

Ottobre 2012

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE

Istanza di Permesso di Ricerca
di idrocarburi in Mare
d 74 F.R.-SH



Studio redatto da:
G.E.Plan Consulting S.r.l.

Proponente:
SHELL Italia E&P S.p.A.

SOMMARIO

1	INTRODUZIONE	10
2	QUADRO DI RIFERIMENTO PROGRAMMATICO E NORMATIVO.....	11
2.1	UBICAZIONE DELL'AREA DI ISTANZA DI PERMESSO DI RICERCA.....	11
2.2	IMPOSTAZIONE DELLO STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE.....	13
2.2.1	Direttiva 2008/56/CE sulla strategia per l'ambiente marino	13
2.3	DESCRIZIONE DEL COMMITTENTE.....	13
3	QUADRO DI RIFERIMENTO PROGETTUALE	15
3.1	GENERALITÀ DELL'INTERVENTO.....	15
3.2	INQUADRAMENTO GEOLOGICO DELL'AREA.....	15
3.3	SISTEMA APPENNINICO MERIDIONALE.....	16
3.3.1	Catena	18
3.3.2	Avanfossa.....	24
3.3.3	Avampaese	25
3.3.4	Evoluzione strutturale	29
3.4	ARCO CALABRO-PELORITANO.....	31
3.5	RELAZIONI TRA CATENA APPENNINICA E ARCO CALABRO	40
3.5.1	Caratteri stratigrafici	43
3.5.2	Evoluzione tettonica.....	45
3.6	TEMI DELLA RICERCA NELL'AREA IN ISTANZA	46
3.6.1	Roccia serbatoio.....	46
3.6.2	Roccia di copertura.....	52
3.6.3	Roccia madre	53
3.6.4	Trappole.....	54
3.7	PROGRAMMA LAVORI	55
3.8	CAMPAGNA DI ACQUISIZIONE SISMICA OFFSHORE	56
3.8.1	Indagine geofisica: generalità	56
3.8.2	Sorgenti di propagazione energia.....	57
3.8.3	Generazione dei segnali sismici.....	58
3.9	DESCRIZIONE DELLE TECNOLOGIE ADOTTATE NELLA PROSPEZIONE SISMICA OFFSHORE	61
3.9.1	Sorgente di energizzazione: l'air-gun	61
3.9.2	Parametri operativi di progetto per acquisizione sismica con air-gun	62
3.9.3	Tipologia delle attrezzature di registrazione.....	64
3.9.4	Navi per la prospezione sismica a mare.....	67
3.9.5	Modalità operative.....	69
3.9.6	Specifiche tecniche delle metodologie adottate e tempi di esecuzione.....	69
3.10	EVENTUALI OPERE DI RIPRISTINO	69
3.11	DESCRIZIONE DELLE OPERAZIONI DI PERFORAZIONE.....	69
3.11.1	Tipologia delle piattaforme di perforazione offshore	70
3.11.2	I meccanismi di compensazione del moto.....	75
3.11.3	Attività di perforazione del pozzo	75
3.11.4	Attività conclusive	78
3.11.5	Tecniche di prevenzione dei rischi ambientali	80
4	QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	81
4.1	DELIMITAZIONE DELLE AREE INTERESSATE DALLE OPERAZIONI.....	81
4.2	INQUADRAMENTO GEOLOGICO DELL'AREA.....	82

4.3	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E BATIMETRICO	85
4.4	CONDIZIONI METEO MARINE.....	94
4.4.1	Salinità.....	96
4.4.2	Venti.....	104
4.4.3	Correnti marine.....	105
4.5	AREE VINCOLATE	109
4.5.1	Siti Rete Natura 2000.....	111
4.5.2	Aree Marine Protette	111
4.5.3	Aree di ripopolamento	113
4.5.4	Aree marine archeologiche.....	114
4.5.5	Aree marine militari	116
4.6	DESCRIZIONE ANIMALI MARINI	117
4.6.1	Flora e fauna	117
4.6.2	Pesca.....	122
4.6.3	Mammiferi	124
4.6.4	Tonni e squali	146
4.6.5	Tartarughe	147
4.6.6	Benthos e biocenosi	149
5	ANALISI E STIMA DEGLI IMPATTI POTENZIALI	157
5.1	INTRODUZIONE.....	157
5.2	EMISSIONI SONORE E IMPATTO ACUSTICO.....	157
5.2.1	Limiti acustici per la tutela dei mammiferi marini.....	158
5.3	RISCHIO SISMICO	160
5.4	SOTTOFONDO MARINO E SUBSIDENZA	163
5.5	SALUTE PUBBLICA	163
5.6	AMBIENTE IDRICO MARINO	163
5.7	RIFIUTI	163
5.8	IMPATTI IN ATMOSFERA.....	164
5.9	OCCUPAZIONE DELLO SPECCHIO D’ACQUA.....	164
5.9.1	Interferenza con il traffico marittimo e le attività di pesca	165
5.10	IMPATTI SU ECOSISTEMI FLORA E FAUNA.....	165
5.10.1	Matrice di Leopold – breve descrizione.....	165
5.10.2	Descrizione ed esposizione delle matrici impiegate.....	166
5.10.3	Impatti sui cetacei.....	171
5.11	VALUTAZIONE DI INCIDENZA SU AREE PROTETTE S.I.C. – Z.P.S.....	172
5.11.1	Valutazione degli impatti potenziali.....	172
5.12	IMPATTI CUMULATIVI CON ALTRI PIANI O PROGETTI	176
6	MITIGAZIONI	178
6.1	LINEE GUIDA PER LA TUTELA DEI MAMMIFERI MARINI	178
6.1.1	Linee guida emanate dal JNCC – Joint Natural Conservation Committee.....	178
6.1.2	Linee guida emanate da ACCOBAMS.....	179
6.1.3	Rapporto di valutazione e mitigazione dell’impatto acustico in mare, redatto da ISPRA.....	180
6.2	MITIGAZIONI A TUTELA DEI CETACEI.....	181
6.3	MITIGAZIONI ATTE AD EVITARE L’INTRAPPOLAMENTO DI TARTARUGHE.....	182
6.4	MITIGAZIONI DELLE INTERFERENZE CON ATTIVITÀ DI PESCA.....	183

7	SINTESI NON TECNICA	184
8	BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA.....	195

INDICE DELLE FIGURE

Figura 2.1 – Ubicazione con relativo perimetro dell’area in istanza di permesso di ricerca con indicazione della batimetria	11
Figura 2.2 – Ubicazione dell’area in istanza di permesso di ricerca e del perimetro (in rosso) sulla carta Nautica “Da punta Stilo a Capo S. Maria di Leuca”	12
Figura 3.1 - Schema geodinamico dell’area Mediterranea (fonte: Carminati & Doglioni, 2004).....	15
Figura 3.2 - Carta tettonica dell’Italia centro meridionale; in evidenza la Catena dell’Appennino Campano-Lucano (1) e quella dell’Arco Calabro-Peloritano (2) (fonte: C.N.R. - Progetto finalizzato Geodinamica – Pubblicazione n. 269, modificata)	16
Figura 3.3 – Schema evolutivo del sistema geologico centro-mediterraneo a partire dal Mesozoico (fonte: Lentini et alii, 2006)	17
Figura 3.4 - Distribuzione dei principali domini tettonici nel Mediterraneo.....	17
Figura 3.5 - Carta delle principali unità geologico-strutturali dell’Appennino Meridionale	18
Figura 3.6 - Sezione geologica strutturale attraverso l’Appennino meridionale.....	19
Figura 3.7 - Principali unità tettoniche riscontrate nel pozzo San Gregorio Magno 1 (Appennino Meridionale)	21
Figura 3.8 - Relazioni crono-stratigrafiche tra le varie formazioni costituenti la Formazione di Lagonegro ...	22
Figura 3.9 - Ripetizioni delle varie unità lagonegresi riscontrate nel pozzo San Fele1 (Appennino Meridionale).....	23
Figura 3.10 - Sezione sismica realizzata attraverso l’Avanfossa Bradanica con relativa interpretazione dei rapporti geometrici tra i corpi geologici presenti.....	24
Figura 3.11 - Stratigrafia di dettaglio attraverso la catena Appenninica dal Pliocene al Pleistocene (fonte: Parotto et al., 2004)	25
Figura 3.12 - Facies associate alla piattaforma Apula (fonte: Nicolai & Gambini, 2008).....	26
Figura 3.13 - Sezioni stratigrafiche attraverso tre pozzi della zona che hanno attraversato i calcari della piattaforma apula	27
Figura 3.14 - Intervallo giurassico del pozzo “Puglia 1”	28
Figura 3.15 - Evoluzione strutturale dell’Appennino Meridionale (fonte: Turrini & Rennison, 2003)	30
Figura 3.16 - Schema evolutivo dell’Appennino meridionale attraverso la Piattaforma Campano-Lucana, il Bacino Lagonegrese e la Piattaforma Apula.....	30
Figura 3.17 - Carta tettonica della Catena dell’Arco Calabro-Peloritano delimitata a Nord dalla “Linea di Sangineto” e a Sud dalla “Linea di Taormina” (fonte: C.N.R. - Progetto finalizzato Geodinamica – Pubblicazione n. 269, modificata)	31
Figura 3.18 – Schema esemplificativo dell’Arco Calabro Peloritano delimitato dai lineamenti strutturali a Nord e a Sud con rispettive cinematiche (fonte: Amodio Morelli et al., 1976)	32
Figura 3.19 - Schema geologico della zona a mare dell’Arco Calabro con la distribuzione delle principali fasi tettoniche e delle rocce serbatoio.....	34
Figura 3.20 - Schema geologico-strutturale dell’Arco Calabro (fonte: Van Dijk et al. 2000)	36

Figura 3.21 - Struttura geologica del mediterraneo centrale. Abbreviazioni: PRFZ, Linea Petilia-Sosti; GCFZ, Zona di Faglia Gela-Catania; PFZ, Zona di Faglia del Pollino. I colori utilizzati indicano i diversi domini della catena: gli Appennini e le Maghrebidi includono sia unità carbonatiche di piattaforma che bacinali e depositi di avanfossa deformati (fonte: Van Dijk et al. 2000).....	37
Figura 3.22 - Sezione geologica crostale tratta da Van Dijk et al. (2000).....	37
Figura 3.23 – Contatto tramite lineamento tettonico ipotetico da Soverato a Capo Vaticano dell’Arco calabro in due settori, settentrionale e meridionale.....	38
Figura 3.24 - Schema geologico-strutturale del settore settentrionale dell’Arco-calabro; 1 = sequenze medio-suprapliocenico-pleistocenico; 2 = sequenze tortoniano-infraplioceniche; 3 = Unità di Stilo; 4 = Unità di Polia-Copanello; 5 = Unità di Castagna; 6 = Unità di Bagni; 7 = Unità ofiolitifere (Unità del Frido + Unità ofiolitifera superiore); 8 = Unità di Longobucco, basamento; 9 = Unità di Longobucco, copertura; 10 = Unità sicilidi; 11 = Unità del Cilento; 12 = Unità carbonatiche della catena appenninica (fonte: Tortorici, 1982) ...	40
Figura 3.25 – Linea sismica regionale “CROP M5” nello Ionio lungo l’intero sviluppo della Catena Appenninica; a) settore di Catena; b) settore di Avanfossa e Avampaese (fonte: Merlini et al., 2000)	42
Figura 3.26 – Sequenza di Bouma tipo delle successioni torbidity (fonte: www.unibas.it)	43
Figura 3.27 - Porosità “moldic” legata alla presenza di vacuoli dovuti alla dissoluzione delle rudiste nei calcari del Cretaceo superiore della piattaforma Apula nelle Murge.....	48
Figura 3.28 - Fratturazione associata ai livelli calcarei del Cretaceo superiore della Piattaforma Apula	49
Figura 3.29 - Livello di Calcareni terziarie con alta porosità di matrice nei pressi di Matera	50
Figura 3.30 - Distribuzione verticale della porosità legata al carsismo (fonte: André & Doucet, 1991, modificato)	51
Figura 3.31 - Composite log dal pozzo Monica 1	52
Figura 3.32 - Esempio di roccia di copertura Pliocenica sopra il Cretaceo nel pozzo Letizia 1	53
Figura 3.33 - Tipi di idrocarburi nei depositi Mesozoici e Plio-Pleistocenici (fonte: Sella et al. 1988, modificato)	54
Figura 3.34 - Schemi delle varie tipologie di trappole (e relativi campi) impostatesi sul substrato carbonatico pre-pliocenico e trappole in substrato plio-pleistocenico (fonte: Sella et al., 1988, modificato)	55
Figura 3.35 - Impatto ambientale delle diverse tipologie di indagine sismica, da sinistra a destra: irrilevante, basso, medio-alto e alto (fonte: convegno nazionale Assomineraria, 2003)	57
Figura 3.36 - Concetti di sismica a riflessione e percorso delle onde sismiche captate dai ricevitori (fonte: www.retegeofisica.it)	58
Figura 3.37 - Schema esemplificativo di uno stendimento sismico in mare energizzato da una fonte distante L dall’ultimo idrofono	59
Figura 3.38 - Esempio di stendimento e linea di acquisizione sismica in mare (fonte: AAPG)	60
Figura 3.39 - Esempio di sezione sismica non interpretata risultante da coperture multiple	60
Figura 3.40 - Esempio di caricamento di un airgun e rilascio dell’aria compressa verso l’esterno (fonte: www.petroleumgeophysics.com).....	61
Figura 3.41 – Esempio di possibile configurazione di un array (fonte: OCS EIS/EA MMS 2004-054)	63
Figura 3.42 - Configurazione di un possibile array con un volume totale degli airgun di 3090 pollici cubici (circa 50,7 litri);.....	64
Figura 3.43 - Esempio di una serie di idrofoni usati nella prospezione sismica in mare (fonte: www.oilonline.com)	65
Figura 3.44 – Esempio di cavo per l’acquisizione sismica in mare (fonte: www.ig.utexas.edu)	66

Figura 3.45 – Esempio di boa di coda in cui è visibile una parte del cavo sismico (fonte: www.jamstec.go.jp)	67
Figura 3.46 – Esempio di nave per acquisizione sismica (fonte: www.nauticexpo.it)	68
Figura 3.47 - Esempio di piattaforma mobile o jack-up (fonte: www.isleofbarra.com)	71
Figura 3.48 – Esempio di piattaforma semisommersibile (fonte: www.digital.iien-italia.eu)	72
Figura 3.49 - Esempio di drilling ship (fonte: www-odp.tamu.edu)	73
Figura 3.50 - Nave appoggio per piattaforma, detta supply vessel (fonte: www.nordcapital.com)	74
Figura 3.51 - Esempio di scialuppa di salvataggio da piattaforma, tali scialuppe possono contenere da 50 a 100 persone	74
Figura 3.52 - Schema di eventuale abbandono del pozzo secondo le procedure standard di Shell Italia E&P S.p.A.	80
Figura 4.1 - Ubicazione del blocco in istanza di permesso di ricerca a largo delle coste calabresi nord-orientali	81
Figura 4.2 - A. Schema tettonico dell'Appennino meridionale e dell'Arco Calabro. È indicata la posizione del Golfo settentrionale del Mar Ionio e della Fossa Bradanica. Le tracce del margine della piattaforma apula e dell'asse del forebulge sono tratte da Gambini & Tozzi (1996). B. Sezione geologica (A-A') schematica trasversale al fronte della Catena Appenninica e all'Avanfossa Bradanica (fonte: Periodico dell'Ordine dei Geologi di Basilicata, n. 6–Ottobre 2004). Il cerchio in rosso indica la posizione del blocco d 74F.R.-SH in istanza di permesso	83
Figura 4.3 – Mappa della localizzazione della linea Crop M5 nello Ionio (in alto) e sviluppo della linea sismica regionale interpretata in basso. Il cerchio in rosso indica la posizione del blocco d 74F.R.-SH in istanza di permesso (fonte: Merlini et al., 2000, modificato)	84
Figura 4.4 – Profilo trasversale eseguito nel Golfo settentrionale del Mar Ionio orientato NE-SO da Torre dell'Ovo a Capo Trionto ed in basso in evidenza le caratteristiche morfologiche riscontrate (fonte: Rossi e Gabbianelli, 1978, modificato)	86
Figura 4.5 – Profilo ecografico di Banco dell'Amendolara (fonte: Rossi e Gabbianelli, 1978)	87
Figura 4.6 – Sedimenti increspati in una zona di scivolamento in un settore di scarpata continentale	88
Figura 4.7 – Esempio di “slump” nella scarpata continentale della parte settentrionale del Mar Ionio	88
Figura 4.8 – Esempio di collina nel versante SO della parte settentrionale del Mar Ionio (fonte: Rossi e Gabbianelli, 1978)	89
Figura 4.9 – Tracce delle sezioni ortogonali all'asse della Valle di Taranto, ad andamento NO-SE (fonte: Rossi e Gabbianelli, 1978, modificato)	90
Figura 4.10 – Parte settentrionale del fondo della Valle di Taranto (fonte: Rossi e Gabbianelli, 1978)	91
Figura 4.11 – Versante destro dell'argine del canyon formato dal Bradano (fonte: Rossi e Gabbianelli, 1978)	91
Figura 4.12 – Morfologia del fondo valle di Taranto nel settore centro-settentrionale (fonte: Rossi e Gabbianelli, 1978)	92
Figura 4.13 - Morfologia del fondo valle di Taranto nel settore centro-meridionale (fonte: Rossi e Gabbianelli, 1978)	92
Figura 4.14 – Mappa batimetrica dell'area interessata dal blocco oggetto di istanza di permesso	94
Figura 4.15 - Variazione della temperatura dell'acqua nelle stazioni di Taranto e Crotona, periodo 31/01/2010–31/01/2012 (fonte: www.mareografico.it)	95

Figura 4.16 - Variazione della temperatura dell'aria nelle stazioni di Taranto e Crotona, periodo 31/01/2010–31/01/2012 (fonte: www.mareografico.it).....	96
Figura 4.17 - Variazione del livello idrometrico nelle stazioni di Taranto e Crotona, periodo 31/01/2010–31/01/2012 (fonte: www.mareografico.it).....	96
Figura 4.18 - Suddivisione in sottobacini del Mar Mediterraneo (fonte: Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale; Rel. 2007/21-OGA 6 SIRE).....	97
Figura 4.19 - Deviazione standard dei minimi di salinità calcolata per gli anni 2004, 2005, 2006 (fonte: Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale; Rel. 2007/21-OGA 6 SIRE).....	98
Figura 4.20 - Valori medi massimi di salinità nell'intervallo di profondità 0-2000 m calcolato in aree di 0.5' x 0.5' per gli anni 2004, 2005, 2006 (fonte: Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale; Rel. 2007/21-OGA 6 SIRE).....	99
Figura 4.21 - Valori medi di temperatura potenziale, salinità e numero di osservazioni per mese per il Mar Ionio e confronto con la regione DJ5 della climatologia (fonte: Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale; Rel. 2007/21-OGA 6 SIRE).....	100
Figura 4.22 - Profondità alla quale si trova il massimo di salinità per gli anni 2004, 2005, 2006 (fonte: Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale; Rel. 2007/21-OGA 6 SIRE).....	101
Figura 4.23 - Temperatura potenziale alla profondità del massimo di salinità per gli anni 2004, 2005, 2006 (fonte: Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale; Rel. 2007/21-OGA 6 SIRE).....	102
Figura 4.24 - Densità potenziale alla profondità del massimo di salinità per gli anni 2004, 2005, 2006 (fonte: Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale; Rel. 2007/21-OGA 6 SIRE).....	103
Figura 4.25 - Rosa dei venti illustrante il regime anemometrico medio nel periodo 31/01/2010-31/01/2012, nelle stazioni di Taranto e Crotona (fonte: www.mareografico.it).....	104
Figura 4.26 - Rappresentazione delle complesse circolazioni delle masse d'acqua nel Mediterraneo (fonte: www.pescaleggero.it).....	105
Figura 4.27 - Scorrimento superficiale delle acque atlantiche in entrata nel Mediterraneo e contemporaneamente le acque più dense del Mediterraneo scorrono in profondità verso l'Atlantico (fonte: www.pescaleggero.it).....	106
Figura 4.28 – Carta delle correnti superficiali dei mari italiani nel periodo di riferimento Gennaio-Aprile (fonte: “Atlante delle correnti superficiali dei mari italiani”, Istituto idrografico della Marina).....	107
Figura 4.29 - Carta delle correnti superficiali dei mari italiani nel periodo di riferimento Maggio-Agosto (fonte: “Atlante delle correnti superficiali dei mari italiani”, Istituto idrografico della Marina).....	108
Figura 4.30 - Carta delle correnti superficiali dei mari italiani nel periodo di riferimento Settembre - Dicembre (fonte: “Atlante delle correnti superficiali dei mari italiani”, Istituto idrografico della Marina)...	109
Figura 4.31 - Carta delle Aree Marine Protette in Italia (fonte: www.tutelamare.it).....	112
Figura 4.32 – Localizzazione dell'area in istanza rispetto alle aree marine protette (AMP) presenti nel Mar Ionio.....	112
Figura 4.33 – Esempio di barriera artificiale per il ripopolamento ittico, composta da blocchi di cemento (fonte: www.consittico.it).....	113
Figura 4.34 - Localizzazione delle aree archeologiche marine nelle zone circostanti l'area oggetto di istanza, indicata in rosso. I punti arancio indicano i relitti, quelli verdi reperti isolati, mentre quelli gialli strutture (fonte: www.archeomar.it).....	114
Figura 4.35 - Immagini relative al cacciatorpediniere “Regia marina Geniere”, corrispondente al sito n. 108 del progetto Archeomar (fonte: www.archeomar.it).....	115

Figura 4.36 - Immagini relative al reperto metallico di forma troncoconica, corrispondente al sito n. 100 del progetto Archeomar (fonte: www.archeomar.it)	115
Figura 4.37 – Immagini relative al relitto del torpediniere “Lince”, corrispondente al sito n. 16 del progetto Archeomar (fonte: www.archeomar.it).....	116
Figura 4.38 - Elenco delle basi militari Usa e Nato in Italia (fonte: www.kelebekler.com).....	117
Figura 4.39 - Schema dell'ambiente marino con le suddivisioni orizzontali e verticali in domini e piani (fonte: www.dipbot.unict.it).....	118
Figura 4.40 – Periodi riproduttivi delle specie ittiche dei mari italiani, a sinistra indicati per stagione, a destra per mese (fonte: Istituto Zooprofilattico Sperimentale dell’Abruzzo e del Molise “Giuseppe Corporale”).....	122
Figura 4.41 – Sub-Aree Geografiche (GSA) del Mediterraneo istituite dalla Commissione Generale per la Pesca nel Mediterraneo, approvata dalla FAO (fonte: www.gfcm.org)	123
Figura 4.42 - La carta evidenzia quali porti sono maggiormente coinvolti nelle rotte del mare. Cerchiati in rosso si segnalano i passaggi strategici come lo stretto di Gibilterra, il canale di Suez e il corridoio siculo-tunisino. In blu sono rappresentate le principali rotte delle navi che collegano il nord Europa all’Asia (fonte: temi.repubblica.it/limes)	124
Figura 4.43 - Settori biogeografici della Checklist della flora e della fauna dei mari italiani (fonte: www.sibm.it).....	125
Figura 4.44 - Specie di cetacei presenti nei mari italiani. In giallo è stata evidenziata la colonna inerente il settore biogeografico n.6, in cui ricade l’area in istanza (fonte: Checklist della fauna marina italiana, MATTM-DPN e SIBM, 2010, modificato).....	126
Figura 4.45 – Avvistamenti di balenottera minore in Mediterraneo (fonte: Notarbartolo di Sciarra & Birkun, 2010).....	128
Figura 4.46 - Presenza della balenottera comune in Mediterraneo (fonte: Notarbartolo di Sciarra & Birkun, 2010).....	130
Figura 4.47 - Presenza di capodogli nel mar Mediterraneo (fonte: Notarbartolo di Sciarra & Birkun, 2010)	131
Figura 4.48 - Presenza di zifio in Mediterraneo (fonte: Notarbartolo di Sciarra & Birkun, 2010)	133
Figura 4.49 - Presenza di delfino comune nel mar Mediterraneo (fonte: Notarbartolo di Sciarra & Birkun, 2010).....	134
Figura 4.50 - Presenza di globicefalo in Mediterraneo (fonte: Notarbartolo di Sciarra & Birkun, 2010).....	135
Figura 4.51 - Presenza di grampo nel mar Mediterraneo (fonte: Notarbartolo di Sciarra & Birkun, 2010) ...	136
Figura 4.52 – Avvistamenti di <i>Orcinus orca</i> in Mediterraneo (fonte: Notarbartolo di Sciarra & Birkun, 2010)	138
Figura 4.53 – Presenza di stenella striata in Mediterraneo (fonte: Notarbartolo di Sciarra & Birtukin, 2010)	139
Figura 4.54 – Presenza del tursiope in Mediterraneo (fonte: Notarbartolo di Sciarra & Birkun, 2010)	140
Figura 4.55 – Presenza della foca monaca nel mar Mediterraneo (fonte: maps.iucnredlist.org).....	142
Figura 4.56 - Aree di spiaggiamento di delfini nell’area del Golfo di Taranto nel periodo 1997-2006 (fonte: www.sidimar.tutelamare.it).....	143
Figura 4.57 - Aree di spiaggiamento nella parte settentrionale del Mar Ionio di balenottere (in rosa), capodogli (In azzurro), squali (in giallo) e cetacei non identificati (indicati da una croce rossa). Periodo di riferimento: 1997-2006. (fonte: www.sidimar.tutelamare.it)	143
Figura 4.58 - Mappa dei settori delle coste italiane utilizzata per la distribuzione geografica.....	144

Figura 4.59 - Siti in cui sono state individuate zone di aggregazione, riproduzione ed alimentazione delle specie di tartarughe presenti in Italia (fonte: Relazione tecnicocientifica sulla Rete Natura 2000 mare in Italia - MATTM-DPN, Società Italiana di Biologia Marina, 2009).....148

Figura 4.60 - Spiaggiamenti di tartarughe nella parte settentrionale del Mar Ionio nel periodo 1997-2006 (fonte: www.sidimar.tutelamare.it)149

Figura 4.61 - Mappature delle praterie di Posidonia Oceanica lungo le coste calabresi, limitrofe all’area in istanza (fonte: www.sidimar.tutelamare.it).....151

Figura 4.62 – Carta batimetrica dell’area della parte settentrionale del Mar Ionio con indicazione, in rosso, del limite della zona fotica (200 m di profondità)156

Figura 5.1 – Grafico riportante il range di frequenze percepite dai mammiferi marini, con indicazione del range prodotto dagli *airgun* (fonte: Lanfredi et al., 2009).....158

Figura 5.2 - Livelli attesi del segnale acustico generato dall’array di *airgun* nella “configurazione array 2”, ad una profondità di 10 metri e per un raggio di 2 Km dalla sorgente.159

Figura 5.3 - Soglie di esposizione ad eventi di emissioni sonore per diversi gruppi di mammiferi marini, proposte dalla pubblicazione di Sounthall et al 2007160

Figura 5.4 – Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale italiano (fonte: Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia)161

Figura 5.5 – Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale italiano, elaborata sulla base dei dati della mappa in Figura 5.4 (fonte: Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia)162

Figura 5.6 - Mappature delle praterie di Posidonia Oceanica in corrispondenza della SIC IT9310053 (indicata dal cerchio rosso), a destra un’ingrandimento di tale area (fonte: www.sidimar.tutelamare.it).....174

Figura 5.7 – Localizzazione dell’area oggetto di istanza di permesso di ricerca idrocarburi “d 74 F.R-.SH”, con indicazione dei titoli minerari presenti nelle zone limitrofe.176

Figura 6.1 – A sinistra: esempio di Boa di coda, fissata all’estremità del cavo sismico (fonte: www.jamstec.go.jp). A destra: esempio di dispositivo che esclude la possibilità di intrappolamento delle tartarughe marine, la struttura aggiunta è evidenziata con un cerchio rosso (fonte: www.ketosecology.co.uk).183

INDICE DEGLI ALLEGATI

- Allegato 1: carta nautica;
- Allegato 2: carta batimetrica;
- Allegato 3: carta delle aree protette;
- Allegato 4: descrizione Siti Rete Natura 2000;
- Allegato 5: schede tecniche siti SIC-ZPS.

Studio preparato da **G.E.Plan Consulting S.r.l.**

Redatto	Approvato
Dott.ssa Valentina Negri, Dott. Geol. Alessandro Criscenti	Dott. Geol. Raffaele di Cuia

1 INTRODUZIONE

Il presente studio, individua e valuta i potenziali impatti sull'ambiente che potrebbero scaturire dalle attività di acquisizione di dati sismici che verranno svolte all'interno del blocco oggetto dell'istanza di permesso di ricerca per idrocarburi in mare, denominato d 74 F.R.-SH.

Il presente documento è stato redatto in linea col tessuto normativo nazionale italiano in materia ambientale, il D.Lgs. 3 Aprile 2006 n. 152 recante "Norme in materia ambientale" ("D.Lgs. 152/06") e D.Lgs. 16 Gennaio 2008 n. 4 recante "Ulteriori disposizioni correttive ed integrative del D.Lgs. 3 Aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale" ("D.Lgs. 4/08") e il D.Lgs. 10 Dicembre 2010, n. 219, recante "Modifiche ed integrazioni al decreto legislativo 3 Aprile 2006, n. 152, recante norma in materia ambientale, a norma dell'articolo 12 della legge 18 Giugno 2009, n. 69 ("D.Lgs. 128/10"); nonché del D.P.R. 357/97.

In conformità a quanto previsto dalla normativa vigente sopra citata, il fine del presente studio è quello di analizzare e valutare i potenziali impatti che l'attività proposta potrebbe avere sull'uomo e sull'ambiente. Inoltre, si è tenuto conto della conformità del progetto alle previsioni in materia urbanistica, ambientale e paesaggistica presenti nel territorio.

