dalla particolare costituzione geologica determinante la natura dei suoli e la distribuzione della vegetazione. La roccia più diffusa è il conglomerato, le brecce e le puddinghe, ad elementi calcarei provenienti per lo più dai principali rilievi di formazione mesozoica, accumulati durante il Pliocene inferiore in un delta marino. La tettonica che aveva portato, otto milioni di anni or sono, alla formazione dei Monti Aurunci, innalza anche questi depositi, dalla cui erosione delle parti incoerenti restano "zolle" rocciose quali il complesso del Monte di Scauri e alcuni rilievi pedemontani (AA. VV., 1995).

Il Parco nacque per salvaguardare sia l'aspetto paesaggistico-ambientale che storico-archeologico, infatti al suo interno vi sono notevoli emergenze archeologiche.

Il toponimo "Scauri", documentato fin dal IX secolo, trova più probabilmente origine dall'antico proprietario del luogo. Da quanto tramandato, Marco Emilio Scauro, il censore costruttore della via Emilia (109 a.C.), aveva possedimenti nel golfo di Gaeta, l'antico *Sinus Formianus*, il cui padre, oltre ad esercitare la professione di carbonaio, si diede anche al commercio. Lungo le pendici del Monte di Scauri, si rinviene una struttura insediativa romana, tra l'altro con un possente fronte murario megalitico lungo 120 mt. La struttura, edificata a partire dal IV secolo a.C. sino al II, presenta un'evidente funzione difensiva oltre che della villa stessa, anche di un nucleo abitato retrostante l'insenatura portuale ricca d'acqua dolce e non lontana dalla via Appia. L'insediamento di Scauri si qualificava in una tipologia produttiva e mercantile.

L'altra villa, presente a Gianola (Figura 7) era ad esclusivo uso residenziale, appartenente a Mamurra, cavaliere formiano arricchitosi enormemente come prefetto dei genieri e socio di Cesare nelle sue campagne militari. Il complesso edificato si estende per 600 metri in lunghezza e 150 in profondità, parte dalla sommità del pendio meridionale del promontorio, con tre terrazze degradanti verso il mare, speculari ad un asse centrale passante per un edificio a pianta ottagonale. Sono tuttora visibili la cisterna, detta delle "trentasei colonne", i resti della scala voltata, detta "Grotta della Janara" e una più grande cisterna contigua ad una schiera di locali voltati (*horreum*) al limite orientale della terrazza mediana (Ciccione, 1995).

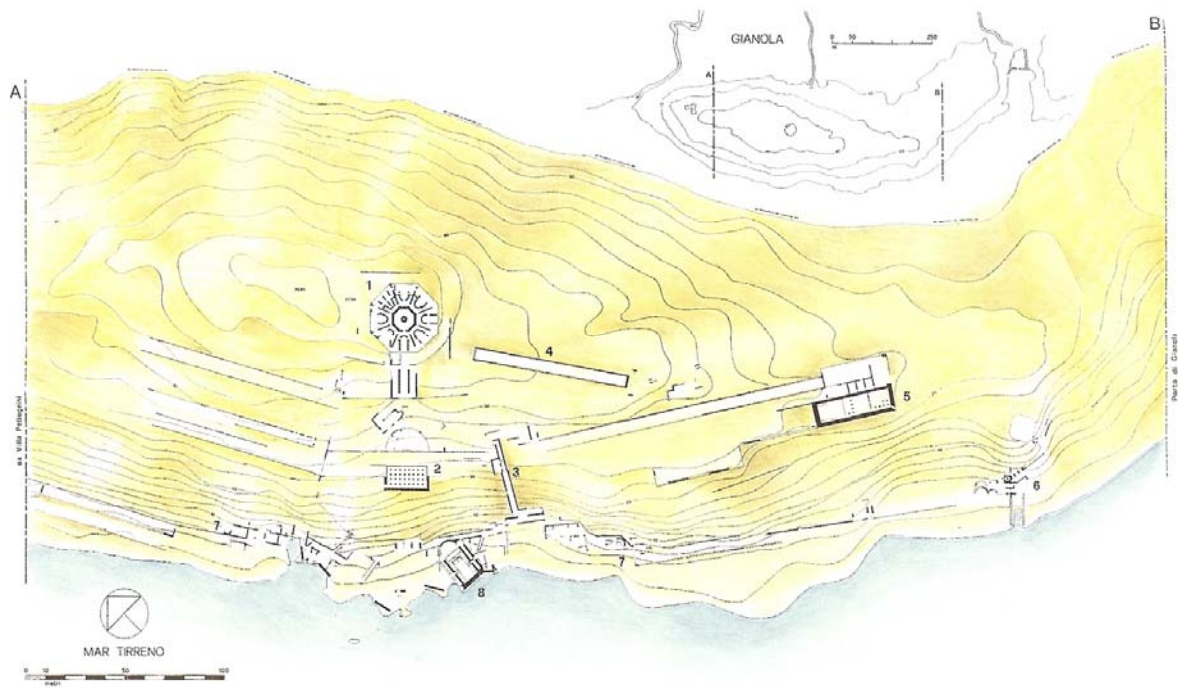


Figura 7 - Rilievo delle strutture affioranti o documentate della villa di Gianola.

2 MATERIALI E METODI

2.1 Indagini di campo

Le indagini sono state condotte sui fondali marini delle 3 aree protette del Parco Regionale Riviera di Ulisse: Villa di Tiberio-Costa Torre Capoverde, Monte Orlando, Gianola-Monte di Scauri. I dati sono stati raccolti nel mese di giugno 2006, ad eccezione dell'area protetta di Monte Orlando, in cui il campionamento è avvenuto nel mese di ottobre.

I campionamenti sono stati realizzati da operatori subacquei con tecniche “non distruttive”, oggi largamente utilizzate a livello internazionale nelle Aree Marine Protette (AMP) (Di Stefano e Russo, 2005).

Inizialmente, al fine di individuare le principali caratteristiche del paesaggio sottomarino, sono stati realizzati dei rilevamenti video e dei censimenti visivi dei fondali lungo dei transetti costa-largo. Successivamente, con lo scopo di caratterizzare con maggior dettaglio le associazioni bentoniche, sono stati prelevati campioni di benthos in siti selezionati sulla base delle osservazioni *in situ*.

I transetti di rilevamento e le stazioni di campionamento sono stati georeferenziati utilizzando un sistema integrato GPS-GIS, costituito da un ricevitore GPS (Holux 230) connesso tramite interfaccia *bluetooth* ad un palmare (Ipaq 5500) fornito del software GIS ArcPad 6.0.3. Il sistema integrato GPS-GIS, per le sue dimensioni ridotte, si è dimostrato molto utile nelle operazioni di campo, svolte con il supporto di piccole imbarcazioni (Di Donato *et al.*, 2006).

2.1.1 Rilevamenti video e censimenti visivi dei fondali

I rilevamenti video e i censimenti visivi dei fondali sono stati realizzati lungo 10 transetti costa-largo, scelti in base alle caratteristiche geomorfologiche e mesologiche della fascia costiera.

In particolare, sono stati realizzati 3 transetti nell'area protetta di Villa di Tiberio-Costa Torre Capoverde (Figura 8) 4 nell'area protetta di Monte Orlando (Figura 9) e 3 nell'area protetta di Gianola-Monte di Scauri (Figura 10).

Ogni transetto è stato etichettato con una lettera crescente, secondo un gradiente longitudinale (da N verso S). In corrispondenza del transetto D sono state realizzate esclusivamente rilevamenti video (Tabella 1).

Le osservazioni dei fondali sono state condotte da operatori subacquei in immersione con autorespiratori ad aria (ARA), che hanno seguito un percorso lineare (transetto) lungo una cima metrata posta sul fondo e segnalata in superficie da galleggianti posti alle estremità.

I rilevamenti video sono stati eseguiti con telecamera digitale subacquea, mentre le osservazioni visive sono state annotate *in situ* su di una tavoletta. In corrispondenza di ogni metro della cima sono state annotate le caratteristiche del paesaggio subacqueo (profondità, substrato, flora, fauna) (Bianchi *et al.*, 2003a).

Per ogni transetto è stata prodotta una scheda tecnica (cfr. Allegato 1).

| AREA PROTETTA | N° DI TRANSETTI | TRANSETTI | LOCALITÀ |
|---|-----------------|-----------|----------------------|
| Villa di Tiberio-Costa Torre Capovento | 3 | A | Villa di Tiberio |
| | | B | Lido Sombrero |
| | | C | Punta Cetarola |
| Monte Orlando | 3 | D | Montagna Spaccata |
| | | E | Cigliatina |
| | | F | Fortezza-Carcere |
| | | G | Fortezza-Torre |
| Gianola-Monte di Scauri | 3 | H | Villa Romana |
| | | I | Porto Romano |
| | | L | Oasi Blu |

Tabella 1 – Transetti di rilevamento video e di censimento visivo

2.1.2 Campionamento del benthos

I campioni quantitativi di benthos sono stati prelevati su differenti tipologie di fondo, in siti individuati sulla base delle osservazioni *in situ*.

Complessivamente sono state realizzate 13 stazioni di campionamento, di cui 10 di fondo molle, 1 di fondo misto e 3 di fondo duro. In particolare, sono stati prelevati: 5 campioni di fondo molle nell'area protetta di Villa di Tiberio-Costa Torre Capovento (Figura 8); 1 di fondo molle, 1 di fondo misto e 2 di fondo duro nell'area protetta di Monte Orlando (Figura 9); 4 di fondo molle nell'area protetta di Gianola-Monte di Scauri (Figura 10).

Le stazioni sono state etichettate con una lettera, che individua il transetto di appartenenza, ed un numero, che rappresenta la profondità del fondale (Tabella 2).

I campioni sono stati prelevati da operatori subacquei in immersione con autorespiratori ad aria (ARA) entro superfici standard, delimitate da un quadrato di 50x50x10 cm. Sui fondi molli è stato utilizzato un aspiratore subacqueo del tipo *sorbona*, mentre sui fondi duri è stata utilizzata la tecnica del grattaggio con spatola (Bianchi *et al.*, 2003b).

Il materiale campionato è stato raccolto in un sacchetto, vagliato a terra con un setaccio di 1 mm di maglia e conservato in acqua di mare e formalina al 4% per le successive fasi di smistamento e di analisi.

Il campionamento ha riguardato esclusivamente la fauna macrobentonica (organismi con dimensioni superiori a 1 mm), classicamente utilizzata per le analisi bionomiche e la caratterizzazione della qualità ambientale.

Per ogni stazione è stata prodotta una scheda tecnica (cfr. Allegato 2).

| AREA PROTETTA | N° DI STAZIONI | STAZIONI | SUBSTRATO |
|---|----------------|----------|-----------|
| Villa di Tiberio-Costa Torre Capovento | 5 | A2 | Molle |
| | | A5 | Molle |
| | | B3 | Molle |
| | | B5 | Molle |
| | | C6 | Molle |
| Monte Orlando | 4 | D9 | Duro |
| | | D12 | Molle |
| | | F11 | Misto |
| | | G11 | Duro |
| Gianola-Monte di Scauri | 4 | H7 | Molle |
| | | I2 | Molle |
| | | I6 | Molle |
| | | L7 | Molle |

Tabella 2 – Stazioni di campionamento del benthos. La denominazione della stazione è in base al transetto di ubicazione e alla profondità di campionamento (C6: transetto C, prof. - 6m)

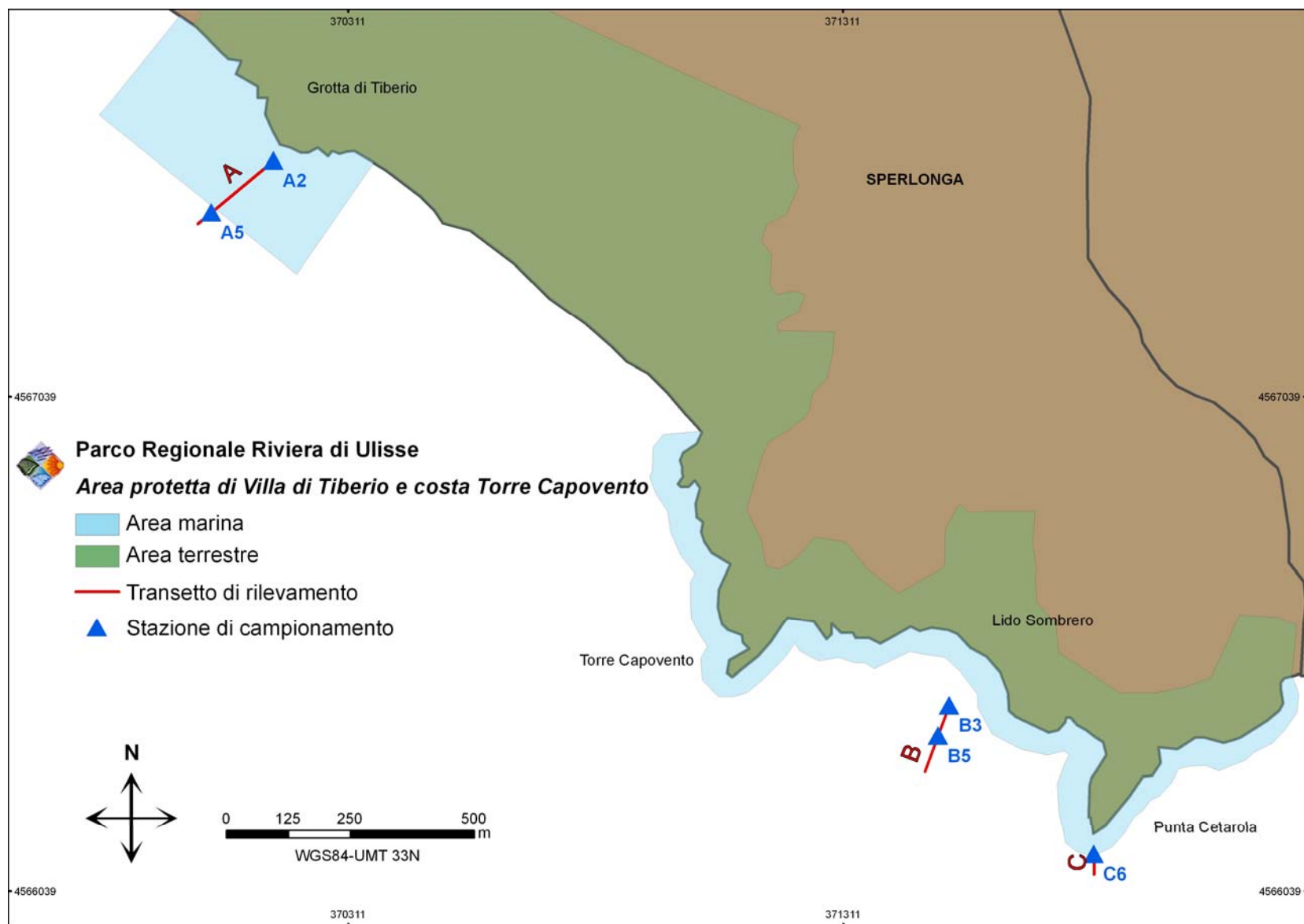


Figura 8 – Piano di campionamento del benthos (Villa di Tiberio-Costa Torre Capovento)

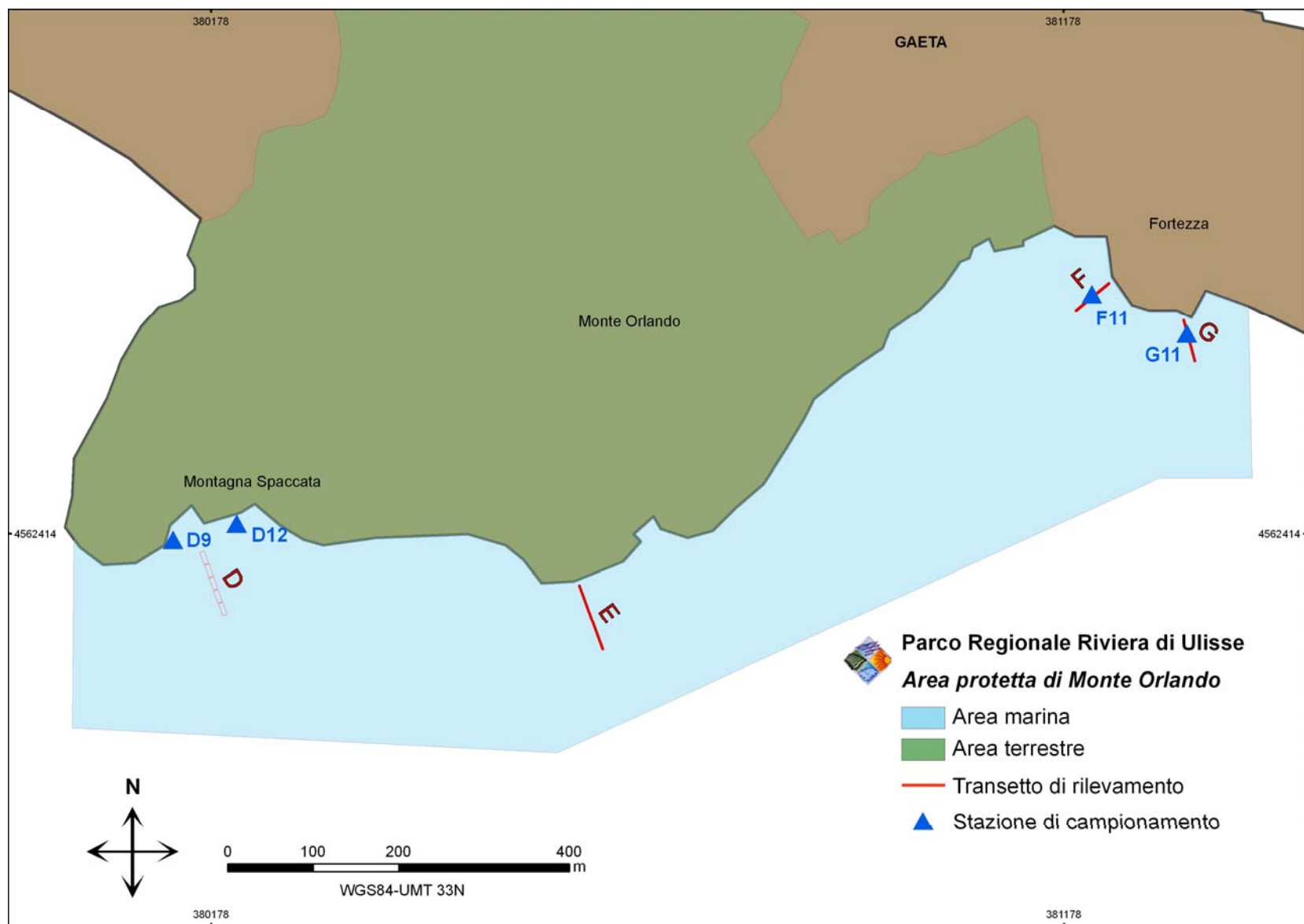


Figura 9 - Piano di campionamento del benthos (Monte Orlando)

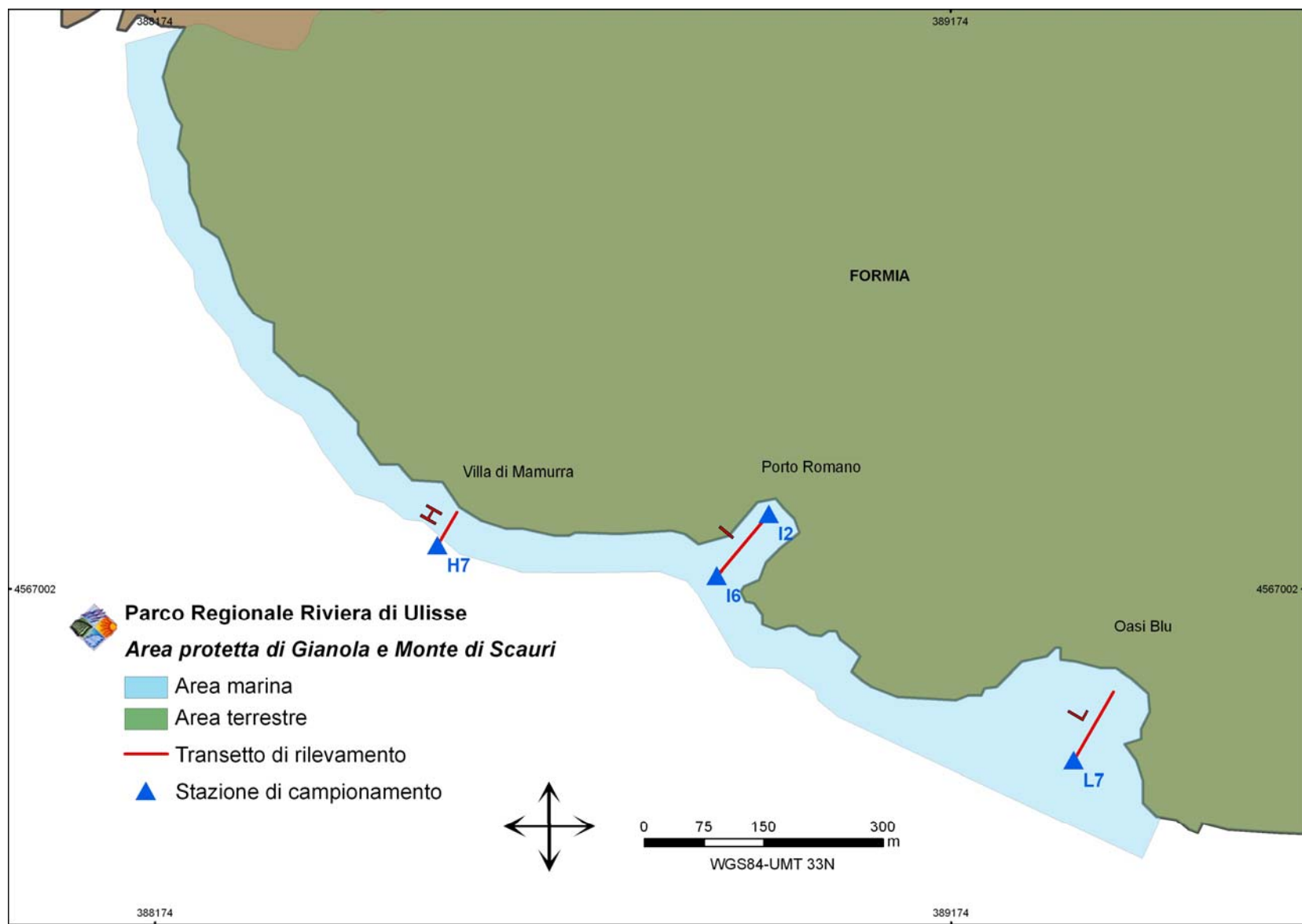


Figura 10 - Piano di campionamento del benthos (Gianola-Monte di Scauri)

2.2 Analisi dei dati

2.2.1 Smistamento e identificazione dei campioni di benthos

Il materiale campionato è stato trasportato in laboratorio dove si è svolta la fase di smistamento (*sorting*) e determinazione.

I campioni sono stati lavati, ulteriormente setacciati con l'ausilio di un setaccio di maglia da 1 mm e conservati in alcool al 70%, per evitare la decalcificazione degli esoscheletri.

Per ogni stazione, il campione è stato esaminato con il microscopio ottico binoculare a luce incidente e trasmessa (OPTIKA MICROSCOPE, Mod. SZM-1, con oculari WF 10x/20) e suddiviso nei principali gruppi tassonomici: Molluschi, Crostacei, Echinodermi, Policheti, Turbellari, Pantopodi, Sipunculidi e Nematodi (Figura 11). Gli individui, così ripartiti, sono stati conteggiati.

Successivamente, è stato determinato a livello di specie il gruppo dei molluschi, essendo un efficace descrittore (Gambi et al., 1982) dell'intera comunità bentonica (Figura 12).

Per l'identificazione sono stati utilizzati testi di sistematica generale (Dorit *et al.*, 1997; Storer *et al.*, 1990; Riedl, 1991), con il supporto di testi specializzati, guide tassonomiche e riviste di settore (Tebble, 1976; Parenzan, 1970/76; Nordsieck, 1972; AA.VV. 1986; AA.VV., 1978; Kallonas *et al.*, 1991; Mifsud, 1998; Angioy e Nicolay, 1993; Poppe e Goto, 1991/93; Doneddu e Trainito, 2005), nonché immagini e schede scaricate dalla rete internet.

Per la nomenclatura si è fatto riferimento check list "The European Register of Marine Species" (aggiornata al 13/02/2007) del **MarBEF** (Marine Biodiversity and Ecosystem Functioning) (<http://www.marbef.org>), mentre, per la filogenesi è stato impiegato il "Catalogo annotato dei molluschi marini del Mediterraneo" (Sabelli *et al.*, 1992).

Per ogni stazione, il conteggio degli individui di ciascun gruppo tassonomico e di ciascuna specie di molluschi sono state organizzate in due matrici di abbondanza (taxa x stazioni).



Figura 11-Organismi i dei vari taxa rinvenuti: a) esemplare di Cumaceo (Crostatei); b) Sipunculide; c) Astropectinide (Echinodermi); d) esemplare di Ophiuroideo (Echinodermi); e) Turbellari; f) Policheti



Figura 12- Alcune foto di molluschi rinvenuti durante il campionamento del macrobentos: in alto da sx verso dx, troviamo a) *Fusinus pulchellus*; b) *Mangelia paciniana*-*Bela laevigata*-*Mangelia costulata*; c) *Cylichnarossei*; d) *Phaxas pellucidus*; e) *Tellina fabula*; f) *Donax semistriatus*; g) *Bittium latreillii*; h) *Marshallora adversa*; i) *Gouldia minima*; l) *Dosinia lupinus*; m) *Tellymia ferruginosa*; n) *Tellina donacina*; o) *Thracia papyracea*; p) *Lentidium mediterraneum*; q) *Nucula nitidosa*; r) *Chamelea gallina*; s) *Lucinella divaricata*; t) *Loripes lacteus*; u) *Abra alba*; v) *Psammobia costulata*

2.2.2 Analisi descrittiva e strutturale dei popolamenti bentonici

I dati, relativi ai gruppi tassonomici sono stati analizzati utilizzando metodi di analisi descrittiva, mentre, per quanto riguarda il popolamento a molluschi, è stata applicata anche una analisi di tipo strutturale utilizzando tecniche statistiche multivariate. (Benzecrì, 1973).

Analisi descrittiva

Per l'analisi descrittiva dei gruppi tassonomici sono stati utilizzati i seguenti parametri sinecologici:

- Abbondanza (A), espressa come numero totale di individui per stazione.
- Ricchezza di Taxa (RT), espressa come numero totale di gruppi tassonomici per stazione.
- Dominanza quantitativa (D(I)), espressa come la percentuale di individui di ogni gruppo tassonomico per stazione.

Per l'analisi descrittiva del popolamento a molluschi sono stati impiegati i seguenti parametri sinecologici:

- Abbondanza (A), espressa come numero totale di individui per stazione.
- Ricchezza Taxa (RT), espressa come numero totale di taxa per stazione.
- Ricchezza di Specie (RS), espressa come numero totale di specie per stazione.
- Dominanza quantitativa (D(I)), espressa dalla percentuale di individui di ogni famiglia o gilda trofico-ecologica per stazione (FS= Fossori Sospensivori; FD= Fossori Detritivori; FC= Fossori Carnivori; FP= Fossori Parassiti; SD= Sedentari Detritivori; SC= Sedentari Carnivori; SP= Sedentari Parassiti; SS= Sedentari Sospensivori; FCSA= predatori di Animali Coloniali Sessili e SB= Sedentari Brucatori) (Russo *et al.*, 1985).
- Dominanza qualitativa (D(Q)), espressa dalla percentuale di specie di ogni famiglia o gilda trofico-ecologica per stazione.
- Diversità Specifica (H'), secondo la seguente formula di Shannon:

$$H' = -\sum (p_i \log_2 p_i), \text{ dove } p_i \text{ è la dominanza quantitativa.}$$

L'indice di diversità di Shannon assume un valore che oscilla tra 1.5 e 3.5, di rado supera 5 (Margalef, 1972).

- Equitabilità (J), secondo la formula di Pielou (1969):

$$J = \frac{H'}{H_{MAX}}, \text{ dove } H_{MAX} = \log_2 RS$$

Il valore della equitabilità è indipendente dal numero delle specie e può variare tra 0 e 1 (la minima diversità implica la dominanza assoluta di una specie; la massima diversità, invece, esprime l'equidistribuzione quantitativa delle specie).

I valori degli indici descrittivi sono stati calcolati e rappresentati in grafici a barre o a torta all'interno di un foglio di calcolo Excel.

Analisi strutturale

Per l'analisi strutturale del popolamento a molluschi, sono state utilizzate tecniche multivariate di classificazione e di ordinamento, al fine di stimare il grado di somiglianza del popolamento bentonico tra stazioni, tipologie di substrato ed aree protette.

E' stata utilizzata la matrice di abbondanza delle specie di molluschi per stazione, i cui valori sono stati sottoposti a standardizzazione e normalizzazione (radice quadrata). Alla matrice dei dati così trasformati è stato poi applicato l'algoritmo di similitudine di Bray-Curtis (1957):

$$S_{jk} = \frac{1}{P} \frac{\sum_{i=1}^P |Y_{ij} - Y_{ik}|}{\sum_{i=1}^P |Y_{ij} + Y_{ik}|}$$

dove S_{jk} esprime la similarità tra i campioni (stazioni) j e k sommata sulle P specie (o gruppi tassonomici), Y_{ij} indica il numero di individui della specie i nel campione j e Y_{ik} indica il numero di individui della specie i nel campione k .

La matrice di somiglianza, così ottenuta, è stata utilizzata sia per la classificazione sia per l'ordinamento.

La classificazione è stata ottenuta utilizzando il criterio di aggregazione del "legame medio" ed ha restituito un diagramma ad albero (dendrogramma) che raggruppa le stazioni campionate in base al loro livello di somiglianza.

L'ordinamento è stato realizzato con la tecnica del n -Multi-Dimensional-Scaling (n -MDS) (Kruskal e Wish, 1978), che ha restituito una "mappa distribuzionale" delle stazioni in un sistema d'assi cartesiani (x, y), dove la distanza tra i punti-stazione è indicativa del grado di somiglianza tra le stazioni (le stazioni più vicine sono più simili).

Le analisi statistiche multivariate sono state svolte con il software Primer 6 Beta.

2.2.3 Calcolo degli indici biotici dello stato ecologico di qualità

Sul popolamento a Molluschi è stata sperimentata l'applicabilità degli indici AMBI (AZTI *Marine Bentic Index*) e Bentix (*Bentic Index*), sviluppati per la valutazione della qualità ambientale delle acque marine costiere (Casazza *et al.*, 2004). Tali indici, che tengono conto della tipologia delle specie presenti e della struttura della comunità bentonica, sono stati impiegati per la classificazione dello stato ecologico (*EcoQ*) dai gruppi di lavoro che si occupano delle acque marine costiere e di transizione (*WGCoast - Working Groups coast*), nell'ambito della Strategia Comune di Implementazione (CIS) per lo sviluppo delle linee guida della Direttiva 2000/60/CE (Occhipinti-Ambrogi e Forni, 2004).

AMBI: il Coefficiente Biotico.

Il recente incremento d'interesse verso gli indicatori bentonici ha portato alla definizione di un Coefficiente Biotico, l'AMBI di Borja *et al.* (2000), designato per stabilire la qualità ecologica delle coste Europee, mediante l'analisi delle risposte delle comunità dei fondi molli ai cambiamenti della qualità delle acque e dei sedimenti dovuti a cause naturali e antropiche (Borja *et al.*, 2003; Gorostiaga *et al.*, 2004). Tale indice permette una classificazione dell'entità del disturbo di un particolare sito rappresentando lo stato di salute della comunità macrobentonica ivi residente (Borja *et al.*, 2004; Muxika *et al.*, 2005).

Il presupposto di base è che questa comunità macrobentonica, in risposta ad un evento di disturbo, passi attraverso quattro stadi: da uno iniziale, non inquinato, in cui l'Abbondanza, la Ricchezza Specifica e la Diversità sono elevate, ad uno sempre più perturbato, in cui si ha un abbassamento del grado di Diversità e il prevalere di specie indicatrici di acque inquinate, fino ad arrivare a condizioni di substrato azoico.

Questo indice si basa su modelli ecologici precedenti come quelli dell'Indice Biotico (Glémarec e Hily, 1981; Hily, 1984) ed ha, come basi teoriche, le strategie ecologiche di adattamento *r* e *K* (McArthur e Wilson, 1967; Pianka, 1970; Gray, 1979) e le successioni ecologiche in ambienti stressati (Bellan, 1967; Pearson e Rosenberg, 1978; Salen-Picard, 1983).

L'indice tiene conto del grado di sensibilità delle specie ad un aumento di sostanza organica, suddividendole in cinque gruppi ecologici (GE, *Ecological Group*) secondo lo schema riportato nella Tabella 3.

Il Coefficiente Biotico è espresso dalla formula:

$$\text{AMBI} = \{(0\% \text{GI}) + (1,5\% \text{GII}) + (3\% \text{GIII}) + (4,5\% \text{GIV}) + (6\% \text{GV})\} / 100$$

assume valori continui compresi tra **0** (situazione stabile con assenza di inquinamento) e **6** (ambiente fortemente inquinato).

| CB Coefficiente Biotico | IB Indice biologico | GE dominante | Grado di inquinamento | Stato della comunità bentonica | EcoQ Stato ecologico di qualità |
|-----------------------------------|-------------------------------|--|------------------------------|---------------------------------------|---|
| 0,0<CB=0,2 | 0 | Specie sensibili I-II | assente | Normale | Elevato |
| 0,2<CB=1,2 | 1 | | assente | Impoverito | Elevato |
| 1,2<CB=3,3 | 2 | Specie tolleranti III | lieve | Sbilanciato | Buono |
| 3,3<CB=4,3 | 3 | | moderato | tendente ad inquinato | Sufficiente |
| 4,3<CB=5,0 | 4 | Specie opportuniste di 2° e 1° ordine IV-V | moderato | Inquinato | Scadente |
| 5,0<CB=5,5 | 5 | | forte | tendente a pesantemente inquinato | Scadente |
| 5,5<CB=6 | 6 | Specie opportuniste di 1° ordine V | forte | pesantemente inquinato | Pessimo |
| - | 7 | | estremo | sedimenti azoici | Pessimo |

Tabella 3- Valori del Coefficiente Biotico (CB), dell'Indice Biotico (IB) corrispondente, e delle relative scale di qualità: GE= Gruppo Ecologico, ECoQ= Stato Ecologico di Qualità, (da Occhipinti-Ambrogi e Forni, 2004 modif.)

BENTIX: il nuovo indice biologico.

L'indice BENTIX, proposto da Simboura e Zenetos (2002), è una versione modificata per il Mediterraneo del Coefficiente Biotico (CB).

I gruppi ecologici sono ridotti a tre, raggruppati secondo la loro sensibilità o tolleranza ai fattori di disturbo (GI, GII, GIII).

La formula usata per il calcolo del CB viene modificata con lo scopo di minimizzare le conseguenze di possibili errori nell'assegnazione delle specie ai gruppi ecologici. Tali gruppi sono a loro volta ricondotti a due categorie: specie sensibili/indifferenti (GI) e specie tolleranti/opportuniste (GII+GIII).

L'indice si esprime come:

$$\mathbf{BENTIX = \{(6x\%GI)+2x(\%GII+\%GIII)\}/100}$$

Il BENTIX assume valori opposti rispetto all'AMBI (Coefficiente Biotico), in quanto varia tra 0, su substrati azoici, e 6, quando tutta la fauna macrobentonica è rappresentata da specie sensibili.

E' possibile suddividere i valori del BENTIX in intervalli, ciascuno indicante un diverso stato ecologico (Tabella 4).

| Bentix | GE dominante | Grado di inquinamento | Habitat fangosi | EcoQ |
|----------------|---|------------------------------|------------------------|-------------|
| 4,5<Bentix=6,0 | Specie sensibili I | scarso/normale | Bentix>4 | Elevato |
| 3,5<Bentix=4,5 | Specie sensibili/ specie tolleranti I-II | lieve/tendente a moderato | 3,0<Bentix<4,0 | Buono |
| 2,5<Bentix=3,5 | Specie tolleranti/Speci e opportuniste di 1° grado II-III | moderato | 2,5<Bentix<3,0 | Sufficiente |
| 2,0<Bentix=2,5 | Specie opportuniste di 1° grado III | forte | 2,0<Bentix<2,5 | Scadente |
| 0 | | estremo | 0 | Pessimo |

Tabella 4-Valori dell'indice BENTIX: GE=gruppo ecologico, EcoQ=stato ecologico di qualità (da Simboura e Zenetos, 2002 modif.)

Confronto tra gli indici

Entrambi gli indici hanno una scala di qualità che va da 0 a 6. Tuttavia i valori hanno significati opposti.

Nell'AMBI, un valore di 6 significa qualità pessima (ambiente pesantemente inquinato o disturbato a cui corrisponde un pessimo stato ecologico, *Bad Ecological Status*), valore che raggiunge nel caso in cui tutti gli organismi appartengano a specie opportuniste di 1° ordine (%GV, V° Gruppo Ecologico).

Nel Bentix, un valore di qualità 6 significa qualità ottima (ambiente normale o incontaminato a cui corrisponde un alto livello di qualità ecologica, *Highest Ecological Status*), valore che raggiunge quando il 100% della fauna macrobentonica è rappresentato da specie sensibili (%GI, I° Gruppo Ecologico).

Per confrontare gli indici è stato pertanto effettuato il calcolo del complemento a 6 dell'AMBI, (AMBI*), in modo da ottenere una identica scala di valori (6= Qualità Ottima; 0= Qualità Pessima).

Dall'applicazione dell'indice AMBI e Bentix sui dati raccolti, attraverso l'utilizzo di macro del foglio elettronico Microsoft ® Office Excel 2003, vengono mostrati i risultati per le tre aree protette su grafici a istogrammi realizzati con il software *Grapher* v 3.0.1 2000.

I grafici a doppio asse delle ordinate permettono il confronto dell'andamento dei valori assunti da AMBI* (asse delle ordinate a sinistra) rispetto ai valori dell'indice BENTIX (asse delle ordinate a destra) nelle stesse stazioni di campionamento.

2.2.4 Produzione delle carte bionomiche

La cartografia tematica è uno strumento importante per la gestione e per la conservazione dell'ambiente marino e quindi di un'area marina protetta (Di Donato e Russo, 2004).

La rappresentazione cartografica dei popolamenti bentonici (carta bionomica), in particolare, consente di individuare aree che possiedono un notevole valore naturalistico, economico e/o ricreativo e che, quindi, meritano una maggiore protezione. Ambienti di questo tipo sono ad esempio: le praterie di posidonia, che offrono varietà di habitat e rifugio a numerose specie di pesci ed invertebrati, e che svolgono un ruolo importante nella protezione della costa dall'erosione; il coralligeno, che rappresenta non solo un popolamento ad elevata biodiversità, ma anche un'attrattiva per il turismo subacqueo, grazie alla presenza di organismi dai colori appariscenti e dalle forme insolite.

Il confronto di carte bionomiche di anni differenti, inoltre, consente di rilevare eventuali alterazioni ambientali, sia naturali che antropiche, dal momento che gli organismi bentonici, essendo persistenti nel tempo, sono efficaci indicatori delle condizioni ambientali.

Le principali associazioni biologiche che caratterizzano le tre aree di studio sono state individuate e cartografate integrando le informazioni ottenute dai campioni di benthos con le osservazioni *in situ* dei fondali (video-transetti e censimenti visivi).

Le tipologie cenotiche sono state assegnate sulla base del sistema bionomico proposto da Pérès e Picard nel *Nouveau Manuel* (1964) ed ancora oggi utilizzato a livello internazionale per il bacino del Mediterraneo (Meinez *et al.*, 1983, Bellan *et al.*, 1994). I popolamenti, pertanto, sono stati denominati "biocenosi" e classificati con una terminologia che deriva dagli organismi dominanti, per i fondi duri, e dalle caratteristiche dell'ambiente fisico (biotopo) ed in particolare dei sedimenti, per i fondi molli. Ad esempio: la "Biocenosi delle Alghe Fotofile" (AP¹) è caratterizzata prevalentemente da alghe che vivono sui fondi duri superficiali e che sono adattate ad elevate intensità luminose; la "Biocenosi delle Sabbie grossolane e Ghiaie fini soggette a Correnti di Fondo" (SGCF), invece, è costituita da specie che vivono in sedimenti la cui granulometria è selezionata dalla presenza di forti correnti di fondo.

Per l'individuazione della biocenosi caratterizzante ciascuna stazione di campionamento, sono state utilizzate le specie del popolamento a molluschi. In particolare, ogni specie è stata associata ad una biocenosi-tipo tramite un valore di fedeltà (Pérès e Picard, 1964; Picard, 1965). Sono state quindi individuate le specie a *larga ripartizione ecologica* (Lre), che si possono presentare in diverse tipologie di biocenosi, e le *specie caratteristiche esclusive o preferenziali*,

¹ Le lettere dell'acronimo derivano dalla traduzione in francese della tipologia cenotica.

che compaiono esclusivamente o preferenzialmente in particolari associazioni biologiche. Sono state segnalate anche le specie ritenute indicatrici di determinate condizioni ambientali come l'eutrofia (Allegato 3). La tipologia di biocenosi, per ogni stazione di campionamento, è stata quindi determinata calcolando la percentuale di specie caratteristiche esclusive e preferenziali per diverse biocenosi-tipo (dominanza qualitativa per biocenosi-tipo). Tutte le specie a larga ripartizione ecologica sono state associate ad una categoria denominata "ubiquiste".

Nei grafici prodotti sono riportate le dominanze qualitative per biocenosi-tipo delle diverse stazioni di campionamento. Gli acronimi nelle legende indicano le seguenti biocenosi:

- Alghe Fotofile (AP);
- Coralligeno (C);
- Precoralligeno (PC²);
- Prateria di Posidonia (HP);
- Sabbie Fini di Alto Livello (SFHN);
- Sabbie Fini Superficiali (SFS);
- Sabbie Fini Ben Calibrate (SFBC);
- Sabbie Infangate di Moda Calma (SVMC);
- Sabbie grossolane e Ghiaie fini soggette a Correnti di Fondo (SGCF);
- Detritico Costiero (DC);
- Detritico Infangato (DE);
- Fondi Mobili Instabili (MI);
- Fanghi Terrigeni Costieri (VTC);

Le informazioni puntuali sulle tipologie cenotiche sono state integrate con i rilevamenti *in situ* al fine di individuare le zone di transizione tra le differenti associazioni biologiche. A tal fine le osservazioni sulle caratteristiche dei fondali (tipo di substrato, fauna, flora) sono state georeferenziate in un Sistema Informatico Geografico (GIS), con una tecnica nota come "segmentazione dinamica" (Figura 13). Questa metodologia consente di attribuire delle coordinate geografiche a degli eventi puntuali o lineari, collocandoli lungo una linea georeferenzata tramite una misura progressiva (Fano, 2004). Nel caso specifico, le osservazioni subacquee sono state memorizzate in una tabella come eventi puntuali e quindi associate ai transetti di rilevamento utilizzando come misura progressiva i metri di cima appositamente distesa sul fondo.

² Il Precoralligeno rappresenta più propriamente una facies (aspetto) del Coralligeno

Le biocenosi sono state poi digitalizzate come poligoni all'interno di un file geografico di tipo vettoriale (Shapefile) e rappresentate con colori che evocano l'aspetto del paesaggio subacqueo (Di Donato *et al.*, in stampa).

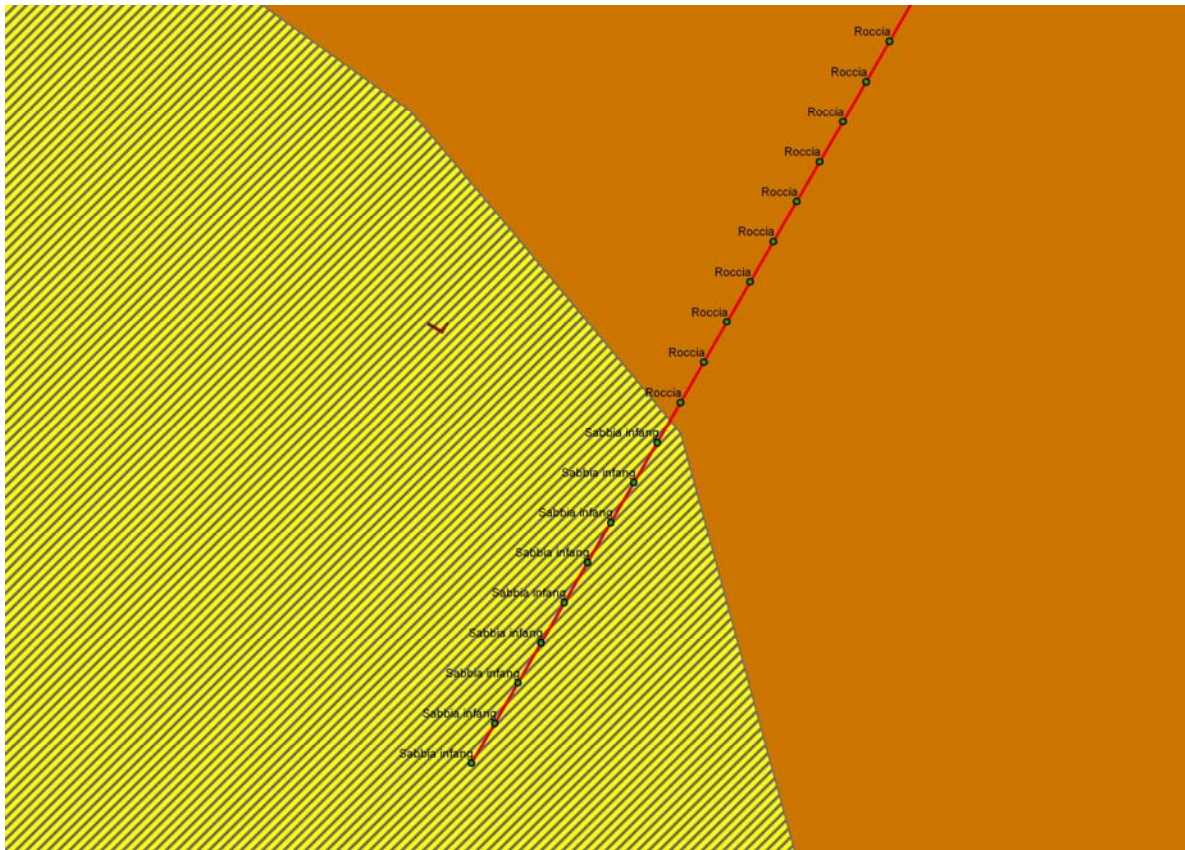


Figura 13 – Osservazioni *in situ* georeferenziate

3 RISULTATI

3.1 Area protetta di Villa di Tiberio-Costa Torre Capoverde

3.1.1 Tipologia e distribuzione dei popolamenti bentonici

Sebbene in massima parte caratterizzata da costa alta l'area protetta di Villa di Tiberio-Costa Torre Capoverde presenta fondali interamente caratterizzati da fondi molli (Figura 15)

Dal grafico 1 è possibile osservare che i popolamenti campionati nell'area protetta di Villa di Tiberio-Costa Torre Capoverde sono dominati da specie caratteristiche delle Sabbie Fini Ben Calibrate (SFBC), ovvero sabbie superficiali la cui granulometria omogenea è selezionata dall'azione del moto ondoso.

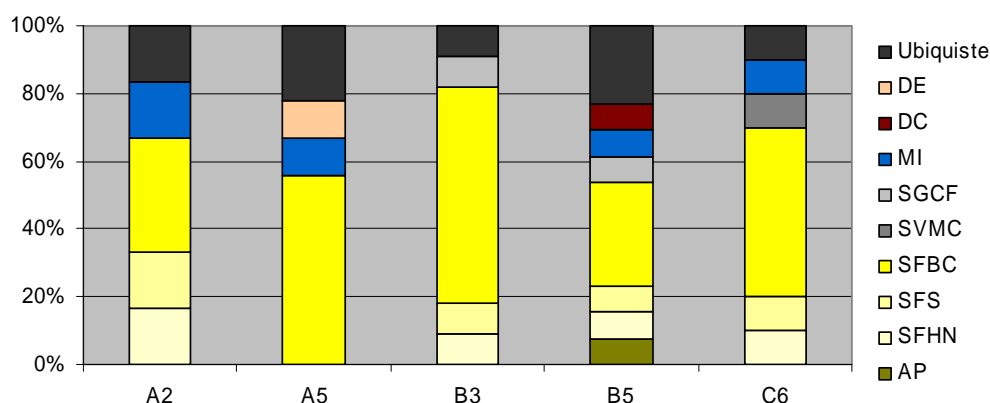


Grafico 1- Dominanza qualitativa per biocenosi-tipo per l'area protetta Villa di Tiberio-Costa Torre Capoverde

Infatti la costa rocciosa termina sul fondo molle, con delle brevi pareti, non più di 2m di profondità (solo nella zona di P.ta Cetarola la parete rocciosa termina a 5-6m di profondità). Tali piccole pareti rocciose sono ricoperte in massima parte da dense mitilaie (*Mytilus galloprovincialis*) con popolazioni abbondanti di purpure (*Purpura haemastoma*), gasteropodi predatori dei mitili ("cozze in termini dialettali).

In alcune anse rocciose, in prossimità della base delle pareti, sono presenti le classiche bio-costruzioni alveolari del polichete *Sabellaria alveolata*, specie ormai piuttosto rara lungo le coste tirreniche.

I fondi molli sono interamente caratterizzati dalle biocenosi SFBC. Non è stata riscontrata la copertura di prati a *Cymodocea nodosa*, così come segnalato da Diviacco *et al.* 2001, probabilmente perché presenti più a largo, al di fuori dell'area protetta, a partire dalla profondità di circa 10 m.

Tale associazione biologica raggruppa specie che vivono su sedimenti sabbiosi a granulometria omogenea, fortemente selezionati dall'azione del moto ondoso e, in genere, provenienti dalla disgregazione della roccia litorale o dagli apporti fluviali. È una biocenosi molto comune lungo le coste del Mediterraneo, dove si estende tra i 2.5 m e i 25-30 m di profondità.

Nell'area protetta la biocenosi si insedia su fondali a lieve pendenza, privi di copertura vegetale ma ricchi di specie tipiche dell'endofauna. Sulla sabbia si osservano frequentemente tane di policheti (Polychaeta), cannicchi (Pharidae) e di crostacei del genere *Upogebia*; questi ultimi, caratteristici di sedimenti stabili, svolgono un'importante funzione nell'ossigenazione del fondo marino (Figura 14). Sono visibili anche esemplari di stelle marine (*Astropecten sp.*) e del mollusco bivalve “madias bianca” (*Mactra stultorum*), di paguri (Paguroidea) e granchi (Brachiura) (Figura 17). Tra la fauna ittica abbondano pesci ago (*Syngnathus acus*), rombi (*Scophthalmus rhombus*), sogliole (*Solea solea*), tracine (*Trachinus sp.*) dragoncelli (*Callyonimus sp.*) e pesci pettine (*Xyrichtys novacula*) (Figura 16).

Il paesaggio subacqueo rivela un aspetto omogeneo nell'intera area protetta, tuttavia in prossimità di Punta Cetarola si osserva una riduzione della biodiversità bentonica ed un aumento della granulometria del substrato.



Figura 14 – Tana di cannicchio (sx); Tane del crostaceo *Upogebia sp* (dx).

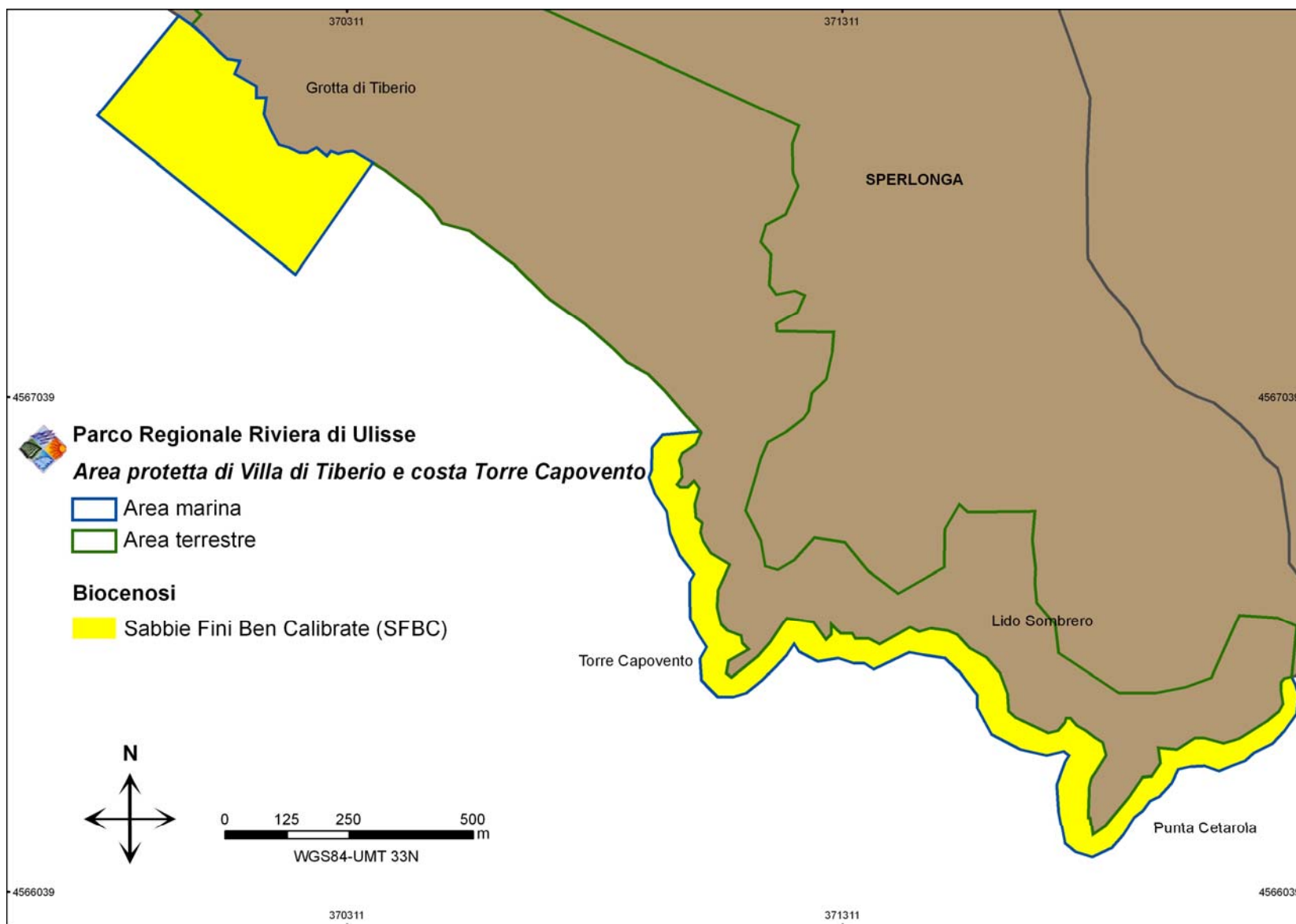
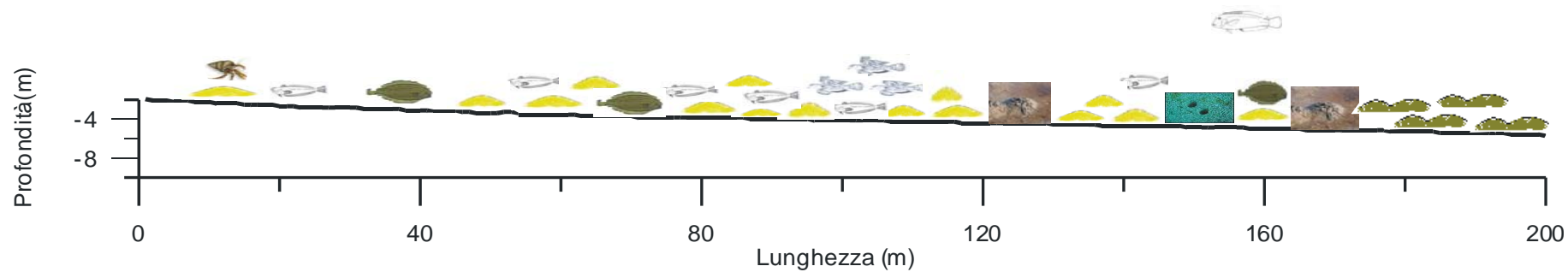


Figura 15 – Carta bionomica dell’area protetta Villa di Tiberio-Costa Torre Capoverde












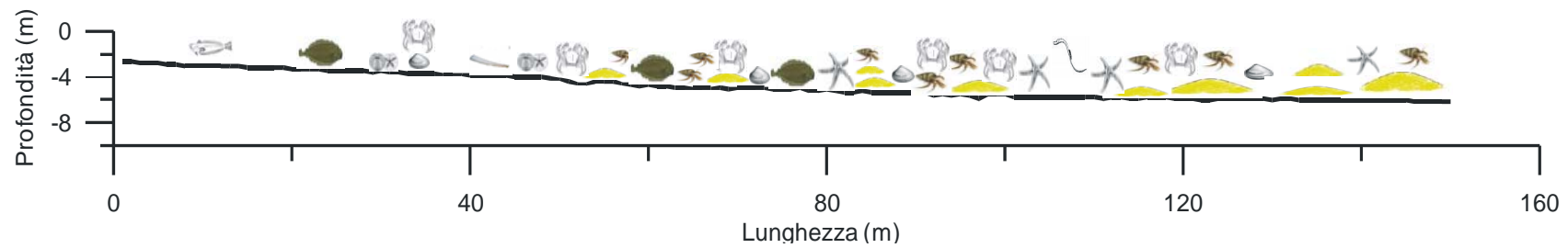
- | | | | |
|---|--|---|---------------------------------------|
|  | Tana di <i>Upogebia</i> sp. |  | Tana di <i>Solecurtus scopula</i> |
|  | Deposito di <i>Arenicola marina</i> |  | <i>Trachinus</i> sp. (tracina) |
|  | <i>Xyrichtys novacula</i> (pesce pettine) |  | <i>Solea solea</i> (sogliola) |
|  | Tana di <i>Polychaeta</i> (policheti) |  | <i>Callionymidae</i> (diagoncelle) |
| | |  | Esemplare della fam. Paguroidea |

Figura 16 Profilo del fondale del transetto A













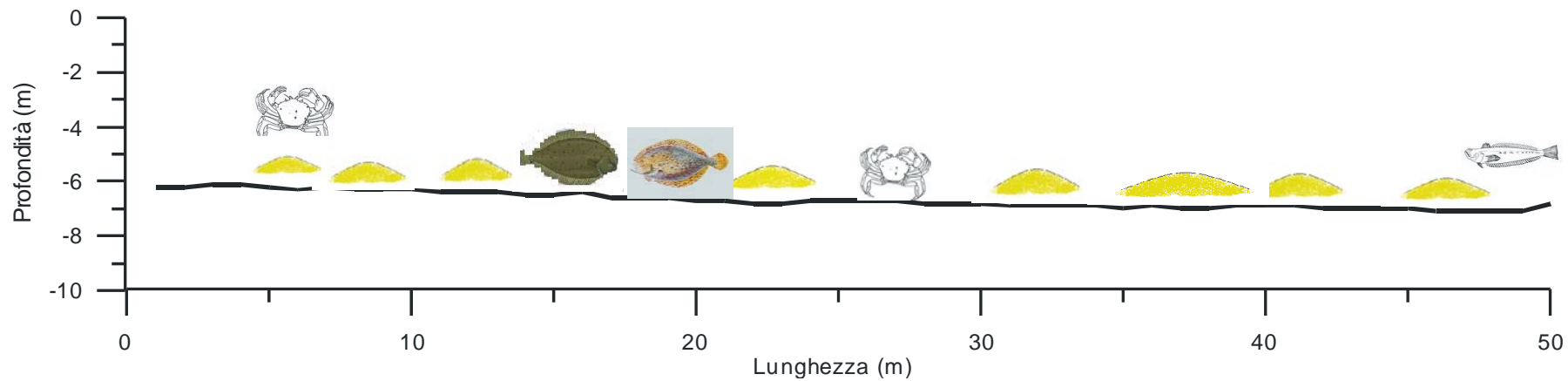
- | | | | |
|---|---|---|--|
|  | Tana di Polychaeta (policheti) |  | <i>Syngnathusacus</i> (pesce ago) |
|  | Esemplare della famiglia Paguroidea |  | <i>Solea solea</i> (sogliola) |
|  | <i>Astropecten</i> sp. (stella marina di sabbia) |  | Esemplare di Scaphopoda (zanna di elefante) |
|  | <i>Macra stultorum</i> (madia bianca) |  | Esemplari della classe Echinoidea (morti) (ricci di sabbia) |
|  | Esemplare di Brachyura (granchio di arena) |  | <i>Trachinus</i> sp. (trachina) |

Figura 17- Profilo del fondale del transetto B



Tachinus sp.
(tracina)



Bothus thombus
(rombo direna)



Tana di Polychaeta
(Policheti)



Solea solea
(Sogliola)



Esemplare di Brachyura
(granchio di arena)

Figura 18 - Profilo del fondale del transetto C

3.1.2 Gruppi tassonomici principali

Sono stati campionati complessivamente 527 individui, distribuiti in 4 gruppi tassonomici: Policheti (36%), Crostacei (34%), Molluschi (28%) ed Echinodermi (2%). Le maggiori abbondanze sono state riscontrate nei campioni C6 (154 individui), B5 (129 individui) e B3 (120 individui); il maggior numero di taxa nei campioni A5, B5 e C6; i campioni A2 e B3 sono gli unici in cui gli Echinodermi risultano essere assenti.

Dal calcolo dell'indice di diversità specifica, considerando che sono stati ricercati i gruppi tassonomici principali e che, quindi, tale parametro può variare tra un minimo di zero e un massimo di tre, si nota che, il più alto valore è stato riscontrato nella stazione C6 (1,7), ma che, tuttavia, per le rimanenti stazioni i valori sono di poco inferiori e non scendono mai al di sotto di 1,5 calcolato nella stazione A5.

Anche i risultati dell'indice di equitabilità risultano alti e compresi tra un minimo di 0,8 in A5, B5, C6 e un massimo (1) in B3 (Grafico 2).

Nelle stazioni a minore profondità dominano, in termini quantitativi (abbondanza relativa % di individui), principalmente Crostacei e Molluschi: A2 (Crostacei 50%, Molluschi 31%), B3 (Crostacei 38%, Molluschi 34%). I Policheti presentano percentuali più basse (28% in B3 e 19% in A2).

Nelle stazioni a 5m di profondità dominano, invece, Crostacei e i Policheti: A5 (51% Crostacei e 27% Policheti), B5 (47% Policheti e 36% Crostacei).

Infine, nella stazione più profonda (C6), i Policheti dominano con la percentuale maggiore (44%), seguono Molluschi (36%) e Crostacei (15%).