La struttura e il contenuto dello studio riflettono fedelmente le indicazioni riportate nel Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 27 Dicembre 1988 recante "Norme tecniche per la redazione degli studi di impatto ambientale e la formulazione del giudizio di compatibilità di cui all'art. 6, L. 8 Luglio 1986, n. 349, adottate ai sensi dell'art. 3 del D.P.C.M. 10 Agosto 1988, n. 377" e successive modifiche e si articola secondo i seguenti quadri di riferimento:

- quadro di riferimento programmatico, in cui viene definita l'ubicazione dell'area in istanza e la normativa di riferimento;
- quadro di riferimento progettuale, in cui viene fornito l'inquadramento del territorio e degli obiettivi previsti, insieme ad una descrizione del progetto, con particolare riferimento alle caratteristiche tecnico-fisiche dell'opera prevista, alla descrizione degli interventi e delle attività necessarie alla realizzazione dell'opera, all'eventuale utilizzazione di risorse naturali e alle misure di prevenzione adottate;
- quadro di riferimento ambientale, in cui viene fornita una valutazione dei sistemi ambientali interessati dal progetto che potrebbero subire effetti legati all'attività di progetto;
- stima degli impatti potenziali, in cui viene fornita una stima qualitativa e quantitativa dei probabili impatti indotti dall'opera sul sistema ambientale nel suo complesso, ponendo una particolare attenzione ai potenziali impatti sui siti Rete Natura 2000, SIC e ZPS, presenti nelle aree limitrofe dell'area oggetto di indagine sismica (valutazione di incidenza);
- mitigazioni proposte, in cui vengono fornite le misure adottate per il contenimento degli impatti e la prevenzione dei rischi.

2 QUADRO DI RIFERIMENTO PROGRAMMATICO E NORMATIVO

2.1 UBICAZIONE DELL'AREA DI ISTANZA DI PERMESSO DI RICERCA

L'istanza di permesso di ricerca denominata d 74 F.R.-SH è stata presentata il 23 Novembre 2009 da Shell Italia E&P S.p.A. al Ministero dello Sviluppo economico e successivamente pubblicata sul Bollettino Ufficiale degli Idrocarburi e della Geotermia (BUIG) Anno LIII, n. 12.

L'area in istanza ha un'estensione complessiva di 617,8 km² ed è ubicata nella parte settentrionale del Mar Ionio, la profondità delle acque (Figura 2.1), che verrà descritta in dettaglio nel paragrafo 4.3, va da un minimo di circa 150 metri fino ad un massimo, nella parte nord-orientale dell'area in istanza, di circa 1100 metri.

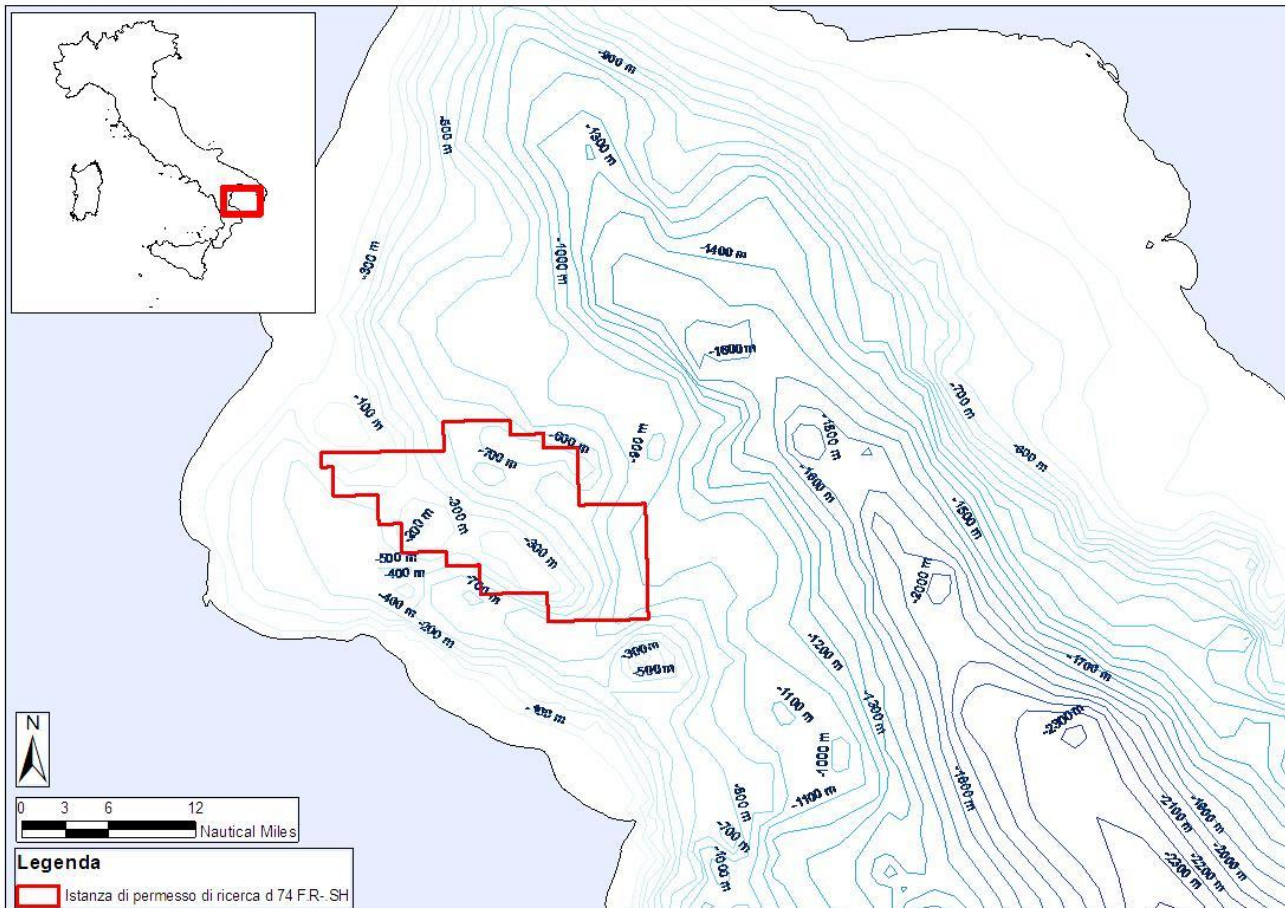


Figura 2.1 – Ubicazione con relativo perimetro dell'area in istanza di permesso di ricerca con indicazione della batimetria

In Figura 2.2 viene proiettata sulle carte Nautiche dell'Istituto Idrografico della Marina l'area in istanza di permesso di ricerca. L'attività proposta ha carattere temporaneo e non prevede in alcun modo la realizzazione di opere permanenti sia in mare che a terra. Infatti, una volta terminata l'attività di indagine sismica, tutte le apparecchiature utilizzate saranno issate a bordo e sul posto non verrà lasciato alcun tipo di strumentazione.

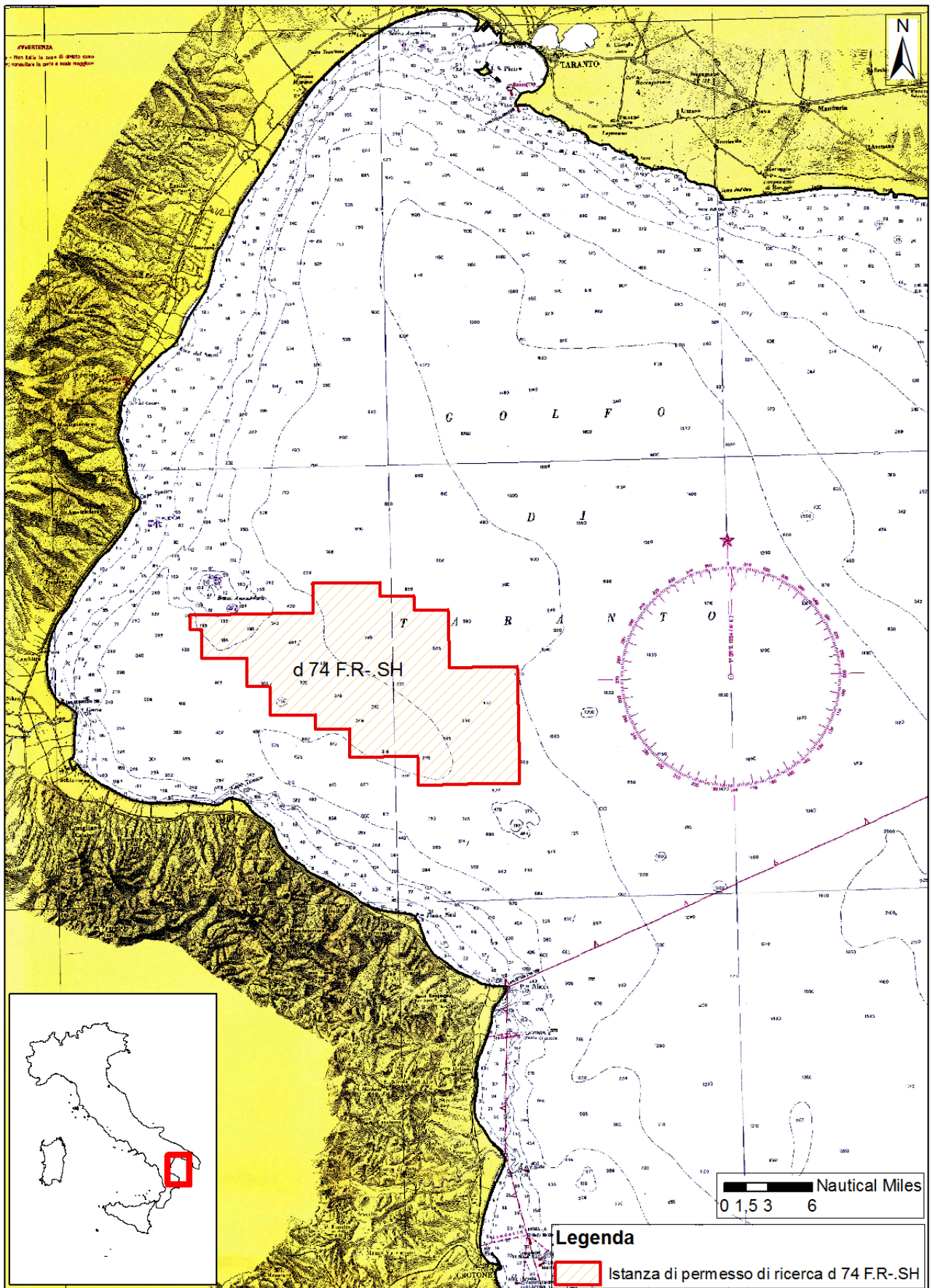


Figura 2.2 – Ubicazione dell’area in istanza di permesso di ricerca e del perimetro (in rosso) sulla carta Nautica “Da punta Stilo a Capo S. Maria di Leuca”

Istanza di Permesso di Ricerca di Idrocarburi a Mare, denominata “d 74 F.R.-SH”

2.2 IMPOSTAZIONE DELLO STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE

Il presente documento è stato redatto ai sensi delle principali norme nazionali, il D.Lgs. 3 Aprile 2006 n. 152 recante “Norme in materia ambientale” (“D.Lgs. 152/06”) e D.Lgs. 16 Gennaio 2008 n. 4 recante “Ulteriori disposizioni correttive ed integrative del D.Lgs. 3 Aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale” (“D.Lgs. 4/08”) e il D.Lgs. 10 Dicembre 2010, n. 219, recante “Modifiche ed integrazioni al decreto legislativo 3 Aprile 2006, n. 152, recante norma in materia ambientale, a norma dell’articolo 12 della legge 18 Giugno 2009, n. 69 (“D.Lgs. 128/10”).

2.2.1 Direttiva 2008/56/CE sulla strategia per l’ambiente marino

La direttiva del Parlamento Europeo e del Consiglio del 17 giugno 2008 istituisce un quadro per l’azione comunitaria nel campo della politica per l’ambiente marino.

Infatti, la Direttiva 2008/56/CE (“Direttiva”), recepita in Italia con il D.Lgs. n. 190 del 13 ottobre 2010 recante “Attuazione della direttiva 2008/56/CE, costituisce il primo strumento normativo vincolante che considera l’ambiente marino un patrimonio prezioso da proteggere, salvaguardare e, ove possibile e necessario, da ripristinare al fine di proteggere la biodiversità e preservare la vitalità di mari e oceani.

Scopo primario di detta Direttiva è il raggiungimento, entro l’anno 2020, del “Good Environmental Status” (“Buono Stato Ambientale”) delle acque marine degli Stati membri dell’Unione Europea. Il concetto di “Good Environmental status”, rappresenta uno dei concetti cardine della Direttiva in esame e viene definito come lo “stato ambientale delle acque marine tale per cui le stesse preservano la diversità ecologica e la vitalità di mari e oceani puliti, sani e produttivi nelle proprie condizioni intrinseche e tale per cui l’utilizzo dell’ambiente marino si svolge in modo sostenibile, salvaguardandone le potenzialità per gli usi e le attività delle generazioni presenti e future”. La Direttiva mira allo sviluppo, da parte degli Stati membri, di una “Strategia Marina” (“Strategia”) finalizzata al conseguimento del “Good Environmental Status” entro il 2020 per tutte le acque marine sottoposte alla giurisdizione di ciascun paese a partire da un miglio dalla costa o dalla linea di costa per i comparti che non sono considerati acque costiere nell’ambito della Direttiva 2000/60/9CE (direttiva quadro sulle acque).

Il D.Lgs. 190/2010, con il quale è stata recepita a livello nazionale la Direttiva, prevede che il Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare promuova e coordini “la valutazione iniziale dello stato attuale e dell’impatto delle attività antropiche sull’ambiente marino, sulla base dei dati e delle informazioni esistenti”. Ai sensi del D.Lgs. 190/2010 tale valutazione deve includere principalmente:

- un’analisi degli elementi, delle caratteristiche essenziali e dello stato ambientale attuale di ciascuna regione marina, sulla base dell’elenco indicativo degli elementi riportati nella tabella 1 dell’allegato III della Direttiva;
- un’analisi dei principali impatti e delle pressioni che influiscono sullo stato ambientale della regione o sottoregione marina, e che tenga conto delle tendenze rilevabili e consideri i principali effetti cumulativi e sinergici, nonché delle valutazioni pertinenti, effettuate in base alla vigente legislazione comunitaria;
- un’analisi degli aspetti socio-economici dell’utilizzo dell’ambiente marino e dei costi del suo degrado.

2.3 DESCRIZIONE DEL COMMITTENTE

Il Gruppo Royal Dutch Shell plc (Shell) è uno dei maggiori gruppi mondiali operanti nel settore dell’energia, presente in oltre 90 Paesi con circa 100.000 dipendenti. L’obiettivo di Shell è quello di rispondere alla crescente domanda di energia attraverso l’esplorazione e la produzione di idrocarburi, la commercializzazione di prodotti petroliferi e chimici, gas e carburanti alternativi.

Questo obiettivo viene perseguito da Shell secondo criteri rigorosi di efficienza e responsabilità sociale, ambientale ed economica, coerentemente con i propri Principi Generali di Comportamento, fondati sui valori dell’onestà, dell’integrità e del rispetto.

La strategia del Gruppo prevede di:

- sviluppare il portafoglio delle riserve di idrocarburi aumentando al contempo efficienza e redditività delle attività di commercializzazione al fine di offrire al mercato prodotti avanzati e competitivi;
- produrre tecnologia ed innovazione ottimizzando l'efficienza delle attività tradizionali ed aprendo le frontiere allo sviluppo e alla lavorazione di nuove risorse energetiche quali i biocarburanti di seconda generazione e l'idrogeno;
- rispondere alla crescente domanda mondiale di energia e alla sfida del cambiamento climatico in modo sostenibile sviluppando soluzioni in grado di limitare gli impatti ambientali (cattura e stoccaggio della CO₂);
- collaborare con istituzioni nazionali ed internazionali, partner e clienti per favorire un uso sempre più efficiente e sostenibile dell'energia e delle risorse naturali al fine di creare equilibrio tra fabbisogno energetico, aspettative sociali, ambientali ed obiettivi aziendali.

Shell è presente in Italia dal 1912 ed è oggi tra i principali gruppi energetici operanti nel Paese, con attività che si sviluppano in modo integrato attraverso l'arco upstream (ricerca e produzione) – downstream (commercializzazione e distribuzione).

In Italia il Gruppo opera in tre aree:

Upstream - Esplorazione e Produzione (Shell Italia E&P S.p.A.), con attività in Basilicata e interessi esplorativi in altre aree del Paese. Queste attività, oltre a rappresentare un elemento di assoluta rilevanza nel panorama europeo e globale del Gruppo, fanno di Shell Italia E&P S.p.A. la prima società straniera in Italia per investimenti nel settore dell'esplorazione, sviluppo e produzione di idrocarburi. Dal 2010 è titolare di due istanze di permesso di ricerca offshore nel Mar Ionio.

Gas Naturale (Business Unit Gas & Power di Shell Italia S.p.A.) con attività di commercializzazione business-to-business (Shell Energy Italia S.r.l.) e con il progetto di sviluppo di un terminale di rigassificazione in provincia di Siracusa, attraverso la joint-venture Ionio Gas S.r.l. pariteticamente detenuta insieme ad Erg S.p.A.

Downstream Prodotti Petroliferi (Shell Italia S.p.A.) che, grazie a una rete di circa 1.200 stazioni di servizio, porta il marchio Shell sulle strade italiane e vanta il primato di aver introdotto carburanti differenziati, tecnologicamente avanzati e innovativi come Shell V-Power 100 ottani e Shell V-Power Diesel.

Gli investimenti di Shell in Italia non si limitano alle attività industriali e commerciali, ma comprendono partnership tecniche importanti quali quelle con Ferrari, Ducati Corse e Maserati.

Shell Italia E&P S.p.A. è la prima società straniera operante in Italia nel settore dell'esplorazione, dello sviluppo e produzione di idrocarburi liquidi e gassosi. Shell Italia E&P ricopre un ruolo centrale nelle strategie di sviluppo in Europa del Business Upstream del Gruppo Royal Dutch Shell. Lo staff di Shell Italia E&P è pienamente integrato col network del Gruppo. Ciò consente di poter accedere a un'ampia gamma di conoscenze ed esperienze, e di integrare talenti locali e approccio globale.

Le attività di Shell Italia E&P sono al momento concentrate in Basilicata, regione dove sono stati rinvenuti i più importanti giacimenti petroliferi on-shore dell'Europa continentale.

La presenza di Shell nel settore dell'upstream petrolifero italiano contribuisce alla creazione di valore per il Paese in termini di royalty, investimenti e sicurezza degli approvvigionamenti. Shell crede nel potenziale di idrocarburi esistente in Italia ed è interessata a continuare a investire nel Paese. In Basilicata, Shell Italia E&P riveste attualmente un ruolo rilevante, in quanto è l'unica compagnia petrolifera presente sia nel giacimento della Val D'Agri (Monte Alpi, Monte Enoc, Cerro Falcone) che in quello di Tempa Rossa (Valle del Sauro).

3 QUADRO DI RIFERIMENTO PROGETTUALE

3.1 GENERALITÀ DELL'INTERVENTO

L'area in istanza denominata "d 74 F.R.-SH" ha un'estensione totale di 617,8 km² ed è ubicata nel Mar Ionio, ricadendo quasi interamente nella zona "F", per 587,47 km², mentre la restante parte (30,33 km²) rientra nella zona marina convenzionalmente definita "D".

Il rilievo sismico 3D in progetto, è un'indagine geofisica che mira a comprendere le principali caratteristiche, tra cui estensione e natura, delle strutture geologiche sommerse presenti nella zona del Mar Ionio oggetto dell'istanza. Gli scopi scientifici principali di questa indagine sono quelli di estendere e completare la copertura sismica già esistente, di definire l'estensione del bacino sedimentario, l'ubicazione della "roccia madre" degli idrocarburi, nonché la direzione e l'estensione massima di migrazione degli stessi, attraverso l'analisi dei dati che verranno ricavati utilizzando le più moderne tecnologie. L'analisi dei dati di pozzi presenti nell'area di interesse permetterà, inoltre, di fornire un ulteriore controllo geologico-strutturale dei dati che verranno acquisiti.

3.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO DELL'AREA

Per quanto riguarda l'inquadramento geologico-regionale, l'area in istanza di permesso di ricerca ricade nella porzione centrale del Mediterraneo in corrispondenza del settore meridionale della Catena Appenninica, un sistema di faglie e sovrascorrimenti prodotto dall'interazione di sedimenti appartenenti sia a domini di placca continentale europea sia a quelli africani.

Il Sistema Appenninico, risulta costituito da tre diversi domini tettonici (Catena s.s., Avanfossa, Avampaese) con caratteristiche molto differenti ma con una continuità laterale frutto di complessi avvenimenti orogenetici succedutisi nel corso dei tempi geologici dettati dalla particolare geodinamicità dell'area (Figura 3.1).

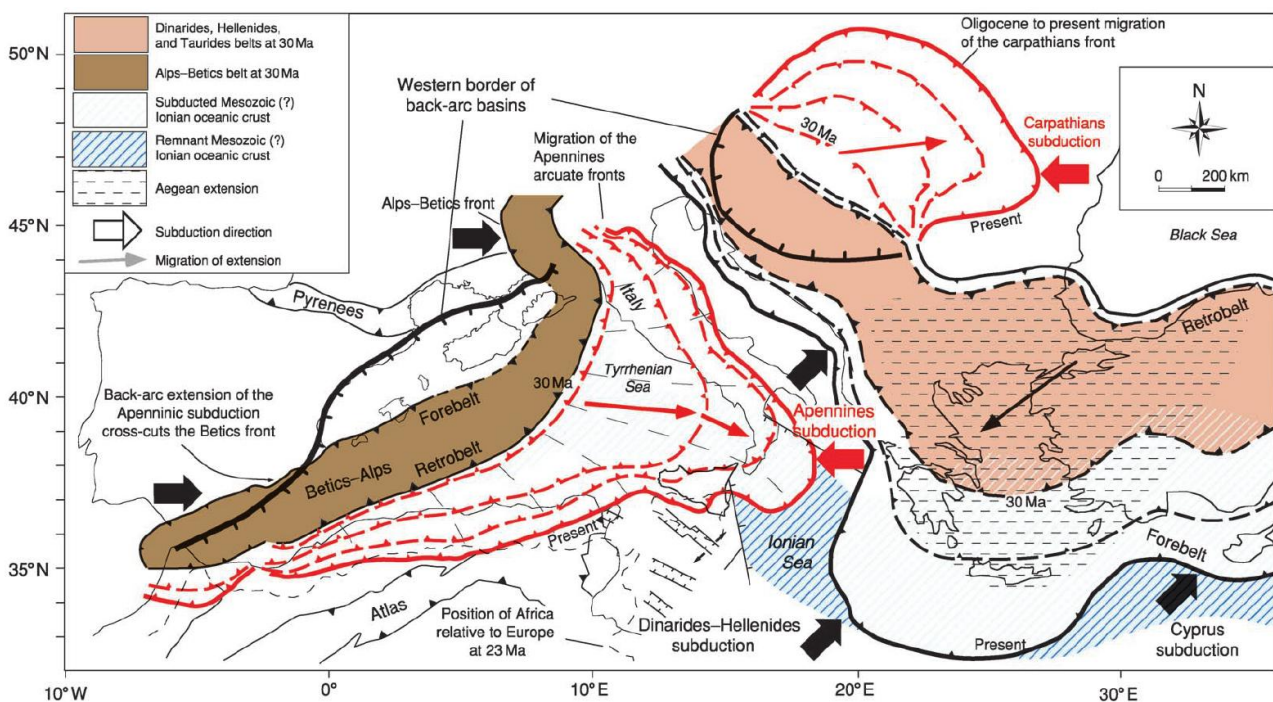


Figura 3.1 - Schema geodinamico dell'area Mediterranea (fonte: Carminati & Doglioni, 2004)

In particolare, l'area oggetto di studio, ricade lungo la porzione nord-orientale off-shore del segmento calabro in corrispondenza del settore di transizione posto tra le propaggini più esterne dell'Appennino Meridionale Campano-Lucano e la parte più interna dell'Avanfossa Bradanica. Quest'ultimo dominio, in particolare, rappresenta l'area depocentrale che accoglie i sedimenti provenienti dalla messa in posto della Catena Appenninica prossima al settore più settentrionale dell'Arco Calabro Peloritano (Figura 3.2).

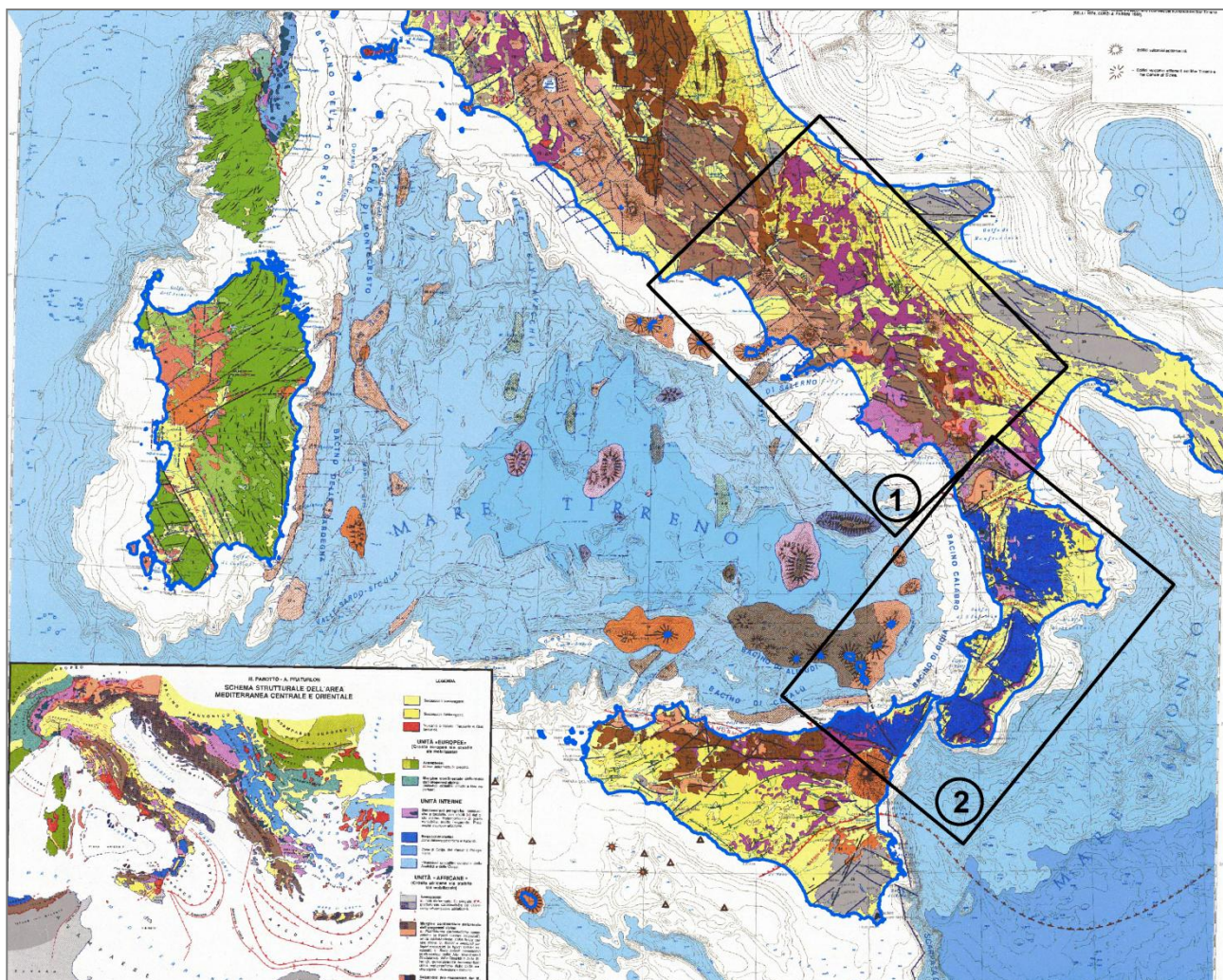


Figura 3.2 - Carta tettonica dell'Italia centro meridionale; in evidenza la Catena dell'Appennino Campano-Lucano (1) e quella dell'Arco Calabro-Peloritano (2) (fonte: C.N.R. - Progetto finalizzato Geodinamica – Pubblicazione n. 269, modificata)

3.3 SISTEMA APPENNINICO MERIDIONALE

Gli Appennini Meridionali, porzione della Catena Appennino-Maghrebide, sono il frutto della complessa orogenesi che ha interessato la parte centrale del Mediterraneo e sono costituiti da coltri impilate di sedimenti derivanti dalla deformazione dei diversi domini Mesozoici e Cenozoici. I suddetti edifici orogenetici sono il risultato della collisione continentale, neogenica, avvenuta tra il Promontorio Apulo (o Placca Adria), appartenente alla Placca Africana e il Blocco Sardo-Corso (Placca Europea).

I movimenti crostali Mesozoici si sono risolti con la subduzione della litosfera oceanica, appartenente al dominio della Neotetide, al di sotto del margine continentale europeo provocando, dapprima, la chiusura di grandi porzioni del bacino oceanico fino a giungere alla collisione continente-continente (di tipo A) causando la sutura tra i suddetti margini (Figura 3.3).