Gli Echinodermi, anche se presente in quest'area, hanno mostrato valori molto bassi di dominanza, raggiungendo il valore massimo del 5% nella stazione C6 (Grafico 3)

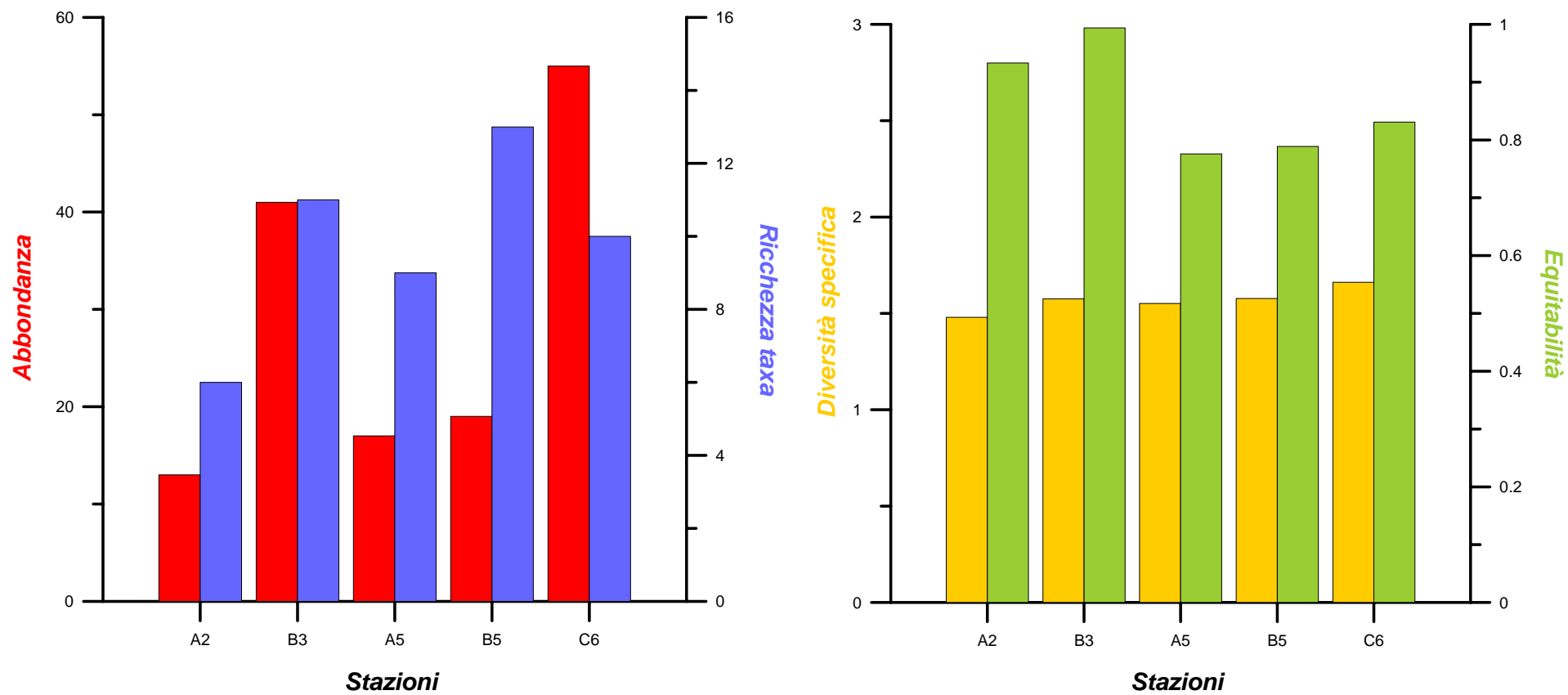


Grafico 2-Andamento degli indici sinecologici di abbondanza-ricchezza taxa e diversità specifica-equitabilità dell'area protetta di Villa di Tiberio-Costa Torre Capovento

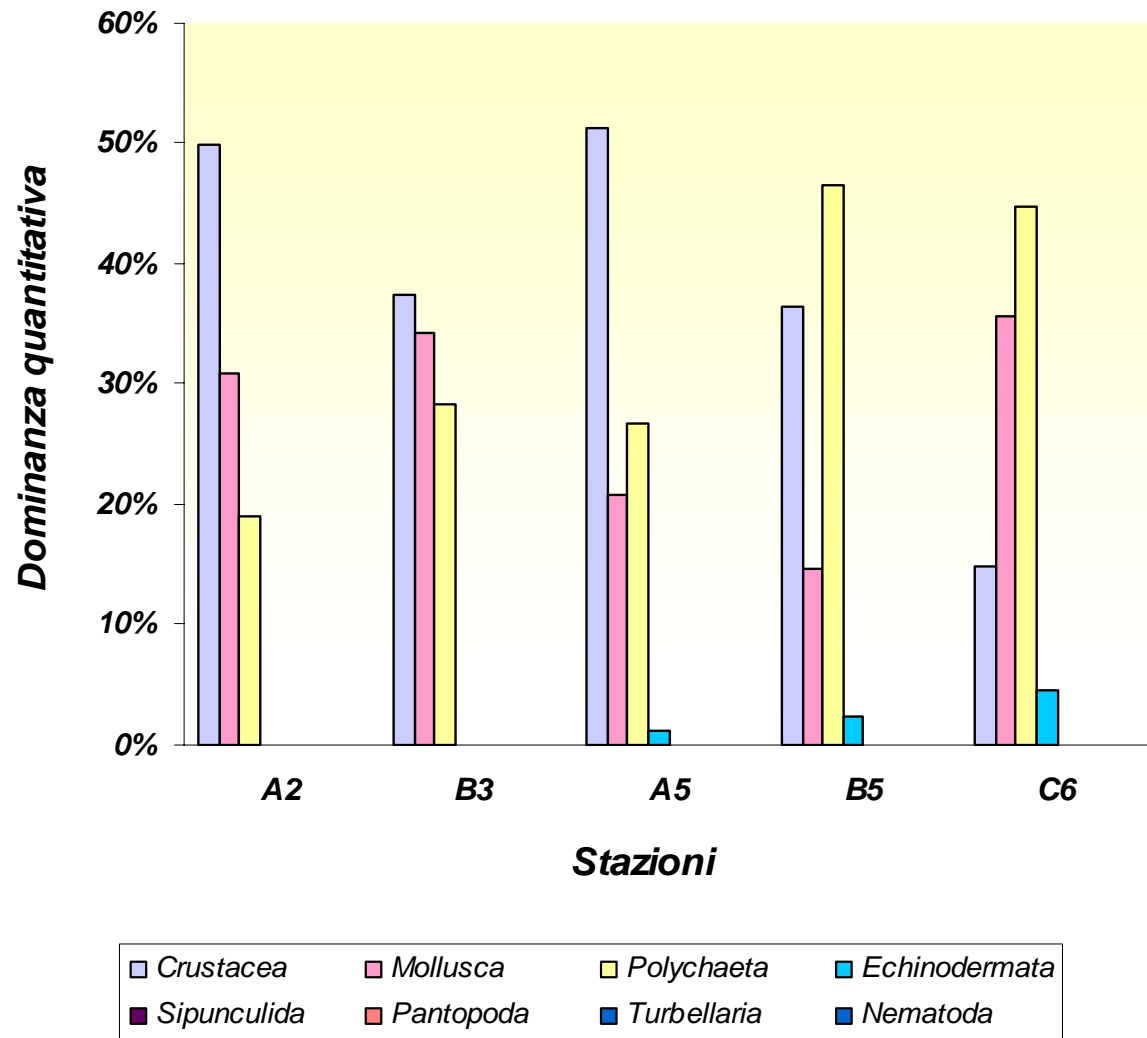


Grafico 3-Andamento della dominanza quantitativa dell'area protetta di Villa di Tiberio-Costa Torre Capovento

3.1.3 Popolamento a Molluschi

Totalmente sono stati censiti 145 individui suddivisi in 2 classi, 15 famiglie e 26 specie.
(Tabella 5)

| Classe | Famiglia | Genere specie |
|------------|----------------|--|
| Gastropoda | Naticidae | <i>Neverita josephinia</i> (Risso, 1826) |
| | Muricidae | <i>Nassarius incrassatus</i> (Ström, 1768) |
| | Cylichnidae | <i>Cylichna crossei</i> (Bucquoy, Dautzenberg & Dollfus, 1886) <i>Cylichna cylindracea</i> (Pennant, 1777) |
| Bivalvia | Glycymerididae | <i>Glycymeris glycymeris</i> (Linnaeus, 1758) |
| | Mytilidae | <i>Mytilaster minimus</i> (Poli, 1795) |
| | Lucinidae | <i>Loripes lacteus</i> (Linnaeus, 1758) <i>Lucinella divaricata</i> (Linnaeus, 1758) |
| | Mactridae | <i>Mactra stultorum</i> (Linné, 1758) <i>Spisula subtruncata</i> (da Costa, 1778) |
| | Mesodesmatidae | <i>Donacilla cornea</i> (Poli, 1795) |
| | Pharidae | <i>Ensis minor</i> (Chenu, 1843) <i>Phaxas pellucidus</i> (Pennant, 1777) |
| | Tellinidae | <i>Tellina tenuis</i> (da Costa, 1778) <i>Tellina donacina</i> (Linnaeus, 1758) <i>Tellina nitida</i> (Poli, 1791) <i>Tellina serrata</i> (Brocchi, 1814) |
| | Donacidae | <i>Donax venustus</i> (Poli, 1795) <i>Donax trunculus</i> (Linnaeus, 1758) <i>Donax sp</i> |
| | Semelidae | <i>Abra alba</i> (Wood W., 1802) |
| | Veneridae | <i>Chamelea gallina</i> (Linnaeus, 1758) <i>Dosinia lupinus</i> (Linnaeus, 1758) |
| | Corbulidae | <i>Corbula gibba</i> (Olivi, 1792) <i>Lentidium mediterraneum</i> (Costa O.G., 1829) |
| | Thraciidae | <i>Thracia papyracea</i> (Poli, 1791) |

Tabella 5- Elenco delle specie rinvenute.

Le stazioni con i valori di abbondanza più alti sono risultate la C6 (55 individui) e la B3 (41 individui).

Le maggiori ricchezze specifiche sono state individuate nelle stazioni A5 (13 specie) e B5 (11 specie), sebbene le restati presentino valori prossimi ai precedenti.

Dallo studio della diversità specifica ed equitabilità, si nota che, i campioni A2, A5 e B5 presentano valori identici di J (0.9), ma diversi di H' (2.2 in A2, 2.9 in A5 e 3.5 in B5).

Tali risultati evidenziano che, sebbene i suddetti campioni presentino la stessa equiripartizione quantitativa, il campione B5 risulta essere il più ricco in specie (RS=13), seguito da A5 (RS=9) e A2 (RS=6).

Lo stesso caso si riscontra nei campioni B3 e C6, con un'equitabilità pari a 0.8 per entrambi e una diversità specifica leggermente superiore in B3, data, quindi, da una più alta ricchezza specifica (Grafico 4)

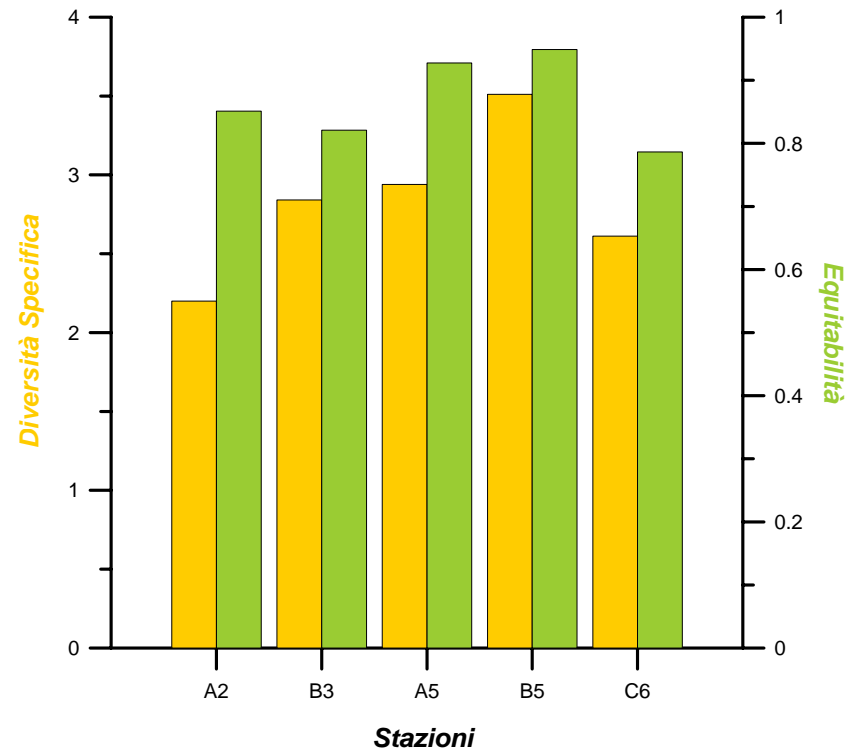
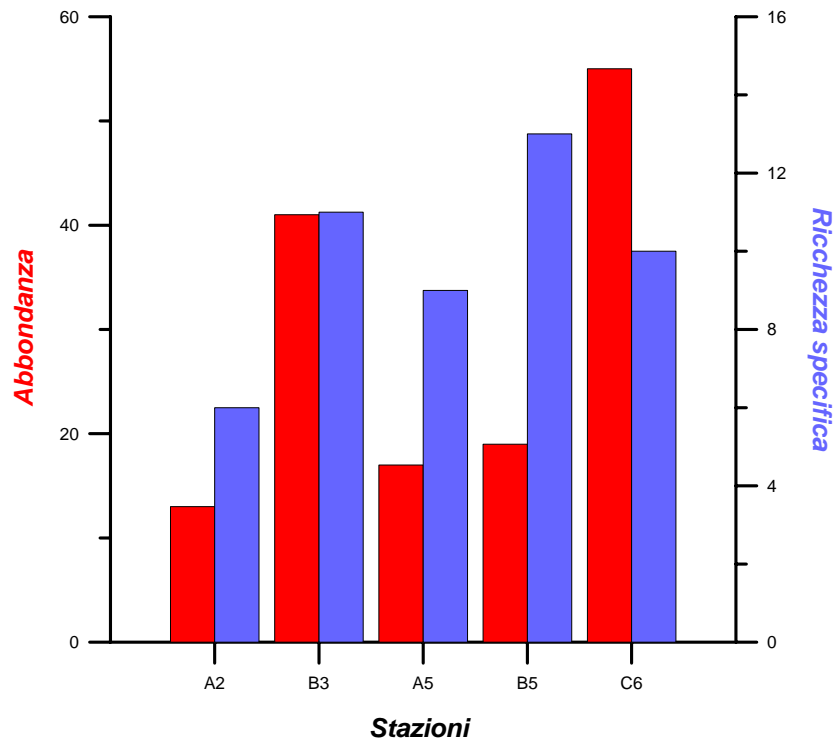


Grafico 4- Andamento degli indici sinecologici abbondanza e ricchezza specifica, diversità specifica ed equitabilità dell'area protetta di Villa di Tiberio-Costa Torre Capovento

In tutte le stazioni campionate, risulta evidente, la buona dominanza quantitativa (abbondanza relativa % di individui) della famiglia dei Tellinidi, con valori percentuali che variano tra un massimo del 44% in C6 ad un minimo del 12% in A5

In entrambe le stazioni del transetto A domina la famiglia dei Thraciidi, soprattutto nel livello più superficiale (46% in A2).

I Pharidi presenti in A2, A5, B5 e B3 raggiungono la dominanza massima proprio in quest'ultima stazione (29%).

Risulta rilevante evidenziare, infine, la presenza dei Lucinidi, sia pure con percentuali basse, in tutte le stazioni, tranne B5; quella abbastanza elevata dei Donacidi in B3 (20%) e dei Corbulidi in A2 (15%) e in B5 (11%) (Grafico 5).

Confrontando i risultati della dominanza quantitativa con quella qualitativa (ricchezza relativa % di specie), si nota che, nella stazione A2, i Tellinidi dominano più in termini qualitativi che quantitativi, oppostamente accade nelle stazioni B3 e C6; soprattutto in quest'ultima, si passa da una dominanza quantitativa del 44% ad una qualitativa del 10%.

I Thraciidi che, dominavano in termini quantitativi su tutte le altre famiglie della stazione A2, in termini qualitativi, dominano con la stessa percentuale (17%) di tutte le altre famiglie presenti nella stazione.

La famiglia dei Pharidi, in B3, domina più quantitativamente.

I Lucinidi posseggono, per lo più, una dominanza qualitativa maggiore rispetto a quella quantitativa.

Infine, non si evidenziano nette differenze tra la dominanza qualitativa e quantitativa dei Donacidi e dei Corbulidi (Grafico 6)

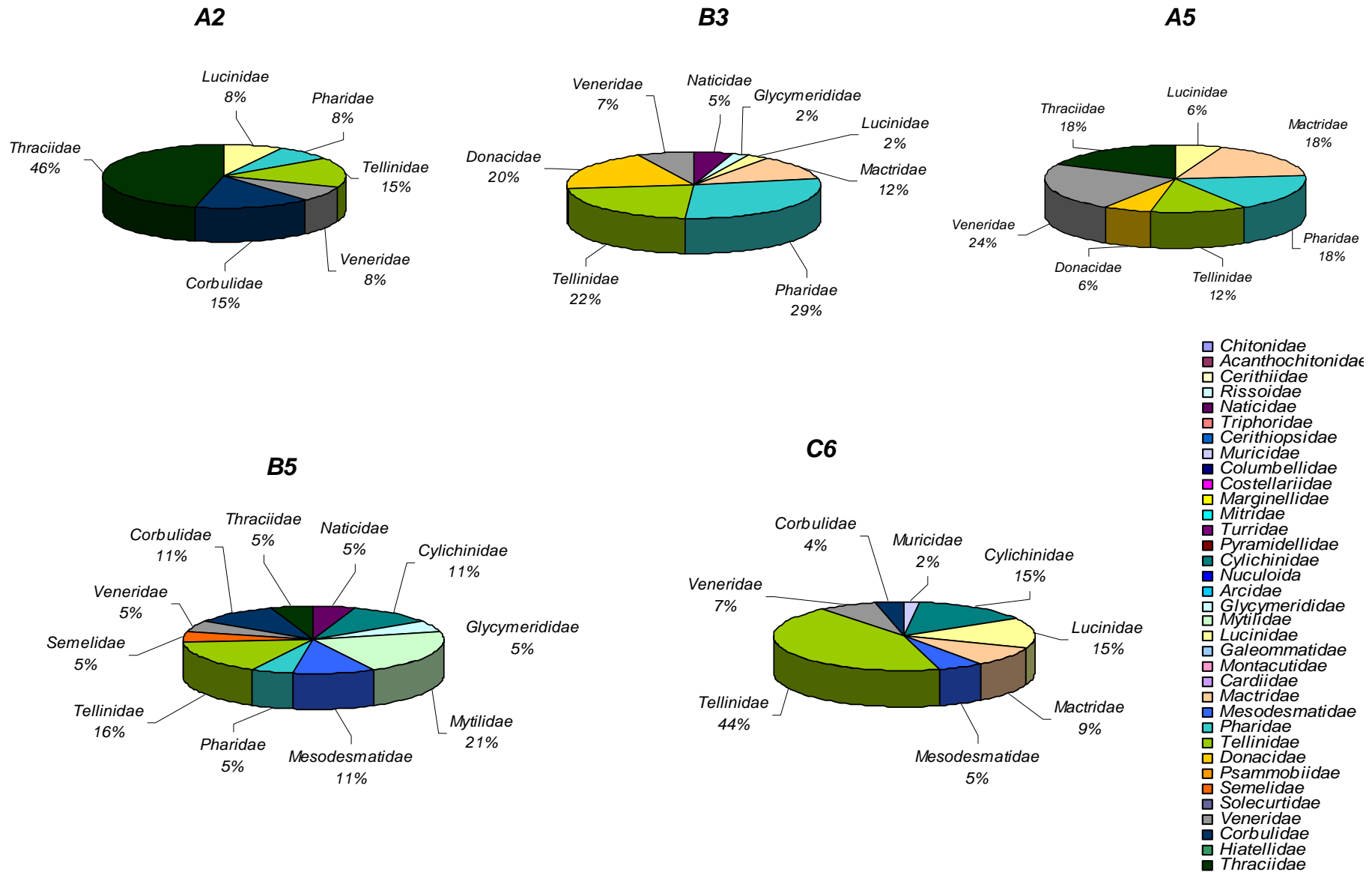


Grafico 5- Dominanze quantitative dell'area protetta di Villa di Tiberio-Costa Torre Capovento

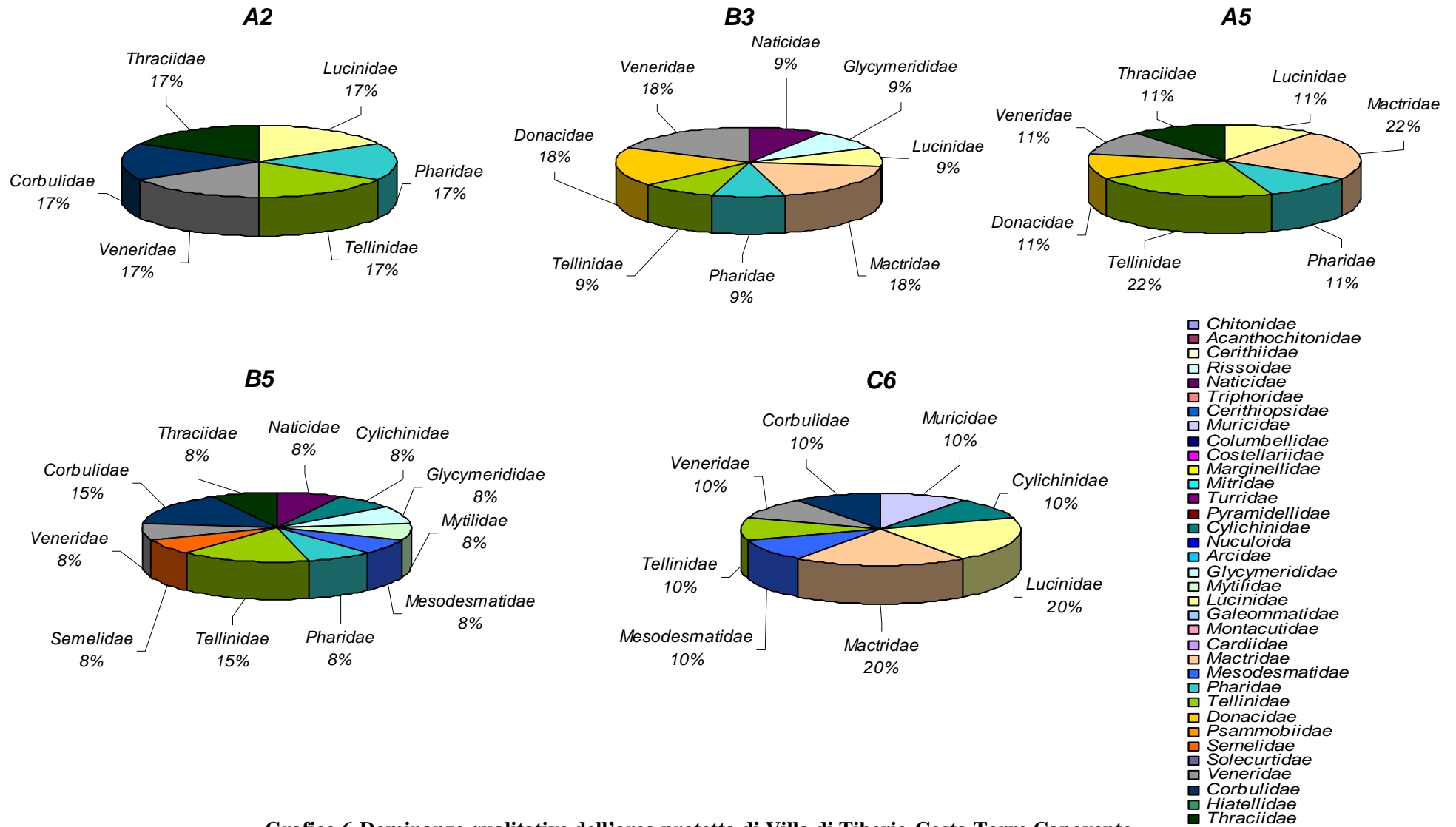


Grafico 6-Dominanze qualitative dell'area protetta di Villa di Tiberio-Costa Torre Capovento

Dall'analisi funzionale in base alle gilde trofico-etologiche è risultato che le stazioni ubicate alle profondità di 3 e 5 metri, sono caratterizzate da una forte dominanza quantitativa dei Fossori Sospensivori (71% in B3, 64% in A5, 58% in B5). Seguono i Fossori Detritivori (18% in A5, 24% in B3 e 21% in B5) e i Fossori Carnivori (A5 18% e B5 21%) e nettamente inferiore in B3 (2%).

Nella stazione C6 la situazione si capovolge e i Fossori Detritivori dominano maggiormente (58%) rispetto ai Fossori Sospensivori (25%).

La stazione A2 è, invece, contraddistinta dall'alta percentuale dominante dei Fossori Carnivori (46%), sostanzialmente Thraciidae, seguita da quella dei Fossori Sospensivori (31%) e fossori detritivori (23%) (Grafico 7)

Nello studio della dominanza qualitativa, invece, la gilda trofico-etologica dei Fossori Sospensivori domina con le percentuali più alte in tutte le stazioni (Grafico 8).

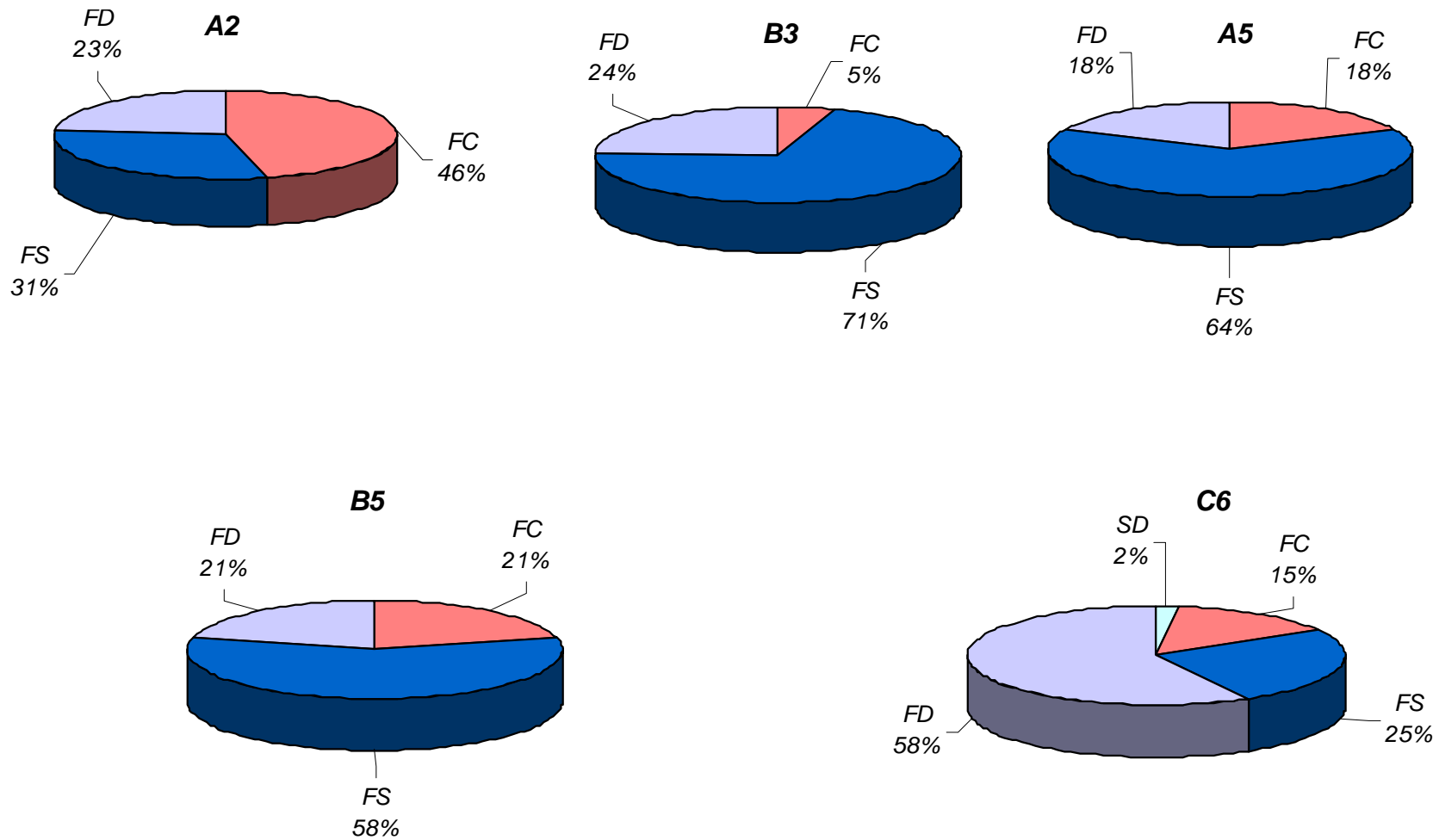


Grafico 7- Dominanze quantitative per gilde trofico-etologiche dell'area protetta di Villa di Tiberio-Costa Torre Capovento

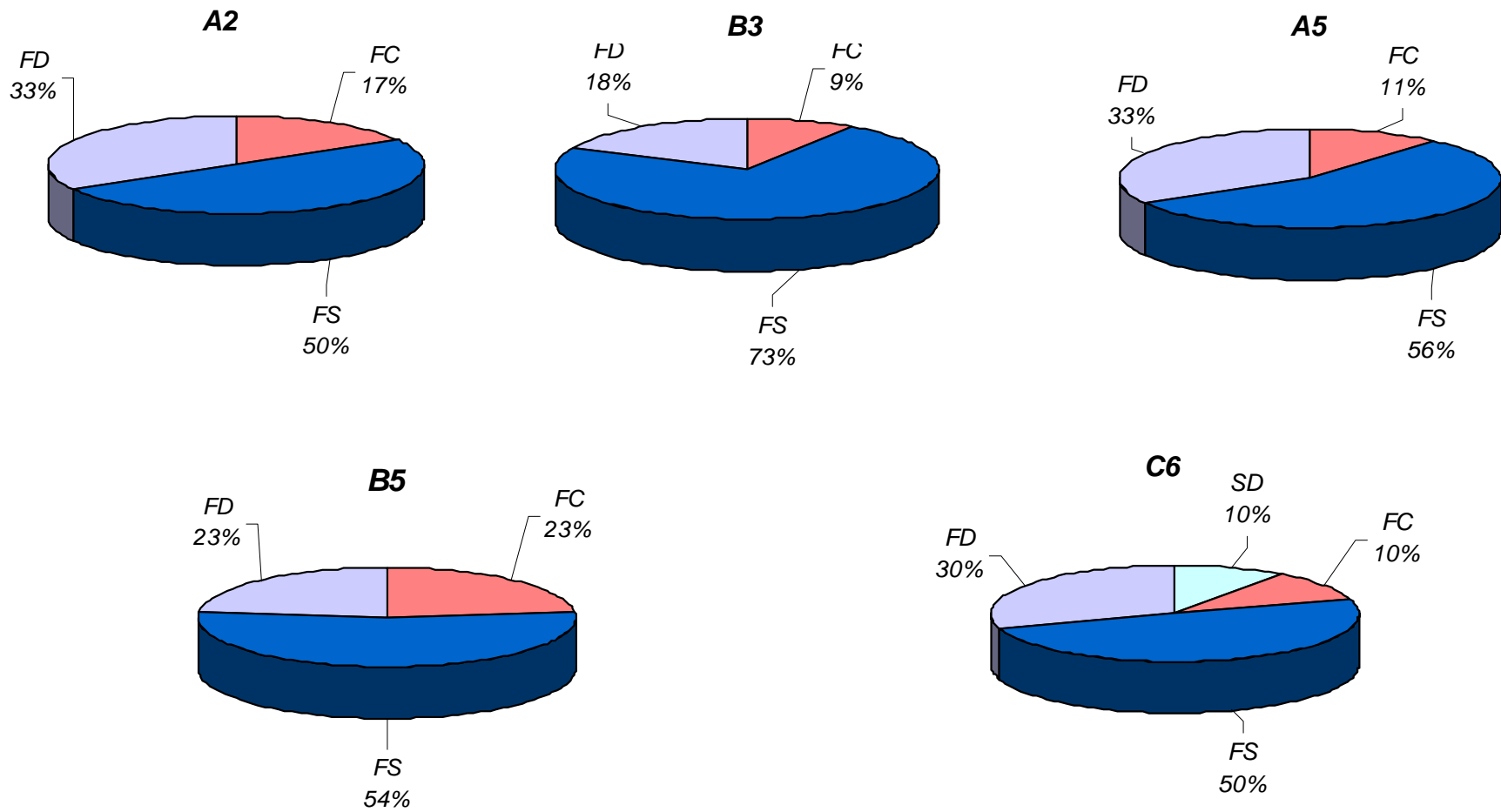


Grafico 8- Dominanze qualitative per gilde trofico-etologiche dell'area protetta di Villa di Tiberio-Costa Torre Capovento

3.1.4 Stato ecologico di qualità

Vengono di seguito illustrati i risultati relativi alle stazioni di campionamento A2, B3, A5, B5 e C6 (Grafico 9).

Si osserva subito che, come detto, l'indice AMBI ha valori più ottimistici del Bentix.

I valori più alti dell'AMBI* sono stati riscontrati nelle stazioni A5 (6) e B3 (5.9). Comunque anche nelle rimanenti, il coefficiente biotico ha valori compresi tra 5 e 6, di condizioni di 'inquinamento assente' e corrispondenti ad uno stato ecologico elevato: ciò si verifica quando le specie più abbondanti della comunità appartengono al gruppo ecologico I (100% in A5, 92% in B3) e II (21% in B5, 20% in C6), per AMBI rappresentato dai bivalvi *Thracia papyracea*, *Tellina nitida*, *Lucinella divaricata*, *Lentidium mediterraneum*, *Abra alba* ed dal gasteropode *Cylichna cylindracea*

La classificazione ottenuta dall'indice Bentix, stabilisce, invece, un livello di inquinamento 'moderato' (il valore 3 della stazione C6) o 'lieve/tendente a moderato' (con valori compresi tra 3.4 e 4.5 delle stazioni B3, A2, A5 e B5).

Tali condizioni di moderato inquinamento sono attribuibili all'abbondanza di specie considerate tolleranti/opportuniste e appartenenti al gruppo ecologico II e III, quali i bivalvi *Thracia papyracea*, *Tellina nitida*, *Lucinella divaricata*, *Abra alba* ed il gasteropode *Cylichna cylindracea*. Si può osservare come alla base della discordanza dei risultati ottenuti con i due indici vi è una differente valutazione delle stesse specie.

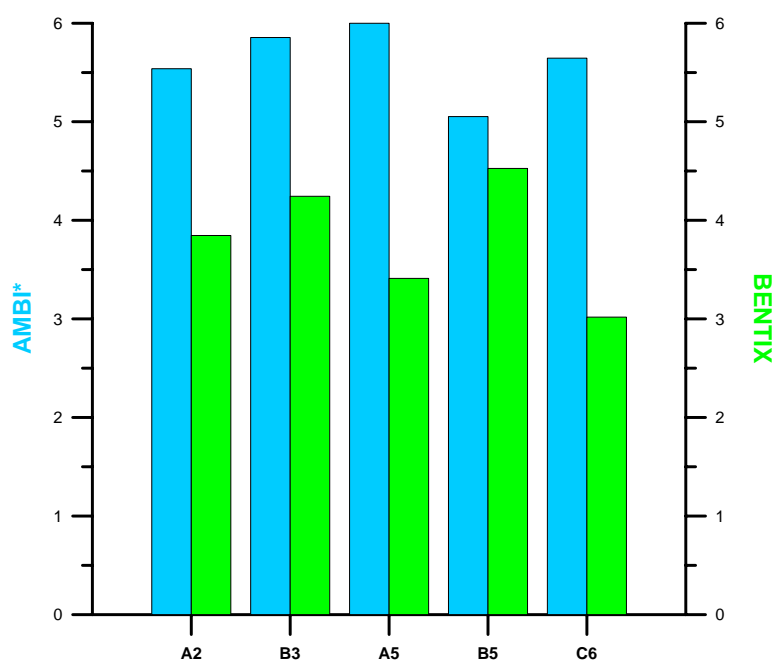


Grafico 9 -Andamento degli indici di qualità ecologica AMBI* e Bentix dell'area protetta di Villa di Tiberio-Costa Torre Capovento

3.2 Area protetta di Monte Orlando

3.2.1 Tipologia e distribuzione dei popolamenti bentonici

L'area protetta di Monte Orlando presenta un paesaggio subacqueo più variegato, caratterizzato da associazioni biologiche sia di fondo duro che di fondo molle (Figura 20)

Nell'area protetta di Monte Orlando, le stazioni D9 e D12 appaiono ben caratterizzate, rispettivamente, da specie e del Precoralligeno (PC) e delle Sabbie Fini Ben Calibrate (SFBC). La stazione F11 presenta un popolamento eterogeneo, che rispecchia fedelmente il particolare tipo di substrato campionato (zona di transizione tra fondo duro e molle). Nella stazione G11, le associazioni sciafile del Coralligeno (C) e del Precoralligeno (PC) sono meglio rappresentate rispetto alle altre tipologie cenotiche, ma sono presenti anche diverse specie tipiche di fondi caratterizzati da instabilità sedimentaria (Fondi Mobili Instabili, MI) (Grafico 10)

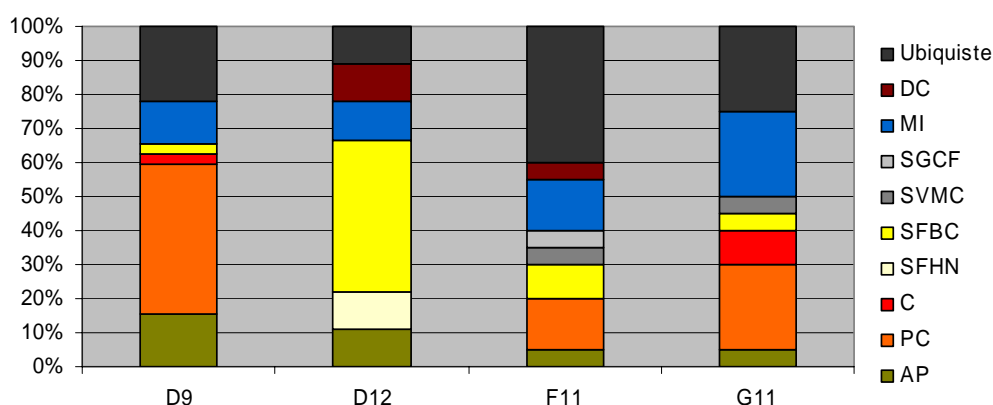


Grafico 10 - Dominanze qualitative per biocenosi-tipo per l'area protetta di Monte Orlando

I popolamenti di fondo duro sono rappresentati dalla biocenosi del Coralligeno (C), caratterizzata da organismi adattati a bassi livelli di irradianza (sciafili) e costituita per lo più da animali sessili. Nell'area protetta tale associazione si presenta prevalentemente come Precoralligeno (PC), con una forte dominanza di alghe sciafile, e si osserva sulle falesie costiere sin dai primi metri di profondità, a causa sia dell'elevata acclività del substrato sia della notevole torbidità della colonna d'acqua. Nella località nota ai subacquei come Cigliatina (Figura 21) è possibile osservare, nei primi metri di profondità, diversi esemplari di spugne (*Chondrosia reniformis*, *Crambe crambe*, *Phorbis tenacior*), ascidie (Didemnidae), briozoi (*Myriapora truncata*). Tra i -15 m e i -18 m sono ben evidenti rizomi morti di *Posidonia oceanica* residuo di

un'antica prateria, mentre oltre i 20 m di profondità si osservano organismi tipici del Coralligeno vero e proprio, che qui si manifesta con la facies a gorgonie gialle (*Eunicella cavolini*). Sono presenti anche zoantari, come la margherita di mare (*Parazoanthus axinellae*), madreporari (*Cladocora caespitosa*) e briozoi, come la trina di mare (*Reteporella beaniana*). Tra le alghe dominano le alghe rosse incrostanti *Peyssonnelia rubra* e *Fosliella farinosa*.

In corrispondenza del promontorio su cui sorge la Fortezza di Gaeta, (Figura 22) la falesia appare meno acclive e profonda; sul versante orientale il fondale è dominato da alghe coralline (*Corallinaceae*), mentre su quello meridionale (Figura 22) è visibile un esteso strato ad alghe filamentose, che intorno ai 13 m di profondità è sostituita da un'estesa copertura a *Peyssonnelia squamaria*. La fauna ittica, soprattutto in corrispondenza dei "Piloni" appare molto ricca, con cospicui banchi di saraghi (*Diplodus annularis*) e corvine (*Sciaena umbra*) (Figura 19 – Coralligeno (sx); banchi di corvine (dx))

Ai piedi della falesia costiera, ad una profondità compresa tra i 10 e i 20 m, si osserva la Biocenosi delle Sabbie fini Ben Calibrate (SFBC), la cui presenza a tali profondità si spiega con la forte esposizione delle coste al moto ondoso, confermata anche dalla presenza di *ripples marks*, particolarmente evidenti in prossimità della Grotta del Turco (Montagna Spaccata).

Più a largo si insedia la Biocenosi dei Fanghi Terrigeni Costieri, caratterizzata da specie tipiche di sedimenti a granulometria fine.



Figura 19 –Coralligeno (sx); banchi di corvine (dx)

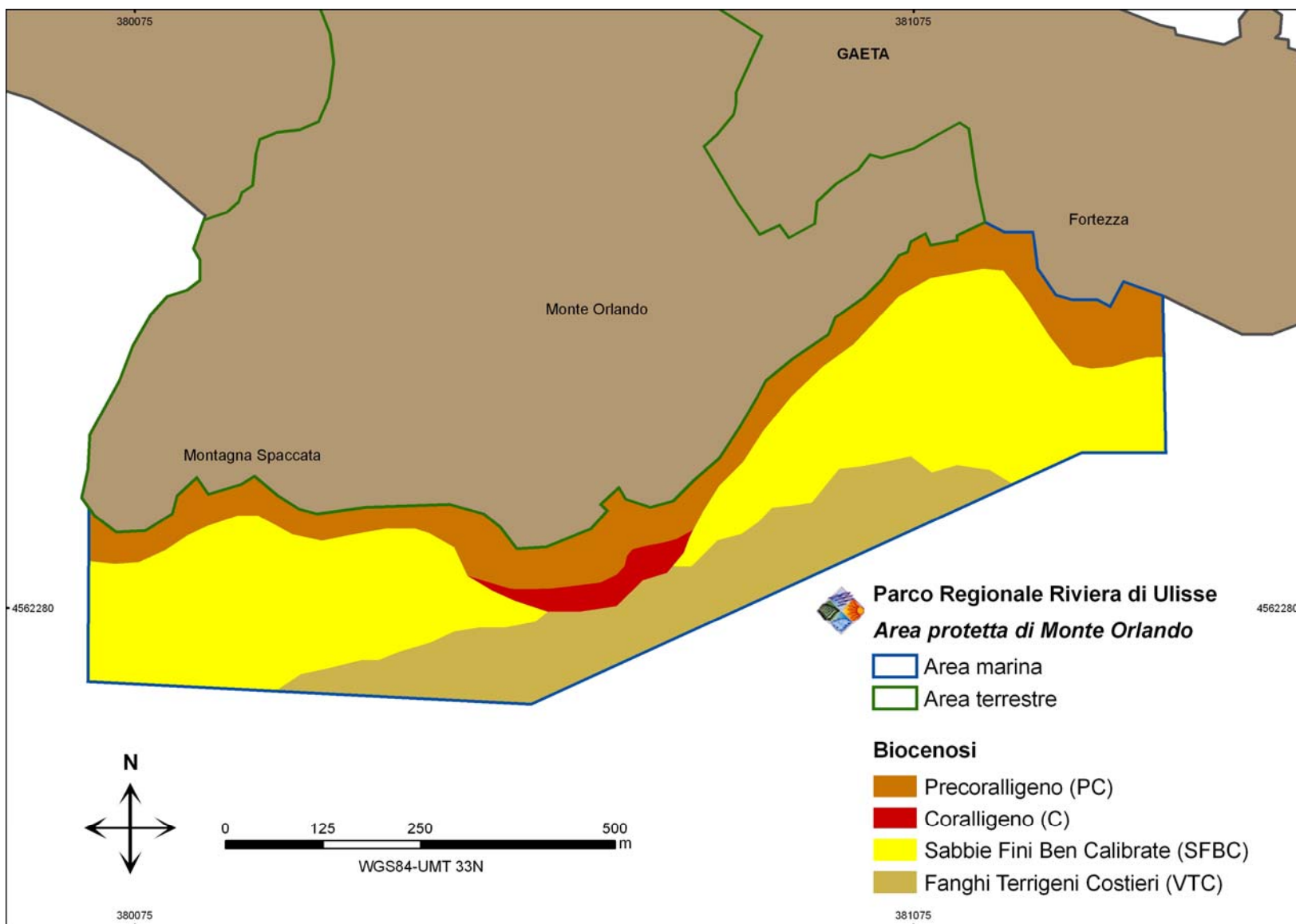


Figura 20 - Carta bionomica dell'area protetta di Monte Orlando

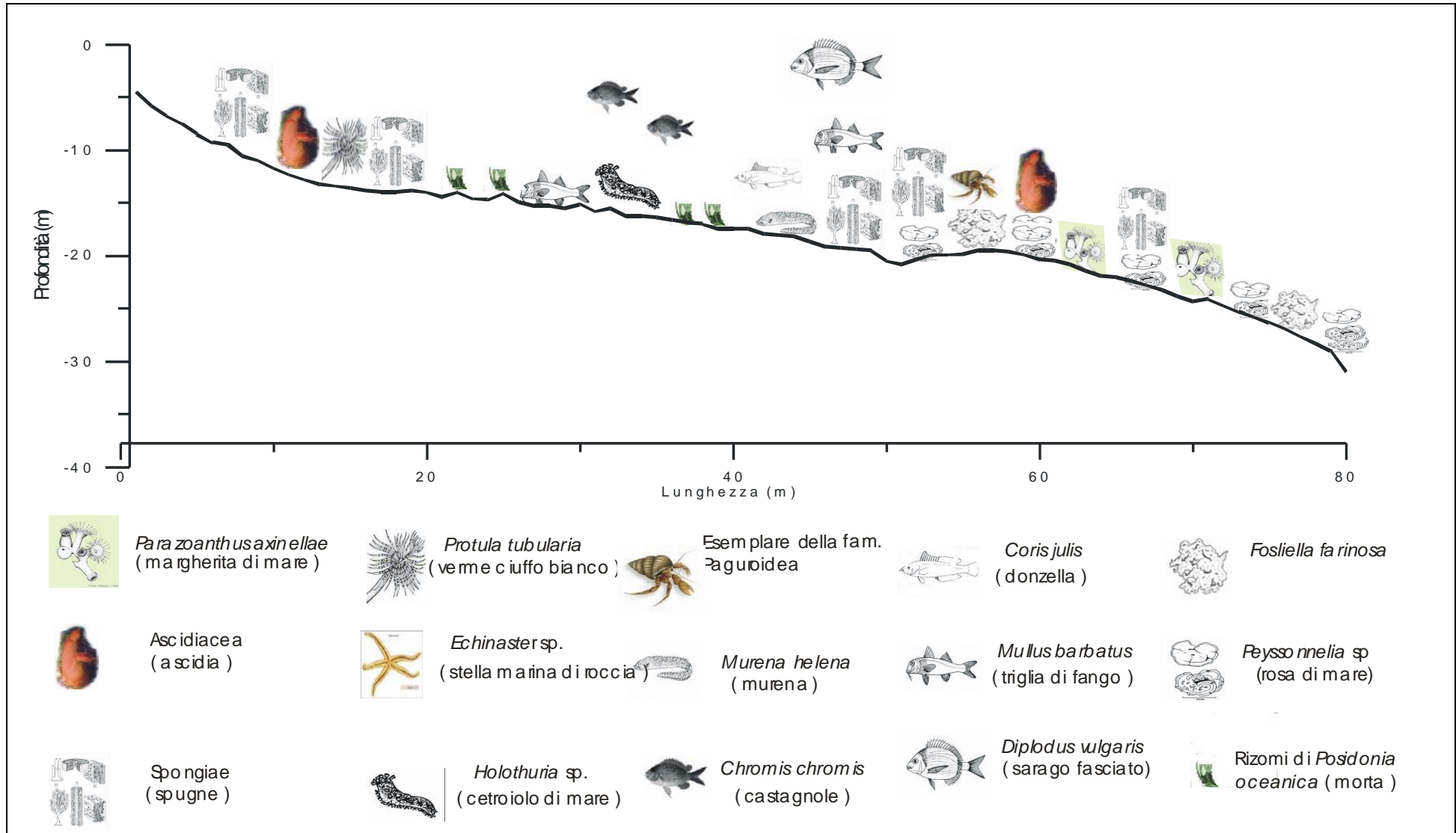
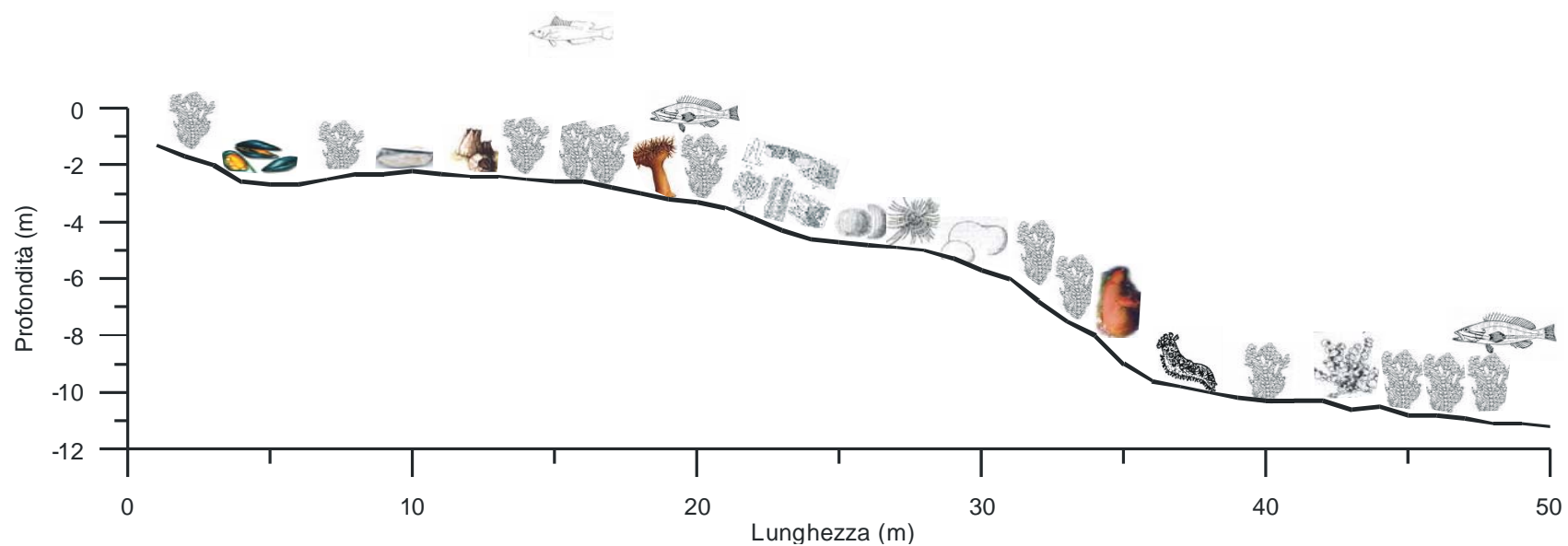
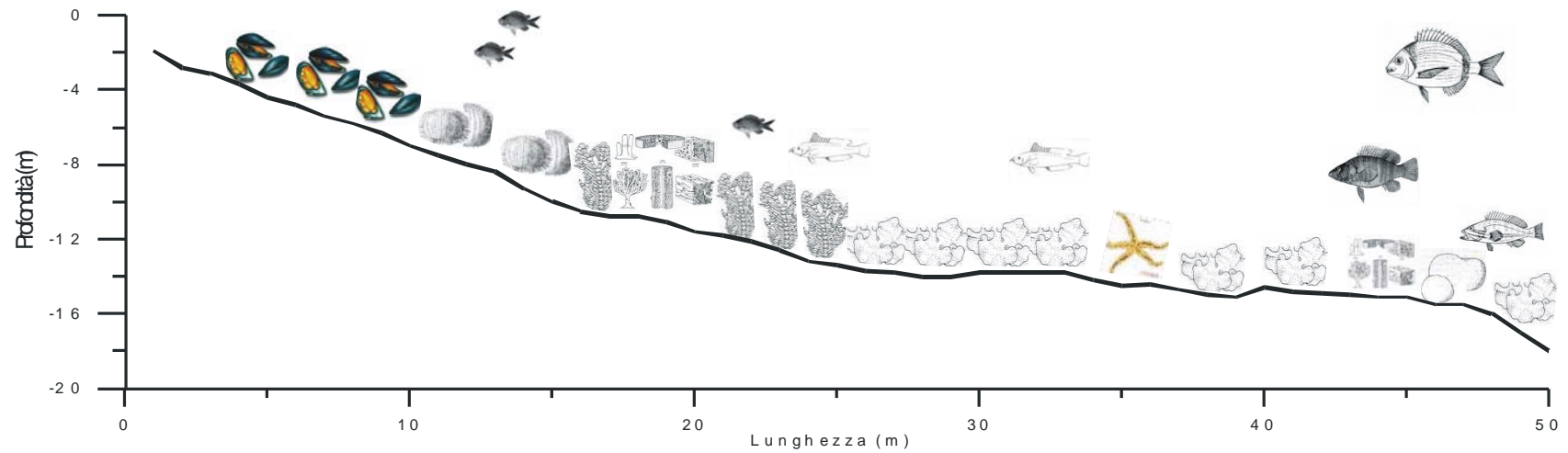


Figura 21- Profilo del fondale del transetto E



- | | | | |
|---|--|--|---|
|  Corallinaeae |  <i>Balanus</i> sp. (morti) (denti di cane) |  Ascidiaceae (ascidie) |  <i>Protula tubularia</i> (vem e ciuffo bianco) |
|  <i>Codium bursa</i> (palla verde) |  Spongia e (spugne) |  Mytilidae (cozze) |  <i>Serranus ca brilla</i> (perchia) |
|  <i>Halimeda tuna</i> (fico d'India marino) |  <i>Aiptasia mutabilis</i> (anemone) |  <i>Arca noae</i> |  <i>Coris julis</i> (donze la) |
| |  <i>Paracentrotus lividus</i> (riccio femmina) |  <i>Holothuria</i> sp. (cetiolo di mare) | |

Figura 22- Profilo del fondale del transetto F



- | | | | | | |
|---|---|---|--|---|---|
|  | <i>Peyssonnelia squamaria</i> (rosa di mare) |  | Spongiae (spugne) |  | <i>Serranus cabrilla</i> (perchia) |
|  | Corallinaceae |  | <i>Echinaster</i> sp. (stella marina di roccia) |  | <i>Serranus scriba</i> (serrano) |
|  | <i>Codium bursa</i> (palla verde) |  | <i>Paracentrotus lividus</i> (riccio femmina) |  | <i>Chromis chromis</i> (castagnole) |
|  | Mytilidae (cozze) |  | <i>Coris julis</i> (donzella) |  | <i>Diplodus vulgaris</i> (sarago fasciato) |

Figura 23 - Profilo del fondale del transetto G

3.2.2 Gruppi tassonomici principali

Sono stati campionati complessivamente 1178 individui suddivisi in 7 gruppi tassonomici: Molluschi (42%), Crostacei (31%), Policheti (22%), Echinodermi (2%), Sipunculidi (1%), Pantopodi (1%), Nematodi (1%).

Le stazioni con il maggior numero di individui sono risultate quelle di fondo duro: D9 (750 individui) e G11 (184 individui); le rimanenti stazioni hanno rivelato, comunque, un'abbondanza elevata: D12, di fondo molle, (148 individui), F11, di fondo misto, (96 individui).

Il maggior numero di Taxa (6) è stato rinvenuto in entrambe le stazioni del transetto D.

L'indice di diversità specifica si attesta su valori elevati compresi tra un minimo di 1,5 in F11 e un massimo di 1,8 in D12.

L'indice di equitabilità mostra una buona equidistribuzione degli individui tra i taxa campionati avendo presentato valori compresi tra 0,6 in D9 e 0,8 in F11 (Grafico 11)

Quanto alle dominanze quantitative (abbondanza relativa % di individui), nelle stazioni D9 e F11 dominano maggiormente i Molluschi (51% e 48% rispettivamente); seguono i Crostacei (29% in D9 e 14% in F11) e i Policheti (17% in D9 e 36% in F11).

Nel campione di fondo duro G11, la classe dei Crostacei ha una dominanza del 50%, seguono Molluschi (29%) e Policheti (16%).

Infine, in D12, l'unica stazione di fondo molle dell'area, i Policheti dominano maggiormente (49%) rispetto ai Crostacei (28%) e ai Molluschi (10%).

Da sottolineare è la buona dominanza dei Nematodi (11%) nel campione di fondo molle (Grafico 12).

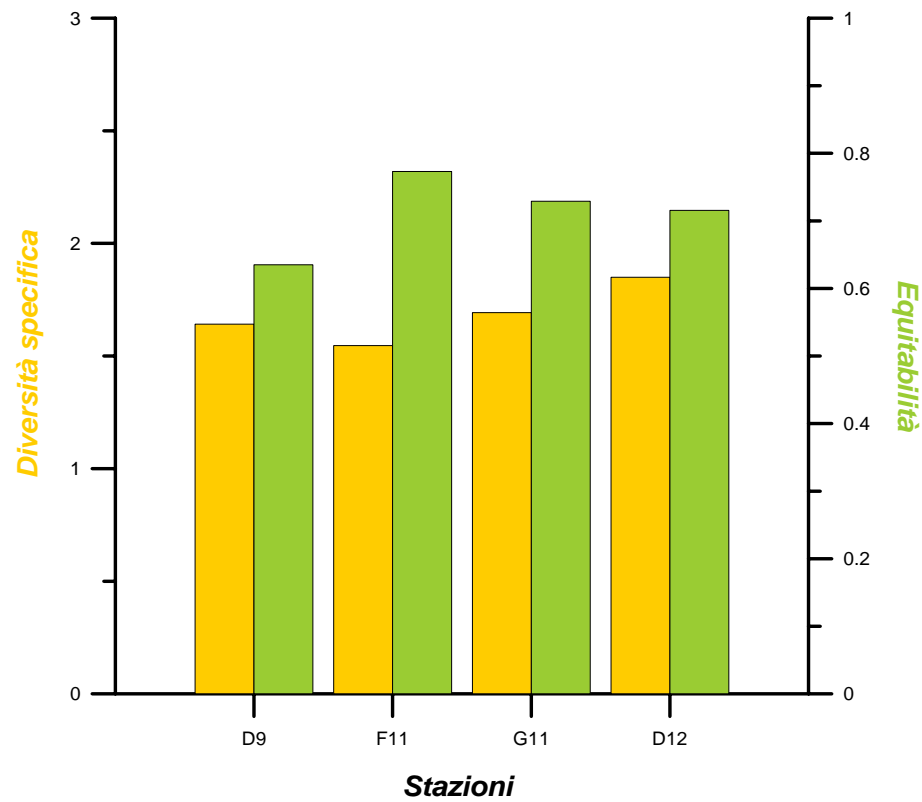
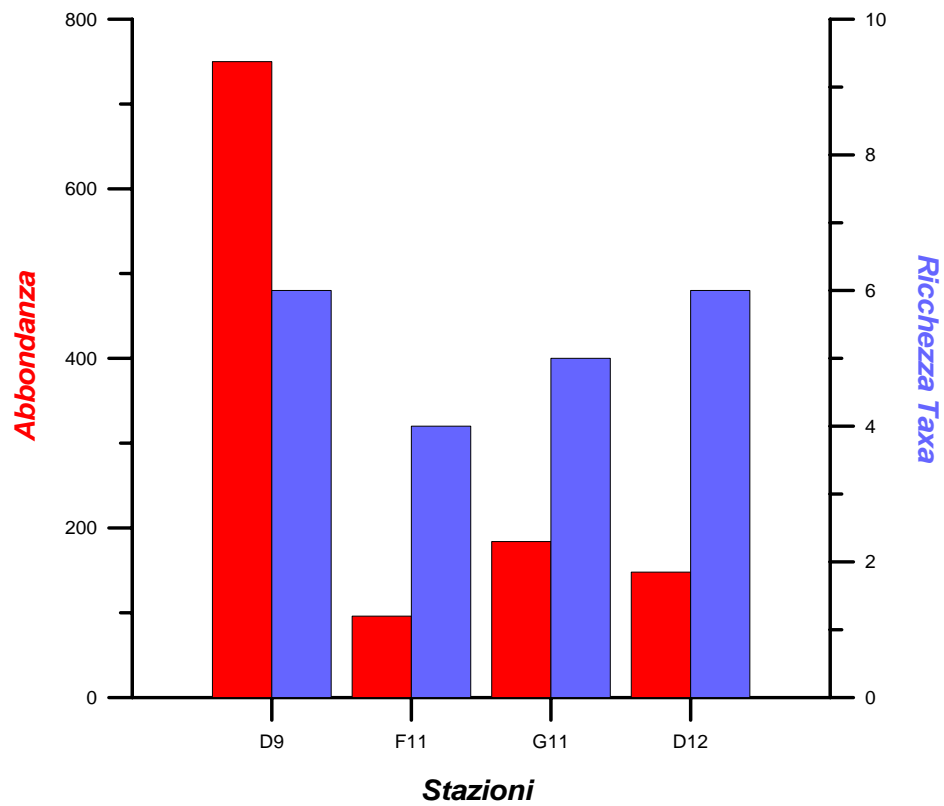


Grafico 11- Andamento degli indici sinecologici di abbondanza-ricchezza taxa e diversità specifica-equitabilità dell'area protetta di Monte Orlando

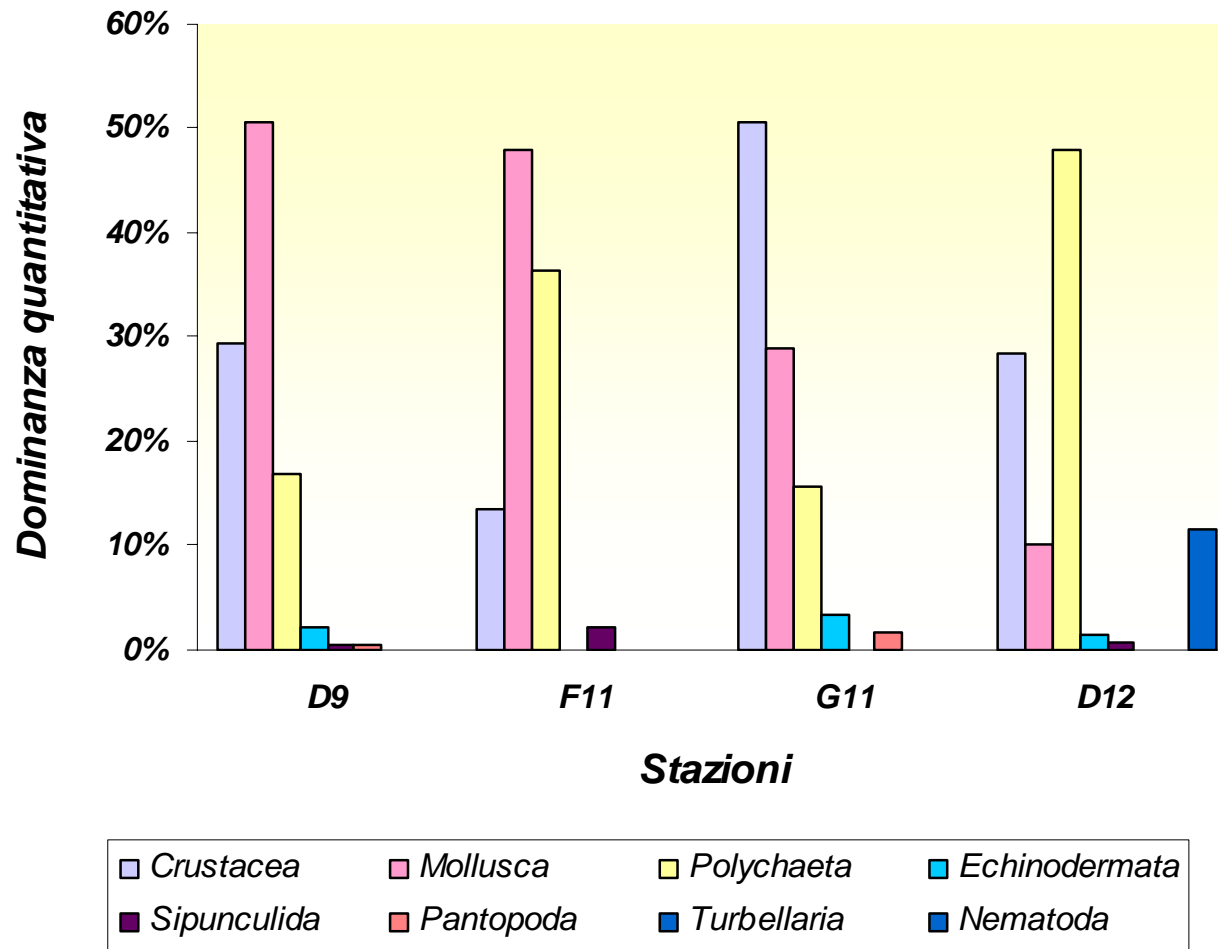


Grafico 12- Dominanza quantitativa dell'area protetta di Villa di Tiberio-Costa Torre Capovento

3.2.3 Popolamento a Molluschi

Complessivamente sono stati censiti 493 individui, suddivisi in 3 classi, 25 famiglie e 60 specie. (Tabella 6)

| Classe | Famiglia | Genere specie |
|--|--|--|
| Polyplacophora | Chitonidae | <i>Chiton corallinus</i> (Risso, 1826) |
| | | <i>Chiton olivaceus</i> (Spengler, 1797) |
| | Acanthochitonidae | <i>Acanthochitona crinita</i> (Pennant, 1777) |
| Gastropoda | Cerithiidae | <i>Bittium jaderinum</i> (Brusina, 1865) |
| | | <i>Bittium latreillii</i> (Payraudeau, 1826) |
| | | <i>Bittium reticulatum</i> (da Costa, 1778) |
| | | <i>Bittium scabrum</i> (Olivi, 1792) |
| | Rissoidae | <i>Rissoa variabilis</i> (Von Mühlfeldt, 1824) |
| | | <i>Alvania cancellata</i> (da Costa, 1778) |
| | | <i>Alvania cimex</i> (Linné, 1758) |
| | | <i>Alvania cimicoides</i> (Forbes, 1844) |
| | | <i>Alvania pagodula</i> (Bucquoy, Dautzenberg & Dollfus, 1884) |
| | <i>Alvania subcrenulata</i> (Bucquoy, Dautzenberg & Dollfus, 1884) | |
| | Triphoridae | <i>Marshallora adversa</i> (Montagu, 1803) |
| | | <i>Monophorus perversus</i> (Linné, 1758) |
| | | <i>Metaxia metaxa</i> (delle Chiaje, 1828) |
| Cerithiopsidae | <i>Cerithiopsis tubercularis</i> (Montagu, 1803) | |
| Muricidae | <i>Hexaplex trunculus</i> (Linné, 1758) | |
| | <i>Muricopsis cristata</i> (Brocchi, 1814) | |
| | <i>Ocinebrina edwardsii</i> (Payraudeau, 1826) | |
| | <i>Pollia scacchiana</i> (Philippi, 1844) | |
| | <i>Fusinus pulchellus</i> (Philippi, 1844) | |
| <i>Nassarius incrassatus</i> (Ström, 1768) | | |
| Columbellidae | <i>Columbella rustica</i> (Linnaeus, 1758) | |
| | <i>Mitrella gervillii</i> (Payraudeau, 1826) | |
| Costellariidae | <i>Vexillum savignyi</i> (Payraudeau, 1826) | |
| Marginellidae | <i>Vexillum tricolor</i> (Gmelin, 1791) | |
| | <i>Gibberula miliaria</i> (Linné, 1758) | |
| Mitridae | <i>Mitra nigra</i> | |
| Turridae | <i>Mangelia coarctata</i> (Forbes, 1840) | |
| | <i>Mangelia costulata</i> | |
| | <i>Mangelia paciniana</i> (Calcara, 1839) | |
| | <i>Mangelia vaquelini</i> | |
| | <i>Mangelia concinna</i> | |
| Pyramidellidae | <i>Chrysallida doliolum</i> | |
| | <i>Odostomia plicata</i> (Montagu, 1803) | |
| | <i>Odostomia conoidea</i> (Brocchi, 1814) | |
| Bivalvia | Nuculoida | <i>Nucula nitidosa</i> (Winckworth, 1930) |
| | Arcidae | <i>Arca tetragona</i> (Poli, 1795) |

| | |
|---------------|---|
| | <i>Barbatia barbata</i> (Linné, 1758) |
| Mytilidae | <i>Gregariella petagnae</i> (Scacchi, 1832) <i>Musculus costulatus</i> (Risso, 1826) <i>Modiolus barbatus</i> (Linnaeus, 1758) <i>Modiolus adriaticus</i> (Lamarck, 1819) |
| Lucinidae | <i>Ctena decussata</i> (Costa O.G., 1829) <i>Lucinella divaricata</i> (Linnaeus, 1758) |
| Galeommatidae | <i>Galeomna turtoni</i> |
| Cardiidae | <i>Parvicardium exiguum</i> (Gmelin, 1791) <i>Plagiocardium papillosum</i> (Poli, 1795) |
| Mactridae | <i>Spisula subtruncata</i> (da Costa, 1778) |
| Tellinidae | <i>Tellina fabula</i> (Gmelin, 1791) <i>Tellina donacina</i> (Linnaeus, 1758) |
| Donacidae | |
| Psammobiidae | <i>Psammobia costulata</i> |
| Veneridae | <i>Chamelea gallina</i> (Linnaeus, 1758) <i>Timoclea ovata</i> (Pennant, 1777) <i>Gouldia minima</i> (Montagu, 1803) <i>Dosinia lupinus</i> (Linnaeus, 1758) <i>Paphia aurea</i> (Gmelin, 1791) |
| Hiatellidae | <i>Hiatella arctica</i> (Linné, 1767) |

Tabella 6- Elenco delle specie rinvenute

La stazione di substrato duro D9 è quella che ha un'abbondanza nettamente superiore (379 individui); anche la ricchezza in specie risulta più elevata in questa stazione.

Dai risultati del calcolo degli indici di diversità specifica e di equitabilità sono stati ottenuti identici valori per entrambi gli indici, nelle stazioni poste a 11 metri; ciò perché esse hanno sia ricchezza specifica (20) che grado di equiripartizione delle specie identiche.

I campioni del transetto D hanno mostrato, invece, stessi valori di H', ma un J massimo (1) nella stazione di fondo molle D12 e un valore molto più basso in quella di fondo duro D9 (0.6) (Grafico 13).