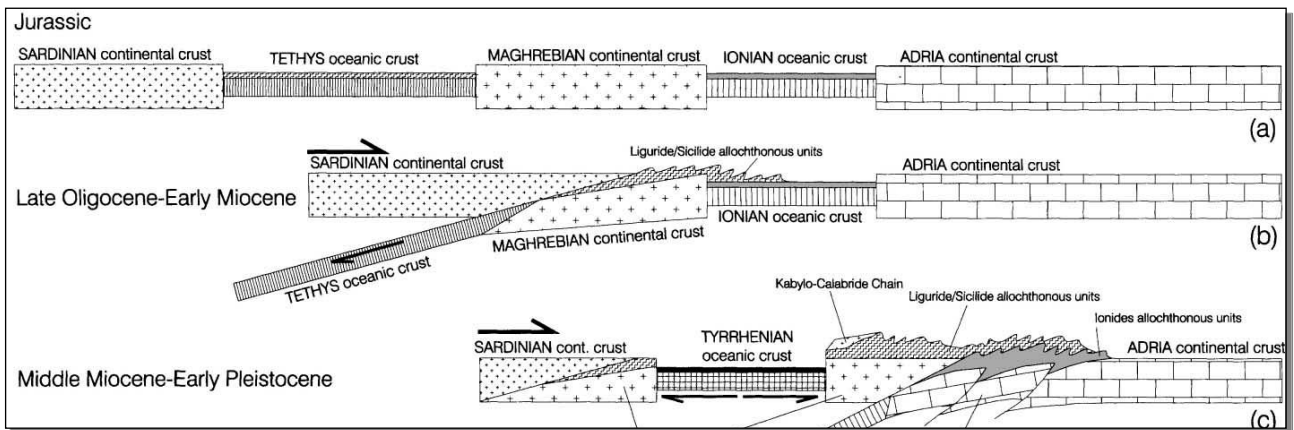


Figura 3.3 – Schema evolutivo del sistema geologico centro-mediterraneo a partire dal Mesozoico (fonte: Lentini et alii, 2006)

In questo complesso quadro geologico-regionale sono riconoscibili i seguenti domini tettonici (Figura 3.4) (Ben Avraham et al., 1990; Lentini et al., 1994, 1995; Finetti et al., 1996):

- Avampaese;
- Catena;
- Retroarco.

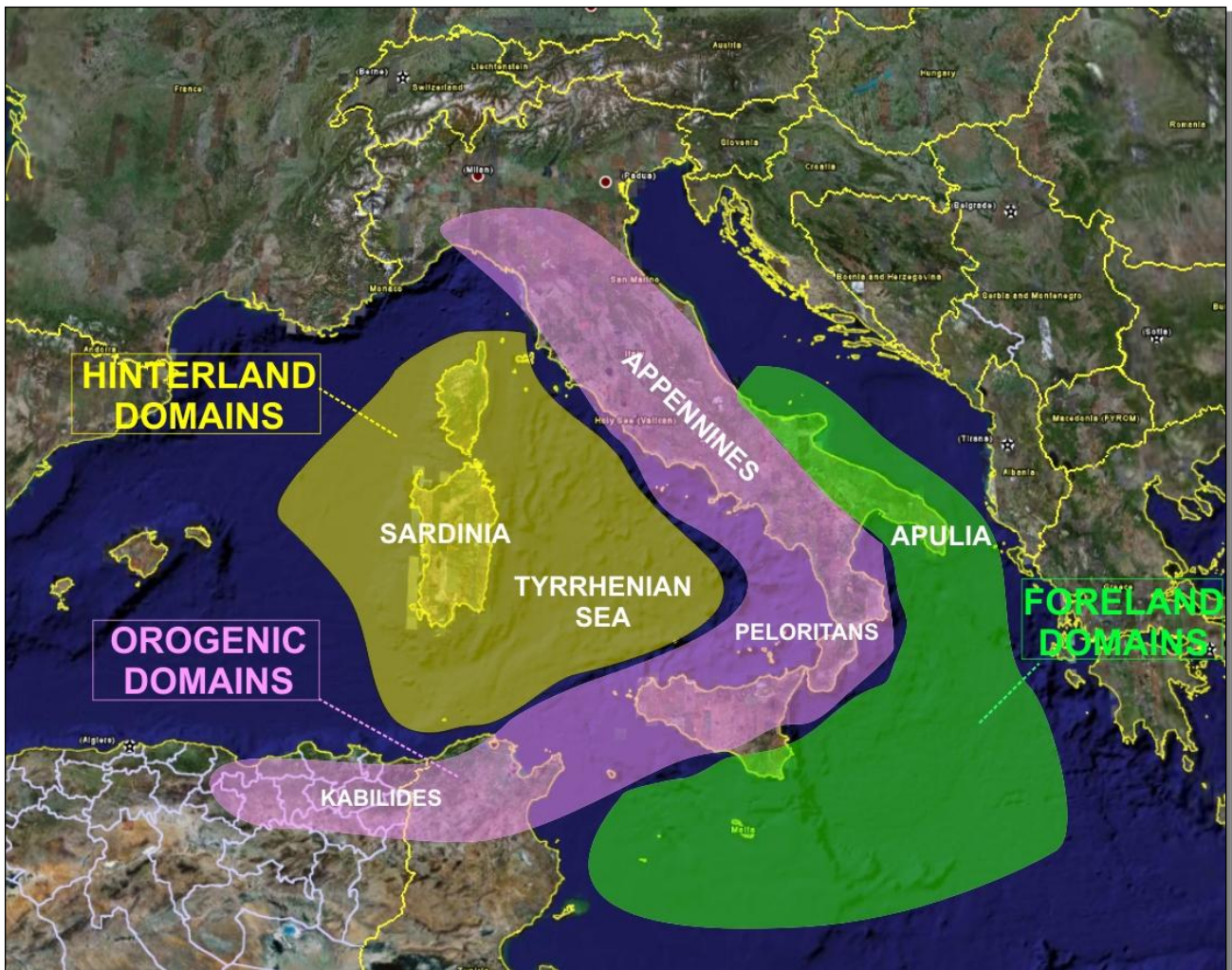


Figura 3.4 - Distribuzione dei principali domini tettonici nel Mediterraneo

Il Dominio di Avampaese è costituito dalla parte continentale indeformata della placca africana, rappresentata dal blocco Ibleo-Pelagiano e dalla microplacca adriatica; quest'ultima rappresentata nell'area di studio dal Blocco Apulo. La microplacca Adriatica, fin dal Mesozoico, perde le proprie caratteristiche

continentali verso i settori meridionali, a contatto con l'Avampaese Africano nel Bacino Ionico, caratterizzato dalla presenza di crosta oceanica.

L'intero Dominio della Catena Appenninica può essere scomposto in tre principali settori:

- il sistema esterno, costituito dai sovrascorrimenti legati allo scollamento della copertura sedimentaria interna del settore inarcato dell'Avampaese continentale;
- la Catena Appennino-Maghrebide, generata dall'embriciatura delle sequenze sedimentarie appartenenti sia ai settori di crosta oceanica (Bacino Tetideo e Ionico) sia ai settori di crosta continentale (parte interna delle piattaforme carbonatiche);
- la Catena Kabilo-Calabride legata alla delaminazione e successiva migrazione verso i quadranti sud-orientali del margine Europeo.

Il Dominio di Retroarco, infine, risulta rappresentato dal blocco Sardo-Corso e dal Bacino del Tirreno, quest'ultimo, a sua volta, caratterizzato da una crosta di tipo oceanico e la cui apertura è datata a partire dal Miocene medio.

Nell'area meridionale del Tirreno le proprietà dell'orogenesi Appennino-Maghrebide sono controllate dallo spessore di crosta del Dominio di Avampaese.

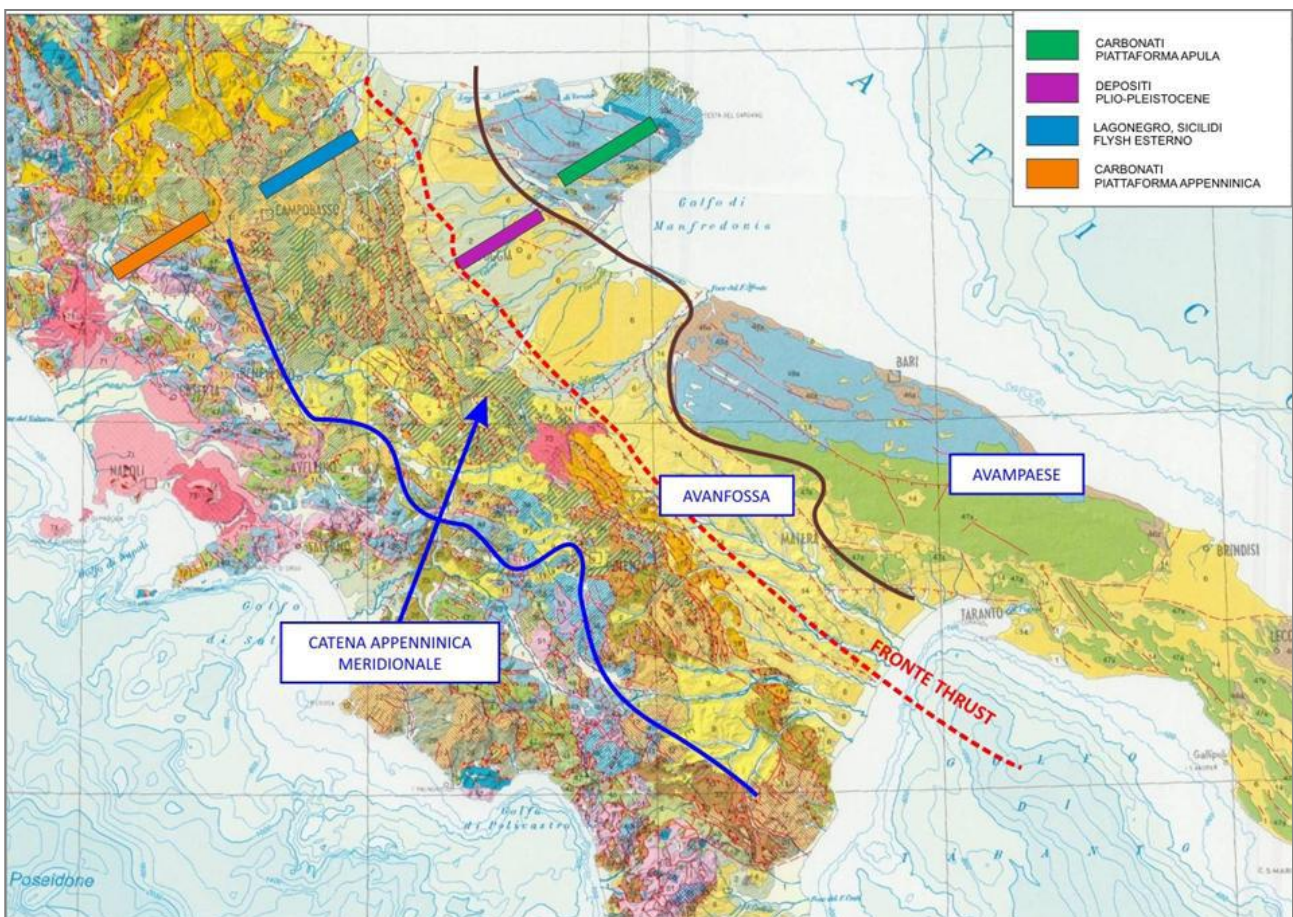


Figura 3.5 - Carta delle principali unità geologico-strutturali dell'Appennino Meridionale

3.3.1 Catena

Appennino Campano-Lucano

L'Appennino Campano-Lucano può essere schematicamente suddiviso in due grandi unità tettonico-stratigrafiche alloctone sovrascorse su un avampaese che risulta parzialmente mobilizzato durante le più recenti fasi tettoniche Appenniniche. Queste unità derivano dalla deformazione e sovrapposizione verso l'Avampaese Apulo di sedimenti Mesozoici e Cenozoici tipici sia di ambienti bacinali (Unità Lagonegresi) sia ascrivibili a quelli di piattaforma carbonatica (Piattaforma Appenninica).

Dal punto di vista dei rapporti stratigrafici, nella parte più occidentale della catena, le facies di piattaforma risultano sovrascorse sui sedimenti del dominio Lagonegrese; a loro volta, le unità riconducibili a quest'ultimo dominio, nell'area di Val d'Agri, risultano sovrapposte alla piattaforma Apula.

All'interno dei singoli domini tettonici è, inoltre, possibile identificare delle precise unità stratigrafico-strutturali le cui peculiarità hanno permesso di delineare le principali fasi evolutive che hanno caratterizzato l'intera area appennica meridionale. Le principali unità individuate nel settore di Catena risultano essere:

- La Piattaforma Appenninica;
- il Bacino lagonegrese s.l. e le unità esterne.

Piattaforma Appenninica

Le unità ascrivibili alla Piattaforma Appenninica più orientali sono composte prevalentemente da dolomie e calcari di acqua bassa che, verso Est, passano a facies di margine di piattaforma e scarpata. Lo sviluppo di questi depositi è ripetutamente interrotto da superfici di discordanza stratigrafica, marcate da brusche variazioni verticali di facies.

I depositi calcarei vanno riferiti ad un ambiente di piattaforma carbonatica caratterizzato da un tasso di subsidenza generalmente compensato dal tasso di produttività di sedimenti carbonatici. Le superfici di trasgressione e discordanza stratigrafica registrano invece rispettivamente risalite e cadute del livello del mare, legate sia alle variazioni eustatiche sia al tasso di subsidenza della piattaforma carbonatica. Queste ultime possono essere attribuite a fasi tettoniche sia distensive sia compressive.

L'elemento fisiografico corrispondente alla fascia d'affioramenti sopra descritta costituisce la parte principale dell'unità stratigrafico-strutturale nota come Piattaforma Appenninica. Questa piattaforma carbonatica si è accavallata, con trasporto verso l'avampaese Apulo, durante le fasi compressive neogeniche sopra le corrispondenti unità di margine e bacino (Figura 3.6). Tali sovrascorrimenti hanno provocato un trasporto non omogeneo e la scomposizione della Piattaforma Appenninica in settori distinti separati da lineamenti trasversali che hanno accomodato le differenze negli stress.

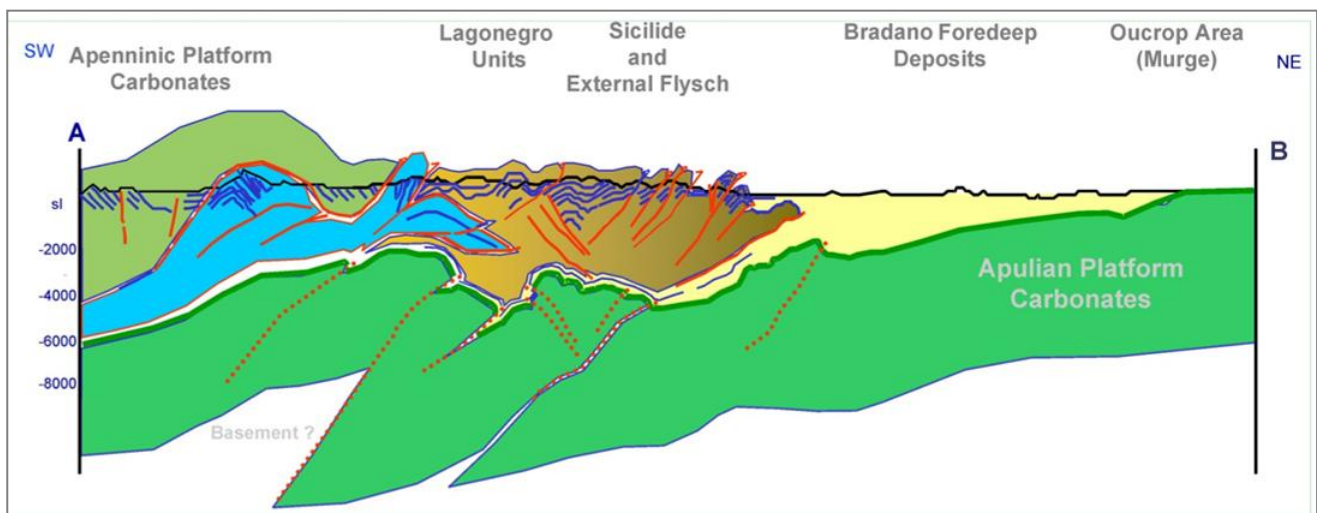


Figura 3.6 - Sezione geologica strutturale attraverso l'Appennino meridionale

Bacino Lagonegrese s.l. ed Unità Esterne

Dal punto di vista strutturale, il bacino di Lagonegro s.l. rappresenta un bacino Mesozoico generato da un rift Triassico. In esso si depositarono una serie di unità stratigrafiche con caratteristiche deposizionali differenti a secondo sia della loro posizione paleogeografica sia dell'evoluzione temporale dello stesso bacino.

I depositi attribuiti a queste unità, possono essere suddivisi in Unità Lagonegrese inferiore e superiore e costituiscono la fascia d'affioramenti intermedia limitata a occidente dai terreni della Piattaforma Appenninica e ad Est dai depositi dell'avampaese Apulo-Garganico.

Nella fattispecie, l'Unità Lagonegrese inferiore è costituita da sedimenti calcareo-silico-marnosi, ascritti alla parte assiale del bacino (Scandone, 1967; 1972; 1975); mentre l'Unità Lagonegrese superiore è formata da terreni calcareo-silico-marnosi di età compresa fra il Trias ed il Miocene, derivanti dalla deformazione dell'omonimo bacino e sono tettonicamente interposti agli elementi tettonici lagonegresi inferiori a letto e a quelli delle unità dei Monti della Maddalena e Monte Foraporta a tetto.

La successione che va dal Triassico all'Eocene è, tuttavia, composta prevalentemente da torbiditi carbonatiche, calcari con selce, radiolariti e marne silicizzate. Torbiditi silicoclastiche compaiono alla fine del Paleogene.

Le torbiditi carbonatiche possono essere attribuite a sistemi alimentati direttamente dalle piattaforme adiacenti, durante periodi d'intensa attività produttiva in prossimità delle aree bacinali. I calcari con selce, radiolariti e marne silicizzate sono tipici di una sedimentazione pelagica tranquilla. Tali depositi rappresentano, pertanto, fasi di interruzione della produzione carbonatica di piattaforma, probabilmente legate a fasi d'annegamento di queste ultime, durate anche oltre 10 Milioni di anni.

Il Bacino Lagonegrese nel suo complesso, comunque, ha caratteristiche sedimentarie simili ai bacini d'intrapiattaforma (*Seaways*) sviluppati nella regione bahamiana.

I sedimenti depositatisi nel bacino sono stati traslati verso oriente sotto la spinta della piattaforma Appenninica, tra la fine del Paleogene e l'inizio del Neogene. La mobilitazione dell'enorme carico litostatico ha originato, un'area bacinale d'avanfossa nella quale si è avuta la deposizione, durante il Miocene, dei "flysch esterni" (Flysch Numidico, Formazione di Serrapalazzo e di Castelvetere).

Questi flysch sono stati rimobilizzati da fasi precoci di deformazione del loro bacino di deposizione producendo tipiche geometrie di "piggy-back" dietro il fronte di sovrascorrimento. In tali aree, caratterizzate da estensione limitata, si sono depositati sedimenti torbiditici a composizione litica (Flysch di Gorgoglione, Langhiano-Tortoniano).

L'ultima fase compressiva, d'età pliocenica, ha provocato la messa in posto dei "flysch esterni" e di parte del bacino lagonegrese sui carbonati dell'avampaese della Piattaforma Apula.

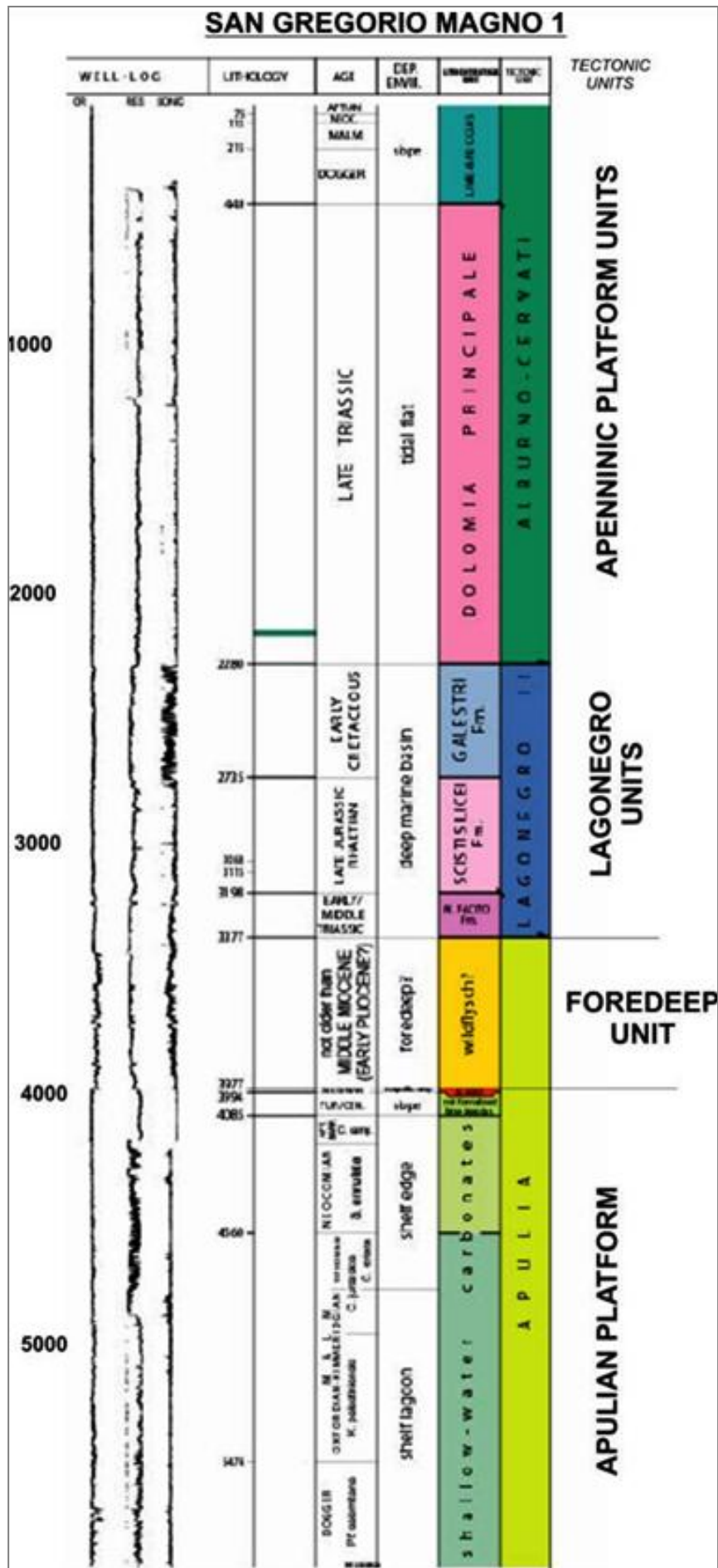


Figura 3.7 - Principali unità tettoniche riscontrate nel pozzo San Gregorio Magno 1 (Appennino Meridionale)

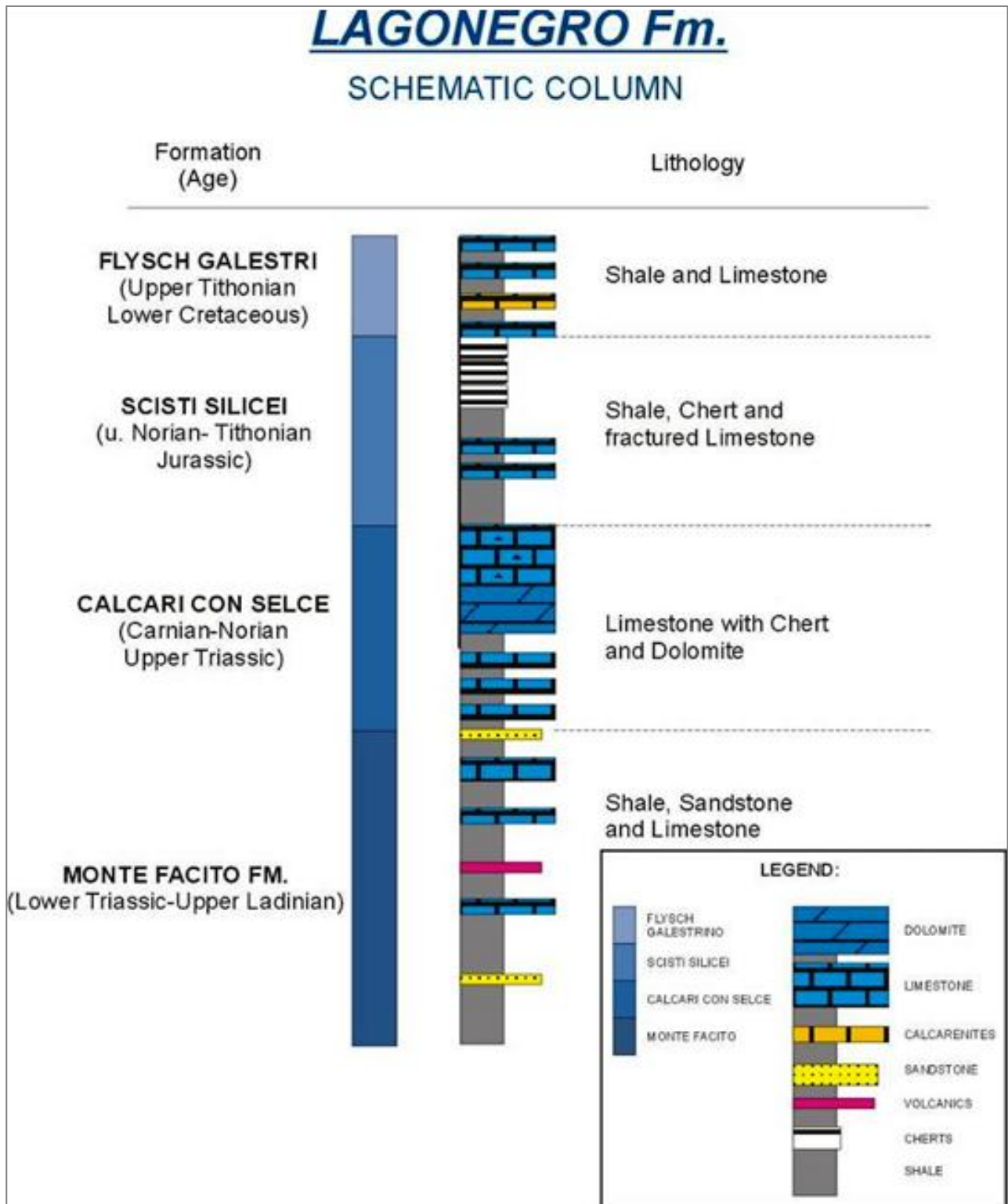


Figura 3.8 - Relazioni crono-stratigrafiche tra le varie formazioni costituenti la Formazione di Lagonero

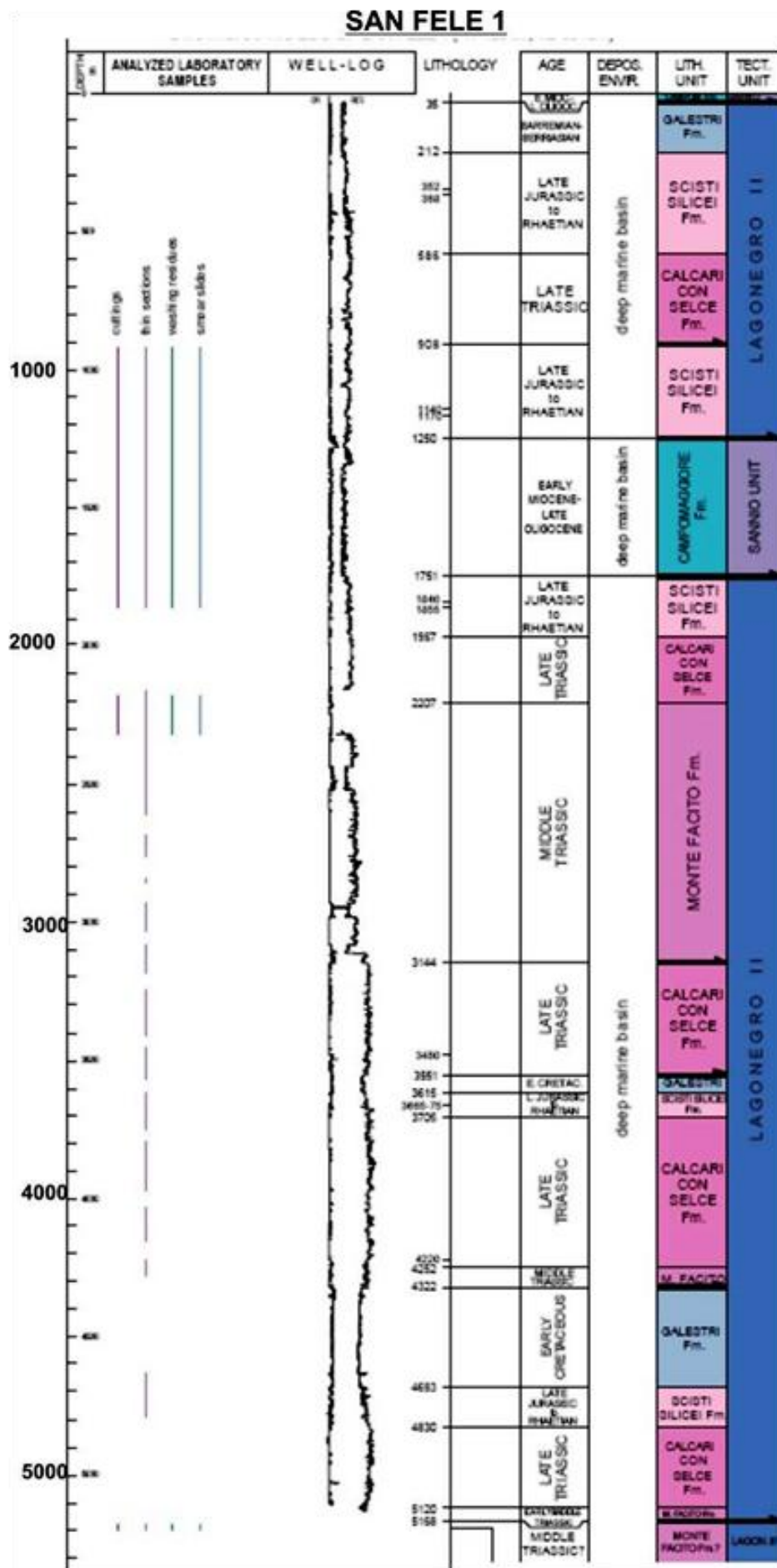


Figura 3.9 - Ripetizioni delle varie unità lagonegresi riscontrate nel pozzo San Fele1 (Appennino Meridionale)

3.3.2 Avanfossa

Avanfossa Bradanica

L'Avanfossa Bradanica è il dominio strutturale compreso tra il fronte della Catena Appenninica, ad Ovest, e l'Avampaese Apulo, ad Est, a prevalente sviluppo NO-SE. Essa comprende una parte affiorante data dal Tavoliere delle Puglie, dalla Fossa Bradanica e dalla fascia ionica della Lucania, ed una prosecuzione, verso SE, nel Mar Ionio. Questo elemento strutturale inizia a delinarsi a partire dal Pliocene medio-superiore, quando un'importante subsidenza portò alla formazione di un bacino sedimentario allungato parallelamente alla Piattaforma Apula, il cui margine interno è stato successivamente ribassato in blocchi con geometrie a gradinata.