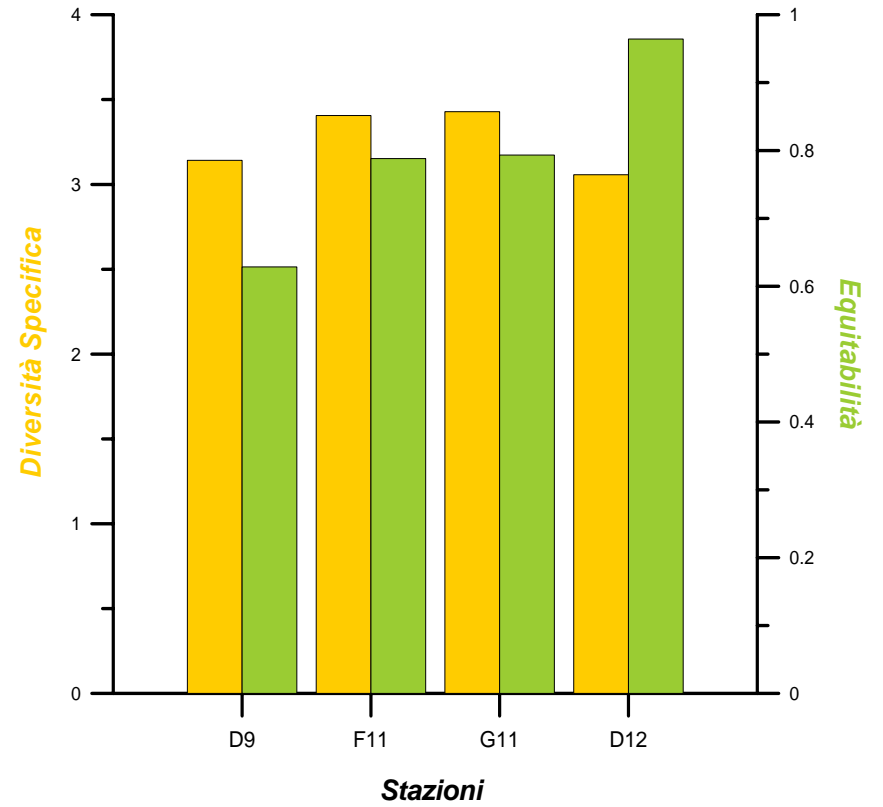
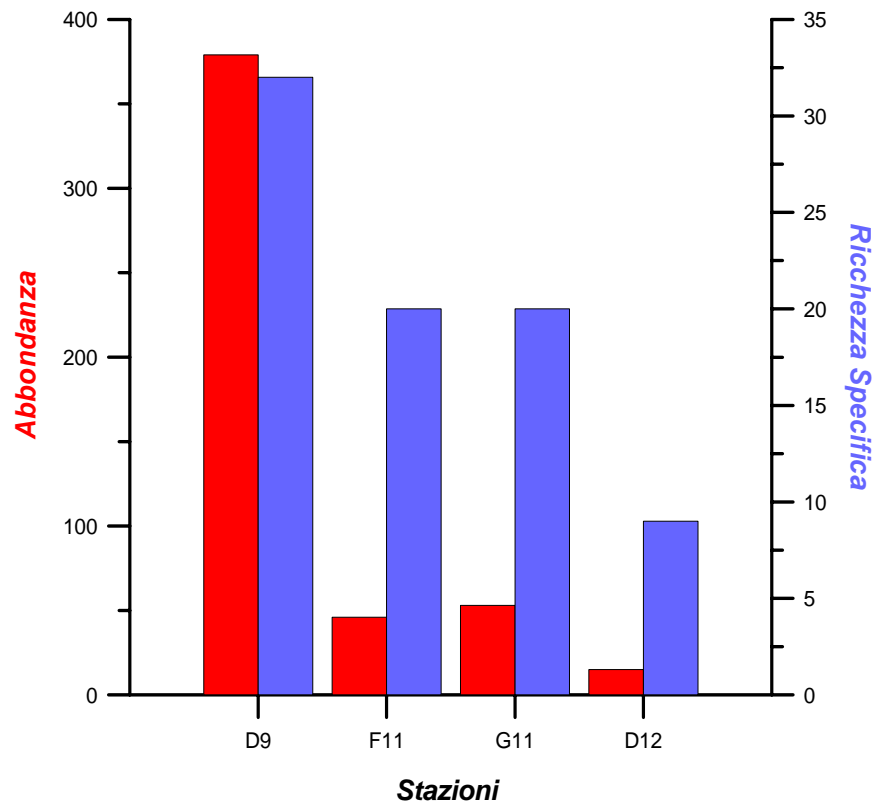


Grafico 13- Andamento degli indici sinecologici abbondanza e ricchezza specifica, diversità specifica ed equitabilità dell'area protetta di Monte Orlando

La famiglia dei Cerithiidi risulta dominante quantitativamente (abbondanza relativa % di individui) in tutte le stazioni (Grafico 14) con le percentuali maggiori nella stazione di fondo duro D9 (62%) ed in quella di fondo misto F11 (39%).

I Veneridi, dominanti nelle stazioni a maggiore profondità, raggiungono le percentuali più alte nella stazione di fondo molle D12 (20%) e di fondo misto F11 (13%).

La famiglia dei Muricidi, presente solo nelle due stazioni di fondo duro, domina tuttavia con valori alti (20% in D9 e 40% in G11).

I Tellinidi e i Mactridi hanno discrete dominanze (27% e 20% rispettivamente) nella stazione di fondo molle D12, mentre la loro percentuale si riduce fortemente in quella di fondo misto F11 (2%).

Infine, notiamo, i Donacidi dominanti nella sola stazione di fondo molle D12 (13%), i Lucinidi in quella di fondo misto F11 (13%) e fondo molle D12 (7%).

Dal confronto tra le dominanze quantitative con quelle qualitative (ricchezza relativa % di specie), si nota una forte predominanza da parte della famiglia dei Cerithiidi in termini quantitativi (Grafico 15).

Per le restanti famiglie, le dominanze qualitative e quantitative sono pressoché identiche.

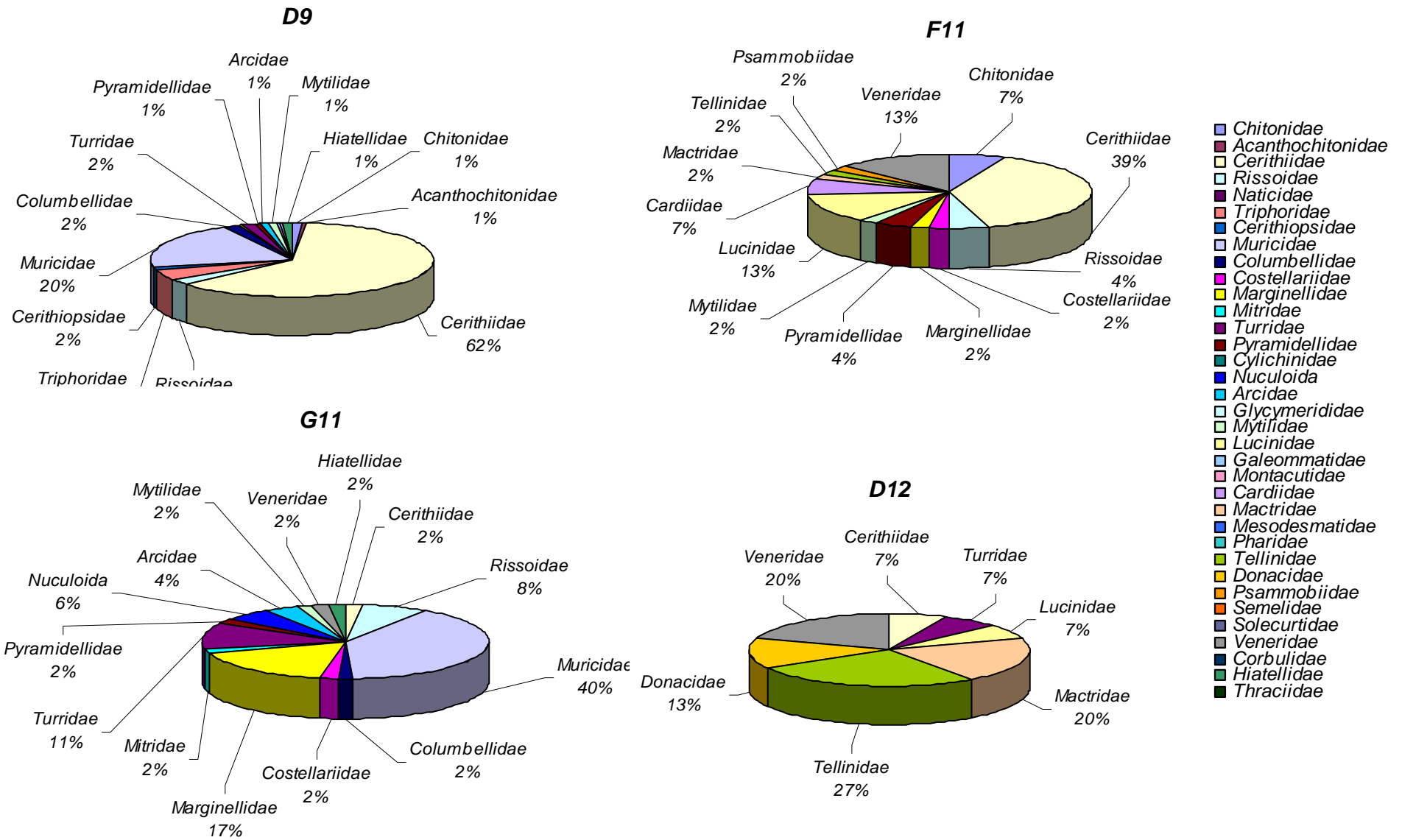
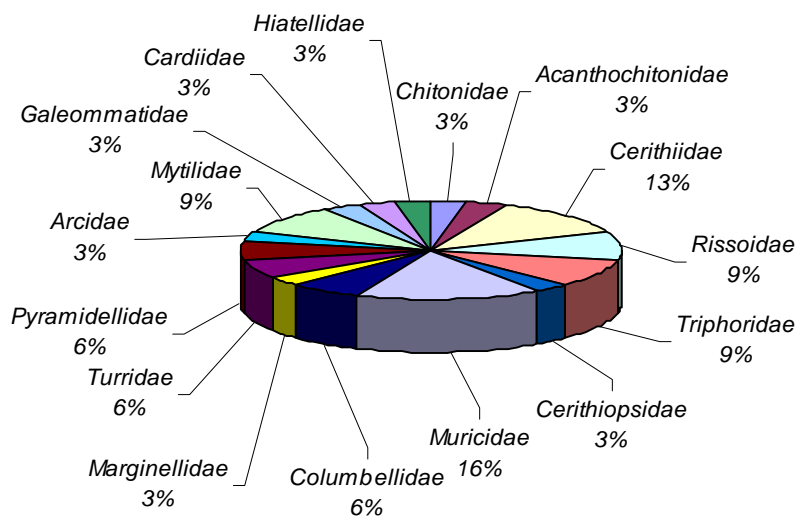
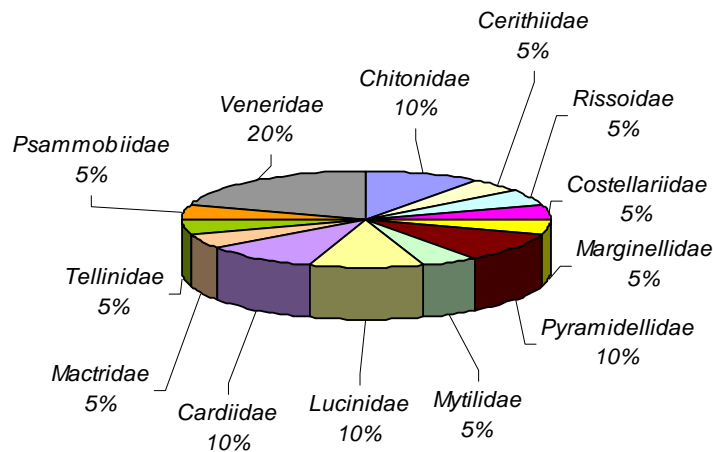


Grafico 14- Dominanze quantitative dell'area protetta di Monte Orlando

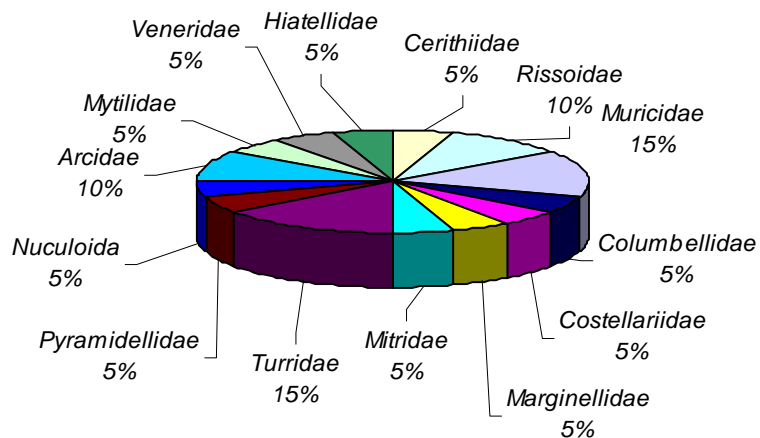
D9



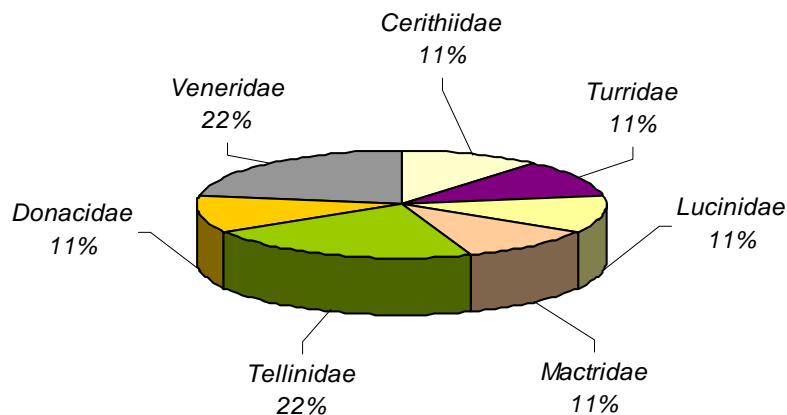
F11



G11



D12



- Chitonidae
- Acanthochitonidae
- Cerithiidae
- Rissoidae
- Naticidae
- Triphoridae
- Cerithiopsidae
- Muricidae
- Columbelloidea
- Costellariidae
- Marginellidae
- Mitridae
- Turridae
- Pyramidellidae
- Cylichnidae
- Nuculoida
- Arcidae
- Glycymerididae
- Mytilidae
- Lucinidae
- Galeommatidae
- Montacutidae
- Cardiidae
- Maclridae
- Mesodesmatidae
- Pharidae
- Tellinidae
- Donacidae
- Psammobiidae
- Semelidae
- Solecurtidae
- Veneridae
- Corbulidae
- Hiatellidae
- Thraciidae

Grafico 15-Dominanze qualitative dell'area Protetta di Monte Orlando

In quest'area, etologicamente e troficamente notiamo che, nelle stazioni D9 di fondo duro e F11 di fondo misto, domina, in termini quantitativi, maggiormente la categoria dei Sedentari Brucatori (66% in D9, 51% in F11), che risulta, comunque, presente in tutti i campioni.

Seguono i Sedentari Detritivori (22% in D9) e i Fossori Sospensivori (26% in F11).

L'unica stazione di fondo molle, D12, è dominata dai Fossori Sospensivori (53%) e dai Fossori Detritivori (33%).

Infine, nella stazione di fondo duro G11, i Sedentari Detritivori (39%) e i Sedentari Carnivori (30%) (Grafico 16).

Le dominanze qualitative mostrano che, i Sedentari Brucatori, dominano meno in termini qualitativi rispetto a quelli quantitativi nella stazione di fondo misto F11 che in quella di fondo duro D9.

I Sedentari Detritivori, che rappresentavano il gruppo quantitativamente dominante nella stazione di fondo duro G11, hanno, invece, una percentuale di dominanza qualitativa più bassa (15%)(Grafico 17) .

Infine, i Fossori Sospensivori dominano maggiormente in termini quantitativi nella stazione di fondo molle D12, mentre, in quella di fondo misto, F11, dominano in termini qualitativi.

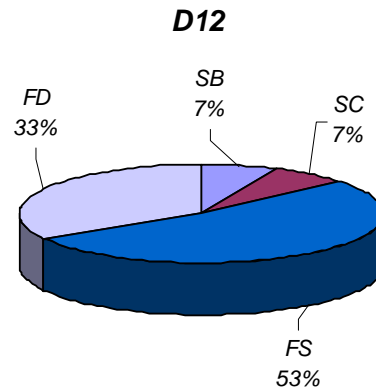
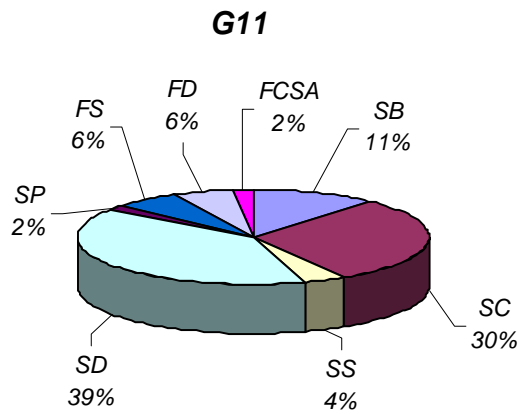
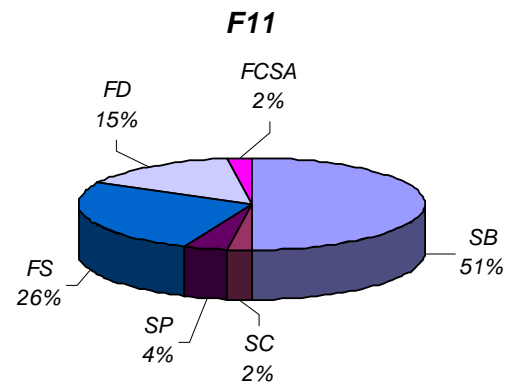
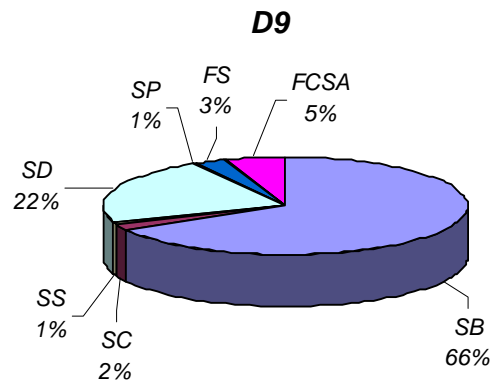


Grafico 16- Dominanze quantitative per gilde trofico-etologiche dell'area protetta di Monte Orlando

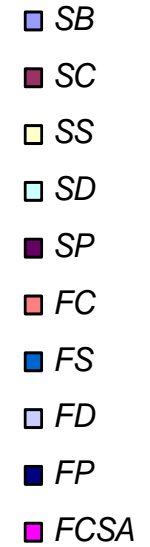
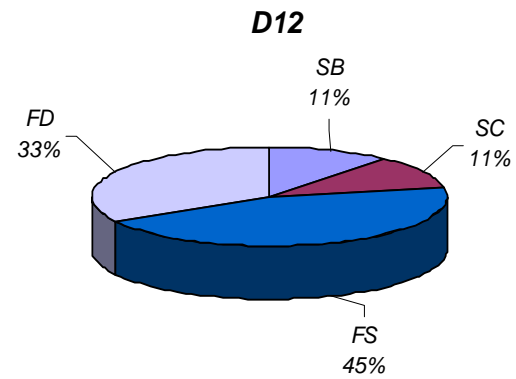
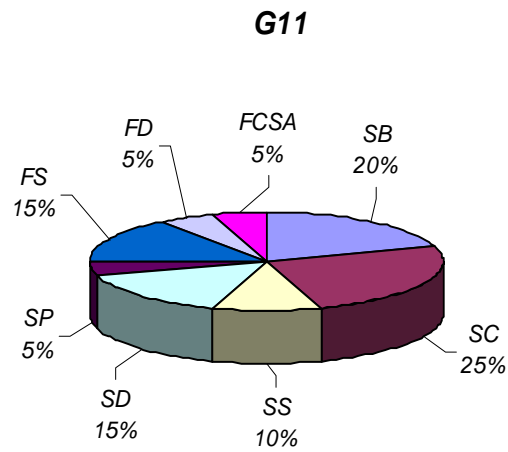
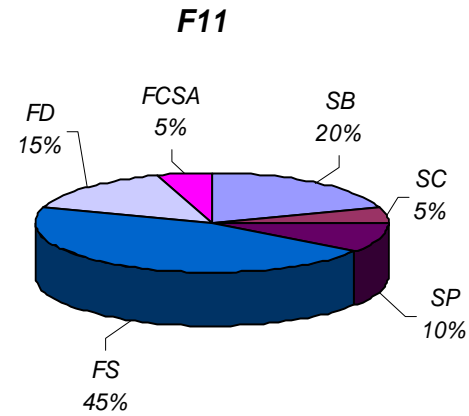
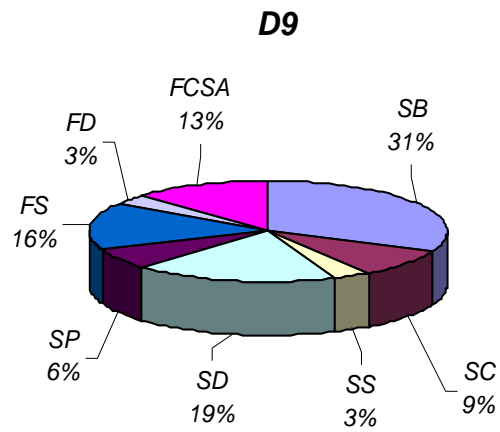


Grafico 17-Dominanze qualitative per gilde trofico-etologiche dell'area protetta di Monte Orlando

3.2.4 Stato ecologico di qualità

Vengono di seguito illustrati i risultati relativi alle stazioni di campionamento D9, F11, G11 e D12 (Grafico 18). Si osserva subito come in questo caso entrambi gli indici diano risultati molto simili.

Al valore più alto di AMBI* (6), ottenuto nella stazione D12 di fondo molle, fanno seguito quelli della stazione di fondo misto F11 (5.8) e quelli delle stazioni di fondo duro D9 (5.8) e G11 (5). Tale risultato, corrispondente ad uno stato ecologico elevato, è dovuto al fatto che le specie dominanti appartengono al gruppo ecologico I (100 in D12, 86% in F11) o II (72% in G11), come gasteropodi *Bittium latreilli*, *Bittium scabrum*, *Chiton corallinus* e *Nassarius incrassatus*.

Anche la classificazione ottenuta dall'indice Bentix, dà come risultato uno stato ecologico elevato (le stazioni assumono tutti valori compresi tra 4.7 e 5.8, quest'ultimo valore, il più alto si trova in corrispondenza della stazione D9).

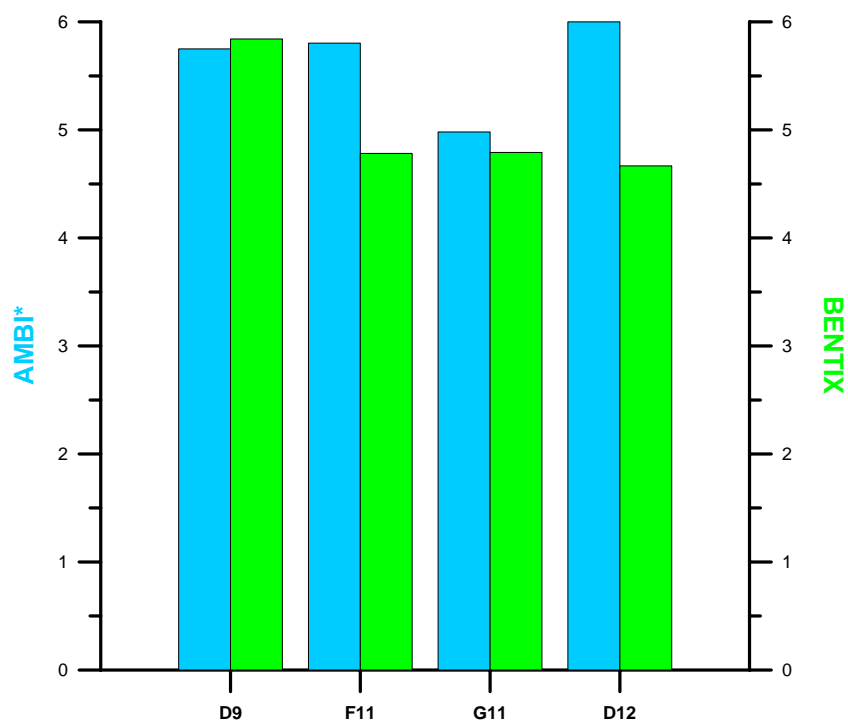


Grafico 18- Andamento degli indici di qualità ecologica AMBI* e Bentix dell'area protetta di Monte Orlando

3.3 Area protetta di Gianola-Monte di Scauri

3.3.1 Tipologia e distribuzione dei popolamenti bentonici

I fondali dell'area protetta di Gianola-Monte di Scauri sono caratterizzati da biocenosi sia di fondo duro che di fondo molle (Figura 25).

Nell'area protetta di Gianola e Monte di Scauri (Grafico 19), dominano in tutte le stazioni le specie tipiche delle Sabbie Fini Ben Calibrate (SFBC), ma rilevante è la compresenza di specie caratteristiche dei fondi Mobili Instabili (MI) e delle Sabbie Infangate di Moda Calma (SVMC). Questo risultato è coerente con le osservazioni *in situ*, che rivelano un paesaggio subacqueo caratterizzato da una sottile coltre di sedimento molto fine, depositato anche su fondi duri.

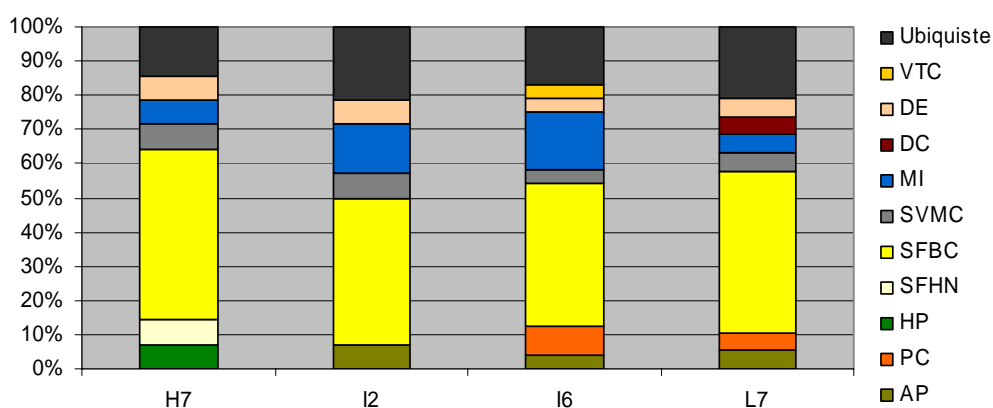


Grafico 19 - Dominanze qualitative per biocenosi-tipo per l'area protetta di Gianola-Monte di Scauri

Sui massi rocciosi, che circondano l'intera fascia costiera, si può osservare la biocenosi del Coralligeno. Quest'ultima si presenta come facies del Precoralligeno (PC) ed è osservabile sin dai primissimi metri di profondità, a causa dell'elevata torbidità della colonna d'acqua.

In prossimità della villa di epoca romana appartenuta a Mamurra la copertura vegetale è dominata nelle zone più superficiali dalle alghe fotofile *Halimeda tuna*, *Codium vermilara*, *Padina pavonia*, *Corallina elongata*, ma già a partire dai 2-3 m di profondità si osservano alghe sciafile come *Peyssonnelia rubra*, *Dictyopteris membranacea* e *Flabellia petiolata* (Figura 26).

In prossimità del molo del Porto Romano il fondale è sabbioso e costellato da tane di crostacei scavatori del genere *Upogebia*; più in largo sono presenti massi rocciosi ricoperti da alghe come *Corallina elongata*, *Bryopsis plumosa*, *Codium vermilara* e *Stypocaulon scoparium* (Figura 27).

In corrispondenza dell'Oasi Blu i fondi più superficiali sono ricoperti prevalentemente dalle alghe *Briopsis plumosa* e *Corallina elongata*. Oltre i 3 metri di profondità sono visibili alghe sciafile come *Peyssonnelia rubra*, *Dictyopteris membranacea* e *Flabellia petiolata* (Figura 28).

In tutta l'area protetta vi è una notevole abbondanza di oloturie (*Holothuria tubulosa* e *Holothuria poli*), che si nutrono dell'abbondante sedimento depositato tra e sulle rocce.

I popolamenti di fondo molle, osservabili al largo del Porto Romano e dell'Oasi Blu, risentono dell'influenza dell'elevato tasso di sedimentazione, che si accompagna alla notevole torbidità della colonna d'acqua. Il sottile strato di fango che ricopre il sedimento sabbioso determina la presenza di specie caratteristiche della biocenosi dei Fondi Mobili Instabili (MI). Sui fondi molli si osservano esemplari di cerianti (*Cerianthus membranaceus*) e numerose oloturie come sui fondi duri (Figura 24).

Non è stata riscontrata la presenza di coperture a fanerogame marine, anche se prati di *Cymodocea nodosa* sono stati segnalati più al largo, al di fuori dei limiti dell'area protetta, tra le batimetriche dei 10 e dei 20 m (Diviacco *et al.*, 2001).

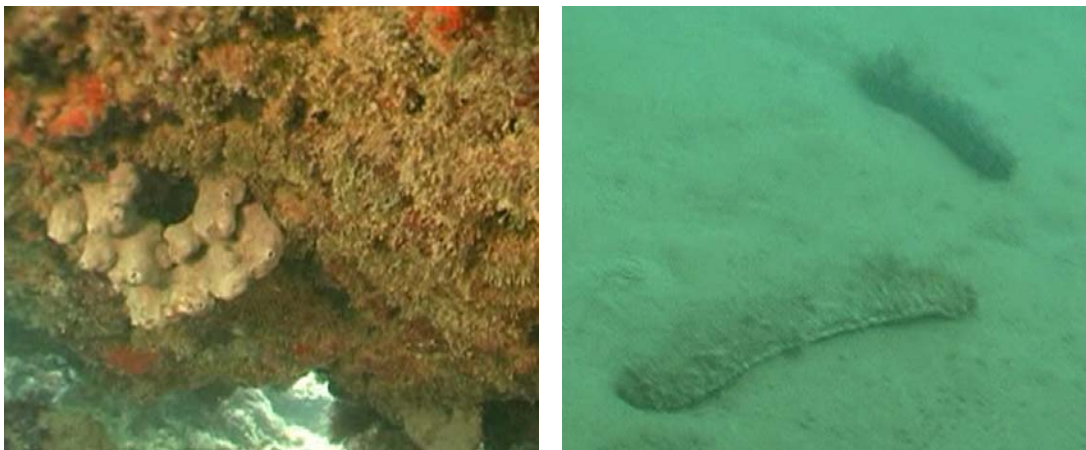


Figura 24 – Precoralligeno (sx); Oloturie (dx)