I sedimenti dell'Avanfossa sono principalmente costituiti da depositi clastici (argille, sabbie e conglomerati) di facies marina, e coprono un intervallo cronostratigrafico che va dal Pliocene medio-superiore al Pleistocene (Ogniben *et alii*, 1969). Gli spessori complessivi sono dell'ordine dei 3000 metri, in gran parte noti da dati di pozzo; essi poi risultano ricoperti da depositi continentali tardo-quadernari.

Nel suo complesso, la Catena, è stata caratterizzata dalla presenza di una serie di avanfosse successivamente coinvolte nella deformazione a falde dell'Appennino e che quindi si trovano adesso inglobate nella catena stessa. A differenza delle precedenti avanfosse, tuttavia, quella bradanica risulta solo parzialmente deformata dalla tettonica appenninica e pertanto giace in posizione autoctona.

Da un punto di vista strutturale, essa, è caratterizzata dalla debole deformazione che ha provocato la formazione di sovrascorrimenti superficiali che hanno interessato i sedimenti più antichi depositi al suo interno. Le strutture più caratteristiche sono rappresentate da anticlinali più o meno complesse legate a sovrascorrimenti a medio-basso angolo e da faglie inverse (probabilmente invertite) al livello dei depositi della piattaforma apula (pre-Pliocene).

Da un punto di vista deposizionale, infine, l'avanfossa è caratterizzata anche da depositi torbiditici inframezzati da depositi pelitici di età Plio-Pleistocenica.

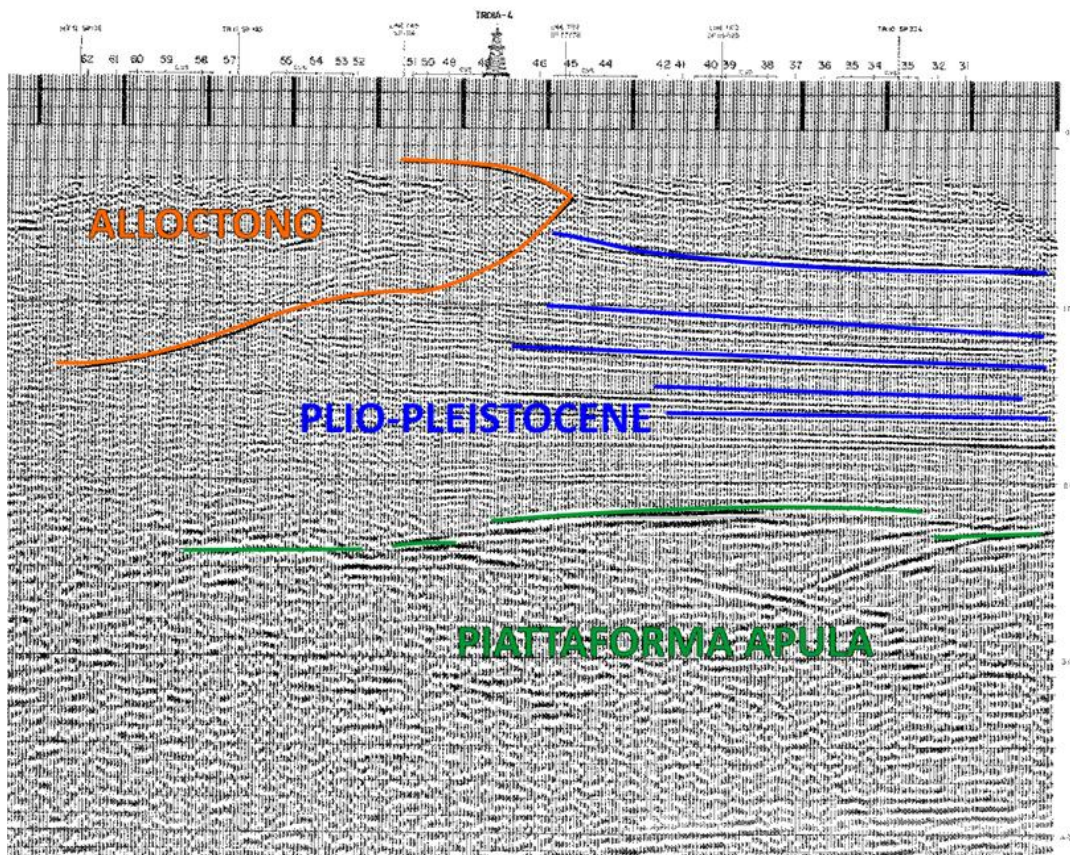


Figura 3.10 - Sezione sismica realizzata attraverso l'Avanfossa Bradanica con relativa interpretazione dei rapporti geometrici tra i corpi geologici presenti

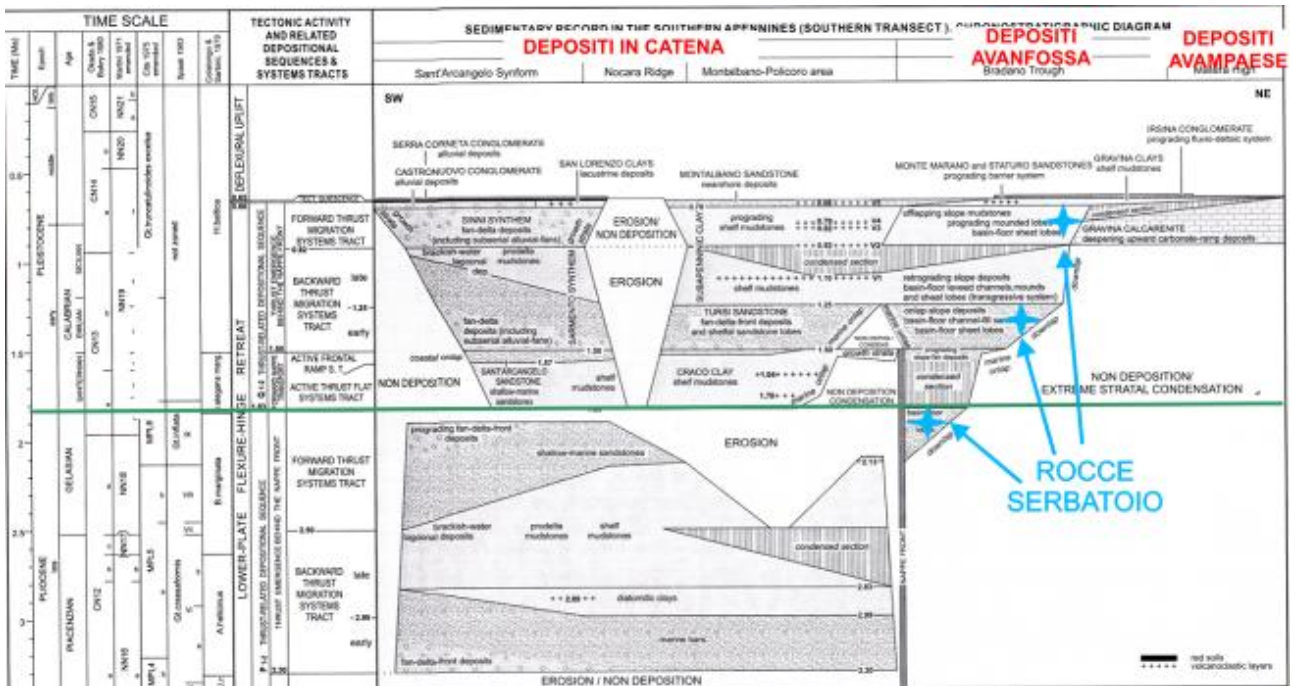


Figura 3.11 - Stratigrafia di dettaglio attraverso la catena Appenninica dal Pliocene al Pleistocene (fonte: Parotto et al., 2004)

3.3.3 Avampaese

La Piattaforma Apula

La Piattaforma Apula rappresenta la zona d'avampaese della catena Appenninica e nel contempo la più orientale delle piattaforme delineatesi a partire dal triassico. In un contesto regionale, essa può essere considerata, una zona di avampaese intra-orogenico al di sopra di due zone di subduzione: una immergente verso Ovest, sotto gli Appennini, ed una che s'infossa verso Est al disotto delle Dinaridi.

La storia tettonica della piattaforma è stata caratterizzata da differenti episodi a partire dal Triassico fino al Pliocene. Lungo il suo margine occidentale si sono accavallati, durante il Cenozoico, i domini tettonici di avanfossa e catena precedentemente descritti.

Litologicamente l'Avampaese Apulo risulta, in prevalenza, composto da una sequenza di carbonati in facies di piattaforma di età Mesozoica. Esso, nella sua interezza, si sviluppa sia in aree emerse, in Gargano, Murge e Salento, sia in quelle sommerse, lungo la fascia occidentale del Mare Adriatico.

Le unità appartenenti alla Piattaforma Apula (Formazione di Altamura – Cretaceo superiore) affiorano nelle Murge pugliesi pressoché indeformate e rappresentano l'avampaese della catena Appenninica. In queste aree le unità calcaree della piattaforma Apula possono ritrovarsi anche nel sottosuolo a profondità perfino elevate, raggiungendo gli oltre 6000 m.

L'evoluzione stratigrafico-deposizionale del dominio Apulo, dal Mesozoico al Miocene, può altresì essere sinteticamente suddivisa secondo due fasi principali: fase Mesozoica e Cenozoica.

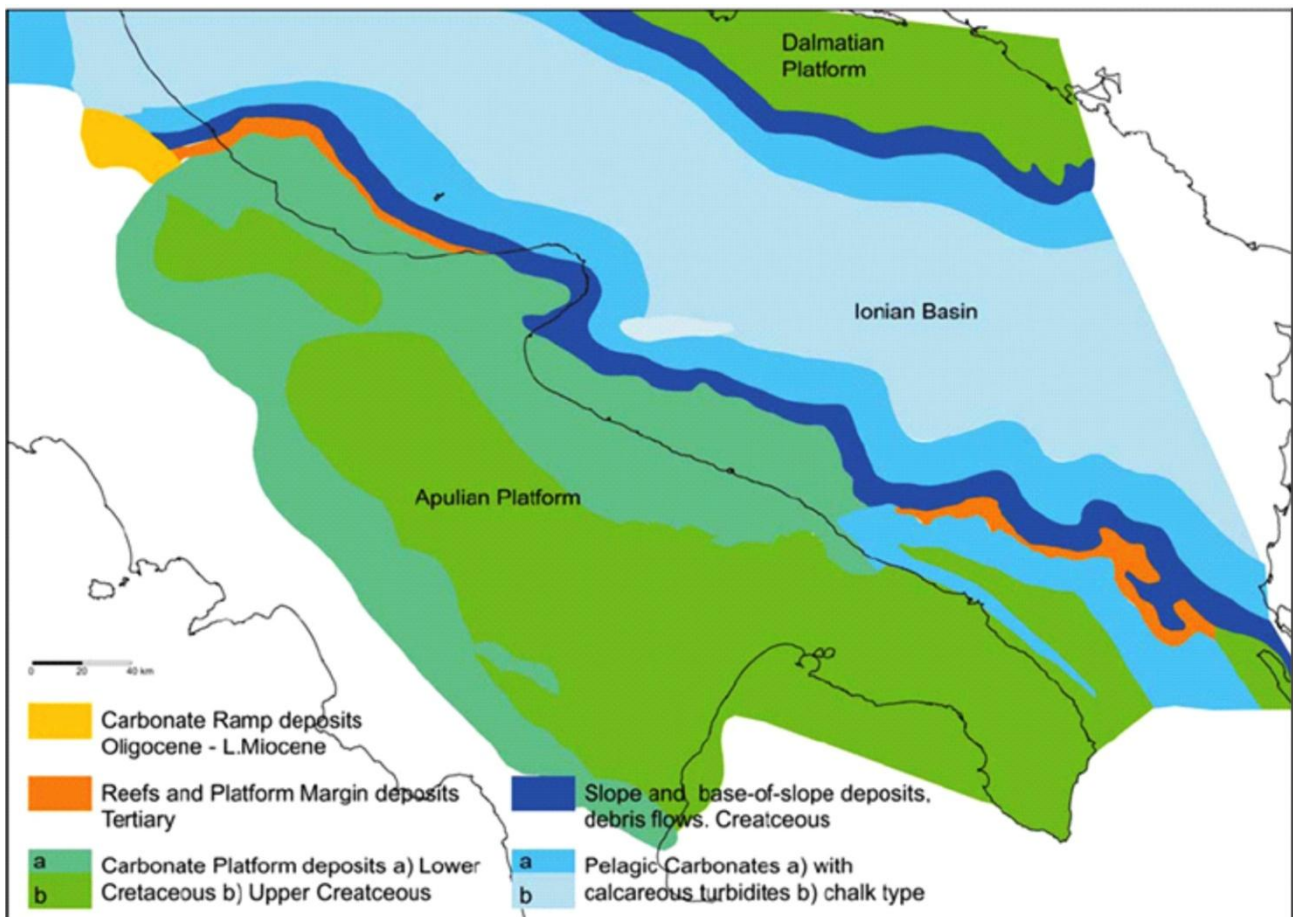


Figura 3.12 - Facies associate alla piattaforma Apula (fonte: Nicolai & Gambini, 2008)

La fase Mesozoica è testimoniata a partire dalla porzione basale della piattaforma mai affiorante, ma nota solo grazie a dati di pozzo (Puglia 1) (Figura 3.13). Essa è costituita da anidriti e dolomie triassiche, su cui poggia una spessa successione, prevalentemente dolomitica (Giurassico-Cretaceo), tipica di facies di piattaforma carbonatica poco profonda. La scarsa variabilità verticale degli ambienti va attribuita ad un tasso di subsidenza relativamente costante e compensato dal tasso di sedimentazione. Alla sommità della successione dolomitica si osserva la presenza di calcari di scogliera e di scarpata (limite Giurassico-Cretaceo), che registrano un generale approfondimento della piattaforma.

Si passa quindi, verso l'alto, a facies carbonatiche intertidali con livelli dolomitizzati e al cui interno sono presenti episodiche intercalazioni di calcari a Rudiste, che si estendono fino alla parte alta del Cenomaniano. Queste facies, che possono essere osservate in affioramento nell'area delle Murge, indicano una sedimentazione di piattaforma protetta, periodicamente invasa, con conseguente sviluppo di facies di ambiente più aperto, costituite dalle biocostruzioni a Rudiste.

Al tetto della successione cenomaniana si rinviene un'estesa superficie di discordanza stratigrafica che assume frequentemente caratteri di discordanza angolare. La stessa superficie, oltre ad essere localmente caratterizzata dalla presenza di bauxiti, registra l'intensa erosione dei sedimenti d'età cenomaniana e probabilmente turoniana, avvenuta prima della fine del Turoniano. Le unità erose sono state risedimentate sotto forma di breccie carbonatiche nelle aree depresse adiacenti.

La discordanza cenomaniana-turoniana è il frutto di una repentina inclinazione della piattaforma verso SO; testimonianze di tale evento sono state rinvenute anche in affioramento nel Gargano.

Al di sopra della discordanza e sulla corrispondente superficie concordante poggiano breccie costituite da frammenti pre-cenomaniani, cenomaniani e probabilmente anche turoniani, associati con la superficie d'erosione. A questi depositi fa seguito una successione composta da laminiti algali caratteristiche di un ambiente intertidale o sopratidale, wackestone a foraminiferi e bioclasti e livelli a rudiste originatisi in ambienti ossigenati.

La frequenza dei livelli a Rudiste, interpretati come corpi biocostruiti che aumenta verso l'alto a scapito degli intervalli a laminiti algali, indica un generale aumento del livello marino al disopra della piattaforma. Il tetto di questi depositi, d'età campaniana superiore, è rappresentato da un'altra discordanza stratigrafica da imputare ad una ulteriore inclinazione e sprofondamento di parte della piattaforma. Sui sedimenti della piattaforma aperta con scogliera a Rudiste poggiano, con contatto brusco, facies di scarpata carbonatica che passano, verso le aree bacinali ad Ovest, a depositi pelagici. Questi sedimenti sono di età compresa tra il Campaniano superiore ed il Maastrichtiano.

La fase Cenozoica inizia con la presenza di rocce ignee ultrabasiche sottoforma di dicchi e rocce subvulcaniche di probabile età eocenica che giacciono localmente a contatto al tetto delle precedenti unità del Maastrichtiano. Il contatto con i soprastanti depositi eocenici avviene per discordanza stratigrafica, alla quale si associa, come riconosciuto nell'area garganica, la presenza di superfici erosive. La successione eocenica è composta da torbiditi carbonatiche su cui progradano sedimenti di piattaforma interna, localmente trasgrediti da facies di piattaforma esterna/margine. Su questa superficie è sviluppata, in particolar modo nel sottosuolo, una successione miocenica di calcari pelagici, ricchi di fosfati, che rappresenta la sequenza d'annegamento della piattaforma Apula. L'annegamento della piattaforma Apula è legato al carico prodotto dall'impilamento lungo il suo margine occidentale delle falde appenniniche.

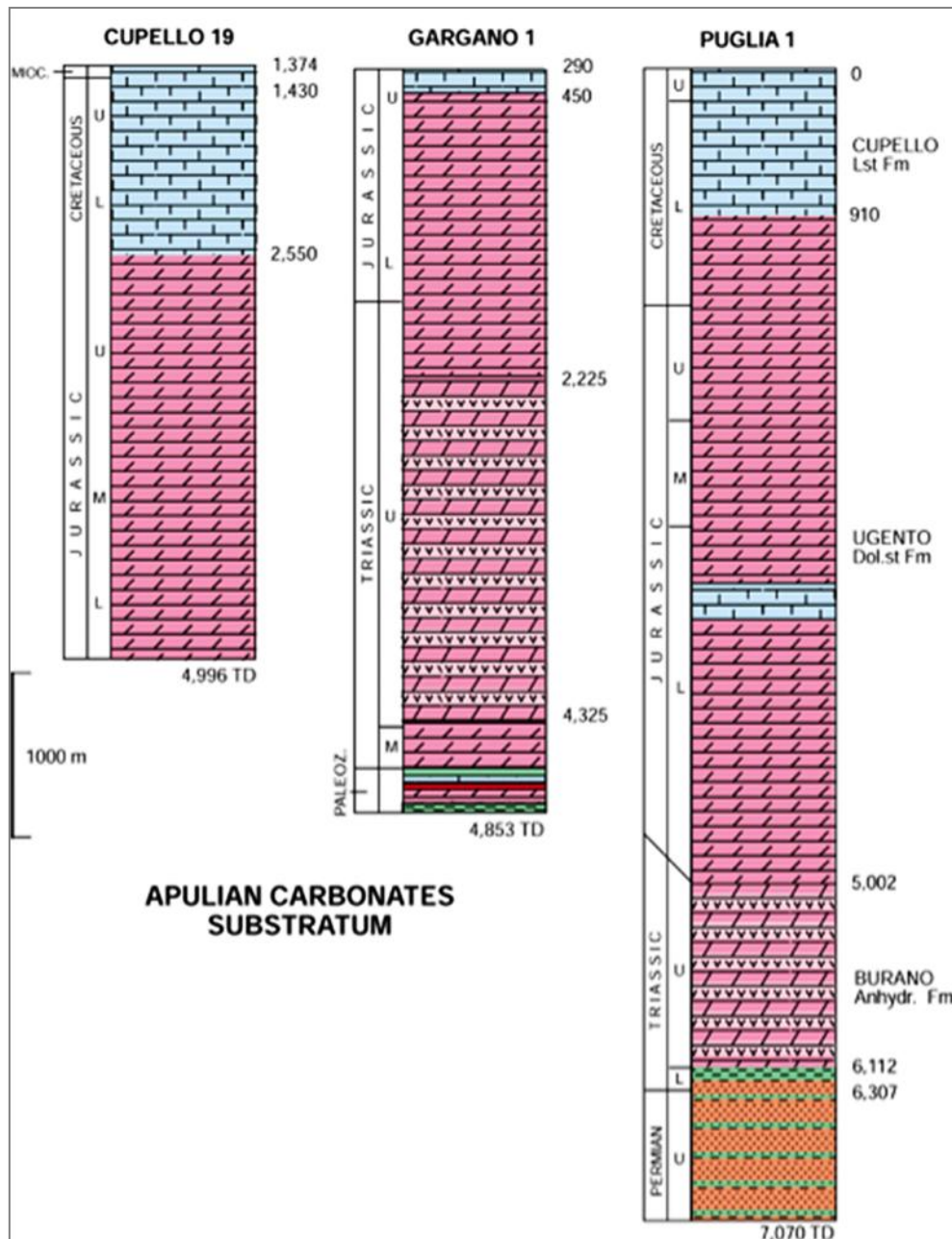


Figura 3.13 - Sezioni stratigrafiche attraverso tre pozzi della zona che hanno attraversato i calcari della piattaforma apula

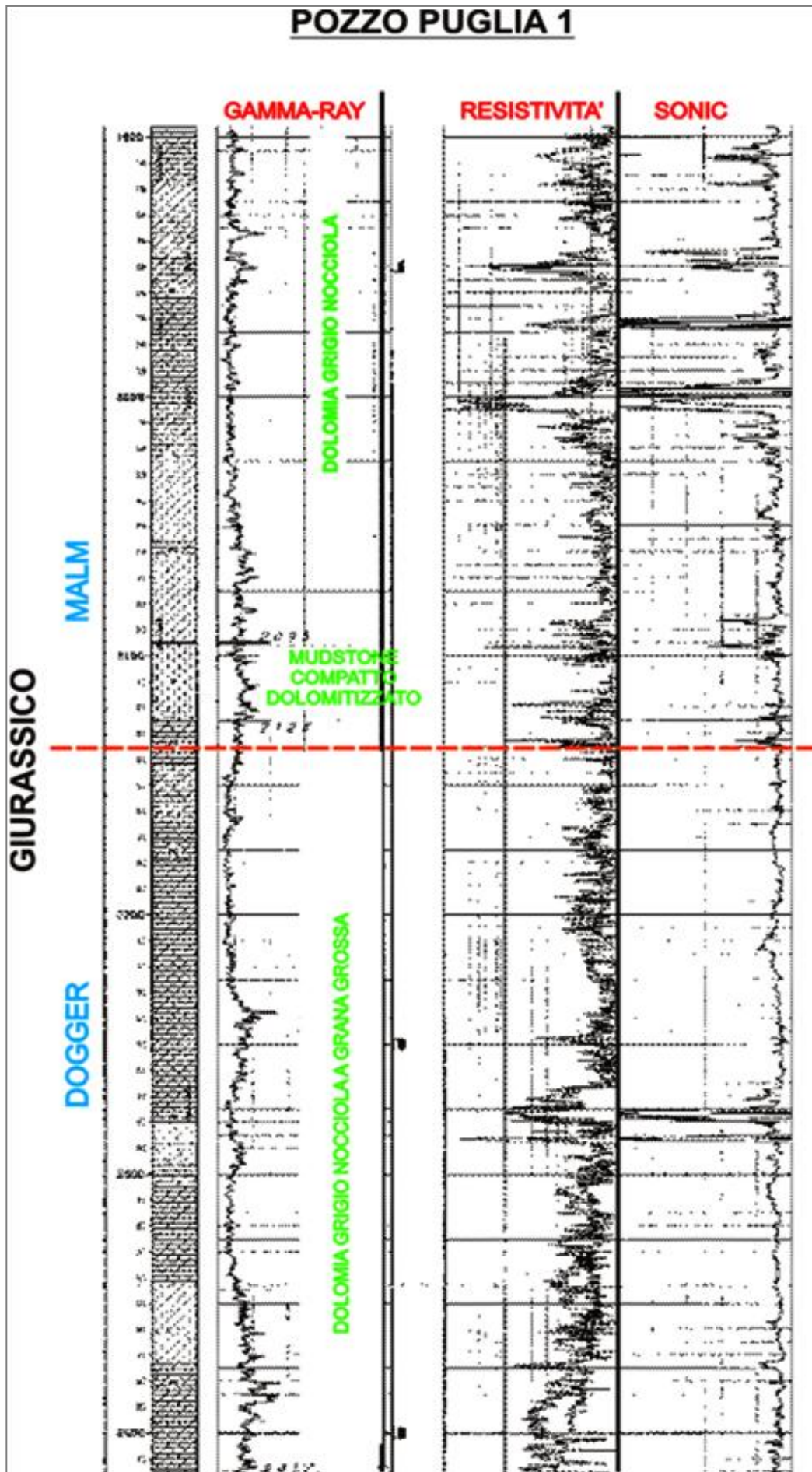


Figura 3.14 - Intervallo giurassico del pozzo "Puglia 1"

3.3.4 Evoluzione strutturale

La storia deformativa del sistema Catena-Avanfossa-Avampaese dell'Appennino Meridionale si colloca nell'ambito del complesso quadro evolutivo della Tetide sud occidentale e del margine settentrionale della placca africana. Lo stadio iniziale, dominato da tettonica distensiva, perdurato dall'inizio del Triassico fino al Cretaceo inferiore, viene collegato all'apertura della Tetide ed al successivo sviluppo della sua porzione sud-occidentale in termini di margine passivo. La successiva inversione tettonica registratasi, nel corso del Cenozoico, ha instaurato nella regione mediterranea un regime tettonico prevalentemente compressivo che ha causato la chiusura del paleo-oceano tetideo.

All'interno della lunga e complessa storia evolutiva Meso-cenozoica che ha interessato l'edificio orogenetico appenninico-meridionale è utile tracciare le principali fasi deformative che l'hanno caratterizzato. A tal proposito, sono stati individuati tre diversi periodi suddivisi come segue:

- Triassico-Giurassico;
- Cretaceo-Paleogene;
- Neogene.

Triassico-Giurassico

A partire dal Mesozoico, l'area compresa tra la placca africana e quella europea, è caratterizzata dalla formazione dell'oceano tetideo grazie all'instaurarsi, in tali aree, di un regime tettonico distensivo che ha favorito la formazione di ambienti di sedimentazioni tipici di margini continentali. Durante il Giurassico si ha un aumento della subsidenza testimoniato dall'abbondanza di sedimenti pelagici profondi che caratterizza tutte le unità stratigrafico-strutturali appenniniche. La fase distensiva giurassica favorisce la formazione di faglie con cinematica diretta, seguita dalla riattivazione degli stessi lineamenti, interamente o parzialmente, in faglie inverse durante le fasi di tettonica compressiva cenozoica. Inoltre bisogna tenere in considerazione che la paleogeografia sviluppatasi durante questo periodo, ma più in generale durante tutto il Mesozoico, ha avuto un importante controllo sullo sviluppo delle successive fasi di deformazione.

Cretaceo-Paleogene

All'inizio del Cretaceo si registra un rallentamento del tasso di subsidenza coincidente con l'inizio della chiusura della Tetide. Tale processo si completa durante il Paleogene con la completa chiusura del paleo-oceano tetideo e l'accavallamento delle coltri dei domini più interni su quelle dei domini esterni, con una vergenza, a carattere regionale, verso oriente. Durante questo periodo si registrano importanti discontinuità nella sedimentazione, estese a tutte le unità, che possono essere correlate con le diverse fasi tettoniche e almeno in parte attribuibili a fenomeni puramente compressivi. Queste fasi rendono sempre più complessa e articolata l'evoluzione delle aree di sedimentazione e sono testimoniate dall'irregolarità della distribuzione dei sedimenti paleocenici ed eocenici (sin-tettonici).

Neogene

A partire dalla fine del Paleogene, probabilmente nell'Oligocene, il fronte compressivo raggiunge il sistema piattaforma appenninica-bacino lagonegrese-piattaforma Apula. Tale sistema, stabile fin dagli inizi del Mesozoico, inizia a subire le prime alterazioni. L'originale sistema è deformato in ciò che diverrà il sistema catena appenninica-avanfossa-avampaese apulo. Da un punto di vista sedimentario i depositi d'età oligocenica non sono quasi mai presenti nelle successioni di piattaforma, che mostrano frequentemente, al tetto dell'Eocene, chiare superfici erosive tipiche di prolungati momenti d'emersione. Tali evidenze testimoniano l'intensa instabilità del substrato durante questo periodo e sono anche prova del fatto che la piattaforma appenninica, frammentata in varie scaglie tettoniche, è sovrascorsa al disopra del margine più occidentale del bacino di Lagonegro.