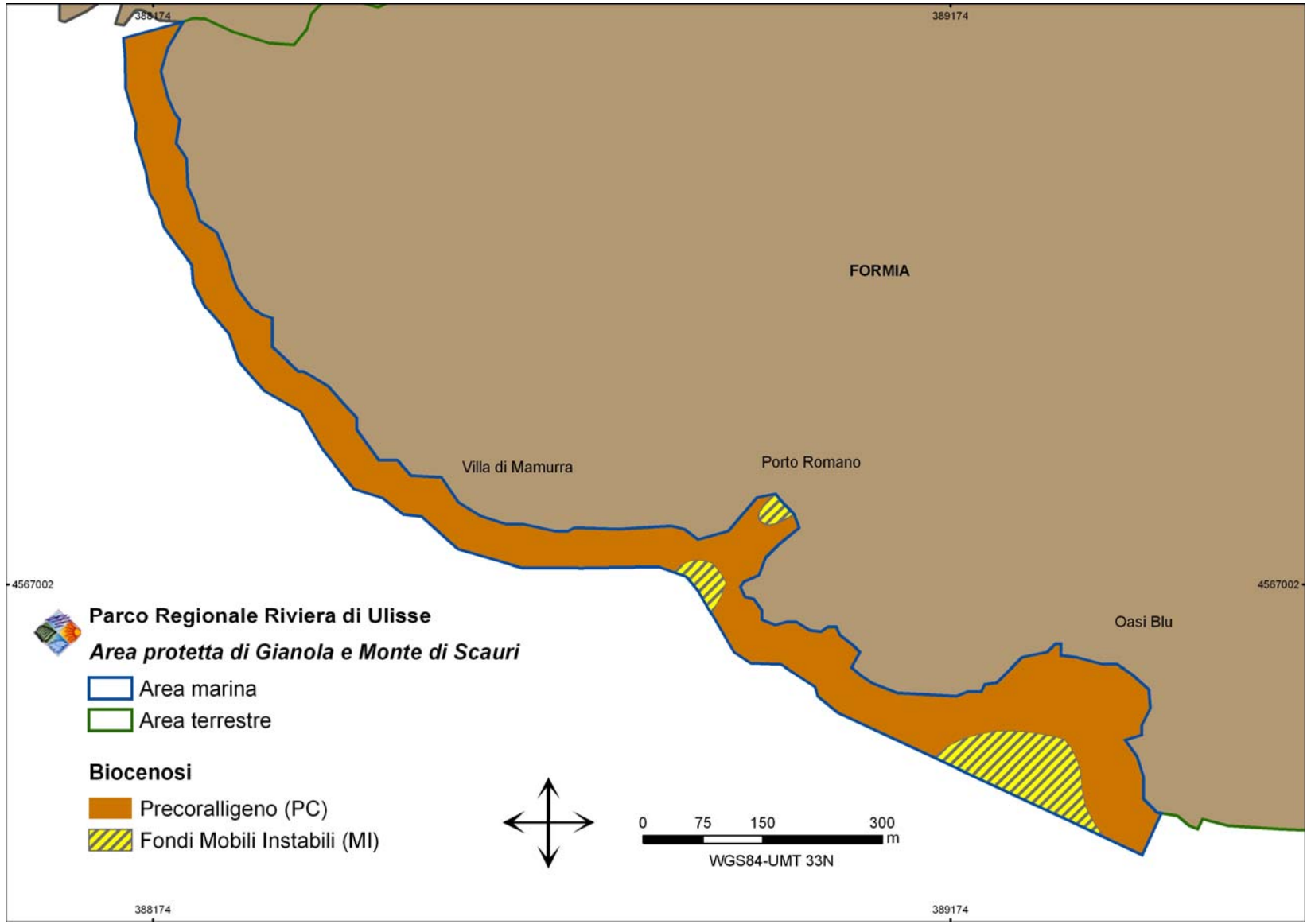


Figura 25- Carta bionomica dell'area protetta di Gianola-Monte di Scauri

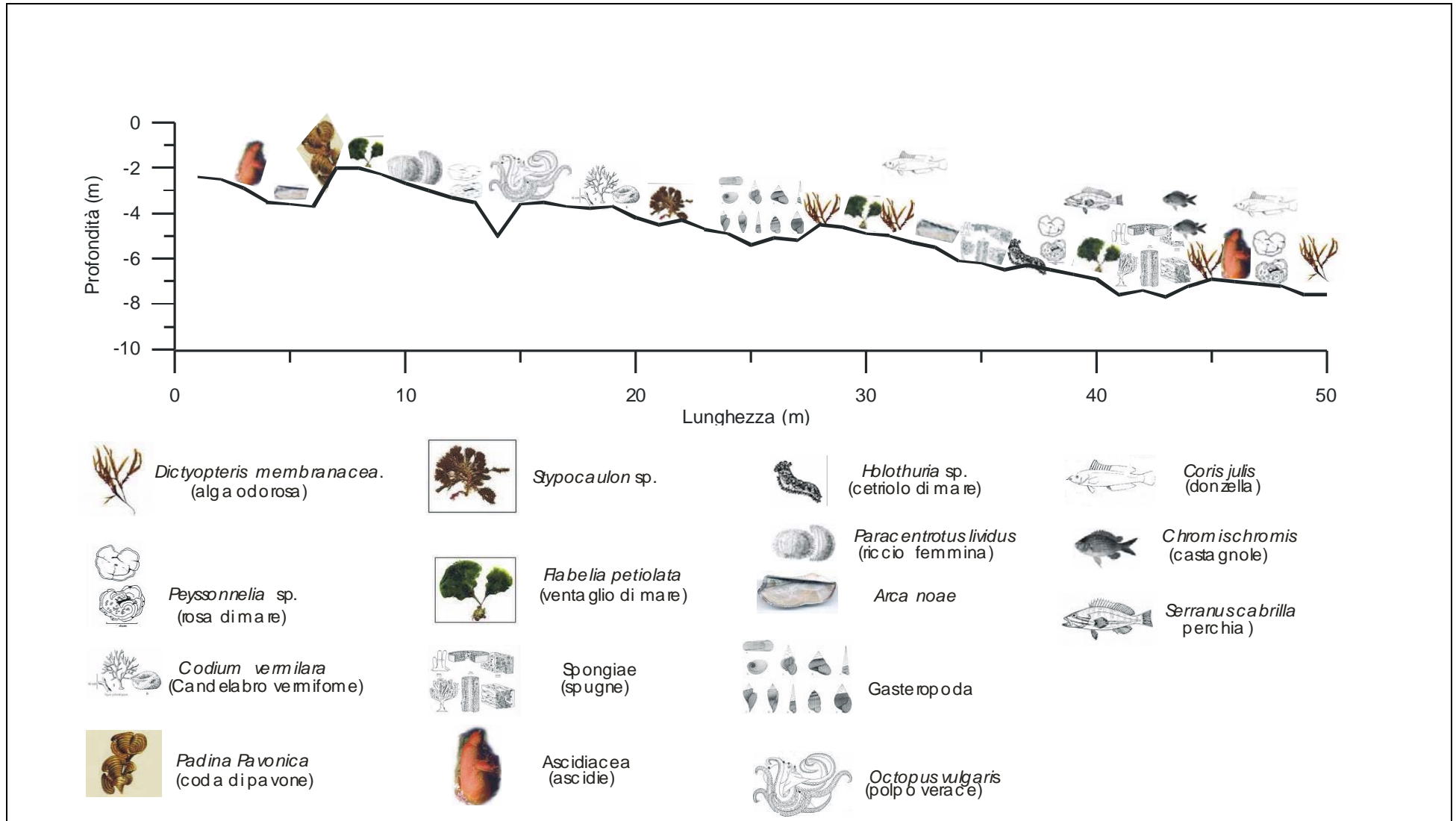


Figura 26- Profilo del fondale transetto H

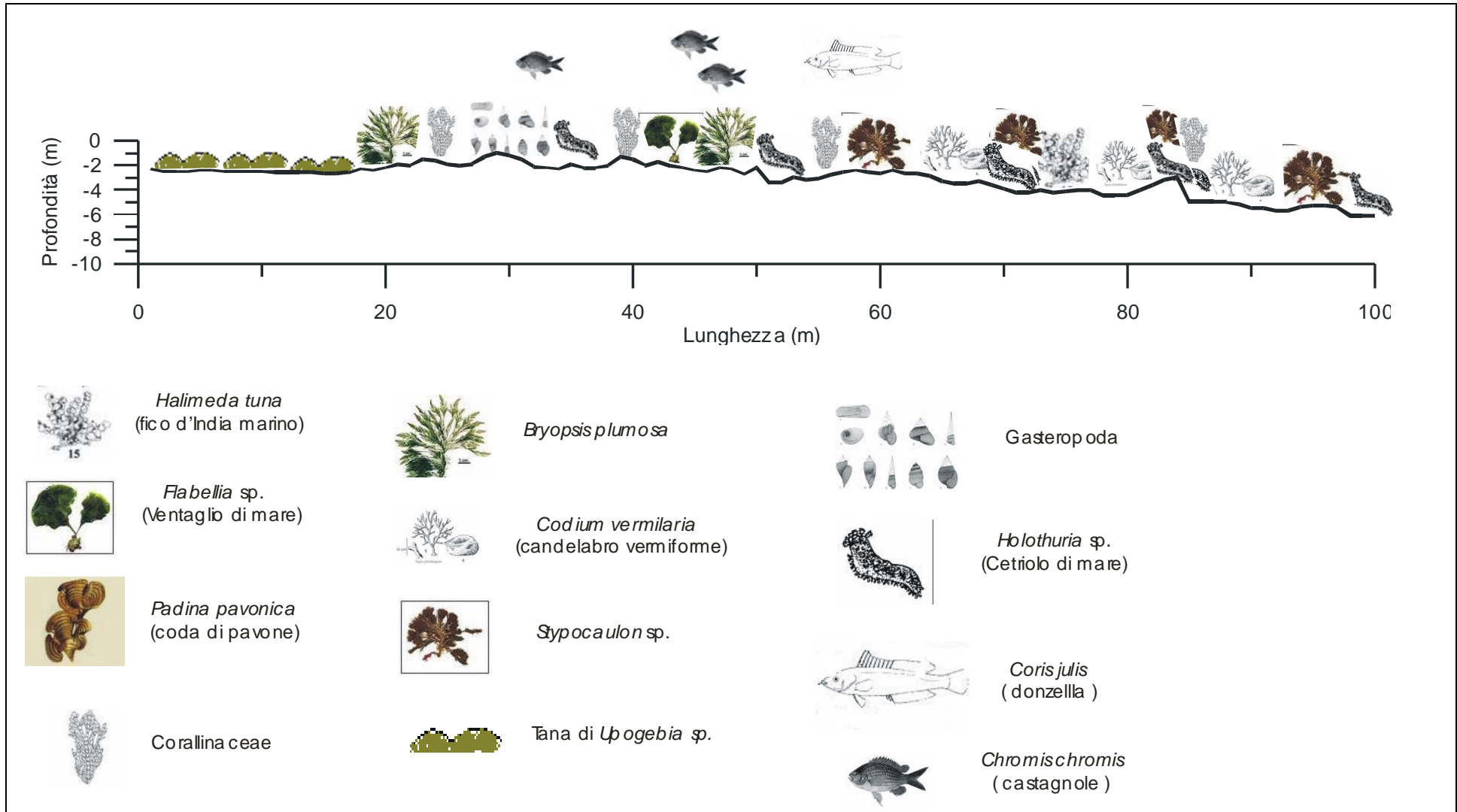


Figura 27-Profilo del fondale del transetto I

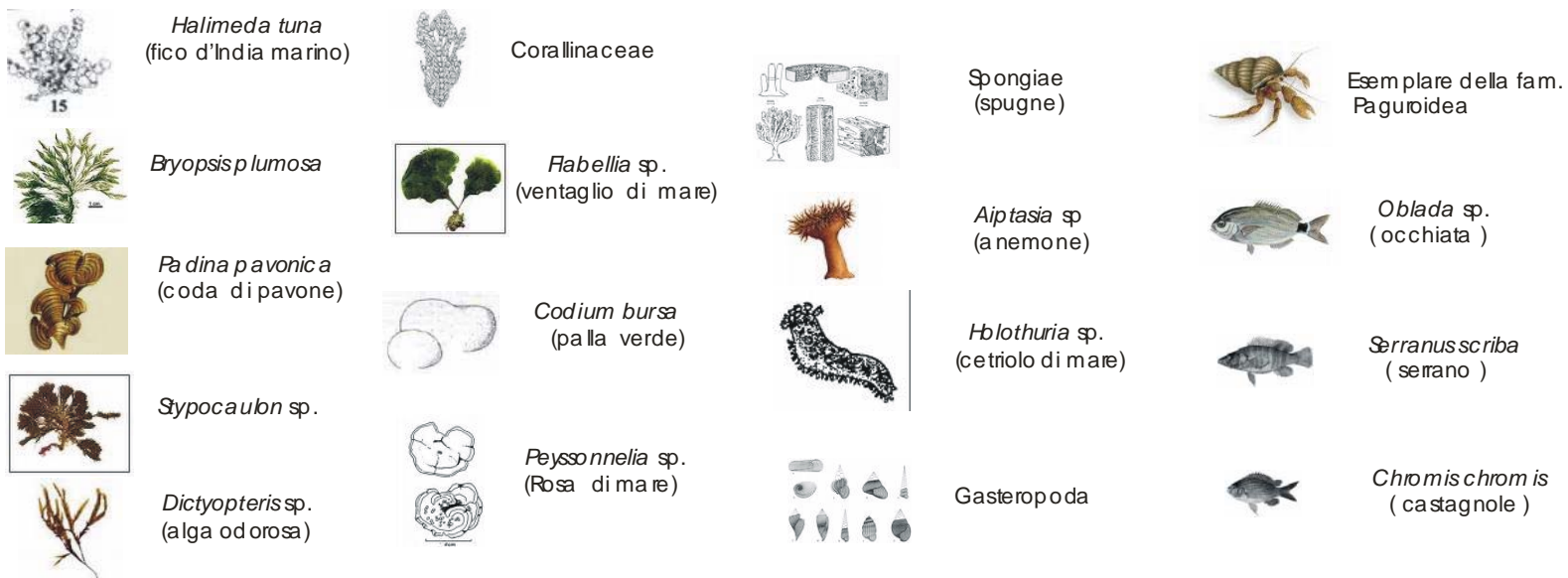
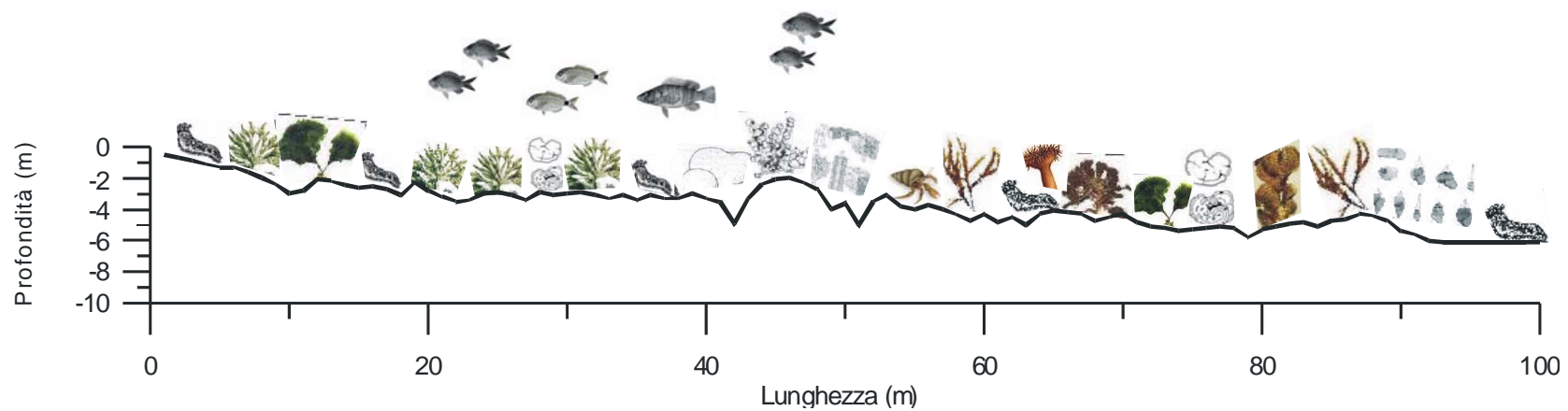


Figura 28-Profilo del fondale del transetto L

3.3.2 Gruppi tassonomici principali

In totale, sono stati censiti 1955 individui, ripartiti in 4 Taxa: 46% Molluschi, 32% Crostacei, 21% Policheti e 1% Echinodermi.

Tutte le stazioni hanno riportato valori di abbondanza elevati, il maggior numero di individui è stato rinvenuto in I6 (574 individui) e I2 (548 individui).

Le ricchezze specifiche si sono assestate per tutte le stazioni sullo stesso valore (4).

L'indice di diversità specifica si attesta su valori medio-bassi, infatti in valore minimo (0,9) è stato calcolato nella stazione a 2m di profondità, mentre quello più alto (1,6) in H7.

L'indice di equitabilità mostra valori buoni nelle stazioni più profonde (0,7 in I6 e L7, 0,8 in H7), mentre un valore nettamente più basso (0,4) nella stazione I2 (Grafico 20).

Nella stazione campionata a minore profondità (I2), i Molluschi, appaiono essere dominanti quantitativamente (abbondanza relativa % di individui), con una percentuale molto alta (82%), seguono i Policheti (13%) e Crostacei (4%).

Alla profondità di 6m, sempre del transetto I, la classe dei Molluschi è sempre dominante (45%), paragonabile, tuttavia, a quella dei Crostacei (43%); i Policheti hanno, invece, una percentuale notevolmente più bassa (11%).

Nei due campioni prelevati alla profondità di 7m, il taxon dei Crostacei è il dominante (42% in H7 e 45% in L7). Sono, tuttavia, molto alte anche le dominanze dei Policheti (42% in L7, 22% in H7) e dei Molluschi (35% H7, 12% L7) (Grafico 21).

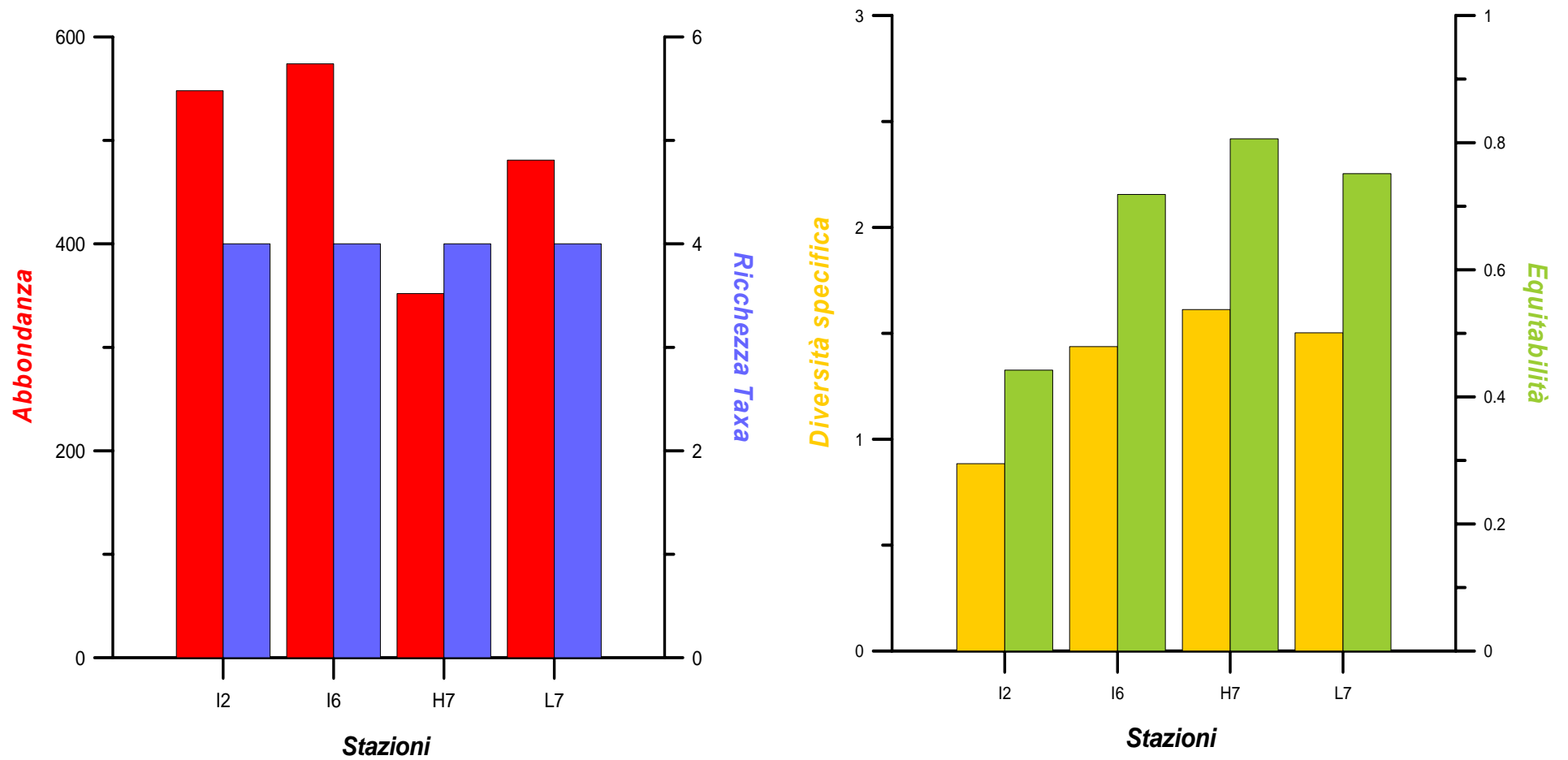


Grafico 20- Andamento degli indici sinecologici di abbondanza-ricchezza taxa e diversità specifica-equitabilità dell'area protetta di Gianola -Monte di Scauri

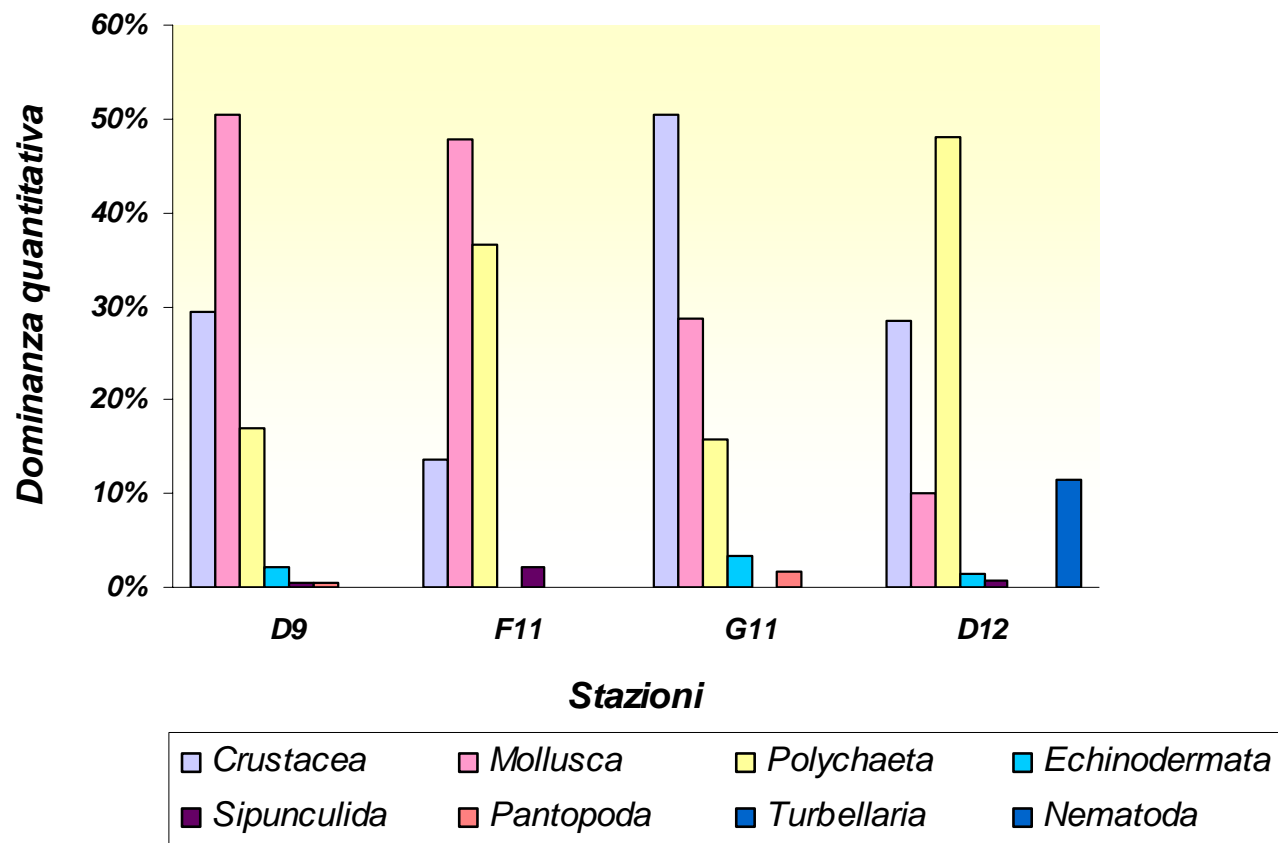


Grafico 21-Dominanze quantitative dell'area protetta di Gianola-Monte di Scauri

3.3.3 Popolamento a Molluschi

In complessivo sono stati censiti 889 individui, suddivisi in 2 classi, 19 famiglie e 34 specie

| Classe | Famiglia | Genere specie |
|----------------------------------|---|---|
| Gastropoda | Cerithiidae | <i>Bittium latreillii</i> (Payraudeau, 1826) <i>Bittium reticulatum</i> (da Costa, 1778) |
| | Rissoidea | <i>Alvania cimex</i> (Linné, 1758) |
| | Cerithiopsidae | <i>Cerithiopsis minima</i> (Brusina, 1865) |
| | Muricidae | <i>Bolinus brandaris</i> (Linné, 1758) |
| | | <i>Fusinus pulchellus</i> (Philippi, 1844) |
| | | <i>Nassarius incrassatus</i> (Ström, 1768) |
| | | <i>Nassarius sp</i> |
| | Turridae | <i>Bela laevigata</i> (Philippi, 1836) <i>Mangelia paciniana</i> (Calcara, 1839) |
| | Cylichnidae | <i>Cylichna crossei</i> (Bucquoy, Dautzenberg & Dollfus, 1886) |
| | | <i>Cylichna cylindracea</i> (Pennant, 1777) |
| Bivalvia | Mytilidae | <i>Modiolus barbatus</i> (Linnaeus, 1758) |
| | Lucinidae | <i>Loripes lacteus</i> (Linnaeus, 1758) |
| | | <i>Lucinella divaricata</i> (Linnaeus, 1758) |
| | Montacutidae | <i>Tellimya ferruginosa</i> (Montagu, 1808) |
| | Cardiidae | <i>Acanthocardia tuberculata</i> (Linnaeus, 1758) |
| | Mactridae | <i>Mactra stultorum</i> (Linné, 1758) |
| | | <i>Spisula subtruncata</i> (da Costa, 1778) |
| | Pharidae | <i>Phaxas pellucidus</i> (Pennant, 1777) |
| | Tellinidae | <i>Tellina tenuis</i> (da Costa, 1778) |
| | | <i>Tellina fabula</i> (Gmelin, 1791) |
| | | <i>Tellina donacina</i> (Linnaeus, 1758) |
| | | <i>Tellina serrata</i> (Brocchi, 1814) |
| | | <i>Tellina distorta</i> (Poli, 1791) |
| | Donacidae | <i>Donax semistriatus</i> (Poli, 1795) |
| | Semelidae | <i>Abra nitida</i> (Müller O.F., 1776) |
| <i>Abra alba</i> (Wood W., 1802) | | |
| Solecurtidae | <i>Pharus legumen</i> (Linnaeus, 1758) | |
| Veneridae | <i>Chamelea gallina</i> (Linnaeus, 1758) | |
| | <i>Dosinia lupinus</i> (Linnaeus, 1758) | |
| Corbulidae | <i>Corbula gibba</i> (Olivi, 1792) | |
| Thraciidae | <i>Thracia corbuloides</i> (Deshayes, 1830) | |
| | <i>Thracia papyracea</i> (Poli, 1791) | |

Tabella 7-Elenco delle specie rinvenute

Le abbondanze più elevate sono state riscontrate nelle stazioni di fondo molle I2 (449 individui), I6 (258 individui) e nella stazione di fondo duro H7 (124 individui).

Le ricchezze specifiche maggiori in I6 (24 specie) e L7 (19 specie).

Il calcolo degli indici sinecologici di diversità specifica e di equitabilità, hanno dato risultati alquanto buoni nell'intera area; i valori più alti sono stati registrati nelle stazioni I6 e L7 ($H' 3.7$ in entrambe, $J 0.9$ in L7 e $J 0.8$ in I6).

La stazione I2, pur essendo quella con il maggior numero di specie dell'intera area, presenta il più basso valore di H' ; ciò perché il valore di J è molto basso e, quindi, vi è una forte dominanza di una o poche specie sulle altre

Infine, il valore di H' (2.9) nell'unica stazione di fondo duro H7 è attribuibile ad una più alta ricchezza specifica, piuttosto che ad una buona equitabilità (Grafico 22).

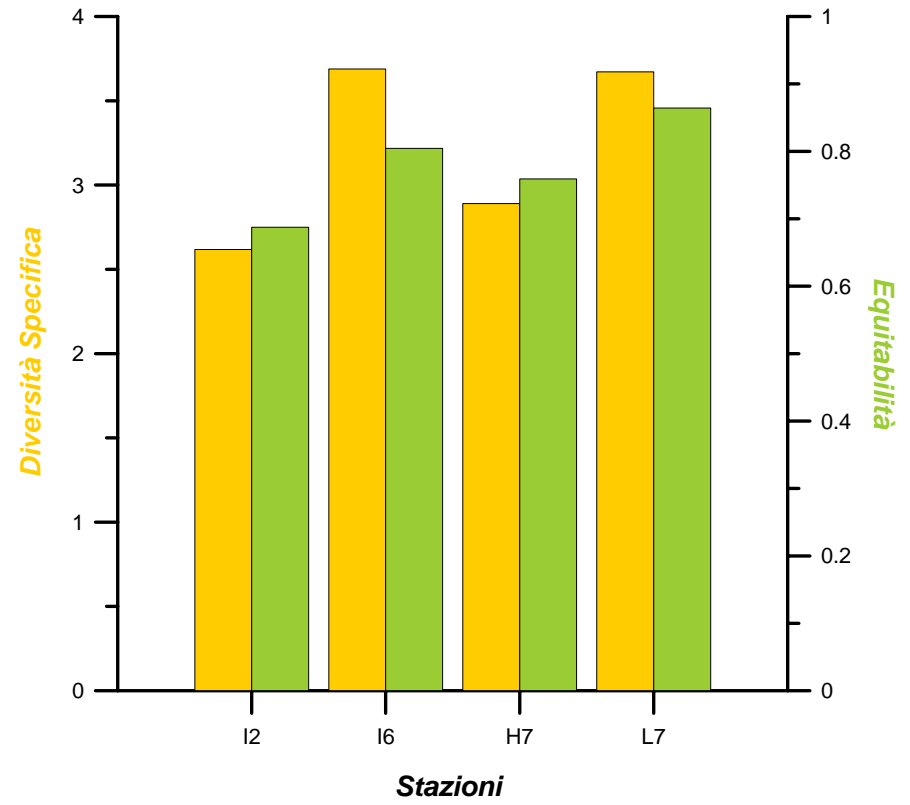
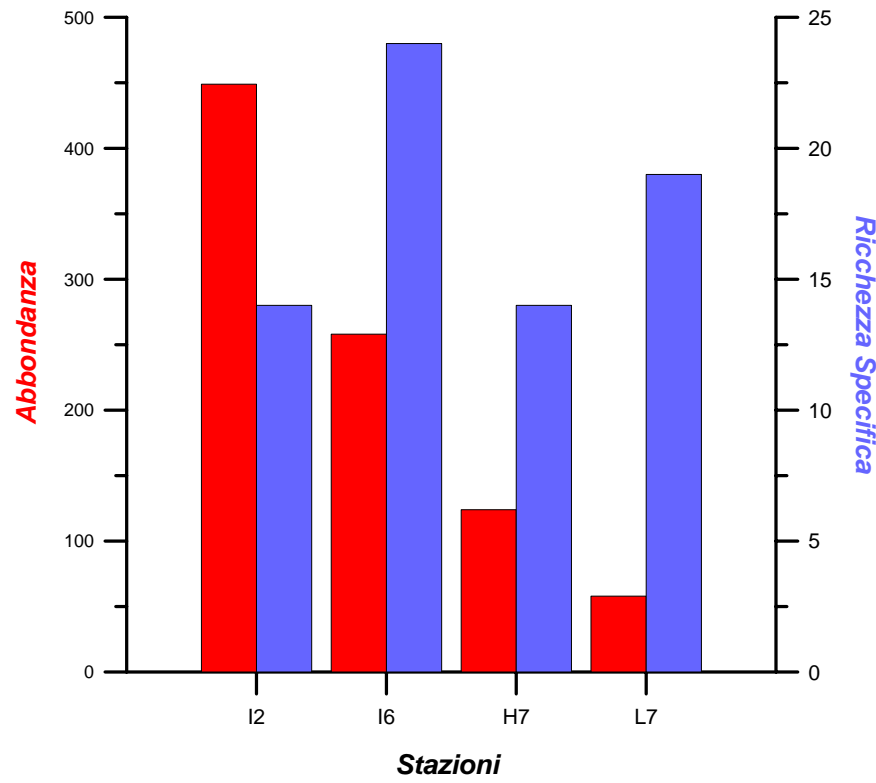


Grafico 22 Andamento degli indici sinecologici abbondanza e ricchezza specifica, diversità specifica ed equitabilità dell'area protetta di Gianola-Monte di Scauri

Le famiglie dei Thraciidi e dei Lucinidi dominano quantitativamente (abbondanza relativa % di individui) in tutte le stazioni dell'area, seppur con percentuali più elevate nella stazione di fondo duro H7 (38% Thraciidi, 26% Lucinidi) e in I2 (36% Thraciidi, 32% Lucinidi).

Anche i Tellinidi hanno buone dominanze in tutte le stazioni campionate, anche se con valori più bassi rispetto alle famiglie precedenti: il valore più alto è stato calcolato nell'unica stazione di fondo duro, H7, dell'intera area (16%).

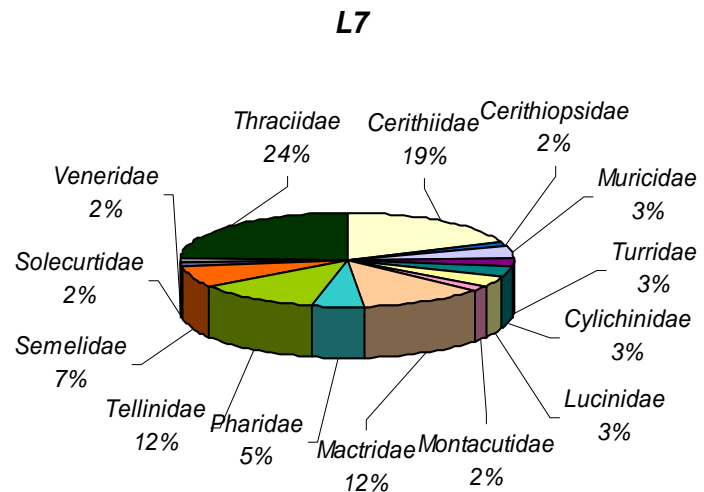
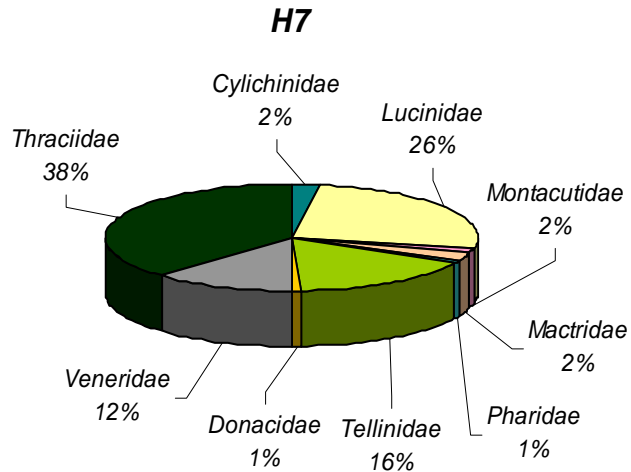
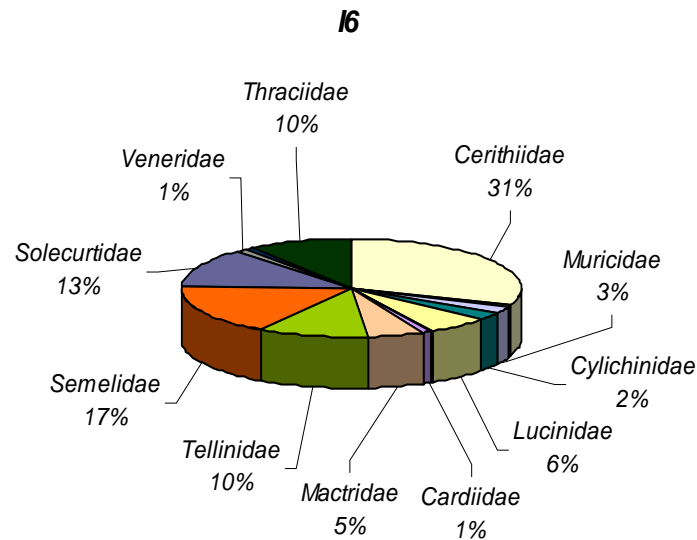
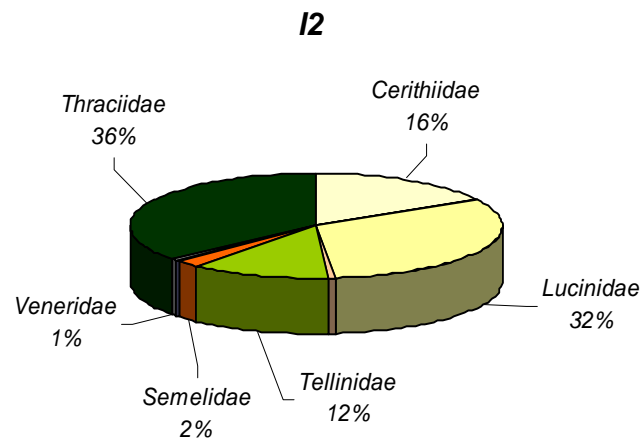
Risulta, infine, rilevante la dominanza quantitativa nella sola I6 di Cerithiidi (31%) e di Semelidi (17%); la dominanza dei Cerithiidi è rapportabile alla presenza di substrati duri in prossimità della stazione (Grafico 23).