Nella fase iniziale del Neogene (Langhiano) il fronte compressivo, in migrazione verso oriente, ha ormai raggiunto anche il margine più orientale di quello che era il bacino di Lagonegro. In tale regione si sviluppano sovrascorrimenti a rampe, che causano la formazione di bacini di deposizione al tetto delle varie

scaglie tettoniche, proprio alle spalle del fronte di sovrascorrimenti (i cosiddetti “bacini di piggy back”). In tali aree di sedimentazione si ha prevalentemente una deposizione torbiditica terrigena con apporto dei sedimenti principalmente dalle aree più orientali prossime al fronte di deformazione. Durante questo periodo di intensa deformazione tettonica, il dominio più orientale, associato alla piattaforma Apula, si trova ancora sottoposto ad una situazione di stress di tipo distensivo, che può essere associato alla formazione del “peripheral bulge” dovuto al carico litostatico prodotto ai margini della catena durante la formazione della stessa.

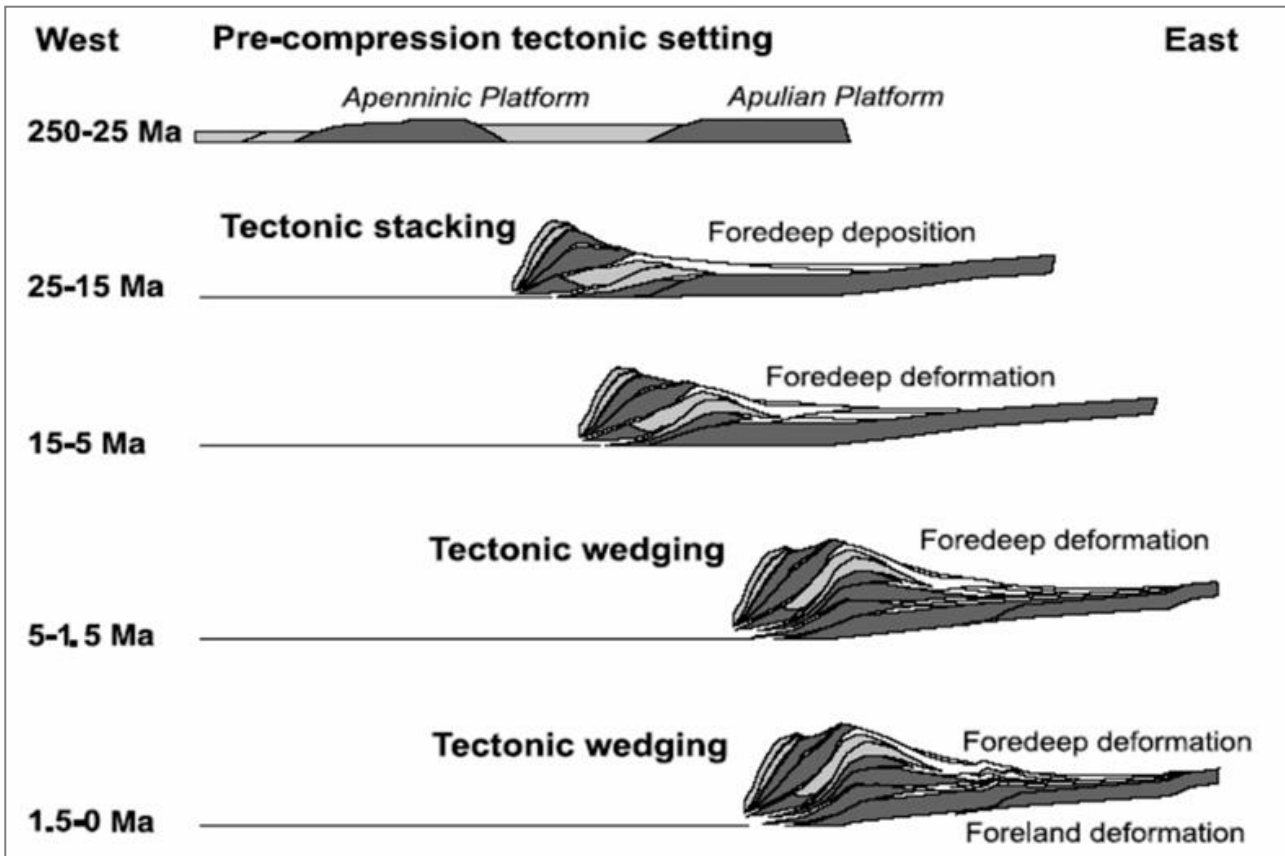


Figura 3.15 - Evoluzione strutturale dell'Appennino Meridionale (fonte: Turrini & Rennison, 2003)

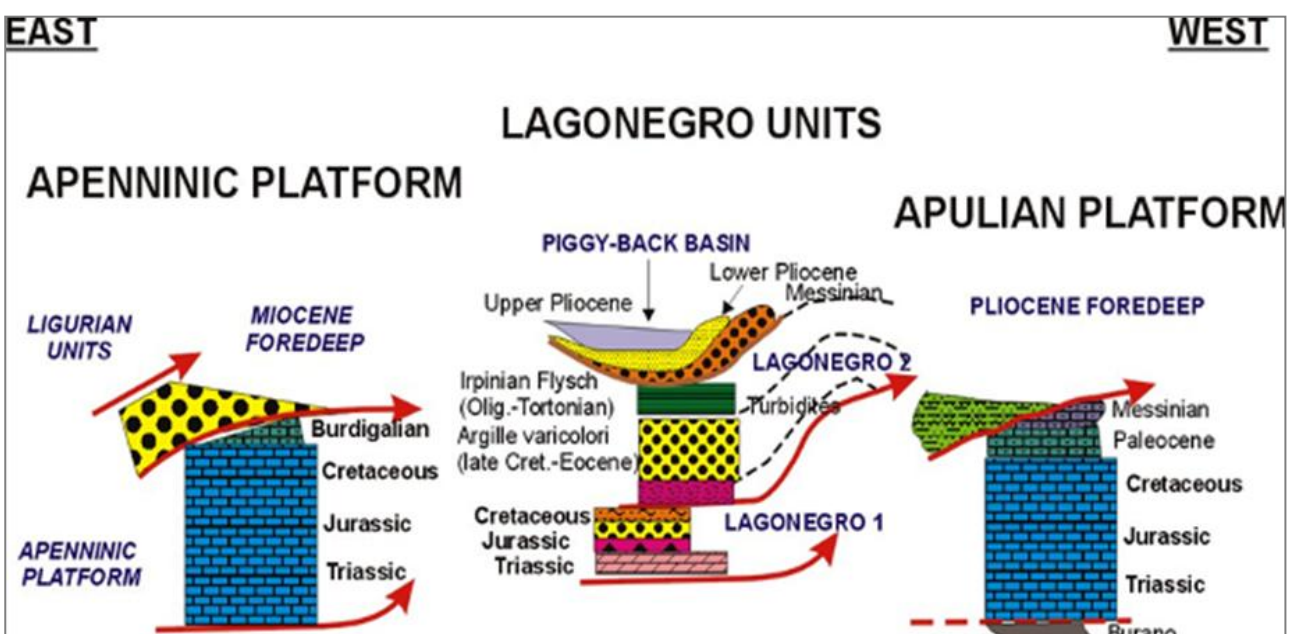


Figura 3.16 - Schema evolutivo dell'Appennino meridionale attraverso la Piattaforma Campano-Lucana, il Bacino Lagonegrese e la Piattaforma Apula

Il regime distensivo, che riutilizza le vecchie faglie normali d'età mesozoica, cessa nel Pliocene superiore-Pleistocene, quando il fronte degli accavallamenti raggiunge anche il margine esterno della piattaforma Apula. Quest'ultima fase tettonica è anche stata la più drammatica in quanto, durante tale periodo, si registra il massimo tasso di trasporto delle unità alloctone con il sovrascorrimento di buona parte del bacino di Lagonegro sull'avanfossa e quindi il coinvolgimento delle unità più esterne, sviluppatesi ad Est del fronte dei sovrascorrimenti nel Pliocene inferiore. La fase pliocenica-pleistocenica dell'orogenesi appenninica è anche quella che ha causato l'emersione di buona parte dell'Appennino Calabro-Lucano.

3.4 ARCO CALABRO-PELORITANO

L'Arco Calabro-Peloritano è un elemento di catena fortemente arcuato della fascia orogenica perimediterranea posto tra la catena appenninica s.s., caratterizzata da un andamento circa NO-SE e la catena siciliano-maghrebide ad andamento E-O (Amodio Morelli et al. 1976).

Esso è interpretato come un frammento di crosta continentale appartenente alla catena alpina costituito da una serie di coltri cristalline d'età paleozoica, accavallate sia su unità oceaniche mesozoiche sia su unità terrigene e carbonatiche dell'Appennino meridionale.

L'Arco, infatti, rappresenta l'elemento di discontinuità nello sviluppo, da Nord a Sud, della Catena Appennino-Maghrebide. Il limite settentrionale dell'Arco Calabro-Peloritano non è costituito da una linea di demarcazione ben definita; tuttavia è da collocarsi in prossimità del confine tra Calabria e Basilicata (con orientamento grossomodo NE-SO) ed è nota in letteratura come "Linea di Sanginetto". Verso Sud, in Sicilia, le unità dell'Arco Calabro sovrascorrono, lungo una direttrice orientata NO-SE, sulle Sicilidi lungo la Linea di Taormina (Figura 3.17).

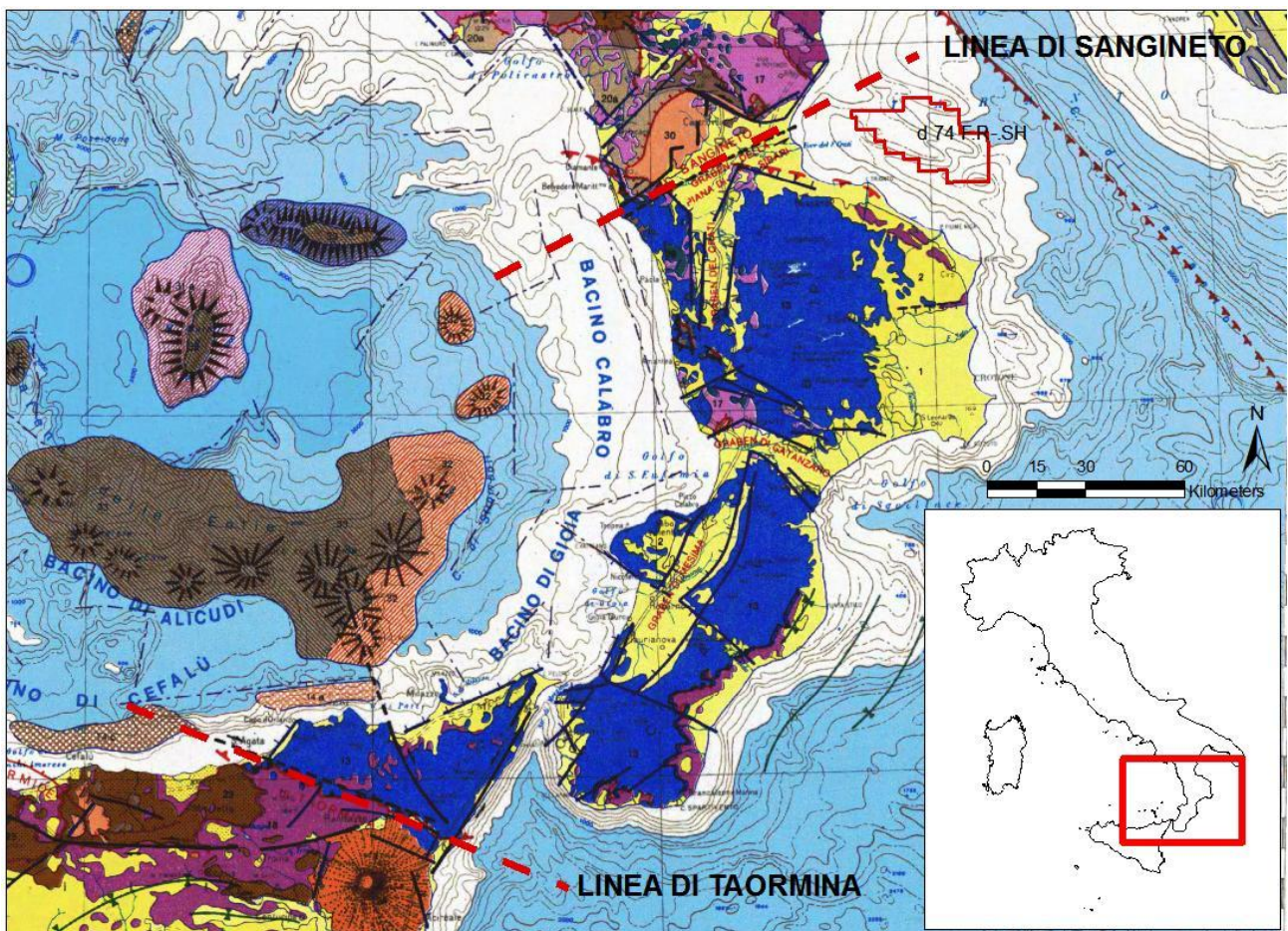


Figura 3.17 - Carta tettonica della Catena dell'Arco Calabro-Peloritano delimitata a Nord dalla "Linea di Sanginetto" e a Sud dalla "Linea di Taormina" (fonte: C.N.R. - Progetto finalizzato Geodinamica – Pubblicazione n. 269, modificata)

Questi lineamenti tettonici a carattere regionale, in sostanza, separano i terreni prevalentemente carbonatici da quelli non metamorfici affioranti diffusamente lungo i settori di transizione (Amodio Morelli et al. 1976).

La Linea di Sangineto ha giocato un ruolo centrale nella costruzione della catena fin dal Miocene inferiore (Amodio Morelli et al., 1976) ed è stata interpretata come faglia trascorrente sinistra da molti autori sulla base di considerazioni geodinamiche generali legate alla traslazione verso Est dei terreni cristallini dell'Arco, anche se Ghisetti & Vezzani (1982) riportano movimenti trascorrenti destri.

La Linea di Taormina, invece, è interpretata come faglia trascorrente destra che rappresenta un'antica cicatrice non più attiva durante le fasi tettoniche plio-pleistoceniche (Amodio Morelli et alii, 1976) (Figura 3.18).

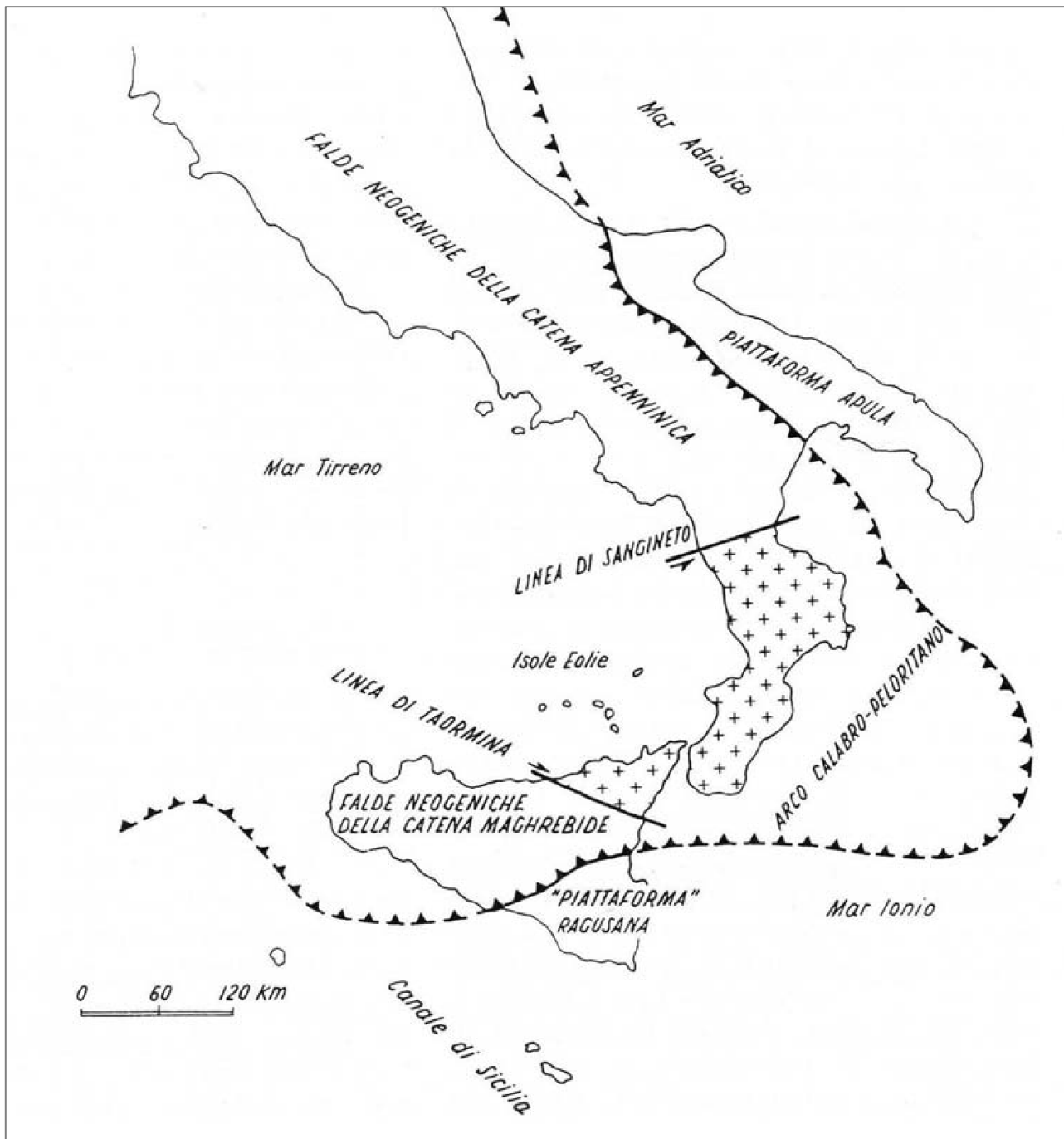


Figura 3.18 – Schema esemplificativo dell'Arco Calabro Peloritano delimitato dai lineamenti strutturali a Nord e a Sud con rispettive cinematiche (fonte: Amodio Morelli et al., 1976)

L'evoluzione di questo settore del Mediterraneo centrale si caratterizza per la migrazione dell'Arco Calabro verso i quadranti sud-orientali a partire dall'Eocene, con il sovrascorrimento sul margine settentrionale della Placca Africana e sui suoi promontori più o meno indipendenti.

Il settore di avampaese che borda la catena comprende, a Nord, il blocco Apulo che fa parte della Placca Adriatica e il Blocco Ibleo a Sud, che è a sua volta un promontorio della Placca Africana. Tra questi due domini, è presente il Bacino Ionico, che è stato probabilmente generato a causa di processi di oceanizzazione o rifting durante il Giurassico e successivamente è stato subdotto al disotto dell'Arco. Le aree di retroarco sono rappresentate dal bacino occidentale del Mediterraneo, sviluppatosi nell'Oligocene–Miocene inferiore e dal bacino Tirrenico, formatosi durante il Miocene medio-Pleistocene. Caratteristiche dell'attuale zona di retroarco sono la frequente presenza di terremoti profondi, relativi alla subduzione che genera l'arco vulcanico attivo delle Isole Eolie e di un elevato flusso di calore, che indica una piena attività della subduzione.

Dal un punto di vista litologico, l'Arco Calabro è prevalentemente costituito da rocce metamorfiche alpine ed erciniche, denominate Complesso del Basamento Calabrese. Al di sotto di queste unità, sono presenti unità carbonatiche Mesozoiche che compaiono in piccole finestre tettoniche. I contatti tra le unità di basamento sono caratterizzati da sovrascorrimenti con superfici a basso angolo, successivamente ripresi da sistemi di faglie ad alto angolo.

Sequenze terrigene eoceniche, oligoceniche e del miocene inferiore sono presenti come scaglie tettoniche lungo le fasce di sovrascorrimento comprese tra queste unità di basamento e come cunei tettonici lungo le principali zone di faglia ad alto angolo. Numerose sequenze sedimentarie tardo neogeniche coprono queste unità di basamento con numerose discordanze angolari di età varia. Tutte queste unità sono dissecate da un complesso sistema di faglie ad alto angolo, che possono essere raggruppate in vari set, in parte collegati a sistemi tettonici trascorrenti.

L'attività di questi sistemi di faglie, ha agevolato lo sviluppo dei sovrascorrimenti localizzati tra le unità sedimentarie neogeniche e le rocce di basamento, sia con strutture a fiore positive che con sovrascorrimenti a basso angolo. All'esterno, lungo l'Arco, il thrusting regionale a basso angolo può essere osservato anche entro le sequenze sedimentarie neogeniche.

Dal punto di vista strutturale, può essere accettato lo schema secondo cui la complessa struttura geologica Calabro-Peloritana risulti caratterizzata da un complesso di sovrascorrimenti a basso angolo, attraversato da faglie ad alto angolo ad andamento obliquo.

Fondamentalmente, le unità più antiche affioranti nel settore settentrionale dell'Arco Calabro possono essere suddivise in:

- Unità Carbonatiche Mesozoiche "Appenniniche", presenti in alcune finestre tettoniche;
- Unità di basamento cristallino ("Complesso del basamento calabrese"). Quest'ultime unità, a loro volta, comprendono:
 - unità parzialmente metamorfiche ("Complesso Liguride" auct.) che provengono dal dominio bacinale Lugure-Piemontese e comprendono anche sequenze ofiolitiche (parte dell'"Unità metamorfiche della Sila Piccola");
 - le unità provenienti da un basamento ercinico (Unità di Basamento della Sila, "Catena Ercinica" o "Complesso Calabride" auct., basamento paleozoico e copertura mesozoica), probabilmente appartenente al margine della Placca Europea, come il basamento sardo-corso (parte dell'"Unità Metamorfica della Sila Piccola" e l'"Unità della Sila Grande e Sila Greca").

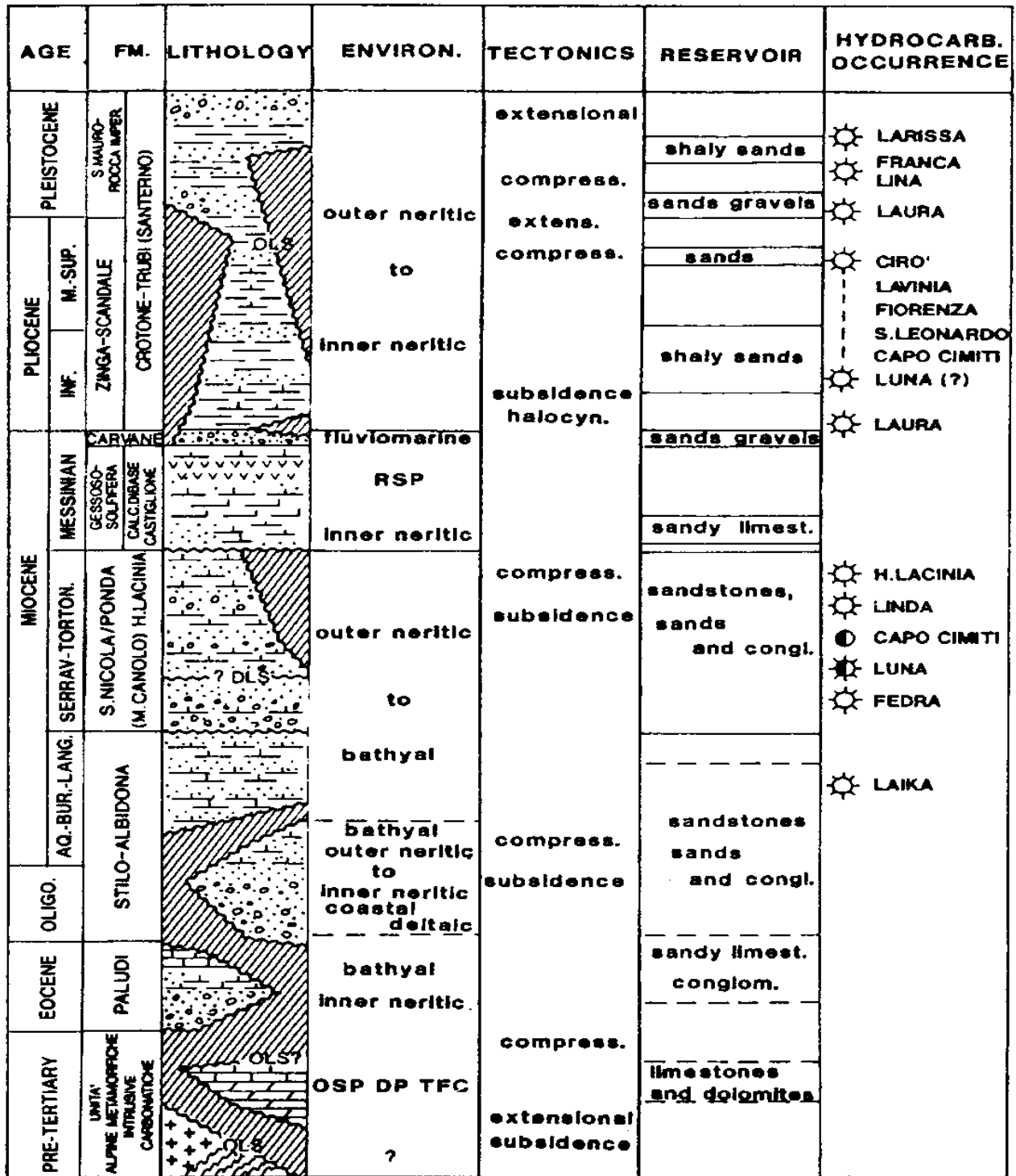


Figura 3.19 - Schema geologico della zona a mare dell'Arco Calabro con la distribuzione delle principali fasi tettoniche e delle rocce serbatoio

La sovrapposizione del Complesso di Basamento Calabrese sulla piattaforma appenninica è avvenuta nel Miocene Inferiore (Burdigaliano superiore), come documentato nell'area Calabro-Lucana.

La sovrapposizione delle varie unità del Complesso di Basamento Cristallino Calabrese probabilmente è avvenuta tra il Cretaceo medio e il tardo Eocene, quando si è sviluppato il cuneo accrezionario alpino, coinvolgendo sia elementi del bacino Liguride che della crosta europea. Dati recenti dimostrano che la chiusura di questa fase è ben documentata nell'area Calabro-Lucano col sovrascorrimento delle unità di basamento sull'unità di Verbicaro, che probabilmente rappresenta il margine della piattaforma appenninica.

Va sottolineato che il termine “Ercinico” è utilizzato per indicare unità di basamento di età paleozoica presenti nella parte centrale della area, mentre col termine “Alpino” ci si riferisce alle unità metamorfiche presenti in particolare nella zona della Sila Piccola, comprendente sia le unità paleozoiche con deformazione e metamorfismo ercinico ed alpino, sia le unità provenienti dal dominio oceanico-bacinale triassico-paleogenico Ligure-Piemontese, che hanno subito esclusivamente il metamorfismo alpino.

Lungo il margine sia interno che esterno della Calabria, l'intervallo Miocene medio-Olocene è rappresentato da depositi carbonatici e terrigeni organizzati in un grande numero di sequenze deposizionali di 3° ordine. Queste sequenze documentano lo spostamento intermittente dell'arco calabro verso Sud-Est e l'apertura del bacino di retroarco tirrenico.

Le fasi di inversione dei bacini nel Pliocene medio e nel Pleistocene medio hanno frequentemente interrotto quest'evoluzione, con l'espulsione delle coperture sedimentarie dai bacini. I resti di queste sequenze sono presenti lungo i margini complessi dei bacini, determinati da zone di taglio transpressive orientate NO-SE e NE-SO.

Le varie ricostruzioni tettoniche evolutive dell'Arco Calabro possono essere schematizzate come segue:

- Triassico-Giurassico-Cretacico: si genera l'apertura della Mesogea o Neotetide, con la creazione di aree bacinali profonde che separano differenti piattaforme carbonatiche. Da nord-ovest a sud-est, i vari domini sono rappresentati: dalla Placca Europa; dal bacino Ligure-Piemontese; dalla Placca Appenninica; da un dominio di piattaforma con la possibilità di aree bacinali d'intrapiattaforma; dal Bacino Lagonegrese; dalla Placca Adriatica; da un dominio di piattaforma (ad esempio il blocco apulo) con la possibilità di settori bacinali d'intrapiattaforma e dal Bacino Ionico-Blocco Ibleo.
- Tardo Cretaceo-Paleogene: avviene la progressiva chiusura di parti del dominio di Mesogea (deformazione alpina), che termina con la fase deformativa alpina tardo eocenica.
- Oligocene-Miocene inferiore: si attua la deriva delle microplacche di Corsica e Sardegna verso sud-est che provoca l'apertura dei bacini di retroarco del Mediterraneo occidentale, mentre termina la subduzione dei resti di crosta oceanica di Mesogea al di sotto della Placca Europea.
- Miocene medio-attuale: prosegue la fase precedente con una deriva intermittente dell'Arco Calabro verso i quadranti sud-orientali e con l'apertura del bacino di retroarco del Tirreno.

Quello che viene chiamato il “basamento calabro” è considerato come l'unione di tutte le unità deformate (metamorfiche e non) che costituiscono il basamento su cui si sono depositate le unità trasgressive neogeniche tra il Miocene medio (Langhiano) e l'attuale. Come tale, il “basamento” comprende unità metamorfiche e cristalline, unità di piattaforma carbonatica, unità terrigene, metamorfiche e non. La maggior parte delle unità di basamento affioranti si compone tuttavia di complessi metamorfici ercinici e alpini (“complesso di basamento calabrese”), con associate sequenze sedimentarie eoceniche e neogeniche inferiori. Lungo il lato interno dell'Arco Calabro, carbonati di piattaforma simili alle unità alloctone degli Appennini, affiorano all'interno di finestre tettoniche al di sotto del basamento.

Per spiegare il complesso assetto geologico dell'Arco Calabro, in passato sono stati avanzati quattro possibili modelli:

- Il primo prevede che la Sila costituisca una zona con uno spesso elemento crostale di basamento che separa due catene e che si sovrappone alla crosta oceanica ionica.
- La seconda ipotesi propone che l'unità di basamento sia sottile ma molto estesa e si sovrapponga ad una piattaforma carbonatica “Appenninica” o “Apulo-Adriatico-Ionica”.
- La terza soluzione considera le unità di basamento come un'unità semplicemente sovrascorsa all'interno della catena est-vergente che costituisce la transizione tra gli Appennini e le Maghrebidi.
- La quarta possibilità (Van Dijk et al. 2000) considera, infine, il basamento come parte di un'unità alloctona suborizzontale che si sovrappone ad una catena già deformata e strutturata e che viene a sua volta incorporata nella deformazione.

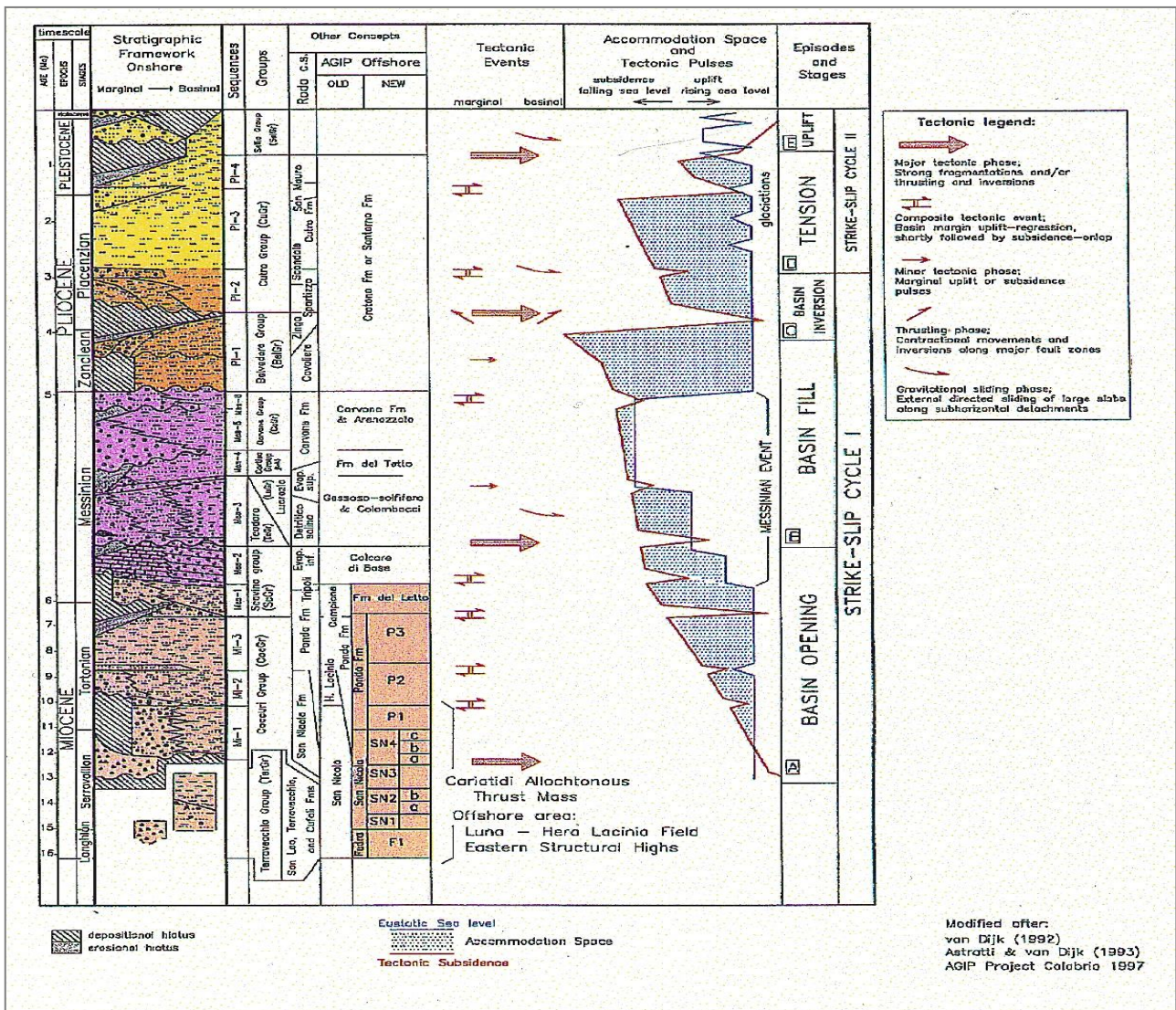


Figura 3.20 - Schema geologico-strutturale dell'Arco Calabro (fonte: Van Dijk et al. 2000)

Ad oggi non esiste un'animità di pensiero neanche sulla provenienza delle unità di basamento: sono state infatti proposte origini europee "interne" (da NO), africane "esterne" (SE) o addirittura legate a microplacche "intermedie".

Gli argomenti presi in considerazione per suggerire la provenienza sono:

- la giacitura regionale del basamento (immersione verso NO = "vergenza africana" di provenienza europea, immersione a SE = "vergenza europea", e quindi di provenienza africana);
- il fatto che la successione di basamento diventa più completa verso SE;
- il fatto che il grado di metamorfismo di pressione aumenta verso Nord.

Si può, pertanto, comprendere come l'analisi di questo sistema orogenetico possa contribuire significativamente per ricostruire la complessa storia della deformazione delle catene montuose del Mediterraneo centrale.

Per quanto concerne l'esplorazione degli idrocarburi del territorio calabrese è stata, finora, limitata alla parte esterna della catena, soprattutto in aree off-shore, dove un certo numero di scoperte sono state effettuate (Luna, Linda e Hera Lacinia campi: Flores, 1981; Pacchiarotti, 1984). Inoltre, vari pozzi in terraferma hanno dimostrato la presenza di una piattaforma carbonatica di sotto del basamento calabrese (pozzi Campana 1 e Scala Coeli 1).

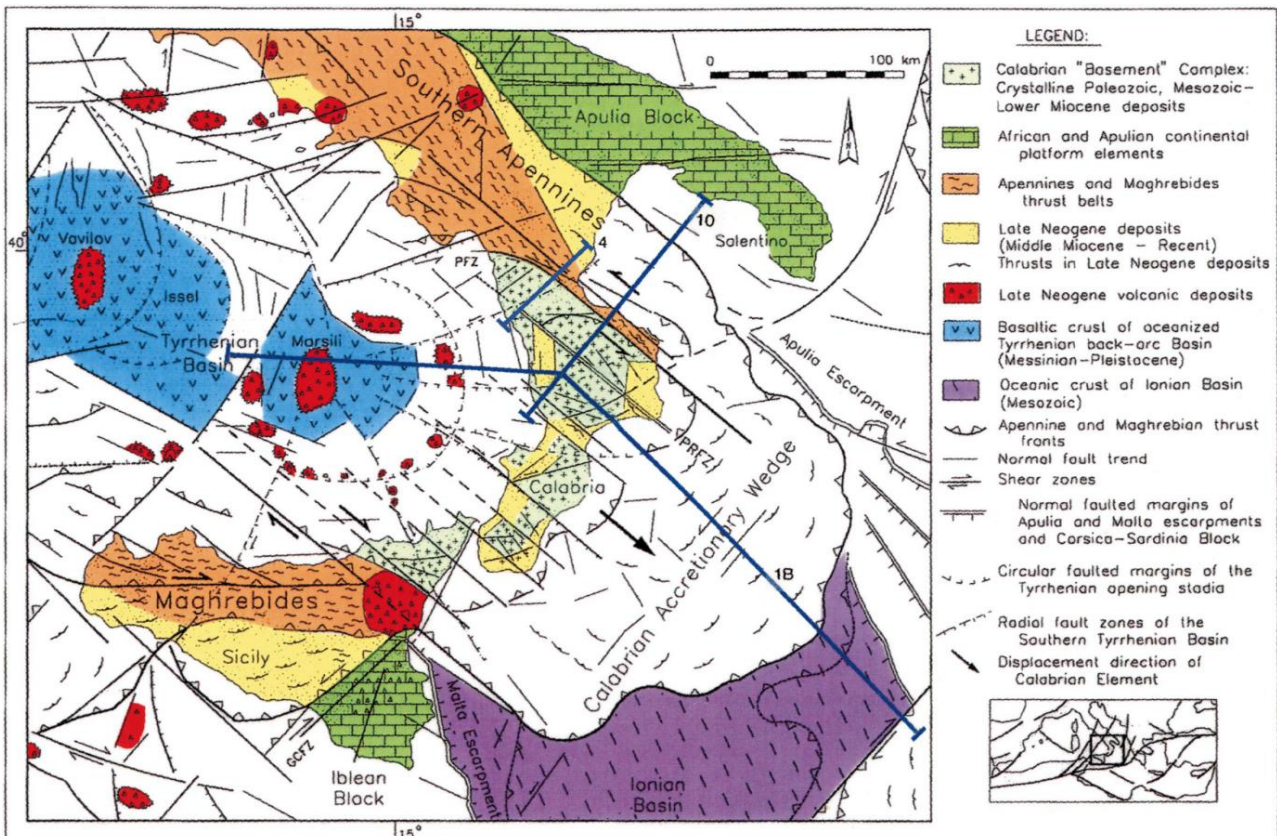


Figura 3.21 - Struttura geologica del Mediterraneo centrale. Abbreviazioni: PRFZ, Linea Petilia-Sosti; GCFZ, Zona di Faglia Gela-Catania; PFZ, Zona di Faglia del Pollino. I colori utilizzati indicano i diversi domini della catena: gli Appennini e le Maghrebidi includono sia unità carbonatiche di piattaforma che bacinali e depositi di avansfossa deformati (fonte: Van Dijk et al. 2000)

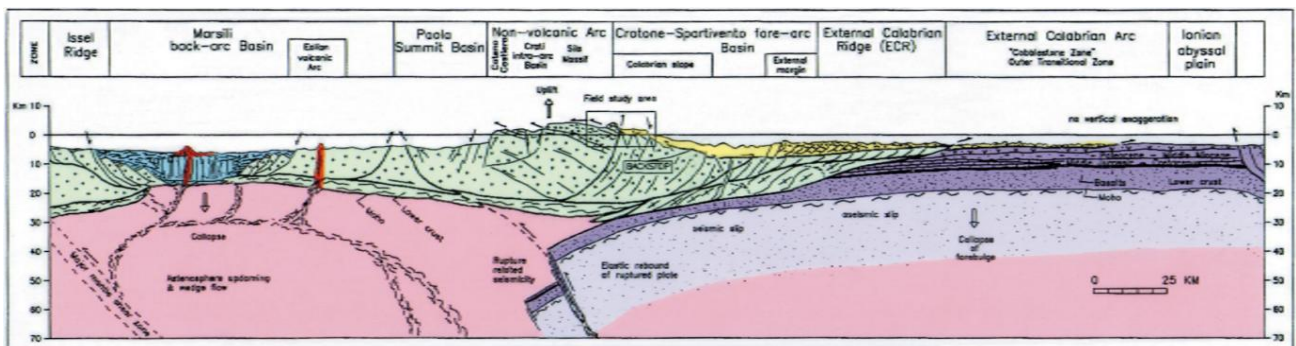


Figura 3.22 - Sezione geologica crostale tratta da Van Dijk et al. (2000)

Altri elementi analizzati da autori diversi, concorrono a fornire ulteriori interpretazioni relative alla complessa orogenesi del settore in esame.

La costruzione dell'edificio a falde alpine ed il metamorfismo delle coltri cristalline, insieme a parte delle unità ofiolitifere di crosta oceanica, si realizza in due fasi verificatesi fra il Cretaceo superiore e l'Oligocene inferiore (Minzoni et al., 1990). Nel Miocene inferiore si ha il loro sovrascorrimento in toto sulla catena appenninica (Dietrich et al., 1976). La costruzione dell'edificio a falde nella sua forma attuale si completerebbe nel Tortoniano-Messiniano.

A tal proposito l'arco calabro-peloritano è stato suddiviso in due settori: settentrionale e meridionale, caratterizzati da una storia evolutiva pre-Tortoniana differente. Tali settori vengono a contatto lungo un ipotetico lineamento tettonico orientato grossomodo ENE-ONO (Figura 3.23) che da Capo Vaticano si estende fino a Soverato (Tortorici, 1982).

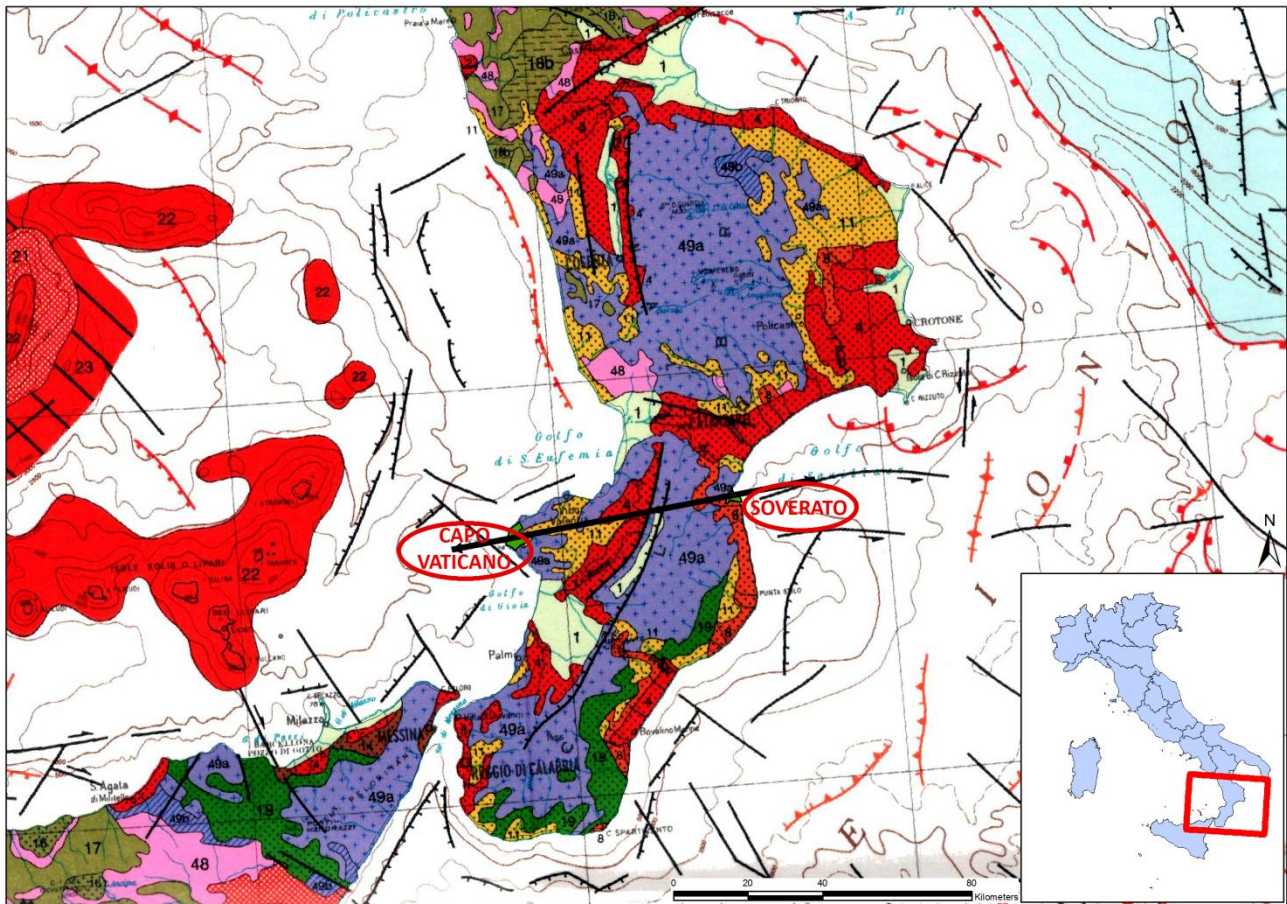


Figura 3.23 – Contatto tramite lineamento tettonico ipotetico da Soverato a Capo Vaticano dell'Arco calabro in due settori, settentrionale e meridionale

Il settore a Nord di tale allineamento è caratterizzato dalla sovrapposizione di una serie di unità cristalline, derivanti dalla deformazione di domini continentali e oceanici, con polarità europea. Queste unità risultano sovrascorse sui terreni carbonatici di piattaforma delle unità appenniniche, che affiorano in finestre tettoniche fino all'altezza della stretta di Catanzaro. Nei complessi alpini sono individuabili cinque unità di cui le due più profonde sono unità ofiolitifere appartenenti a domini di crosta oceanica, mentre le rimanenti sono porzioni di crosta continentale.

Trasgressivi sulle unità alloctone e sui depositi terrigeni sin-orogenetici, giacciono sedimenti sia marini che continentali, riferibili a più cicli tettono-sedimentari e correlabili con le diverse fasi del progressivo smembramento della catena.

Dal punto di vista cinematico, invece, i limiti dell'arco calabro vengono, dagli autori, identificati con la Linea del Pollino al margine settentrionale e con la Linea Tindari-Giardini a quello meridionale sono interpretati come due grandi "binari" litosferici a scorrimento rispettivamente sinistro e destro che hanno consentito di guidare l'espansione tortoniano-pliocenica del bacino tirrenico e lo scorrimento verso E-SE dell'Arco rispetto alle aree stabili siciliana-africana ed appenninica-adriatica (Patacca et al., 1989).

Per quel che riguarda la Linea del Pollino tutti riconoscono un ruolo di primaria importanza di questo lineamento nella geodinamica del sistema Tirreno-Arco Calabro, tuttavia vi sono contrastanti interpretazioni sulla sua cinematica. Tortorici (1982), Turco et al., (1990), riconoscono un senso di shear sinistro della struttura, coerente con le direzioni di migrazione verso est dell'Arco Calabro. Ghisetti et al. (1982) ipotizzano invece un senso di scorrimento destro, in contrasto con altre ipotesi.

La Linea Tindari-Giardini, o Linea di Vulcano secondo Finetti e Del Ben (1986) è, invece, interpretata come una faglia trascorrente con cinematica destra, identificata con la Linea di Taormina attiva durante le fasi tettoniche plio-pleistoceniche.

Il settore settentrionale, ove il nostro blocco esplorativo con tutta probabilità ricade, è caratterizzato da una deformazione che inizia nel Cretaceo superiore, che porta alla costruzione della catena alpina e continua fino alla completa costruzione della catena appenninica. In tal senso la parte settentrionale dell'Arco rappresenterebbe la porzione più meridionale della catena appenninica s.s. (Tortorici, 1982).

In questo settore sono presenti due alti strutturali principali: la Sila e la Catena Costiera. Queste sono separate dalla Valle del Crati che occupa una depressione tettonica formatasi a partire dal Pleistocene superiore ed è limitata da faglie normali con andamento N-S (Cello et al., 1982; Tortorici et al., 1995).

La Sila e la Catena Costiera sono costituite da un edificio a falde formate da sequenze ofiolitiche mesozoiche, rocce di basamento cristallino di età da pre-ercinica ad ercinica intruse da plutoniti tardo-erciniche (Amodio Morelli et al., 1976; Dubois, 1976; Dietrich, 1976; Lanzafame & Zuffa, 1976; Tortorici, 1982; Ayuso et al., 1994; Messina et al., 1994; Piluso, 1997; Piluso et al., 1998). Le rocce del basamento cristallino hanno subito una lunga e complessa evoluzione che le ha viste coinvolte sia nelle orogenesi pre-alpine sia in quella alpina quando sono state separate dalla parte meridionale della placca Iberica e impilate, a partire dall'Oligocene superiore, sulla placca Adria (Thomson, 1998; Critelli, 1999).

L'edificio a falde della Calabria settentrionale, oggetto di interesse dei presenti studi, è stato suddiviso in tre elementi principali (Ogniben, 1973; Morten & Tortorici, 1993) in cui sono state distinte differenti Unità tettonometamorfiche (Amodio Morelli et al., 1976; Scandone, 1982; Messina et al., 1994) (e Figura 3.24).

- L'elemento più profondo della successione è formato da rocce carbonatiche di età mesozoica e relativo basamento Paleozoico di basso grado (letto & Barillaro, 1993; Iannace et al., 1995; Perrone, 1996; letto & letto, 1998), la cui appartenenza al paleomargine Africano o Europeo è ancora dibattuta (Alvarez, 1976; Channel et al., 1989; Dewey et al., 1989; Cello et al., 1990; letto & Barillaro, 1993). Quest'elemento è stato coinvolto nel Miocene inferiore nella collisione tra la placca Iberica e quella Africana ed attualmente costituisce la catena appenninica Africa-vergente (Critelli, 1999).
- L'elemento tettonostratigrafico intermedio è composto da due Unità ofiolitiche/ofiolitifere mesozoiche che rappresentano i resti dell'oceano neo-Tetideo (De Roever, 1972; Lanzafame et al., 1979; Beccaluva et al., 1982; Guerriera et al., 1993; Cello et al., 1996). Queste Unità sono state coinvolte nei processi di subduzione seguiti da collisione continente-continente. I dati strutturali e stratigrafici (Alvarez, 1976; Carrara & Zuffa, 1976; Dietrich, 1988; Cello et al., 1991, 1996) indicano che questi processi sono stati attivi durante il pre-Luterziano con polarità europea (direzione di trasporto tettonico verso O-NO) (Cello et al., 1991).
- Infine, l'elemento posto in posizione geometrica più elevata è costituito da una sezione continua di crosta continentale strutturata in età tardo-Ercinica con relative coperture sedimentarie Mesozoica (Unità di Longobucco) (Messina et al., 1994; Piluso & Morten, 1999), interessata da deformazioni esclusivamente fragili a partire da 23 Ma (Thomson, 1994). Non esiste accordo generale sul significato e sulla posizione paleogeografia di questo elemento. Secondo differenti interpretazioni è possibile:
 - si tratti del margine Europeo della Neo-Tetide (Ogniben, 1973; Boullin, 1984; Dietrich, 1998; Dewey et al., 1989; Knott, 1987, 1994; Thomson, 1998);
 - si tratti di una parte del dominio Austroalpino della placca africana (Haccard et al., 1972; Alvarez et al., 1974; Alvarez, 1976; Amodio Morelli et al., 1976; Scandone, 1979, 1982; Bonari et al., 1982, 1993);
 - sia il basamento e copertura di un microcontinente posto tra i continenti Europeo e Africano (Wildi 1983; Guerriera et al., 1993; Cello et al., 1996; Critelli & Le Pera, 1998; Piluso & Morten, 1997, 1999);
 - sia il prodotto dell'accrezione di tre microzolle crostali (Vai, 1992).

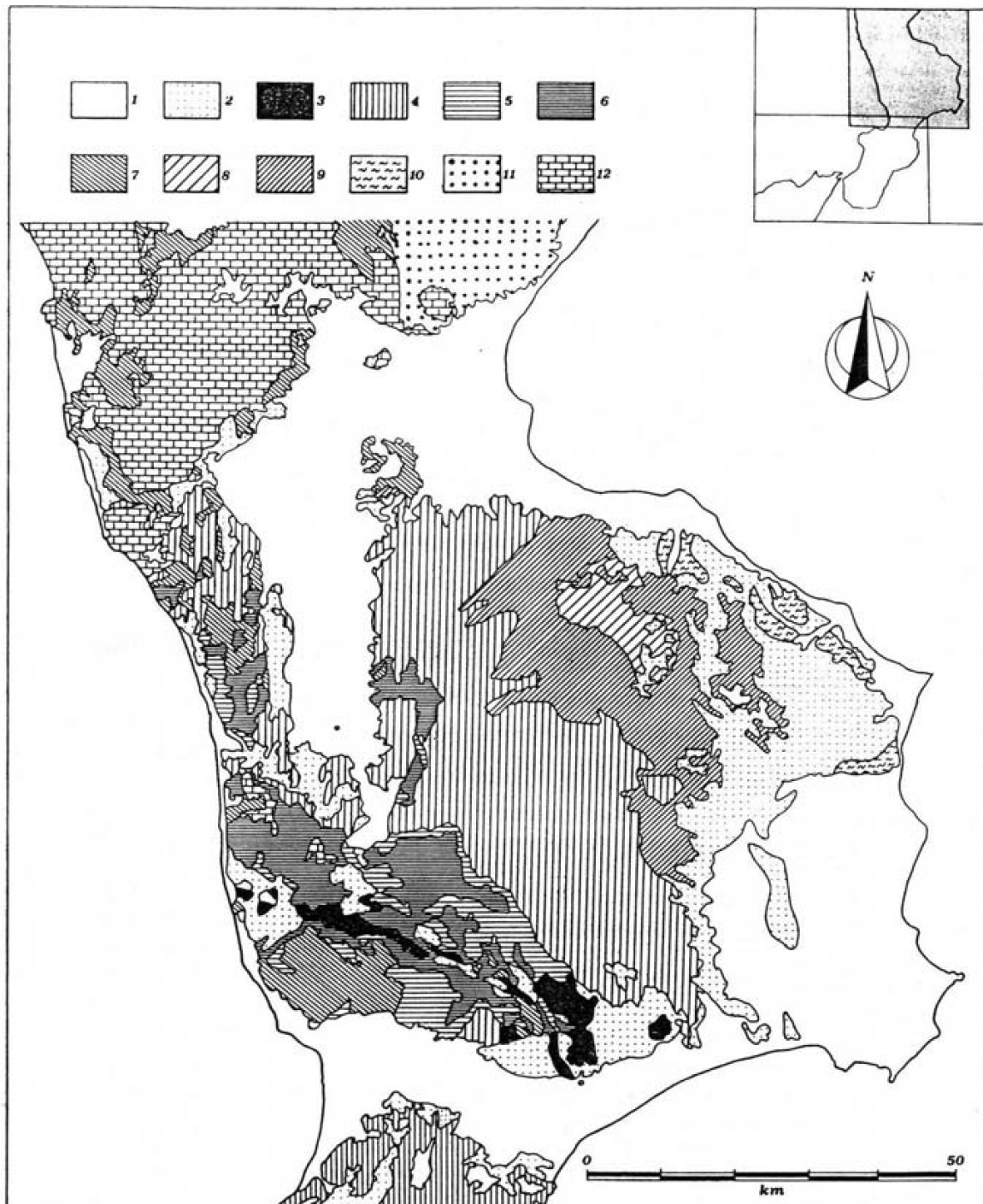


Figura 3.24 - Schema geologico-strutturale del settore settentrionale dell'Arco-calabro; 1 = sequenze medio-suprapliocenico-pleistocenico; 2 = sequenze tortoniano-infraplioceniche; 3 = Unità di Stilo; 4 = Unità di Polia-Copanello; 5 = Unità di Castagna; 6 = Unità di Bagni; 7 = Unità ofiolitifere (Unità del Frido + Unità ofiolitifera superiore); 8 = Unità di Longobucco, basamento; 9 = Unità di Longobucco, copertura; 10 = Unità sicilidi; 11 = Unità del Cilento; 12 = Unità carbonatiche della catena appenninica (fonte: Tortorici, 1982)

3.5 RELAZIONI TRA CATENA APPENNINICA E ARCO CALABRO

Una analisi delle geometrie e dei contatti tra i corpi rocciosi o tra le diverse unità stratigrafico-strutturali, in un settore ancora non molto chiaro vista la complessità dell'area, per meglio chiarire le relazioni tra la catena Appenninica e l'Arco Calabro, può essere eseguita grazie agli studi sismici condotti in mare a Nord del Mar Ionio.

In particolare, da indagini geofisiche condotte nello Ionio lungo una sezione trasversale alla Catena Appenninica e al suo relativo avampaese, emergono le caratteristiche proprie di una zona di transizione tra i suddetti domini.

La linea "Crop M5" (Figura 3.25) illustra, infatti, i termini di passaggio tra un'area fortemente deformata tipica di Catena ed una decisamente meno, procedendo verso Est.

La linea si sviluppa, in direzione NE-SO, dal settore meridionale della dorsale pugliese-salentina fino alle coste orientali calabresi (Merlini et al., 2000). Dalle interpretazioni degli stessi autori si riconoscono, procedendo verso Ovest, i caratteri peculiari dei tre domini: un avampaese costituito dalla dorsale Apula, un'avanfossa sottoalimentata nella fossa di Taranto e un prisma di accrezione attivo frontale.

Nel dettaglio, lungo la linea (Figura 3.25-b), si intercetta dapprima un tratto della anticlinale crostale-litosferica larga 100 km che costituisce l'avampaese; si passa gradualmente, verso Ovest al settore di avanfossa dove è presente sia il margine del cuneo di accrezione sia una monoclinale regionale inclinata di circa 8°.

Le caratteristiche salienti della zona di Catena vengono illustrate in Figura 3.25-a, avvicinandosi alle coste orientali dalla Calabria, con la presenza di frequenti strutture a triangolo nel prisma di accrezione e di precedenti depositi di avanfossa incorporati nel prisma, deformati e ricoperti da sedimenti di bacini satelliti. Quest'ultimi elementi farebbero pensare che, proiettando i limiti del dominio verso Nord, si tratti del settore in corrispondenza del quale probabilmente ricade il blocco in istanza di permesso.

Nonostante la linea non attraversi perfettamente il settore dove giace il blocco in istanza, infatti, è ragionevole pensare che un'opportuna proiezione verso la linea di costa degli elementi illustrati lungo la linea, possa dare una buona approssimazione delle strutture presenti e delle relazioni tra i domini citati.