La famiglia Thraciidi, in tutte le stazioni, ha un peso maggiore in termini di dominanza quantitativa piuttosto che qualitativa (ricchezza relativa % di specie), poiché è rappresentata da poche specie.

I Tellinidi, a differenza dei precedenti, in tutta l'area campionata, dominano più qualitativamente, poiché sono rappresentati da diverse specie, sebbene con popolazioni esigue.

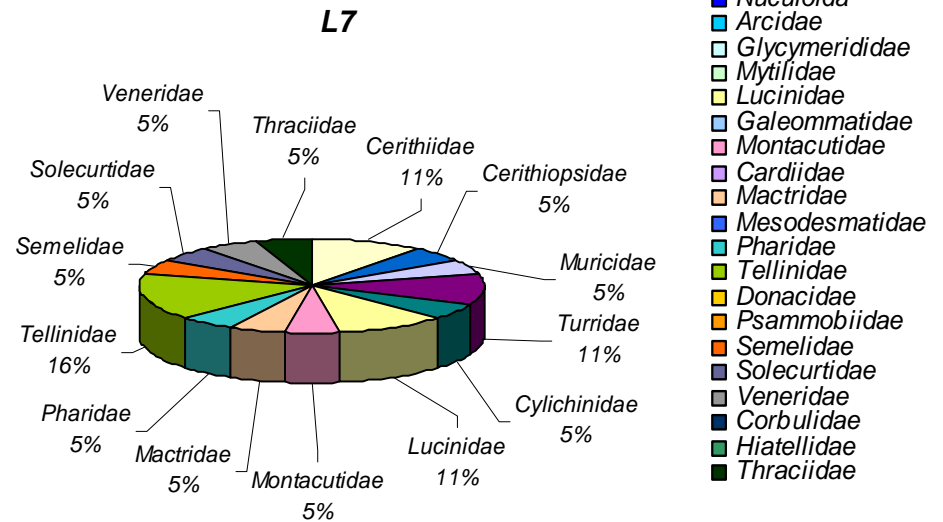
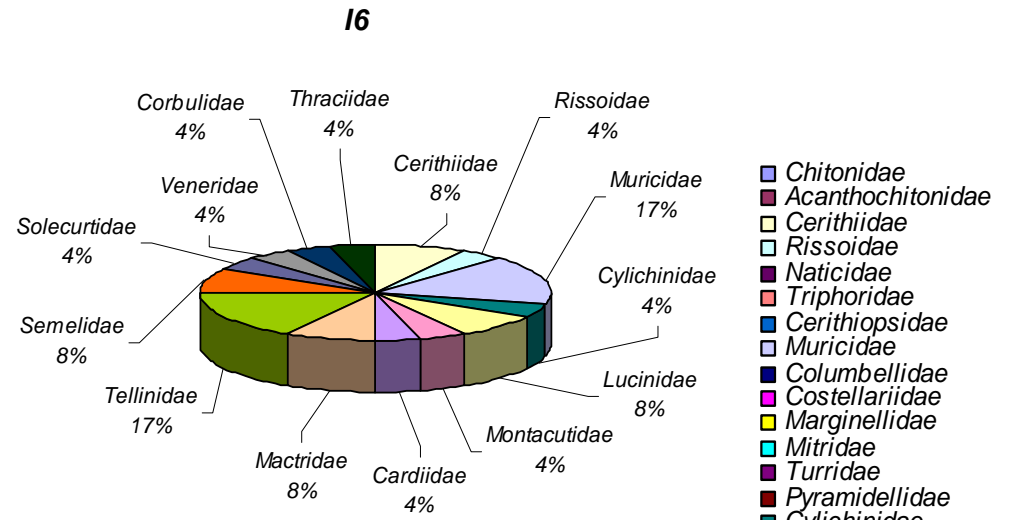
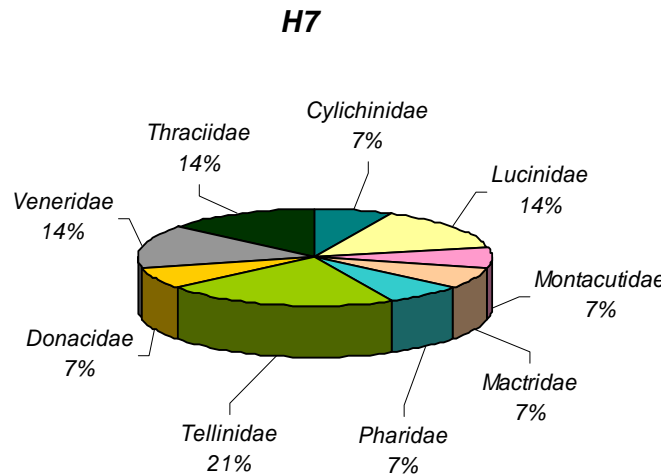
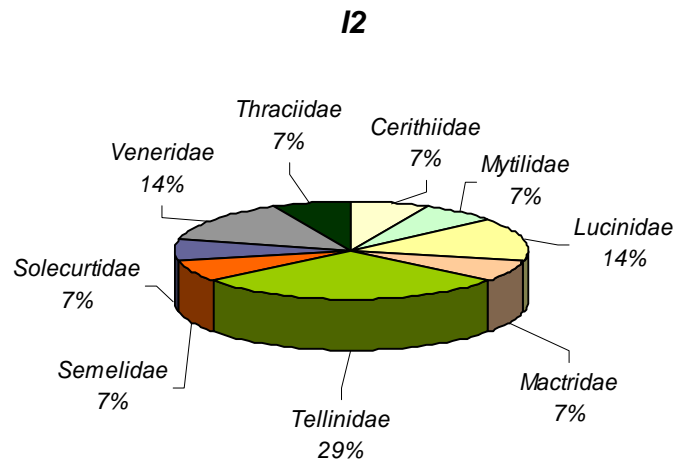
Nei campioni H7 e I2 i Lucinidi predominano quantitativamente, mentre, in I6 e L7 qualitativamente.

Infine, la dominanza qualitativa dei Cerithiidi, è nettamente inferiore a quella quantitativa (Grafico 24).



- Chitonidae
- Acanthochitonidae
- Cerithiidae
- Rissoidae
- Naticidae
- Triphoridae
- Cerithiopsidae
- Muricidae
- Columbelloidea
- Costellariidae
- Marginellidae
- Mitridae
- Turridae
- Pyramidellidae
- Cylichinidae
- Nuculoida
- Arcidae
- Glycymerididae
- Mytilidae
- Lucinidae
- Galeommatidae
- Montacutidae
- Cardiidae
- Mactridae
- Mesodesmatidae
- Pharidae
- Tellinidae
- Donacidae
- Psammobiidae
- Semelidae
- Solecurtidae
- Veneridae
- Corbulidae
- Hiattellidae
- Thraciidae

Grafico 23 Dominanze quantitative dell'area protetta di Gianola-Monte di Scauri



- Chitonidae
- Acanthochitonidae
- Cerithiidae
- Rissoidae
- Naticidae
- Triphoridae
- Cerithiopsidae
- Muricidae
- Columbelloidea
- Costellariidae
- Marginellidae
- Mitridae
- Turridae
- Pyramidellidae
- Cylichinidae
- Nuculoida
- Arcidae
- Glycymerididae
- Mytilidae
- Lucinidae
- Galeommatidae
- Montacutidae
- Cerithiopsidae
- Maclridae
- Mesodesmatidae
- Pharidae
- Tellinidae
- Donacidae
- Psammobiidae
- Semelidae
- Solecurtidae
- Veneridae
- Corbulidae
- Hiatellidae
- Thraciidae

Grafico 24- Dominanze qualitative dell'area protetta di Gianola-Monte di Scauri

Dall'analisi etologica e trofica, in tutte le stazioni del transetto I e nella stazione di fondo duro H7, dominano quantitativamente (Grafico 25) i Fossori Fetritivori (46% I2, 42% H7, 33% I6), mentre in L7, la percentuale maggiore, è raggiunta dal raggruppamento dei Fossori Carnivori (28%). Resta comunque notevole in quest'ultima stazione, la dominanza dei Fossori Detritivori (22%).

Il raggruppamento etologico-trofico dei Fossori Carnivori risulta anche dominante, con percentuali apprezzabili, nelle stazioni H7 (40%) e I2 (36%).

Inoltre, sono notevoli anche le dominanze dei Sedentari Brucatori (31% in I6, 19% in L7, 16% I2) e dei Fossori Sospensivori (21% in I6 e L7, 16% in H7) .

Passando all'analisi della dominanza qualitativa (Grafico 26), il gruppo dei Fossori Detritivori risulta sempre il dominante, anche nel campione L7, dove, invece quantitativamente, dominano i Fossori Carnivori.

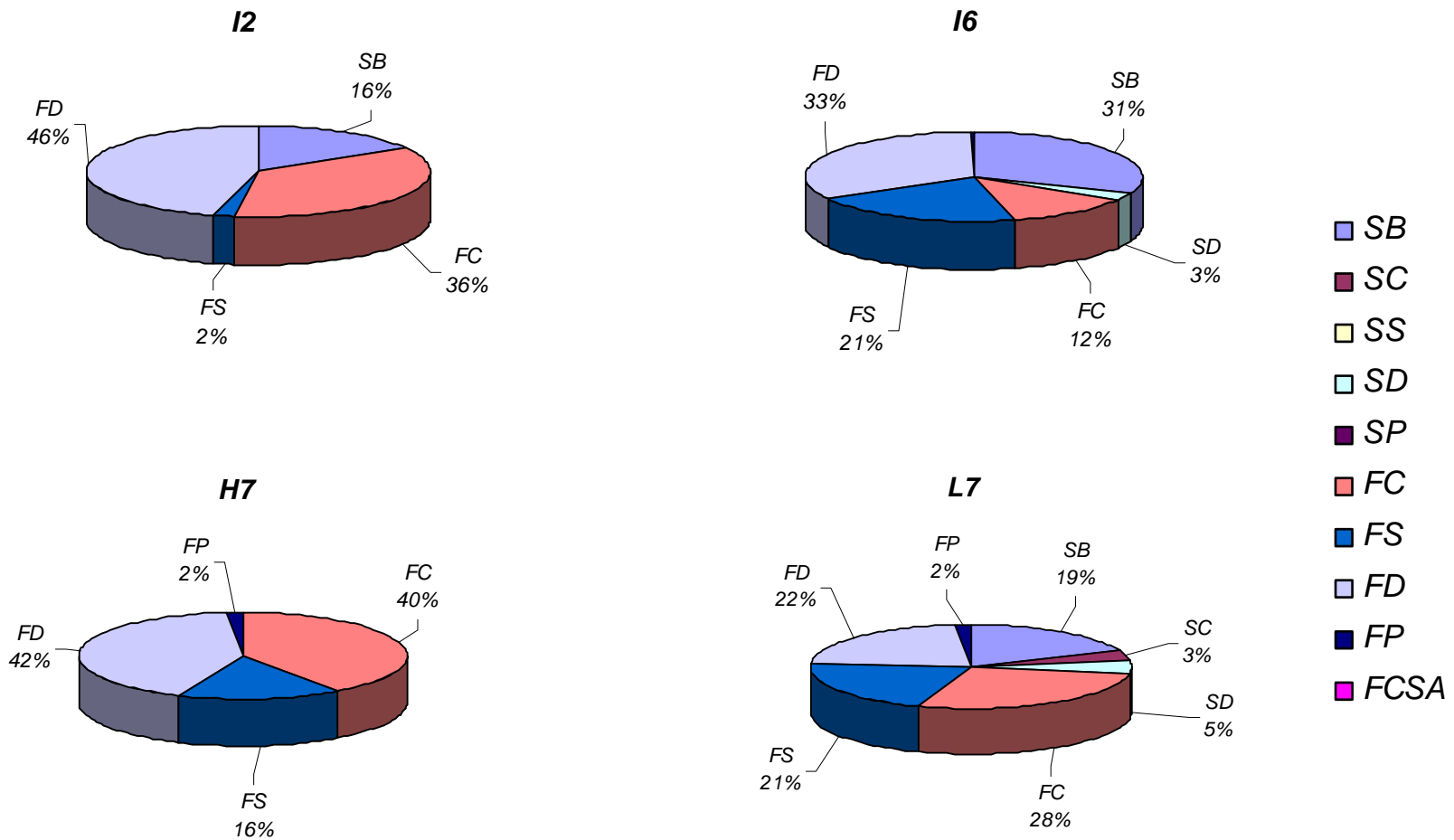


Grafico 25- Dominanze quantitative per gilde trofico-etologiche dell'area protetta di Gianola-Monte di Sauri

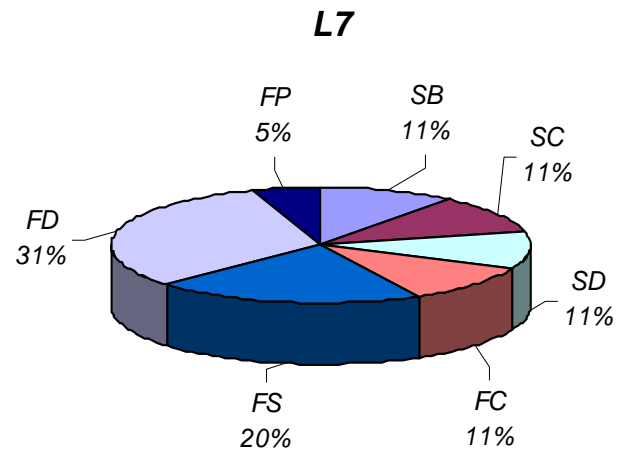
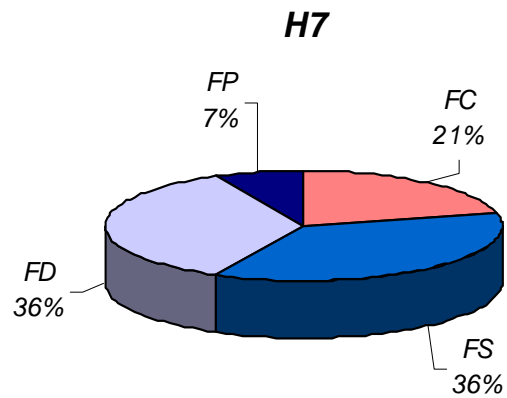
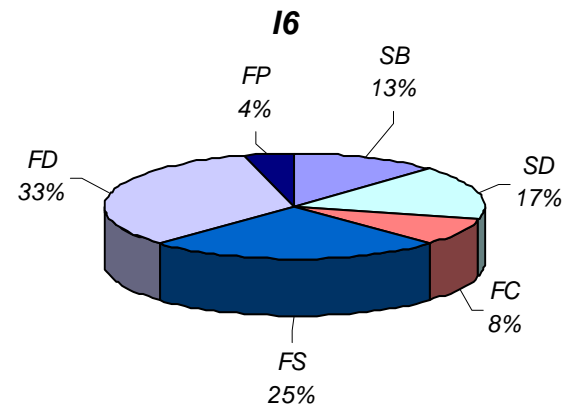
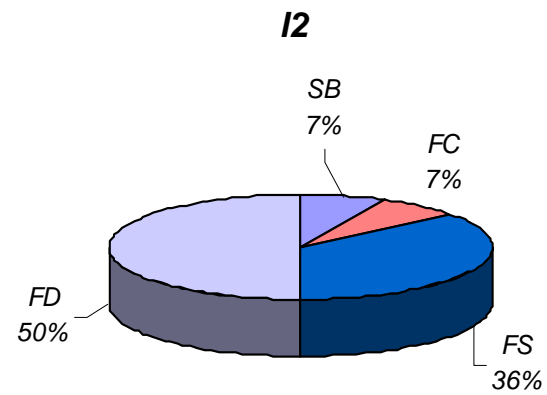


Grafico 26- Dominanze qualitative per gilde trofico-etologiche dell'area protetta di Gianola-Monte di Scauri

3.3.4 Stato ecologico di qualità

Vengono di seguito illustrati i risultati relativi alle stazioni di campionamento I2, I6, H7 ed L7 (Grafico 27). Si osserva subito come per quest'area gli indici diano risultati alquanto discordanti: più ottimistici per l'AMBI rispetto al BENTIX.

I valori più alti assunti dall'AMBI* si ritrovano nelle stazioni I2(5.9) ed H7(5.9), seguite da valori comunque alti corrispondenti alle stazioni L7 (5.6) ed I6(5.4).

L'andamento dei valori assunti dall'AMBI* mostrano come questo coefficiente biotico segnali condizioni di 'inquinamento assente' corrispondente ad uno stato ecologico elevato: ciò si verifica quando le specie più abbondanti della comunità appartengono al gruppo ecologico I (98% in I2 e 97% in H7), per AMBI rappresentato dalle alte densità dei bivalvi *Thracia papyracea*, *Tellina fabula*, *Tellina tenuis*, *Tellina serrata*, *Loripes lacteus*, *Lucinella divaricata*, *Spisula subtruncata*, *Pharus legumen* ed *Abra alba*, e dei gasteropodi *Bittium reticulatum* e *Bittium latreilli*.

La classificazione ottenuta dall'indice Bentix, invece, segnala invece un livello di inquinamento 'moderato' (il valore 2.8 assunto nella stazione H7) e 'lieve/tendente a moderato' (stazioni I2, I6 e L7 con valori assunti, compresi tra 2.9 e 4), ad indicare uno stato ecologico Sufficiente/Buono.

Condizioni di moderato inquinamento anche in questo caso, sono attribuibili alla dominanza di specie considerate tolleranti/opportuniste e appartenenti ai gruppi ecologici II e III, quali *Thracia papyracea*, *Tellina fabula*, *Tellina tenuis*, *Tellina serrata*, *Tellina distorta*, *Loripes lacteus*, *Lucinella divaricata*, *Spisula subtruncata*, *Pharus legumen*, *Dosinia lupinus* ed *Abra alba*. Anche in questo caso si può osservare come la stessa specie sia differentemente valutata dai due indici e ciò è alla base della discordanza dei risultati.

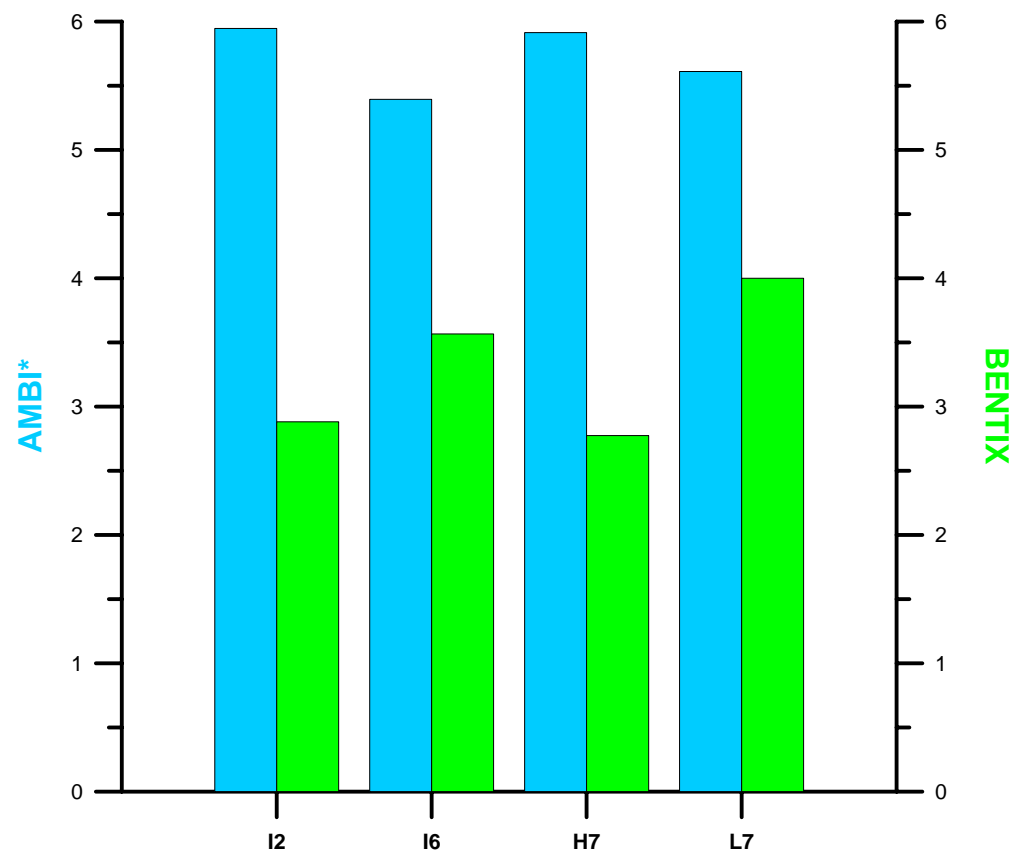


Grafico 27- Andamento degli indici di qualità ecologica AMBI* e Bentix dell'area protetta di Gianola-Monte di Scauri

3.4 Confronto tra le aree protette

3.4.1 Confronto tra le differenti aree protette per tipologia e distribuzione dei popolamenti bentonici

Le tre aree protette presentano differenze nella tipologia e distribuzione dei popolamenti bentonici.

All'interno dell'area protetta di Villa di Tiberio-Costa Torre Capovento, in massima parte caratterizzata da costa alta terminante su fondo molle, i fondali presentano la biocenosi delle Sabbie Fini Ben Calibrate (SFBC). Inoltre, sono caratterizzati da lieve pendenza e sono privi di copertura vegetale ma ricchi di specie animali tipiche dell'endofauna.

Da segnalare la presenza di biocostruzioni alveolari del polichete *Sabellaria alveolata*, specie ormai piuttosto rara lungo le coste tirreniche. Il paesaggio subacqueo è omogeneo ovunque tranne che in prossimità di Punta Cetarola, dove si osserva una minore ricchezza di specie dovuta ad una variazione di granulometria del substrato.

Le aree protette di Monte Orlando e di Gianola-Monte di Scauri invece, sono entrambe caratterizzate dalla presenza sia di fondo duro che di fondo molle.

All'interno della prima area protetta, il paesaggio subacqueo si presenta più variato.

I popolamenti di fondo duro sono rappresentati dalla biocenosi del Coralligeno (C), caratterizzata da organismi sessili sciafili. Tale associazione si presenta prevalentemente come facies a precoralligeno (PC), con la predominanza di alghe sciafile. I fondali sono acclivi e profondi, tranne in alcuni casi, (promontorio Fortezza di Gaeta). Ai piedi della falesia costiera si osserva la Biocenosi delle Sabbie Fini Ben Calibrate (SFBC).

Anche all'interno della seconda area, i fondali si presentano caratterizzati da biocenosi del Coralligeno (C) insediata come facies del Precoralligeno (PC) sui massi rocciosi che circondano l'intera fascia costiera. Notevole copertura vegetale ad alghe fotofile nelle zone più superficiali, e, ad alghe sciafile a profondità maggiori. I popolamenti di fondo molle risentono dell'influenza dell'elevato tasso di sedimentazione, che si accompagna alla notevole torpidità della colonna d'acqua. Il sottile strato di fango che ricopre il sedimento sabbioso determina la presenza di specie caratteristiche della biocenosi dei Fondi Mobili Instabili (MI).

3.4.2 Confronto tra le differenti aree protette per Taxa

Analizzando dal punto di vista descrittivo le comunità bentoniche delle tre aree protette, emergono delle differenze nella distribuzione dei sette gruppi tassonomici analizzati (Grafico 28).

All'interno dell'area protetta di Villa di Tiberio-Costa Torre Capovento, esclusivamente caratterizzata dalla presenza di fondo molle, gli andamenti degli indici sinecologici, abbondanza (A) e ricchezza Taxa (RT), assumono i valori più bassi rispetto alle altre aree, mostrando la netta predominanza dei Crostacei.

L'andamento degli indici all'interno dell'area protetta di Monte Orlando invece, mette in risalto i valori più alti che la ricchezza di taxa assume rispetto alle altre aree.

Inoltre, si evidenzia la differente distribuzione dei gruppi appartenenti alla comunità in esame, la dominanza del taxon a Molluschi, differenza sostanzialmente imputabile alla tipologia di substrato (fondo duro/misto) che caratterizza l'area.

Nelle stazioni appartenenti all'area protetta di Gianola-Monte di Scauri, campionate sia su fondo molle sia su fondo duro, risaltano gli alti valori assunti dall'indice di abbondanza, i più alti a confronto delle precedenti aree.

La ricchezza di taxa, invece, mostra un andamento simile a quello assunto all'interno dell'area protetta di Villa di Tiberio-Costa Torre Capovento, con la predominanza dei gruppi tassonomici rappresentati dai Molluschi e dai Crostacei.

Dall'applicazione dell'indice di diversità specifica notiamo che, le aree protette di Villa di Tiberio-Costa Torre Capovento e di Monte Orlando, assumono valori molto simili e i più alti dell'intera area campionata. Tuttavia, i valori dell'indice di equitabilità sono mediamente più alti nella prima area protetta citata; ciò denota una più alta presenza dei taxa ricercati nell'area protetta di Monte Orlando, mentre una migliore equidistribuzione degli individui all'interno dei taxa nell'area protetta di Villa di Tiberio.

L'area protetta di Gianola-monte di Scauri, mostra i valori più bassi di diversità specifica tra tutte e tre le aree protette; tuttavia, attestandosi l'equitabilità su valori alti, la bassa diversità specifica è amputabile alla bassa ricchezza di taxa rinvenuta in tale area (Grafico 29).

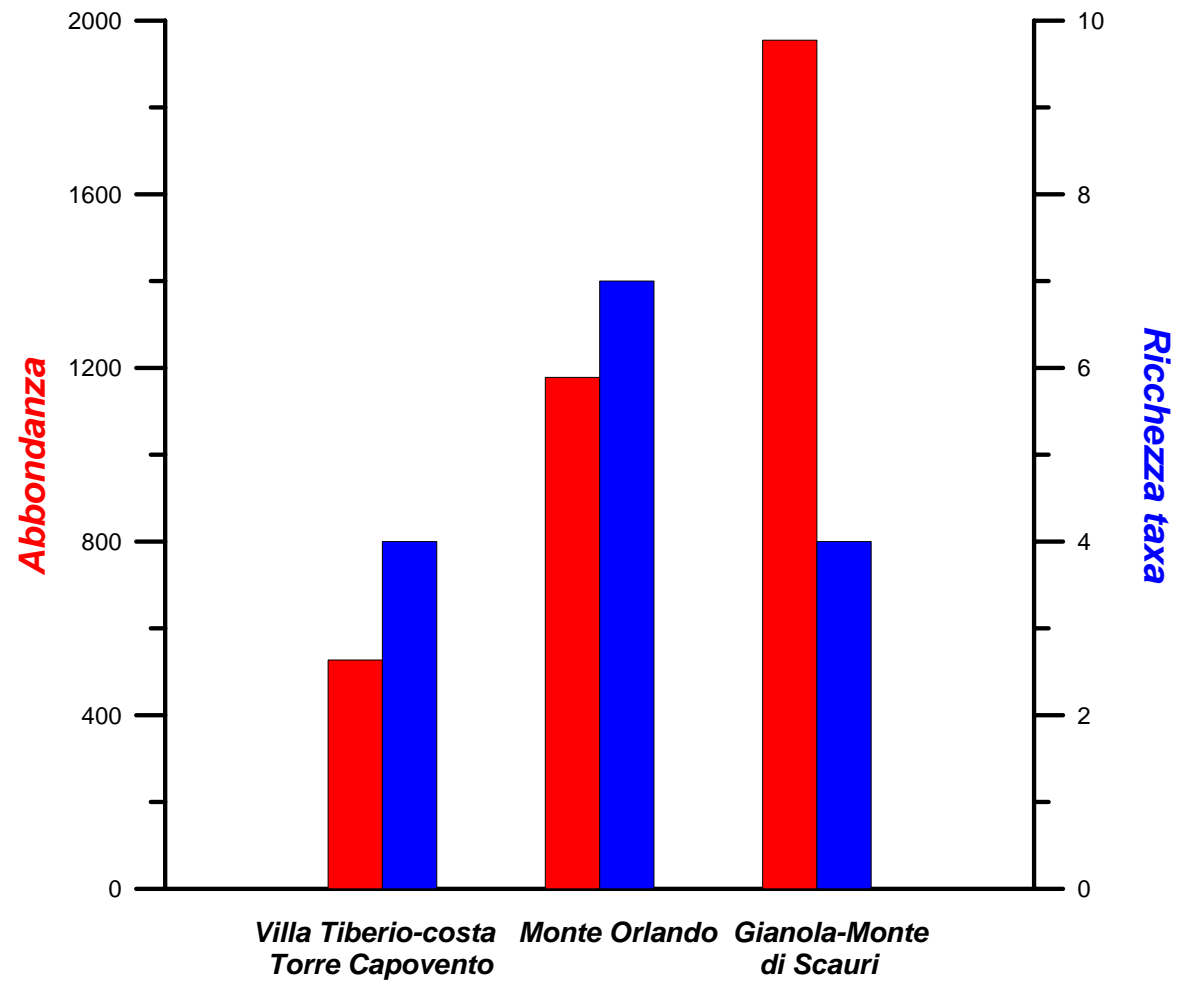


Grafico 28 -Andamento degli indici sinecologici abbondanza e ricchezza taxa all'interno delle tre aree protette

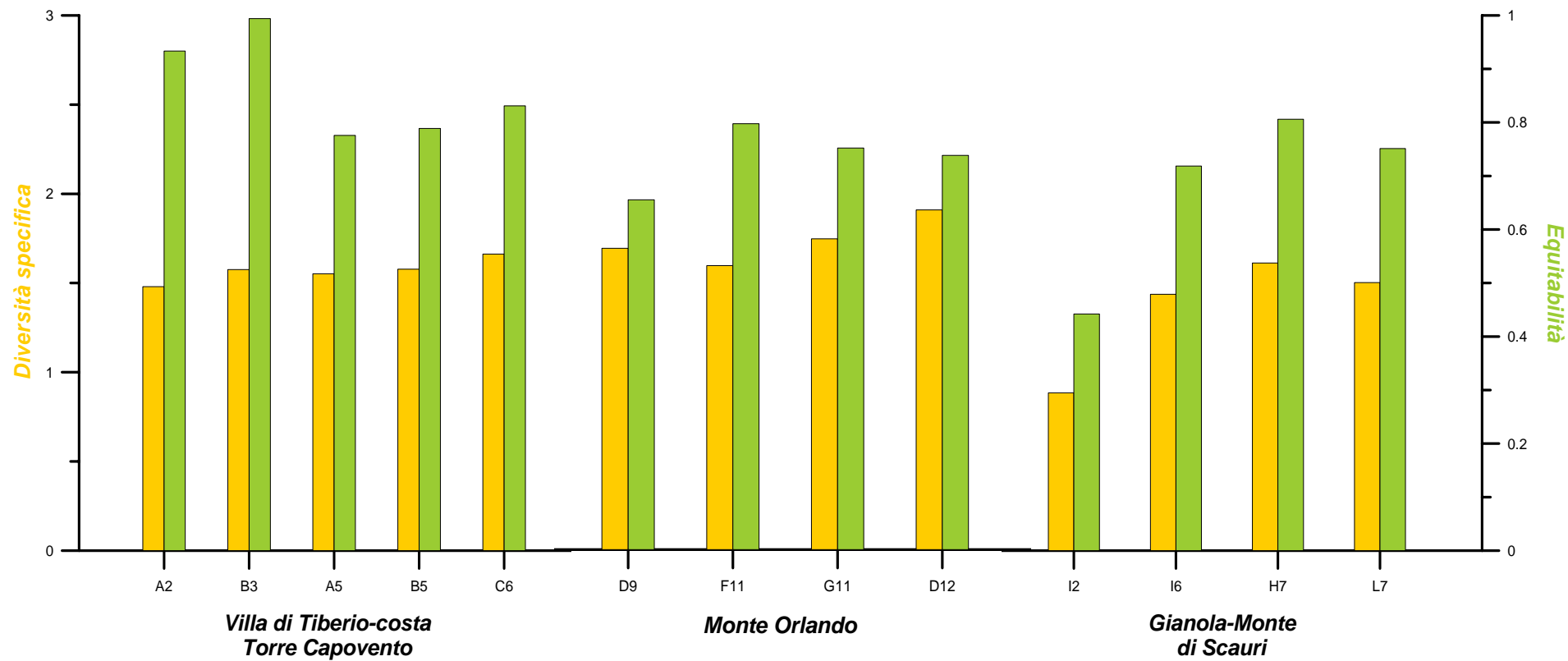


Grafico 29-Andamento diversità specifica ed equitabilità delle tre aree protette

3.4.3 Confronto tra le aree protette per i Molluschi

Complessivamente sono stati campionati nelle 3 aree protette 1527 individui di Molluschi.

Le stazioni con i più alti valori di abbondanza ricadono tutte all'interno dell'area protetta di Gianola-Monte di Scauri, seguite da quelle dell'area di Monte Orlando ed ultime, quelle di Villa di Tiberio-Costa Torre Capovento.

Le maggiori ricchezze specifiche sono state invece riscontrate nell'area protetta di Monte Orlando (Grafico 30).

Tale differenza può essere dovuta alle diverse tipologie di substrato campionate nelle aree di studio.