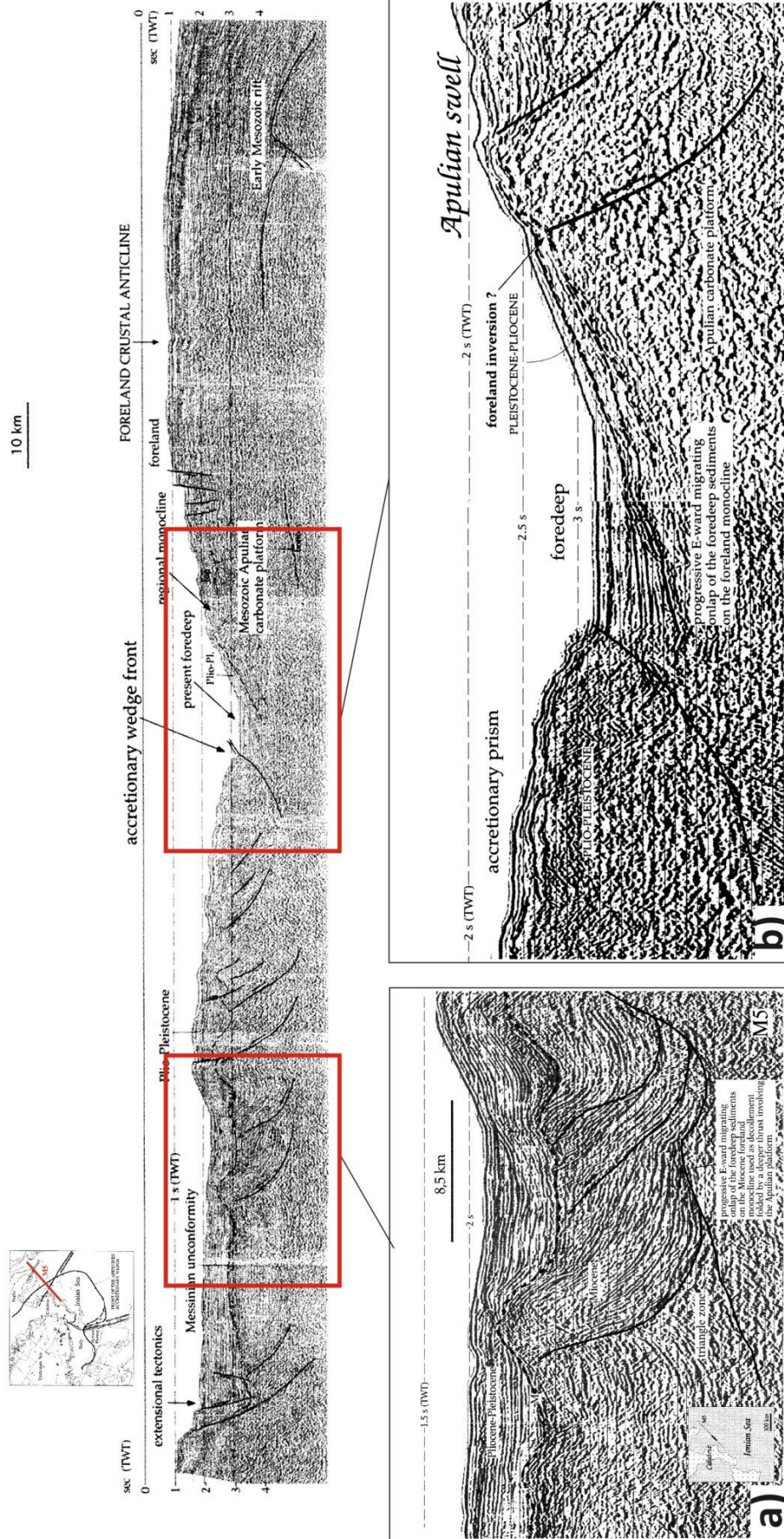


Figura 3.25 – Linea sismica regionale “CROP M5” nello Ionio lungo l’intero sviluppo della Catena Appenninica; a) settore di Catena; b) settore di Avanfossa e Avampaese (fonte: Merlini et al., 2000)

3.5.1 Caratteri stratigrafici

Per Complesso calabro-lucano s'intende una successione pelitico-calcareo-arenacea, non metamorfica, che nel suo insieme mostra le caratteristiche di *melange* (Hsu, 1968). All'interno di questa unità sono state individuate litofacies differenti, con contatti generalmente tettonizzati, costituite da sequenze ofiolitiche con la relativa copertura pelagica, lembi di successioni terrigene riferibili alla formazione Crete Nere (sequenza di argilliti nere, tipo *black shale*), oltre a livelli di calcari siliciferi e di vulcanoclastiti a detrito andesitico.

Il complesso calabro-lucano affiora estesamente nel settore sud-occidentale del foglio "Trebisacce" dove con un contatto tettonico poggia sull'Unità del Pollino ed è ricoperto in discordanza stratigrafica dalle successioni torbiditiche delle formazioni del Saraceno e di Albidonia. Poco ad Ovest dell'area del Foglio "Trebisacce", il complesso calabro-lucano è ricoperto tettonicamente dalla Sottounità del Frido, mentre nel settore centro-occidentale sovrascorre sulla formazione del Saraceno, lungo un contatto che si estende dal Timpone Rotondella a Serra di Paola.

L'alternanza pelitico-calcareo-arenacea corrisponde alla porzione non metamorfica del Flysch argillitico-quarzoso-calcareo di Selli (1962) e a parte della Formazione del Frido e della Formazione delle Crete Nere (Vezzani 1968a; 1969) e costituisce la porzione più estesa del complesso calabro-lucano.

La successione stratigrafica non è facilmente ricostruibile a causa della caoticità legata sia ai processi tettonici che ai fenomeni gravitativi superficiali che caratterizzano l'intero Appennino calabro-lucano. Si tratta di un'alternanza di prevalenti argilliti scagliettate grigio-brune o verdastre con intercalati livelli torbiditici spessi da pochi cm al metro di quarzosiltiti e arenarie quarzose a granulometria generalmente fine e di colore grigio-verde, di calcilutiti e calcisiltiti gradate risedimentate, di colore grigiastro.

La successione torbiditica mostra sequenze di Bouma del tipo T_{a-e} per i litotipi arenacei e calcarenitici e del tipo T_{b-e} e T_{c-e} per le calcisiltiti laminate (Figura 3.26).

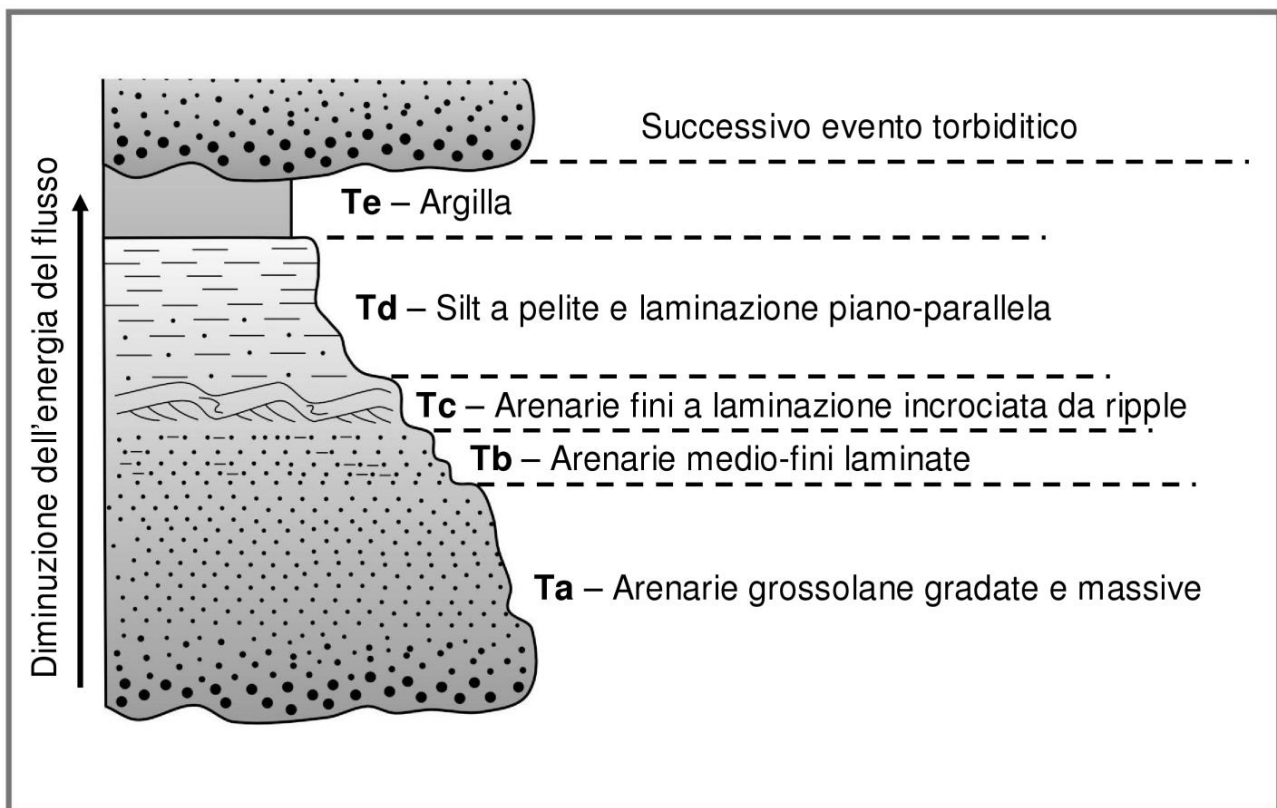


Figura 3.26 – Sequenza di Bouma tipo delle successioni torbiditiche (fonte: www.unibas.it)

Sono presenti livelli di slumps, potenti fino a 10 m, costituiti da alternanze di marne grigio-verdi ed arenarie gradate a granulometria medio-fine. La successione terrigena, caratterizzata da un discreto spessore degli strati calcarei ed arenacei, è riferibile nel complesso ad ambiente di fossa prossimale a margini continentali

(Dickinson & Seely, 1979), come suggerito pure dalla composizione delle arenarie, classificabili come quarzareniti e subarcosi (Critelli, 1991; Critelli & Monaco, 1993).

All'interno del complesso calabro-lucano si rinvengono numerosi corpi rocciosi di dimensioni estremamente variabili, di ofioliti che conservano talora l'originaria copertura sedimentaria (Vezzani, 1968b; Lanzafame et al., 1978). Sono costituiti da gabbri eufotidi, basalti a pillow e brecce di pillow, rare serpentiniti, con rari resti dell'originaria copertura sedimentaria. Le relazioni tra i blocchi ofiolitici e i sedimenti adiacenti sono state oggetto in passato di differenti interpretazioni (Vezzani, 1968b; Ogniben, 1969; Bousquet, 1962; 1973; Dietrich & Scandone, 1972; Amodio-Morelli et al., 1976; Lanzafame et al., 1978; 1979a-b; Spadea, 1968; 1982; Knott, 1987; Bonardi et al., 1988), accomunate dal fatto che le ofioliti calabro-lucane rappresentino frammenti dell'originaria crosta oceanica della Tetide giurassica, costituendo pertanto la base dell'intera successione del complesso calabro-lucano.

Le rocce ofiolitiche affiorano diffusamente in blocchi di dimensioni variabili dal metro a circa 1 km e taluni di essi risultano molto tettonizzati e smembrati.

Le serpentiniti, di colore verde scuro, sono state rinvenute con inclusioni di varie dimensioni (dal dm fino a qualche metro) di anfiboliti, scisti anfibolici, granofels, diabasi e gabbri con orli rodingitici.

I gabbri sono del tipo eufotide e mostrano tracce di stratificazione composizionale data da un'alternanza di orizzonti più o meno ricchi in cristalli di pirosseno. Negli affioramenti più integri sono inoltre attraversati da un sistema di filoni decimetrici di diabasi a grana fine contenenti fenocristalli di plagioclasio (Lanzafame et al., 1978).

I termini effusivi della successione ofiolitica (lave a pillow e brecce di pillow) sono i litotipi più comuni, affioranti in quasi tutte le località con spessori di alcuni metri. I pillow hanno dimensioni variabili dal decimetro fino a circa 2 m e sono cementati da una matrice ialoclastica a granulometria medio-grossolana. Le brecce, costituite da elementi tra il centimetro e il decimetro di colore nero-rossastro, sono invece cementate da una matrice costituita da ialoclastiti e da materiale sedimentario marnoso-calcareo che riempie anche tasche lenticolari di dimensioni decimetriche. Talora questi livelli effusivi sono interessati da filoni, spessi fino a 1 m, di diabasi afiritici di colore verdastro.

Resti dell'originaria copertura sedimentaria oceanica, anche se fortemente tettonizzati e smembrati, sono associati alle rocce ofiolitiche in quasi tutti gli affioramenti. Sono costituiti da radiolariti rosse e verdi, sottilmente stratificate, perfettamente correlabili con quelle affioranti a Timpa delle Murge dove si presentano in perfetto contatto stratigrafico sui basalti a pillow. Le radiolariti sono state datate Oxfordiano (Marcucci et al., 1987).

Il carattere estremamente condensato e lacunoso della successione sedimentaria pelagica della Formazione di Timpa delle Murge evidenzia come la deposizione supragiurassica sia avvenuta in un ambiente a bassissimo tasso di sedimentazione, probabilmente un plateau oceanico (Ben Avraham & Nur, 1982), in seguito invaso dai depositi terrigeni del complesso calabro-lucano.

La litofacies a calcari siliciferi stratificati forma corpi di estensione variabile da pochi metri a qualche centinaio di metri affioranti lungo tutto il crinale dei Colli Spinapulce, in contatto generalmente tettonizzato con l'alternanza pelitico-calcareo-arenacea. Si tratta di calcilutiti e calcisiltiti marnose silicizzate grigio-biancastre, a grana finissima e frattura concoide, in strati da 10 cm a mezzo metro, con sottili interstrati di argilliti grigiastre.

All'esame in sezione sottile alcuni campioni sono risultati costituiti da fango micritico inglobante microliti calcitici ricristallizzati. Altri, a grana più grossolana, contengono foraminiferi planctonici in cattivo stato di conservazione e microfossili ricristallizzati in una matrice micritica. I campioni sono inoltre caratterizzati dalla presenza di ossidi, concentrati lungo direzioni preferenziali subparallele.

Alla luce dei caratteri stratigrafici e sedimentologici sopra descritti, il complesso calabro-lucano è stato interpretato nel suo insieme come il resto di un cuneo di accrezione legato ai processi di subduzione paleogenica della crosta oceanica della Neotetide al di sotto del dominio calabro (Knott, 1987; 1994; Monaco et al. 1991; 1998). L'età delle diverse litofacies permette di riferire questa unità litostratigrafica al Giurassico superiore-Oligocene.

3.5.2 Evoluzione tettonica

Le diverse unità tettoniche affioranti nell'Appennino calabro-lucano mostrano una serie di strutture che hanno registrato in modo completo l'intera storia deformativa legata alla convergenza Africa-Europa la quale, a partire dal Cretaceo superiore, ha portato alla costruzione della catena appenninica.

Questa presenta una geometria a duplex, con un thrust di tetto che delimita le falde alloctone d'origine neotetidea (Unità Sicilide e Nord-Calabrese) in ricoprimento su una serie di unità del paleomargine apulo distaccate tramite un thrust di letto dal relativo basamento.

Nell'ambito di questa complessa storia deformativa è stato possibile distinguere quattro stadi principali (Monaco & Tortorici, 1994) durante i quali sono stati generati i gruppi di strutture identificabili nelle varie unità affioranti.

- Nel primo stadio, le unità Nord-Calabrese e Sicilide rappresentano rispettivamente porzioni interne ed esterne di un cuneo d'accrezione cretaceo-paleogenico apulo-vergente legato alla subduzione dell'oceano neotetideo al disotto del margine calabride. I thrust indicano una generale direzione di trasporto verso l'attuale NE e pieghe asimmetriche di varie dimensioni con orientazioni attorno a N120-130°E e vergenza verso NE. Tutti gli eventi deformativi sono datate in un arco di tempo che va dal Cretaceo superiore al Miocene inferiore.
- Nel secondo stadio, le strutture alterano gli originari rapporti stratigrafici tra terreni ofiolitiferi, Argille Varicolori inferiori e relative coperture terrigene oligo-mioceniche. Queste hanno causato la sovrapposizione, con vergenza NE, del complesso Calabro-lucano sulla formazione del Saraceno e l'accavallamento retrovergente dell'Unità Sicilide sull'Unità Nord-calabrese. Le pieghe hanno assi N130-140°E e piani assiali di poco immergenti verso SO. Verso l'alto stratigrafico altre strutture tipo pieghe *kink bands* mostrano assi asimmetrici orientati N120-140°E e i cui piani sono immergenti di 60-80° verso SO. Le strutture di questo stadio deformano le coperture terrigene tardo oligoceniche-inframioceniche delle Unità Sicilide e Nord-calabrese. Il thrust basale del cuneo d'accrezione si è invece propagato verso le aree frontali della catena interessando anche sedimenti intrapleistocenici (Agip, 1977; Mostardini & Merlini, 1986; Cello et al. 1989; Hippolyte et al., 1994a).
- Durante il terzo stadio, si registrano le strutture di raccorciamento più recenti presenti nella regione. Si tratta di faglie trascorrenti sinistre orientate ONO-ESE che interessano il substrato carbonatico e i terreni alloctoni sovrastanti. Queste strutture sono costituite da diversi segmenti e formano un'intera fascia deformativa con lineamenti le cui geometrie sono strettamente controllate dalle litologie coinvolte e dalle strutture preesistenti.
- Nel quarto stadio si registrano le morfologie che meglio chiariscono i rapporti tra i diversi domini tettonici presenti nella regione. Il massiccio del Pollino è un tipico esempio: rappresenta una zona di raccordo tra le strutture tettoniche dell'Appennino meridionale e quelle dell'Arco Calabro. Sulla base di dati strutturali (Cello et al., 1982; Hippolyte et al., 1994b), è stato delineato il regime neotettonico dell'Appennino meridionale. Esso risulta caratterizzato da una estensione orientata NE-SO che provoca l'attivazione di faglie normali orientate NO-SE. Le strutture recenti del settore settentrionale dell'Arco Calabro sono invece rappresentate da faglie normali tarδοquaternarie sismogenetiche, caratterizzate da assi tensili orientati ONO-ESE (Tortorici et al., 1995).

L'individuazione dei principali stadi evolutivi del settore meridionale della catena Appenninica, ha permesso di ricostruire le tappe salienti dell'orogene sud-appenninico a partire dalle prime fasi caratterizzate dalla chiusura oceanica della Tetide fino agli ultimi stadi della collisione continentale.

Le strutture presenti testimoniano una evoluzione di processi avvenuti in modo graduale con un costante trasporto tettonico verso l'attuale NNE permettendo di escludere, per questo settore appenninico, la presenza di una catena eoalpina a vergenza europea, coinvolta successivamente nella costruzione dell'orogene appenninico Africa-vergente.

Nel dettaglio, le unità Nord-calabrese e Sicilide forniscono dati sullo stadio di chiusura oceanica e sulle prime fasi della collisione continentale (Monaco et al., 1998; Catalano et al., 2004). Le caratteristiche strutturali di queste unità suggeriscono come esse abbiano subito una deformazione progressiva, a

differenti livelli crostali, da collegare a processi di subduzione prossimali ad un margine continentale. Le strutture più antiche (primo stadio) sono legate a processi sviluppatasi sulla porzione più superficiale del cuneo di accrezione tra il Cretaceo sup.-Eocene e l'Oligocene sup. La deformazione del cuneo di accrezione ha generato la formazione di un *melange* nel complesso calabro-lucano. Nei bacini più o meno profondi delimitati dagli alti strutturali del cuneo di accrezione, sarebbe avvenuta la sedimentazione di successioni torbiditiche.

Gli eventi deformativi successivi (secondo stadio) sarebbero avvenuti in regime di collisione continentale con la formazione di una serie di pieghe e scaglie tettoniche a vergenza nord-orientale, delimitate da sovrascorrimenti sviluppatasi a partire da un unico thrust migrante verso i domini più esterni dell'avampaese apulo, progressivamente tra il Miocene medio ed il Pleistocene inferiore.

Le strutture del terzo stadio si sarebbero sviluppate durante l'ultima fase dei processi collisionali nel Pleistocene medio. Durante questa fase un ruolo di primaria importanza sembra essere stato svolto dal forte spessore crostale che avrebbe inibito l'ulteriore propagazione verso zone più esterne del sistema a thrust, favorendo invece l'attivazione di strutture trascorrenti.

Le fasi estensionali finali (quarto stadio) chiuderebbero, a partire dal Pleistocene medio (Westaway, 1993; Hippolyte et al., 1994b), il ciclo orogenetico accomodando le deformazioni legate al sollevamento finale della catena.

3.6 TEMI DELLA RICERCA NELL'AREA IN ISTANZA

L'assetto geologico-strutturale, la natura litologica e l'evoluzione tettonica di questo settore della catena Appenninica Meridionale (e relativi avanfossa e avampaese solo in parte deformati), abbondantemente descritte in questa relazione, sono oggetto da tempo di un notevole interesse dal punto di vista geominerario.

Le caratteristiche della Catena a falde Appenninica e del suo Avampaese possono essere proiettate a Sud nel Mar Ionio, ove giace l'area in istanza di permesso. La falda di copertura Appenninica abbraccia varie unità tettono-stratigrafiche impilatesi durante l'orogenesi alpina nel Miocene-Pleistocene.

Le suddette unità sono caratterizzate da sedimenti compresi tra il Mesozoico e il Terziario e dalle unità sin-orogeniche dei flysh. Il thrust belt Apulo rappresenta l'area di principale interesse per gli obiettivi minerari degli Appennini meridionali suffragati dai dati provenienti on-shore nella Val d'Agri e a Tempa Rossa-Perticara, con produzione di petrolio dal 1996.

Più in dettaglio, l'area in mare oggetto di ricerca presenta tutte le caratteristiche per poter essere di notevole interesse geominerario, non solo perché i temi esplorativi individuati sono già stati provati in simili contesti geologici a terra, ma anche per la limitata attività esplorativa off-shore eseguita in passato nell'area in istanza di permesso. Queste considerazioni lasciano ampi margini di possibilità a future scoperte di accumuli di idrocarburi che possono essere anche di notevoli dimensioni.

In questo contesto, partendo da un approccio di tipo regionale si attua una strategia esplorativa che può fornire un modello utile per interpretazioni in ambiti geologici simili. In tale ottica Shell Italia E&P S.p.A. ha presentato 2 istanze di permesso in aree marine adiacenti al fine di poter acquisire una serie di nuovi dati che permettano di dare un quadro geologico d'insieme del sottosuolo il più completo ed omogeneo possibile.

Nonostante l'area su cui sarà affettuata l'esplorazione sia ancora da definire nei dettagli, Shell Italia E&P S.p.A. si prefigge la realizzazione di un rilevamento sismico 3D mediante l'acquisizione totale di circa 617,8 km².

In definitiva, il principale obiettivo esplorativo nell'area in istanza di permesso e nelle zone limitrofe è rappresentato dagli idrocarburi liquidi e gassosi nei livelli porosi e fratturati dei carbonati della piattaforma Apula, in sedimenti meso-cenozoici principalmente localizzati nelle trappole strutturali.

3.6.1 Roccia serbatoio

Gli obiettivi minerari nel settore meridionale degli appennini sono confinati in prevalenza nei sedimenti afferenti alla piattaforma apula. Il reservoir, infatti, risulta formato dai carbonati di piattaforma di età

variabile dal Cretaceo al Terziario. Si tratta essenzialmente di sedimenti originatisi in ambiente marino poco profondo, grossomodo sedimenti lagunari e tidali, che presentano una porosità primaria generalmente molto bassa (1-5%). Localmente, tuttavia, specie se associati alle dolomie, la porosità può essere avere valori leggermente superiori.

Le condizioni legate alla produzione sono essenzialmente determinate dalla presenza di una fitta e particolarmente intensa rete di fratturazione che a livello locale favorisce una permeabilità dell'ordine di qualche Darcy.

La presenza di diverse tipologie di porosità all'interno dei calcari della Piattaforma Apula, lungo l'intera colonna stratigrafica, possono essere così suddivise:

- vacuolare/moldica/shelter, associata sia alla dissoluzione di gusci di organismi (prevalentemente bivalvi), sia alla dissoluzione legata alla circolazione di fluidi diagenetici in una matrice già porosa;
- intercrystallina;
- intragranulare;
- dovuta a macro e microfratture aperte.

Nel dettaglio, i vari tipi di reservoir della successione Apula possono essere sintetizzati come segue:

- calcari caratterizzati da porosità primaria e di fratturazione del Miocene medio-inferiore associati ad ambienti di rampa carbonatica con energia deposizionale che può essere, talvolta, molto elevata. Il meccanismo di sedimentazione è legato al bilancio tra apporto sedimentario e loro successiva distribuzione; quest'ultima a sua volta è collegata alle correnti deposizionali, e all'orientazione della rampa e dai punti sorgente. Pertanto, la continuità dei livelli sabbiosi è molto variabile e conseguentemente la loro correlabilità è ben riconosciuta soltanto in alcuni casi;
- sedimenti neritici del Cretaceo superiore, depositi in un ambiente compreso tra la zona sopratidale e di laguna aperta, caratterizzati dalla presenza di livelli a Rudiste con elevata porosità vacuolare e da quelli di brecce dolomitiche altrettanto porose;
- calcari di piattaforma del Cretacico inferiore e Giurassico che possono presentare una diffusa dolomitizzazione, con porosità inter- ed intra-cristallina;
- depositi di piattaforma carbonatica interna, anch'essi fratturati e discretamente porosi, risedimentati in un ambiente di piattaforma esterna o di scarpata durante l'Eocene.

Rocce serbatoio carbonatiche fratturate

Le rocce serbatoio carbonatiche fratturate, che costituiscono l'obiettivo principale della ricerca esplorativa per idrocarburi di Shell Italia E&P S.p.A. nell'area in istanza, sono molto complesse oltre che da un punto di vista geologico, anche sotto l'aspetto dinamico. L'eterogeneità che le caratterizza è dovuta alla complessità di distribuzione delle facies carbonatiche e la loro previsione in 3D è tutt'altro che semplice. La ragione principale di questa complessità è dovuta all'interazione di diversi fattori legati alla loro distribuzione e alla tipologia.

I principali fattori che controllano e contraddistinguono le facies carbonatiche ed i loro ambienti deposizionali sono:

- i fattori fisici legati all'ambiente (correnti, energia del moto ondoso...);
- la temperatura dell'acqua la circolazione;
- la penetrazione della luce;
- l'ossigenazione dell'acqua;
- la salinità dell'acqua;
- l'apporto terrigeno;
- l'abbondanza e la diversità dei nutrienti);
- l'età (ogni periodo è caratterizzato dalla presenza di diversi organismi);

- la biologia degli organismi;
- la latitudine e quindi il clima;
- accumulo/deposizione/tasso di subsidenza;
- variazioni batimetriche.

Una volta che i sedimenti si sono depositati, subentrano altri fattori ad influenzare fortemente l'evoluzione delle rocce carbonatiche ed il loro futuro sviluppo come possibili rocce serbatoio:

- l'evoluzione diagenetica;
- la circolazione di fluidi;
- l'evoluzione delle sequenze;
- la tettonica (geometria della fratture).

Per una buona descrizione e la modellizzazione di questo tipo di serbatoio si devono prendere in considerazione tutti questi fattori perché hanno una forte influenza sul volume dei pori e sulla connettività che ne determina la permeabilità.

Le rocce serbatoio carbonatiche fratturate sono piuttosto difficili da prevedere, comprendere, descrivere e modellizzare a causa della complessità di altri fattori che influenzano la corretta distribuzione delle fratture. Peacock e Mann in un articolo pubblicato nel 2005, hanno cercato di riassumere i principali fattori che controllano le fratture nelle rocce serbatoio. Questi fattori possono essere raggruppati in tre categorie principali:

1. fattori legati alle rocce e alle loro caratteristiche diagenetiche;
2. fattori strutturali;
3. situazione di stress attuale.



Figura 3.27 - Porosità "moldic" legata alla presenza di vuoli dovuti alla dissoluzione delle rudiste nei calcari del Cretaceo superiore della piattaforma Apula nelle Murge

Non è sempre facile individuare e interpretare faglie e fratture nel sottosuolo e la loro importanza relativa sul serbatoio, specie quando il segnale sismico è di scarsa qualità o quando i dati sono quantitativamente insufficienti. Nella parte a terra dell' Appennino meridionale si verificano entrambe queste situazioni, la qualità della sismica è in generale scarsa e di difficile interpretazione e i dati diretti di sottosuolo (carote, diagrafie di immagine, etc.) non sono abbondanti. Pertanto bisogna utilizzare un approccio più indiretto per comprendere le caratteristiche strutturali delle rocce serbatoio.

I problemi legati ai serbatoi carbonatici sono quelli relativi alle proprietà petrofisiche della fratturazione: i metodi standard per il calcolo della porosità e permeabilità, di solito utilizzati per i serbatoi in rocce clastiche, non funzionano nei carbonati fratturati. Ad esempio, le analisi speciali su dati di carote di fondo che servono per determinare la porosità, la permeabilità e la saturazione in acqua del serbatoio, non possono essere utilizzati per caratterizzare le rocce serbatoio carbonatiche perché i dati che si ottengono

dalle analisi sono quelli della matrice che è considerata contribuire in minima parte al comportamento dinamico del serbatoio. Se la porosità e la saturazione in acqua non possono essere calcolate direttamente diventa difficile determinare l'esatto valore delle riserve ed, ancora, se è incerta la permeabilità è complesso prevedere anche le riserve recuperabili.

La maggior parte dei serbatoi fratturati naturalmente sono caratterizzati da un basso valore di porosità di matrice (molto inferiore al 10%) e da una bassa permeabilità di matrice (inferiore a 1 mD).