Infatti, analizzando la struttura complessiva del popolamento a Molluschi delle tre aree protette, si osservano due raggruppamenti principali; il primo comprendente tutte le stazioni di fondo molle, il secondo quelle di fondo duro (Grafico 31).

L'insieme delle stazioni campionate su substrato molle, presenta un grado di somiglianza medio di circa il 22%, somiglianza a cui contribuisce principalmente la condivisione di specie come *Thracia papyracea* (28%), *Lucinella divaricata* (10%), *Tellina tenuis* (9%), *Chamelea gallina* (7%), *Tellina fabula* (6%).

Tra le stazioni di fondo duro, invece, la percentuale di similitudine è del 13%, data dalla condivisione di specie come *Nassarius incrassatus* (64%) e *Mangelia vaquelini* (11%).

Le due tipologie di substrato essendo completamente diverse, presentano tra loro un livello medio di dissomiglianza del 99.7%, le specie che contribuiscono a ciò sono *Bittium latreilli* (23%) e *Nassarius incrassatus* (11%) che, risultano, molto abbondanti sui fondi duri.

Tra questi due gruppi principali di stazioni viene a collocarsi l'unica stazione di fondo misto (F11), che presenta, quindi, caratteristiche intermedie fra le due tipologie di substrato prima citate.

Nel raggruppamento delle stazioni di fondo molle si possono individuare tre sottogruppi.

I primi due, rappresentati dalle stazioni campionate nell'Area Protetta di Villa di Tiberio e Costa Torre Capovento (B3 e C6, A2 e B5), che presentano un grado di somiglianza molto alto.

Il terzo sottogruppo contiene, invece, tutte le stazioni campionate nell'Area Protetta di Gianola e Monte di Scauri.

Quest'ultimo raggruppamento mostra, in generale, tra tutte le Aree Protette, il più alto grado di similitudine (29%), dato principalmente dalla forte dominanza delle specie *Thracia papyracea* (38%) e *Tellina fabula* (11%).

Al cluster delle stazioni dell'Area Protetta di Gianola e Monte di Scauri si collegano le stazioni D12 (l'unica di fondo molle dell'area protetta di Monte Orlando) e A5 (dell'area protetta

Villa di Tiberio-Costa Torre Capovento) con valori di similitudine del 30% e 40% rispettivamente.

Tale aggregazione è imputabile alla presenza di specie in comune che, sono indicatrici d'instabilità come *Lucinella divaricata* e *Thracia papyracea*.

Questa forte incidenza della tipologia di substrato sulla caratterizzazione del popolamento a Molluschi, risulta facilmente evidente nel plot n-MDS, dove si notano subito i due insiemi di stazioni, l'uno di fondo molle e l'altro di fondo duro, tra cui s'interpone l'unica stazione campionata su un fondo misto.

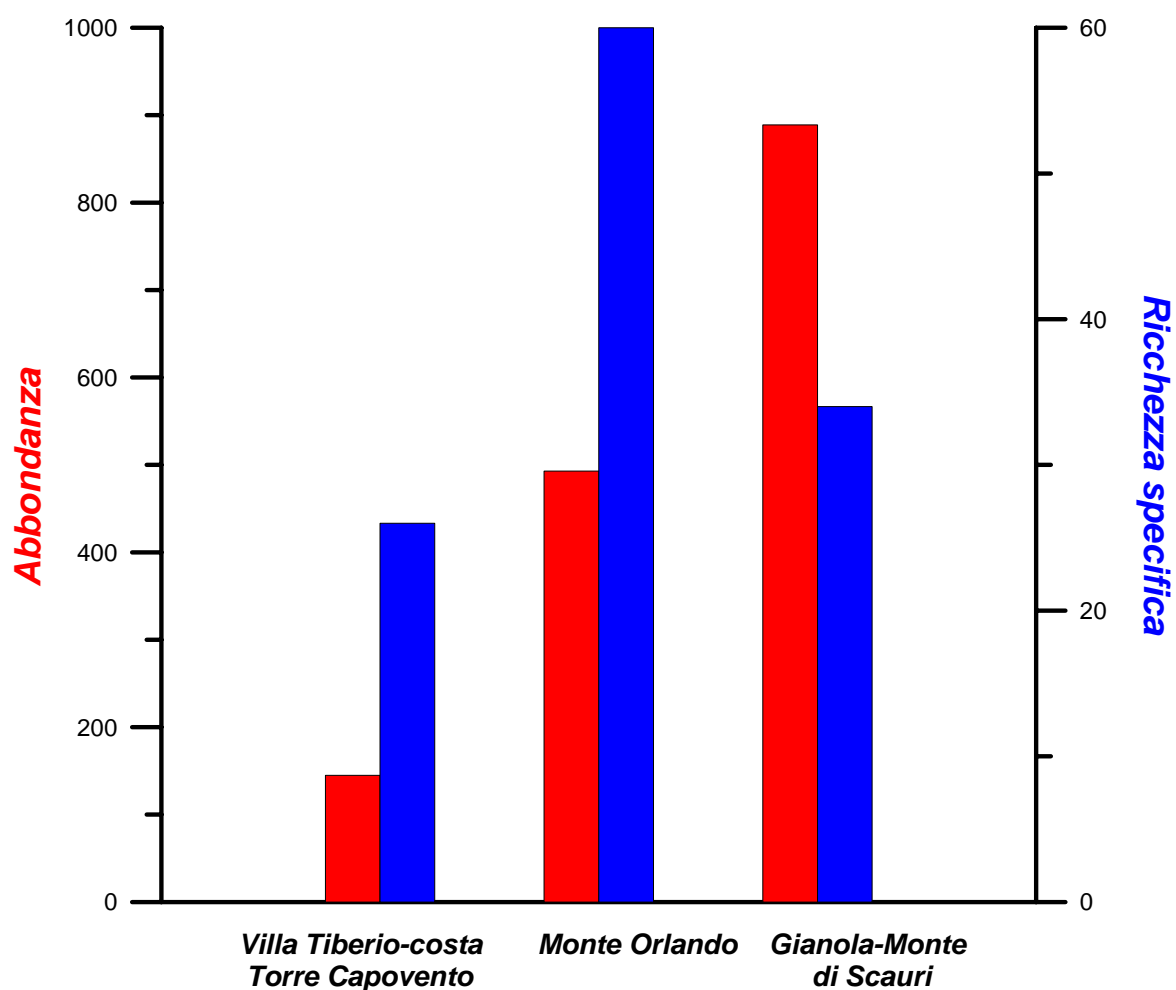


Grafico 30 - Andamento degli indici sinecologici abbondanza e ricchezza specifica all'interno delle tre aree protette

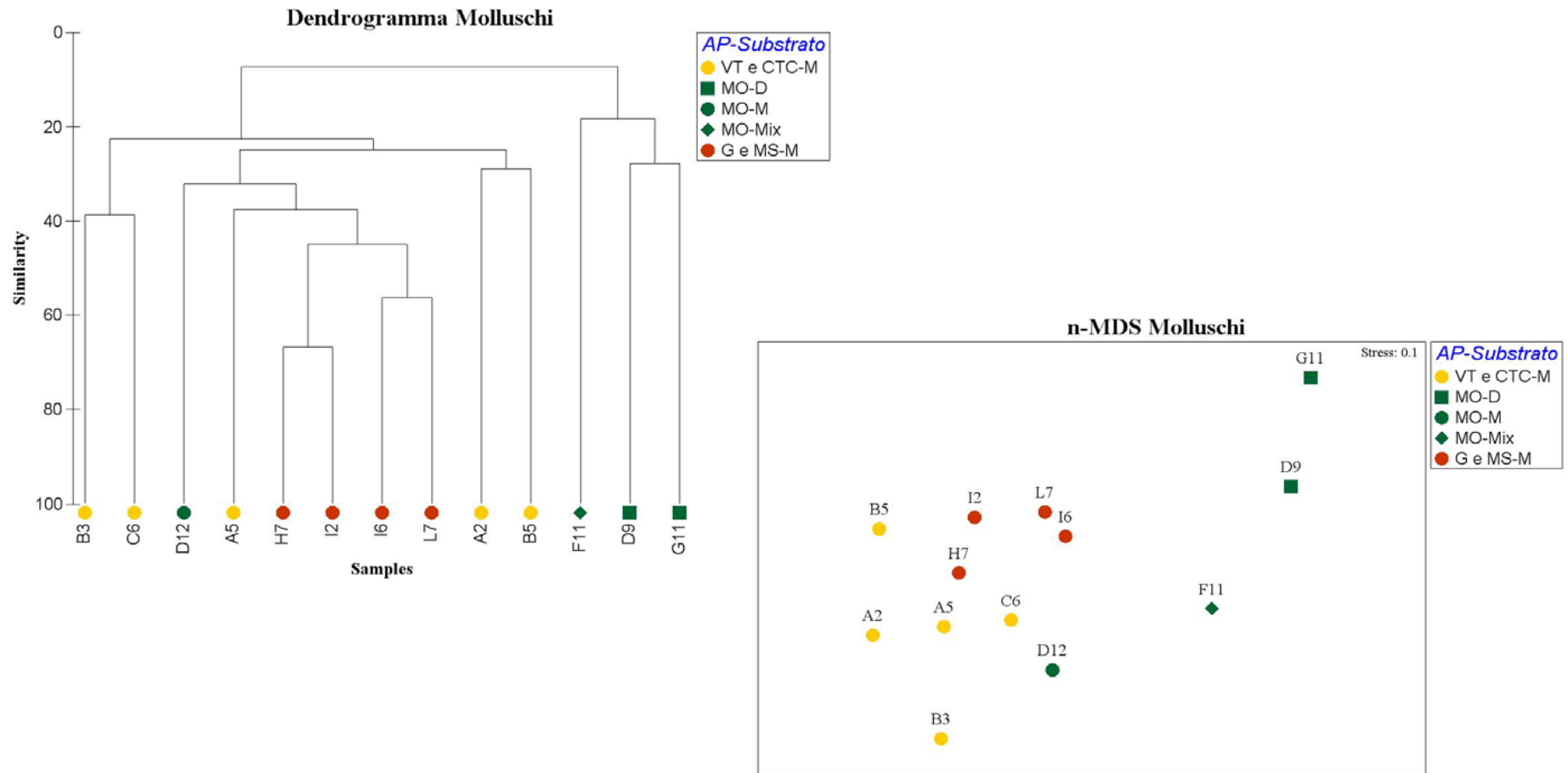


Grafico 31- Dendrogramma e n-MDS del popolamento a Molluschi delle tre aree protette

3.4.4 Stato ecologico di qualità: confronto tra le aree protette

La nuova Direttiva Europea (Direttiva sulle acque 2000/60 CE) enfatizza l'importanza degli indicatori biologici. Dall'applicazione dei due indici, AMBI e Bentix, sperimentata sulla componente a Molluschi, emerge un interessante confronto.

L'indice AMBI (*AZTI Marine Biotic Index*) di Borja *et al.* (2000) include oltre 4100 taxa, rappresentativi delle maggiori comunità presenti negli estuari Europei e nei sistemi costieri compresi tra il Mare del Nord ed il Mediterraneo, includendo anche le specie del Nord e del Sud America (Borja e Muxika, 2005).

L'indice è stato calcolato utilizzando macro del foglio elettronico (Microsoft® Office Excel 2003) a partire dalla lista specie di Molluschi fornita in AMBI 4 (software per il calcolo dell'indice, scaricabile gratuitamente dal sito www.azti.es), e calcolando le abbondanze relative dei gruppi ecologici rinvenuti. Alle numerose specie presenti nei dati raccolti, ma assenti in AMBI 4, come *Bittium jadertinum*, *Rissoa variabilis*, *Alvania cimicoides*, *Alvania pagodula*, *Alvania subcrenulata*, *Mangelia paciniana*, *Mangelia vaquelini*, *Arca tetragona*, *Donax venustus*, *Donax sp.*, *Neverita josephina*, *Cylichna crossei*, *Thracia corbuloides*, *Chiton corallinus*, *Chiton olivaceus* e *Cerithiopsis tubercularis*, sono stati assegnati i "pesi" in base alla specie atlantica più affine presente sulla lista AMBI 4, mentre alle specie che in AMBI 4 non hanno nemmeno una corrispondente voce sistematica di ordine superiore, sono stati assegnati punteggi "ex novo", considerando le informazioni ecologiche disponibili.

L'indice Bentix di Simboura e Zenetos (2002), basato sui popolamenti della Grecia e del Mediterraneo occidentale, trova un migliore riscontro con i dati raccolti nelle aree di interesse poiché il Mediterraneo, pur condividendo circa il 60% delle specie con l'Atlantico, ha una maggiore diversità.

Tuttavia, diverse specie rinvenute nei nostri campioni non sono presenti (46/90) neanche negli elenchi Bentix e pertanto anche in questo caso, sulla base delle informazioni ecologiche disponibili, sono stati assegnati punteggi "ex novo" prima di procedere all'analisi dei dati.

Dal confronto tra i punteggi assegnati da Borja (B) e quelli assegnati da Simboura e Zenetos (S&Z), è da rilevare che per diverse specie non vi è coincidenza:

Nassarius incrassatus (Borja=2; Simboura & Zenetos =1), *Nucula nitidosa* (B=1; S&Z=2); *Cerithiopsis minima* (B=1; S&Z=2); *Cerithiopsis tubercularis* (B=1; S&Z=2); *Loripes lacteus* (B=1; S&Z=2); *Lucinella divaricata* (B=1; S&Z=2); *Parvicardium exiguum* (B=1; S&Z=2); *Tellina fabula* (B=1; S&Z=2); *Tellina distorta* (B=1; S&Z=2); *Tellina nitida* (B=1; S&Z=2); *Tellina serrata* (B= 1; S&Z=2); *Abra alba* (B=3; S&Z=2); *Abra nitida* (B=3; S&Z=2); *Dosinia lupinus* (B=1; S&Z=2); *Bolinus brandaris* (B=3; S&Z=2); *Mangelia paciniana* (B=2; S&Z=1);

Mangelia vaquelinii (B=2; S&Z=1); *Glycymeris glycymeris* (B=3; S&Z=2); *Macra stultorum* (B=1; S&Z=2); *Pharus legumen* (B=1; S&Z=2); *Timoclea ovata* (B=1; S&Z=2); *Lentidium mediterraneum* (B=2; S&Z=1) *Corbula gibba* (B=4; S&Z=2) e *Thracia papyracea* (B=1; S&Z=2) (cfr. Allegato 4).

In generale, i punteggi assegnati da Borja sono più ‘ottimistici’ nella valutazione della qualità ambientale complessiva.

Per quanto concerne la valutazione ambientale svolta nel presente lavoro, in cui si è fatto riferimento a quanto è noto in letteratura per le specie mediterranee, si è preferito seguire i punteggi assegnati da Simbura e Zenetos, che sembrano più inerenti alla qualità ambientale del nostro mare.

Nel confronto tra i due indici, AMBI* (Grafico 32) e BENTIX, risulta evidente che col coefficiente biotico AMBI*, tutti i campioni vengono classificati come ‘non disturbati’ (riscontro fatto osservando gli andamenti del grafico a dispersione, in nero), mentre col BENTIX, soprattutto nelle aree di Gianola-Monte di Scauri e Villa di Tiberio-Costa Torre Capovento, vengono rilevati valori di inquinamento ‘lieve/moderato’ (Grafico 33).

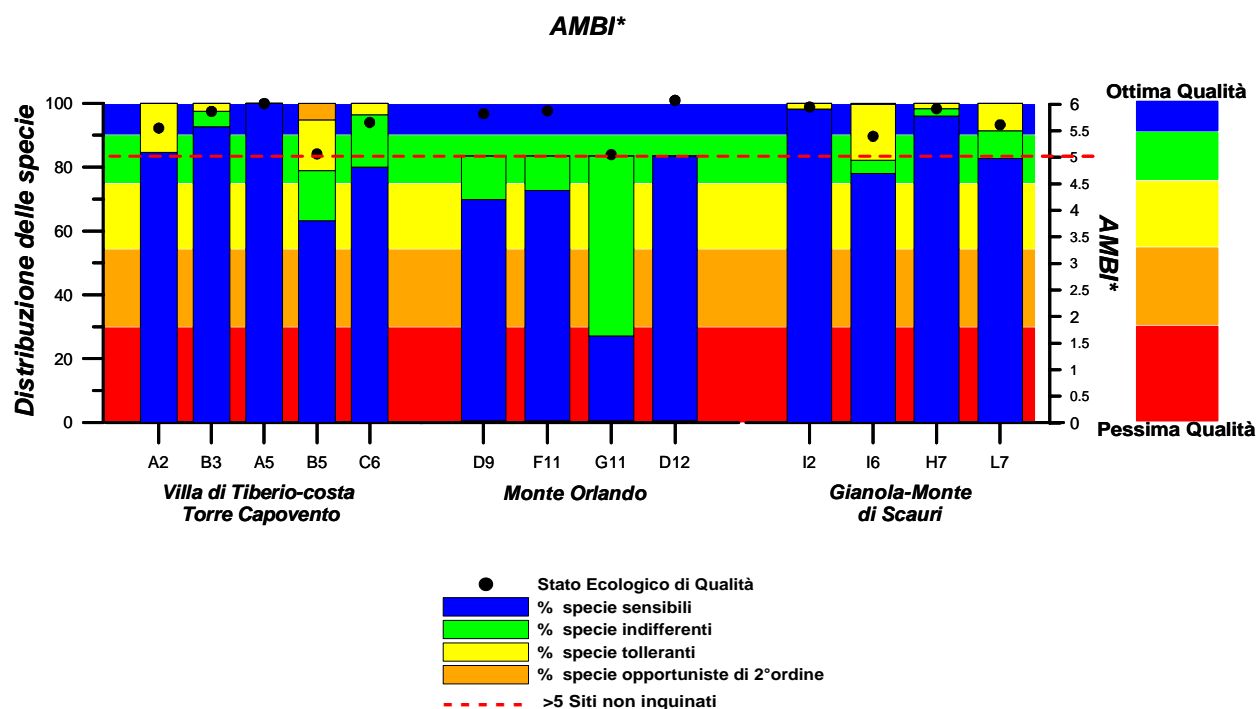


Grafico 32 - Valutazione della qualità ambientale per AMBI* all'interno delle tre aree protette

Come detto, le differenze ottenute nelle valutazioni da parte dei due indici, sono da attribuirsi ai differenti punteggi di sensibilità assegnati ad alcune delle specie più abbondanti del popolamento a Molluschi rinvenuto. Si può tuttavia concludere che la qualità ambientale

dell'intera area viene valutata complessivamente abbastanza buona da entrambi gli indici, anche se il Bentix, essendo più sensibile, registra alcune zone di sofferenza.

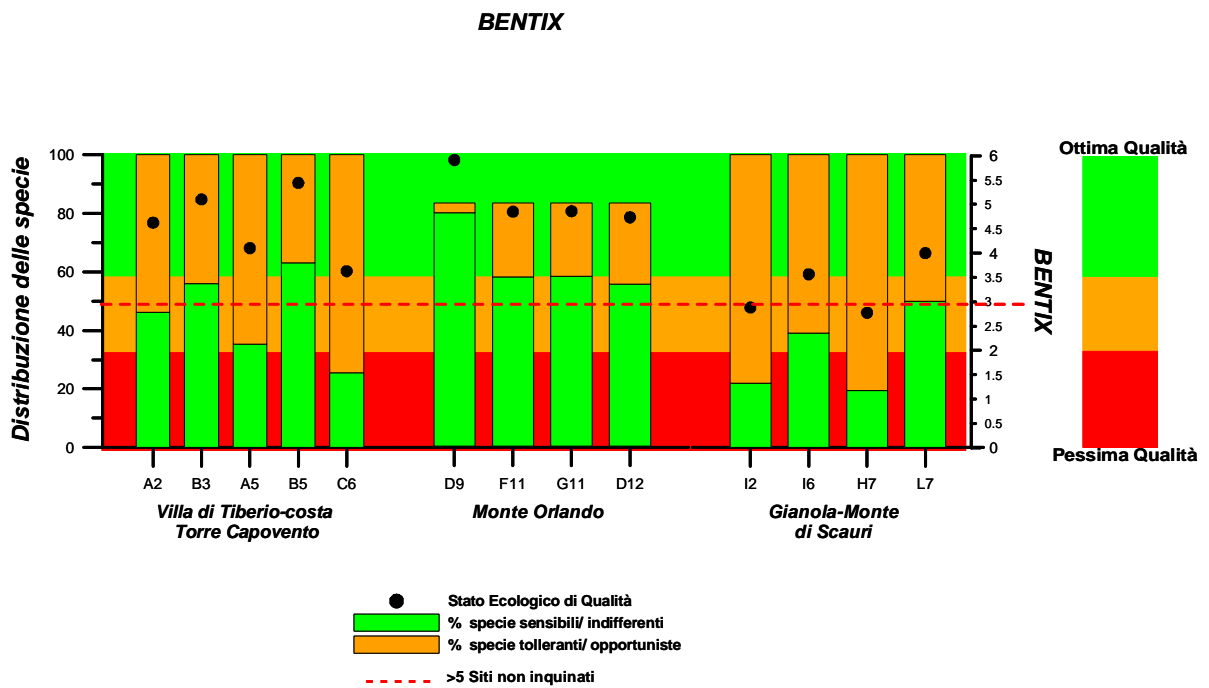


Grafico 33 -Valutazione della qualità ambientale per Bentix all'interno delle tre aree protette

4 CONCLUSIONI

L'analisi dei popolamenti bentonici presenti nelle tre aree marine protette del Parco Regionale "Riviera di Ulisse" ha evidenziato i seguenti aspetti salienti:

- Condizioni di elevata torpidità dell'acqua e di conseguente deposito di materiale fine, che si attenuano procedendo dall'area più meridionale all'area più settentrionale. Tali condizioni determinano la presenza, du fondi duri, di facies precoralligene già a -2m di profondità nella zona di Gianola-Monte di Scauri.
- L'applicazione degli indici biotici e in particolare del Bentix alle comunità bentoniche a molluschi ha, infatti, segnalato condizioni ambientali che vanno da "moderatamente inquinato" (Gianola-Monte di Scauri) a "lievemente inquinato" (Villa di Tiberio-Costa Torre Capovento), a "indisturbato" (Monte Orlando).
- Tuttavia, nonostante i livelli non ottimali della qualità ambientale, le tre aree mantengono livelli di biodiversità abbastanza elevati ed una buona strutturazione delle comunità bentoniche (buoni valori di diversità specifica), soprattutto in alcune stazioni di fondo molle della zona tra Torre Capovento e Punta Cetarola (rimasta indenne dalla pesca delle turbosoffianti) ed in alcune stazioni di fondo duro della zona di Monte Orlando.
- Di notevole rilevanza è la presenza di specie biocostruttrici, come *Sabellaria alveolata*, nella zona di Torre Capovento.
- Da quanto detto, poiché si tratta di aree ad elevata naturalità potenziale, sarebbe opportuno elevare il livello di attenzione per le tre aree, sia estendendo ulteriormente verso il largo la zona di protezione, sia attivando le procedure per l'istituzione di una riserva marina che comprenda tutte, aggregando a Gianola-Monte di Scauri (già individuata come "area di reperimento") anche le altre due aree.

BIBLIOGRAFIA

- AA.VV., (1978). In: *La Conchiglia*, X (112-113), 20-21 pp.
- AA.VV., (1986). In: *La Conchiglia*, *Annuario Suppl.* XVIII (212-213), 1-20 pp.
- ANGIOY M. E NICOLAY K., (1993). Gemme del detrito. In: *La Conchiglia*, XXV (268), 19-21 pp.
- BAKUS G.J., (1990). *Quantitative ecology and marine biology*. A.A. Balkema/ Rotterdam, 157 pp.
- BELLAN D., SANTINI J., LACAZE C., POIZAT C. (1994). Les biocènes marines et littorales de Méditerranée, synthèse, menaces et perspectives. *Mus. Nat. Hist. Nat.*, Paris, 246 pp.
- BENZECRI J.P., (1973). L'analyse des données. Vol.2: L'analyse des correspondances. Dunod, Paris: 632 pp.
- BIANCHI C. N., ARDIZZONE G. D., BELLUSCIO A., COLANTONI P., DIVIACCO G., MORRI C., TUNESI L. (2003a). La cartografia del benthos. In: *Manuale di metodologie di campionamento e studio del benthos marino mediterraneo*, M. C. Gambi e M. Dappiano (eds), *Biol. Mar. Medit.*, **10** (Suppl): 367-394.
- BIANCHI C. N., PRONZATO R., CATTANEO-VIETTI R., BENEDETTI-CECCHI L., MORRI C., PANSINI M., CHEMELLO R., MILAZZO M., FRASCHETTI S., TERLIZZI A., PEIRANO A., SALVATI E., BENZONI F., CALCINAI B., CERRANO C., BAVESTRELLO G., (2003b). I fondi duri. In: *Manuale di metodologie di campionamento e studio del benthos marino mediterraneo*, M. C. Gambi e M. Dappiano (eds), *Biol. Mar. Medit.*, **10** (Suppl): 199-232 pp .
- BORJA A. E MUXIKA I., (2005). Guidelines for the use of AMBI (AZTI's marine biotic index) in the assessment of the benthic ecological quality. *Marine Pollution Bulletin*, 50: 787-789 pp.
- BORJA A., FRANCO J. E PEREZ V., (2000). A Marine Biotic Index To Establish the Ecological Quality of Soft Bottom Benthos within European Estuarine and Coastal Environments. *Marine Pollution Bulletin*, 40(12): 1100-1114 pp.
- BORJA A.; MUXIKA I. AND FRANCO J., (2003). The application of a Marine Biotic Index to different impact sources affecting soft-bottom benthic communities along European coasts. *Marine Pollution Bulletin*, 46: 835-845 pp.
- BRAY J.R., CURTIS J. T. (1957). An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin. *Ecol. Monograf.*, **27**: 235-349.
- CASAZZA G., LOPEZ Y ROYO C., SILVESTRI C., (2004). Implementazione della Direttiva 2000/60 CE, per le acque costiere, nell'Ecoregione Mediterranea. Importanza delle componenti biologiche e di una applicazione condivisa a livello ecoregionale. *Biol. Mar. Medit.*, 11(1): 12-24pp.

- CHEMELLO R., RUSSO G. F. (2001). *MaREP - Marine Reserve Evaluation Procedures. Una metodica per la valutazione della qualità ambientale nelle aree marine protette*. Edizioni Valtrend, Napoli: 46 pp.
- COSSIGNANI T. et al., (1992). Atlante delle conchiglie marine del Medio Adriatico. L'informatore Piceno. Ed. Ancona, 1992, 120 pp.
- D' ANGELO G. e GARGIULO S., (1978). Guida alle conchiglie Mediterranee. Fabbri Editori, 223 pp.
- DI DONATO R., DI STEFANO F., RUSSO G. F. (2006). Metodi per la caratterizzazione bionomica del Parco Sommerso di Gaiola. Atti del IX Conferenza Italiana Utenti ESRI, Roma.
- DI DONATO R., DI STEFANO F., RUSSO G. F. (sottoposto). Cartografia dei popolamenti bentonici: esperienze in Campania. Atti del XVII Congresso nazionale dell'Associazione Italiana di Oceanologia e Limnologia, Napoli.
- DI DONATO R., RUSSO G. F. (2004). Implementazione di un GIS per analisi a fini gestionali dell'ecologia del paesaggio bentonico nell'AMP di Punta Campanella. *Annali della Facoltà di Scienze e Tecnologie, Università degli Studi di Napoli Parthenope*, **68**: 173-200.
- DIVIACCO G., SPADA E., VIRNO LAMBERTI C. (2001). *Le fanerogame marine del Lazio. Descrizione e cartografia delle praterie di Posidonia oceanica e dei prati di Cymodocea nodosa*. ICRAM, Roma, 113 pp.
- DONEDDU M. E TRAINITO E., (2005). Conchiglie del Mediterraneo. Il Castello Editore, Trezzano sul Naviglio (MI), 256 pp.
- DORIT R.L., WALKER W.F., BARNES R.D., (1997). Zoologia. Zanichelli Editore, Bologna, 990 pp.
- FANO M. (2004). Segmentazione dinamica e Geocodifica. In: L'evoluzione della Geografia, P. Tenaglia e S. Leonardi (eds), MondoGIS, Roma: 113-124.
- GLEMAREC M. E HILY C. (1981). Perturbations apportées à la macrofaune benthique de la baie de Concarneau par les effluents urbains et portuaires. *Acta Oecol.*, 2: 139-150 pp.
- GOROSTIAGA J.M., BORJA A., DÍEZ I., FRANCÉS G., PAGOLA-CARTE S. AND SÁIZ SALINAS J.I., (2004). Recovery of benthic communities, in polluted systems. In: Borja, A. and Collins, M. (Eds.). *Oceanography and Marine Environment of the Basque Country*, Elsevier Oceanography Series, Elsevier, Amsterdam, 70: 549-578 pp.
- GRAY J. S., (1979). Pollution –induced changes in populations. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B* 286, 545-561 pp.
- HILY C., (1984). Variabilité de la macrofaune benthique dans le milieu hypertrophiques de la Rade de Brest. Thèse de Doctorat d'Etat, Univ. Bretagne Occidentale, 1:359 pp.; 2: 337 pp.

- KALLONAS M., ZENETOS A., GOFAS S., (1991). Note sull'ecologia e la distribuzione dei microbivalvi in acque greche. In: *La Conchiglia*, XXX (291), 11-20 pp.
- KRUSKAL J. B., WISH M. (1978). *Multidimensional scaling*. Beverly Hills, California, Sage Publications, 93 pp.
- MARGALEF R. (1972). Homage to Evelyn Hutchinson, or why is there an upper limit to diversity. *Trans. Connect. Accad. Arts Sci.*, **44**: 211-235 pp.
- MCARTHUR R.H., WILSON E.O., (1967). *The Theory of Island Biogeography*. Princeton University Press, Princeton, USA, 224 pp.
- MEINESZ A., BOUDOURESQUE F., FALCONETTI C., ASTIER J. M., BAY D., BLANC J. J., BOURCIER M., CINELLI F., CIRIK S., CRISTIANI G., DI GERONIMO I., GIACCONE G., HARMELIN J. G., LAUBIER L., LOVRIC A. Z., MOLINIER R., SOYER J., VAMVAKAS C. (1983). Normalization des symboles pour la représentation et la cartographie des biocénoses benthiques littorales de Méditerranée. *Ann. Inst. Océanogr.*, Paris, **59** (2): 155-172.
- MIFSUD C., (1998). I Molluschi viventi a Malta nelle praterie di Posidonia. In: *La Conchiglia*, XXX (287), 37-48 pp.
- MUXIKA I.; BORJA Á.; BONNE W., (2005). The suitability of the marine biotic index (AMBI) to new impact sources along European coasts. *Ecological Indicators*, 5(1): 19-31 pp.
- NORDSIECK F., (1969). *Die Europäischen Meeresmuscheln (BIVALVIA), Vom Eismeer bis kapverden, Mittelmeer und Schwarzes Meer*. Gustav Fischer Verlag- Stuttgart, 255 pp.
- NORDSIECK F., (1972). *The Turridae of the european seas*. Ed. La Piramide per La Conchiglia, 130 pp.
- OCCHIPINTI- AMBROGI A. E FORNI G., (2004). Applicazione di indici biotici sulle comunità macrobentoniche di fondi molli incoerenti per la valutazione della qualità ambientale. In: *Atti del seminario "La direttiva sulle acque 200/60/CE: quali indicatori biologici?"*, Roma, 22 aprile 2004. *Biol. Mar. Medit.* 11 (1): 93-100 pp.
- PARENZAN P., (1970). *Carta di identità delle conchiglie del mediterraneo. Vol. I Gasteropodi*. Ed. bios Taras, 283 pp.
- PARENZAN P., (1974-1976). *Carta di identità delle conchiglie del mediterraneo. Vol. II Bivalvi*. Ed. bios Taras, 281 pp.
- PEARSON T. E ROSENBERG R., (1978). Macrobenthic succession in relation to organic enrichment an pollution of the marine environment. *Oceanogr. Mar.. Biol. Ann. Rev.*,16: 229-311 pp.
- PÉRÈS J. M. E PICARD J., (1964). *Nouveau Manuel de Bionomie benthique de la Mer Méditerranée*. *Rec.Trav.Stat.mar.* Endoume, 31(47): 137 pp.
- PIANKA E. R., (1970). On r- and K- selection. *Am. Nat.*104 (940), 592-597 pp.

- PICARD J. (1965). Recherches qualitatives sur le biocoenoses marines des substrates meubles dragables de la région marseillaise. *Rec. Trav. St. Mar. Endoume*, **52** (36), 160 pp.
- PIELOU E. C. (1969). *An Introduction to Mathematical Ecology*. Wiley, New York, 286 pp.
- RIEDL R., (1991). Fauna e Flora del Mediterraneo. Franco Muzzio Editore, Padova, 730 pp.
- RUSSO G.F., FRESI E., SCARDI M., (1985). Il popolamento a molluschi dei fondi mobili del Golfo di Salerno: Analisi strutturale in rapporto al trofismo. *Oebalia*, 11 N.S.: 339-348 pp.
- SABELLI B., GIANUZZI-SAVELLI R., BEDULLI D., (1992). Catalogo annotato dei molluschi marini del mediterraneo, Vol I. Edizione Libreria naturalistica Bolognese, 348 pp.
- SALEN-PICARD C., (1983). Schémas d'évolution d'une biocénose macrobenthique du substrat meuble. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*. 296, 587-890 pp.
- SIMBOURA N. E ZENETOS A., (2002). Benthic indicators to use in Ecological Quality classification of Mediterranean soft bottom marine ecosystems, including a new Biotic Index. *Mediterranean Marine Science*, Vol.3/2: 77-111.
- STORER T.I., USINGER R.L., STEBBINS R.C., NYBAKKEN J.W., (1990). *Zoologia*. Zanichelli Editore, Bologna, 1006 pp.
- TEBBLE N. (1976). *BRITISH BIVALVE SEASHELL*. HER MAJESTY'S STATIONARY OFFICE, EDINBURGH, 212 PP.