Figura 3.28 - Fratturazione associata ai livelli calcarei del Cretaceo superiore della Piattaforma Apula

Nella ricerca di idrocarburi in Italia meridionale i giacimenti che producono da livelli carbonatici della Piattaforma Apula sono riconducibili essenzialmente a 3 tipi (Tabella 3.1):

- Calcari e Calcareniti miocenici depositi in ambiente di rampa con porosità di matrice che può raggiungere il 20% e notevoli valori di permeabilità. In questo caso la fratturazione gioca un ruolo secondario nella produzione e nella caratteristiche della roccia serbatoio;

- Calcari e Calcari dolomitici del Cretaceo superiore depositi in ambiente di piattaforma con porosità di matrice solitamente inferiore al 10% e permeabilità di matrice bassa. In queste rocce serbatoio la fratturazione gioca un ruolo fondamentale sulla possibilità di produzione e le potenzialità di queste rocce serbatoio;
- Calcari e Dolomie del Cretaceo inferiore-Giurassico con porosità e permeabilità di matrice e caratteristiche di fratturazione simili a precedenti.

Nome formazione-reservoir	Età	Litologia	Ambiente deposizionale	Porosità matrice	Permeabilità matrice	Oil (°api)	Tipo giacimento
Bolognano	Miocene	Calcari e Calcareniti	Rampa	5-20%	300-1000	20-40	MATRICE (CARSISMO +FRATTURE)
Altamura	Senoniano (Cretaceo sup.)	Calcari e dolomie calcaree	Piattaforma carbonatica	2-12%	0.1-100	11-30	DUAL K/PHI
Bari	Cretaceo inf.-Giurassico	Calcari e dolomie	Piattaforma carbonatica	2-10%	300	20	DUAL K/PHI

Tabella 3.1 - Quadro riassuntivo dei reservoir con relative caratteristiche dei principali obiettivi esplorativi carbonatici nella Piattaforma Apula



Figura 3.29 - Livello di Calcareniti terziarie con alta porosità di matrice nei pressi di Matera

Rocce serbatoio incarsite nella piattaforma carbonatica apula

Le rocce carbonatiche dell'Appennino meridionale presentano un grande sviluppo di fenomeni carsici sia superficiali che profondi.

L'attuale topografia carsica dell'avampaese apulo nella regione delle Murge assomiglia ad un'area con storia del carsismo polifasico caratterizzata da eventi che alternano seppellimenti ed emersioni.

Il più comune livello paleocarsico della piattaforma Apula è rappresentato dai depositi di bauxite nel Cretaceo, associati a fenomeni di carsismo superficiale (Carannante et al. 1988).

Il più sorprendente esempio di sviluppo di paleocarsismo nei depositi carbonatici della piattaforma Apula si è sviluppato nel corso del Miocene. Questa fase, la cui durata è fortemente dibattuta, ha permesso lo

sviluppo di un profilo carsico completo che può raggiungere una profondità di 100 metri rispetto alla originaria superficie topografica.

Nel sottosuolo il più rappresentativo e studiato esempio carsico è rappresentato dal campo a petrolio di Rospo Mare (Doulcet et al. 1990, André e Doulcet 1991). Si trova nel mare Adriatico, 20 km a Est della costa italiana vicino al 42° parallelo, 40 km a Nord della penisola del Gargano, e 75 km a S-E della città di Pescara. Il campo è di circa 10 × 15 km in termini di dimensioni e il serbatoio, che si trova ad una profondità di 1310 m, ha riserve recuperabili che sono state valutate in 15 × 10⁶ m³ di petrolio viscoso (11°-12° API, André Doulcet e 1991).

ZONAZIONE	POROSITÀ MEDIA	ORGANIZZAZIONE VUOTI CARSI	MODELLO DI PALEO-DRENAGGIO	
VADOSA SUPERIORE (da 0 a 20 m)	1,15%		CIRCOLAZIONE VERTICALE (Localmente orizzontale su livelli di shale)	
ZONA VADOSA INFERIORE (da 50 a 75 m)	0,75%		ALTA VELOCITÀ	CIRCOLAZIONE ORIZZONTALE
ZONA FREATICA SUPERIORE (da 20 a 30 m)	2,75%		BASSA VELOCITÀ	
ZONA FREATICA PROFONDA (> 200 m)	0,70%			

Figura 3.30 - Distribuzione verticale della porosità legata al carsismo (fonte: André & Doulcet, 1991, modificato)

Il serbatoio è costituito da calcari incarsiti del Cretaceo inferiore (Formazione di Cupello), caratterizzata da mudstone/wackestone dal bianco al grigio chiaro, con intercalazione di packstone/grainstone; i wackestone sono dominanti ed i principali grani sono rappresentati da ooidi, peloidi e bioclasti. La roccia di copertura è rappresentata dalla Formazione Bolognano (Miocene) e dalle evaporiti messiniane.

Il petrolio è ospitato nelle cavità di dissoluzione associate al paleocarsismo sviluppatosi nei calcari cretaci prima della trasgressione miocenica.

Studi sul carsismo e sulla fratturazione hanno consentito dettagliate correlazioni delle diverse zone carsiche. Gli studi eseguiti su carote di fondo hanno dimostrato che la densità di fratturazione può raggiungere anche una concentrazione di 15 fratture al metro. L'origine di queste fratture è associata a meccanismi di collasso delle volte carsiche. Molti dei condotti carsici e delle fratture sono state parzialmente o completamente sigillati da sedimenti marini del Miocene.

I vacuoli sono molto sviluppati specialmente lungo il tetto dei condotti carsici; le loro dimensioni variano da millimetriche fino a 7-8 centimetri e la porosità associata a questi intervalli vacuolari va fino all'8%. Studi su carote di fondo mettono in evidenza la presenza anche di porosità secondaria associata a fratture, pertanto, la porosità effettiva delle rocce serbatoio deve essere superiore alla porosità misurata su carota.

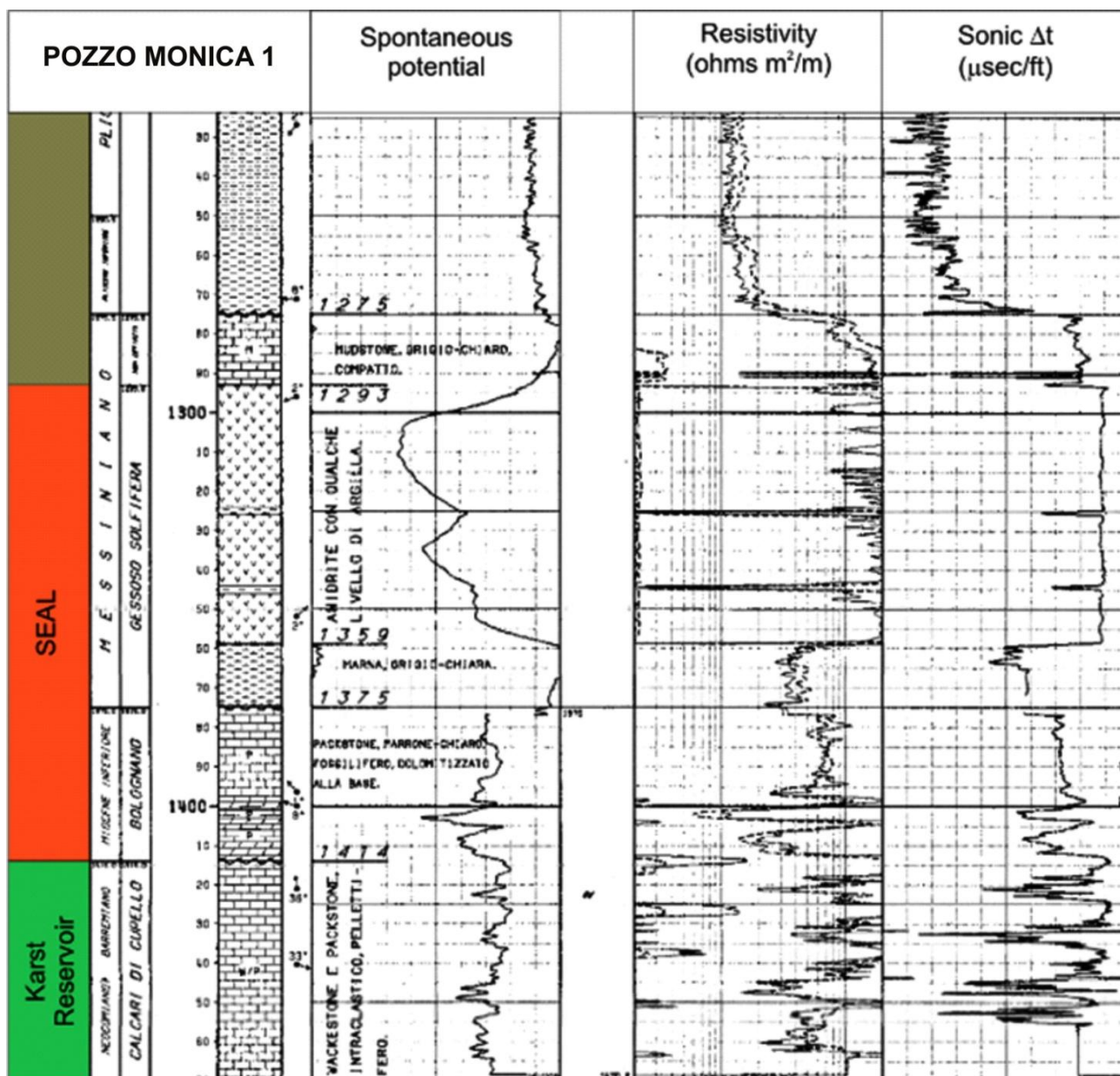


Figura 3.31 - Composite log dal pozzo Monica 1

3.6.2 Roccia di copertura

La copertura dei depositi carbonatici della piattaforma Apula è costituita dalle sequenze silicoclastiche di età Pliocenica-Pleistocenica tipici di un ambiente deposizionale marino collegato ad una zona di avanfossa e anche dai livelli gessiferi del Messiniano. Questi depositi di Avanfossa ricoprono completamente il tetto della piattaforma.

I depositi Pliocenici e Pleistocenici sono costituiti essenzialmente da scisti, torbiditi e da corpi pelitici molto estesi e spessi. Proprio la continuità dei livelli argillosi, e anche le variazioni laterali di facies, fanno da sigillo assicurando una buona tenuta della roccia di copertura.

In particolare, gli scisti pliocenici forniscono il sigillo essenzialmente agli accumuli della Val d'Agri e probabilmente anche nella zona settentrionale del Mar Ionio.

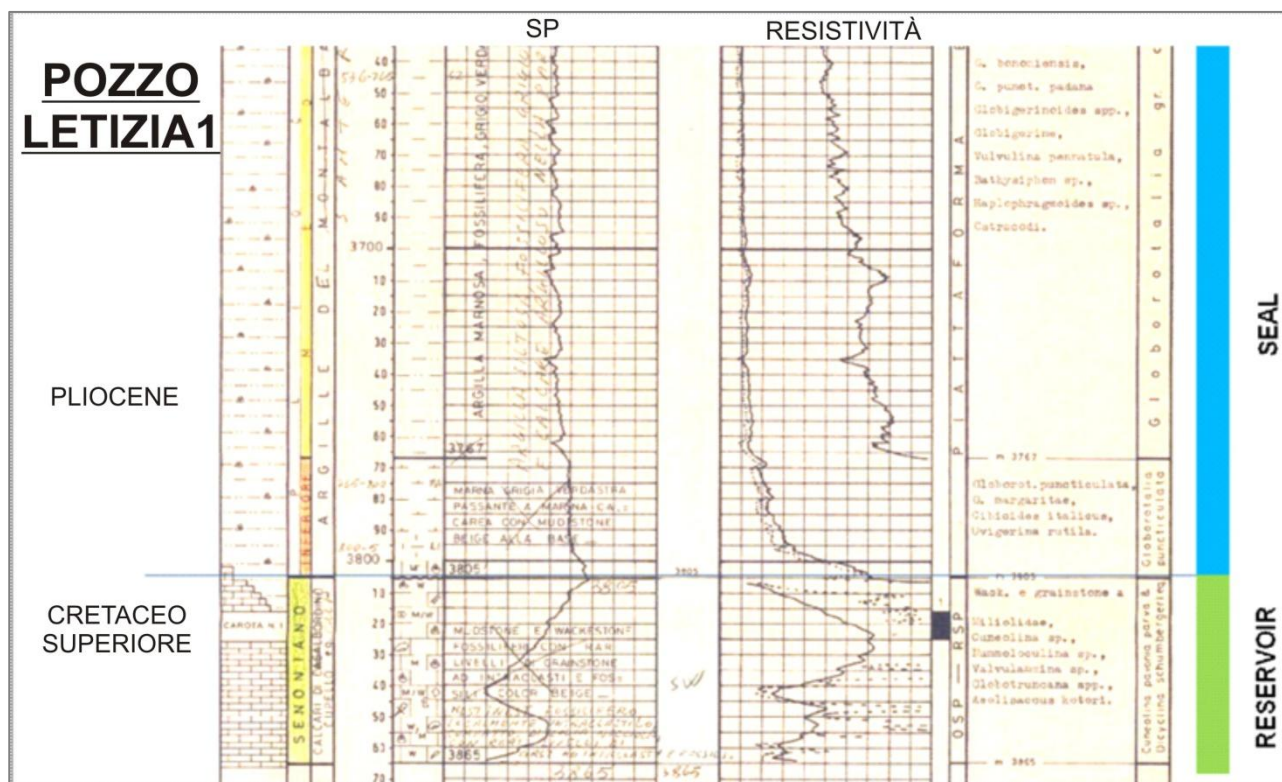


Figura 3.32 - Esempio di roccia di copertura Pliocenica sopra il Cretaceo nel pozzo Letizia 1

3.6.3 Roccia madre

L'esplorazione petrolifera condotta nelle aree a terra in simili contesti geologici, ha messo in evidenza la presenza di due tipologie ben diverse di idrocarburi. In particolare, (i) idrocarburi liquidi e gassosi di origine termogenica nei carbonati mesozoici e (ii) gas biogenico nei depositi torbiditici plio-pleistocenici.

La roccia madre e le caratteristiche di questi idrocarburi sono considerevolmente diversi.

La roccia madre relativa agli idrocarburi liquidi nei carbonati della piattaforma Apula è rappresentata dai livelli argillosi dell'Albiano-Cenomaniano ricchi in materia organica, compresi nella successione del Bacino di Lagonegro e dalle marne ed argille depositatesi in bacini intrapiattaforma della Piattaforma Apula, come testimoniato dalle caratteristiche degli oli dei campi della Val d'Agri e di Tempa Rossa.

I principali tipi di idrocarburi liquidi possono esser distinti sulla base delle analisi isotopiche, gas-cromatografiche, dai parametri fisici e dai *biomarker*: i) Oli maturi, caratterizzati da materia organica di tipo continentale, depostasi in ambiente ossigenato e ampio entro rocce di tipo argilloso; ii) Oli immaturi o parzialmente maturi, provenienti da una roccia madre marina, accumulatisi in un ambiente deposizionale carbonatico, con apporti continentali.

La distribuzione della materia organica risulta essere eterogenea, con valori di TOC (totale di carbonio organico) molto variabili tra lo 0,1 e 3,2% nelle dolomie, ma anche più del 45% in argille. Il kerogene è immaturo (Ro pari a 0,4%), di origine prevalentemente marina e con valori HI (indice di idrogeno) elevati (600-800 mg HC/g TOC). Il potenziale medio è uguale a 2kg HC/t, ma può arrivare anche a valori di 200kg HC/t nelle litologie argillose; le densità mostrano oli con 30-45° API fino a 3° API, con la prevalenza di gradi medi (15-20° API).

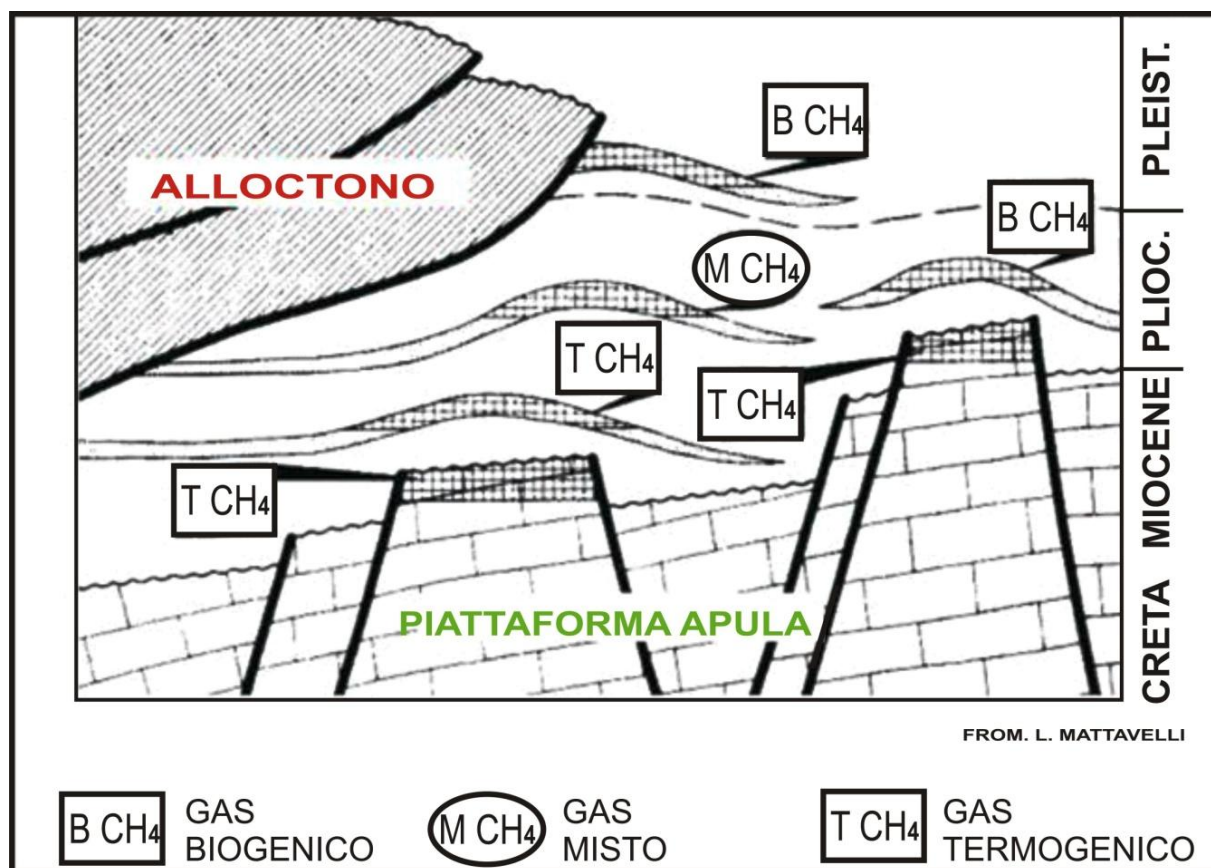


Figura 3.33 - Tipi di idrocarburi nei depositi Mesozoici e Plio-Pleistocenici (fonte: Sella et al. 1988, modificato)

Il gas di origine termogenica (6% degli idrocarburi totali del bacino), può essere considerato come il prodotto di *cracking* della materia organica.

Le densità relative agli idrocarburi liquidi nelle zone a terra mostrano valori molto variabili. Sono rinvenuti oli molto densi (3° API, nel pozzo Galgano), oli molto fluidi (35°-40° API) e anche gasolina. Questa distribuzione è certamente legata alla generazione recente degli oli ed al meccanismo di migrazione. In alcuni casi, come quello del campo di Pisticci, i particolari valori di densità (10°-15° API) sono causati da biodegradazione. La presenza di zolfo, rinvenuta in alcuni casi, viene associata ad un ambiente deposizionale riducente.

In particolare, le correlazioni tra i diversi tipi di olio e la sorgente suggeriscono che la roccia madre principale nei giacimenti in produzione on-shore è costituita da carbonati tardo-cretacici depositi in ambienti ristretti. I risultati delle manifestazioni superficiali e di pozzo indicano che questa roccia madre ha un'ampia diffusione regionale. I fluidi derivanti da queste rocce sono di origine e qualità molto variabili e vanno dal bitume agli oli leggeri.

3.6.4 Trappole

L'area di interesse per l'istanza di permesso è stata coinvolta da un'intensa evoluzione tettonica che ha generato lo sviluppo di sovrascorrimenti, la riattivazione di vecchi lineamenti strutturali e la deformazione dei vari depositi che hanno risposto alle deformazioni in maniera differente. Le differenti unità stratigrafiche hanno risposto alla deformazione a seconda della loro posizione, delle caratteristiche geomeccaniche delle rocce, dei fluidi circolanti, dello stress e delle sue variazioni. L'attività e l'evoluzione tettonica ha prodotto tutta una serie di strutture che possono agire da trappole strutturali per l'accumulo di idrocarburi.

Nella zona on-shore della Catena Appenninica Meridionale i principali accumuli di idrocarburi sono generati da trappole di tipo strutturale associate a sovrascorrimenti legati alla deformazione appenninica, oppure alla riattivazione di precedenti faglie normali pre-appenniniche (in aree più esterne rispetto alla deformazione principale). A questo tipo di trappole sono legate le principali scoperte nei campi di Pisticci e a di Grottole-Ferrandina, rispettivamente caratterizzati da idrocarburi liquidi e gassosi. Dati gli scarsi valori

di porosità e permeabilità delle litologie carbonatiche, di solito compatte e ben diagenizzate, gli idrocarburi si presentano accumulati in giacimenti fratturati con una produzione legata ai principali sistemi di frattura. In questo tipo di successione le trappole possono essere distinte in (Figura 3.34):

- anticlinali legate a faglie inverse al di sotto delle falde alloctone;
- alti strutturali al di sotto del fronte di sovrascorrimento dei depositi di Avanfossa;
- alti strutturali non interessati dai fronti di sovrascorrimento;
- faglie a “domino” non interessate dai sovrascorrimenti.

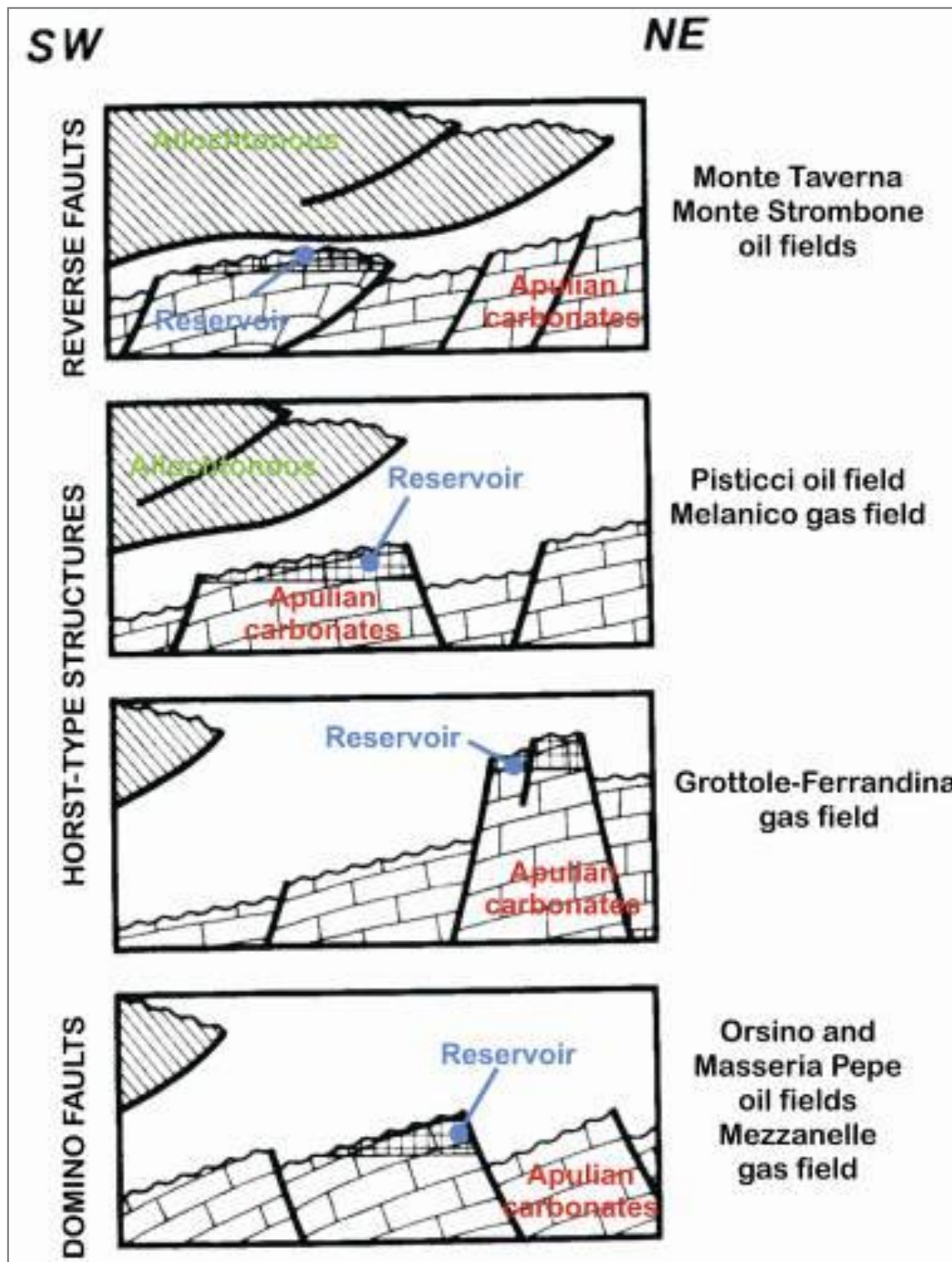


Figura 3.34 - Schemi delle varie tipologie di trappole (e relativi campi) impostatesi sul substrato carbonatico pre-pliocenico e trappole in substrato plio-pleistocenico (fonte: Sella et al., 1988, modificato)

3.7 PROGRAMMA LAVORI

Il fine dell'attività oggetto di istanza è quello di valutare la presenza di accumuli di idrocarburi il cui sfruttamento sia economicamente vantaggioso. Questa fase dei lavori, pertanto, prevede l'esecuzione di

una campagna esplorativa, attraverso l'acquisizione di dati sismici e la loro successiva interpretazione ed integrazione con dati già in possesso.

L'acquisizione sismica prevede di eseguire, nell'area oggetto di istanza di permesso di ricerca, un rilievo di tipo 3D, per un totale di circa 617,8 km² di linee sismiche.

L'esatta ubicazione delle linee e la lunghezza complessiva del rilievo sismico sono subordinate alla qualità dei dati disponibili ed alla fase di interpretazione dei dati 2D già in possesso di Shell Italia E&P S.p.A.

La nave che effettuerà i rilievi sismici sarà supportata da una nave di appoggio che avrà il compito di controllare le attrezzature trainate, verificare le condizioni ambientali, risolvere qualsiasi problema logistico e far fronte alle richieste da parte della nave che effettua il sondaggio.

Per quanto riguarda i tempi di esecuzione, si prevede per l'acquisizione sismica in progetto una durata totale di 6 settimane.

Durante l'acquisizione, Shell Italia E&P fornirà settimanalmente agli organi competenti un calendario aggiornato delle operazioni che verranno svolte e delle zone interessate dall'attività. Sarà inoltre presente un rappresentante locale che si occuperà di mantenere i contatti con le autorità coinvolte.

3.8 CAMPAGNA DI ACQUISIZIONE SISMICA OFFSHORE

3.8.1 Indagine geofisica: generalità

I metodi di indagine basati sulla acquisizione sismica, sono i più impiegati nel campo della prospezione geofisica finalizzata alla ricerca d'idrocarburi. Il motivo risiede nella loro estrema affidabilità e nel grado di determinazione con un elevato dettaglio, dell'andamento strutturale e stratigrafico di un'intera serie sedimentaria, senza per questo venire mai a contatto diretto con il terreno. Essi si basano sui fenomeni di riflessione e rifrazione delle onde elastiche generate da una sorgente artificiale di onde, la cui velocità di propagazione dipende dal tipo di roccia attraversata. I metodi sismici sono governati dalle leggi della fisica della propagazione delle onde elastiche (assimilabili alla propagazione delle onde ottiche pur entro certi limiti).

Una sorgente artificiale di onde sismiche di pressione (onde P) o di taglio (onde S) dà origine ad un'onda che, incontrando con un angolo di incidenza una superficie di discontinuità data ad esempio dalla separazione tra due strati elasticamente diversi (cioè a diversa impedenza acustica), può:

- riflettersi totalmente verso l'alto;
- in parte penetrare nel mezzo sottostante, rifrangendosi;
- in parte riflettersi verso l'alto.

In base al tipo di onde da analizzare si adopereranno metodi di sismica a riflessione o a rifrazione, che differiscono nella disposizione dei ricevitori in superficie sulla sorgente di emissione dell'energia sismica. Esistono molte tipologie di sorgenti artificiali, legate all'ubicazione dell'indagine, alla situazione ambientale circostante, agli obiettivi della ricerca ed alla logistica.

Per le attività di prospezioni geofisiche in mare, la scelta della sorgente di energia sismica deve tener conto che le onde elastiche, prima di penetrare nel fondale marino, devono attraversare una colonna d'acqua di altezza variabile. I dispositivi utilizzati danno luogo ad impulsi di pressione che devono fornire una quantità di energia sufficiente. Tali mezzi producono l'energia richiesta mediante una camera di compressione o combustione o di altro tipo; la quantità di energia fornita è limitata dalle dimensioni meccaniche delle apparecchiature utilizzate.

Si hanno differenti sorgenti di energia che si possono così riassumere: a vapore, ad acqua, ad esplosivo, elettrica e ad aria compressa. Tutte queste tecniche sono accomunate dall'invio di un impulso di pressione che può essere di natura differente a seconda della sorgente ma che genera in acqua un'onda acustica sferica che si propaga dalla superficie del mare al fondale marino. Tra queste diverse sorgenti di energia, la più impiegata è l'air-gun. Tale sorgente è utilizzata in quasi tutti i rilievi sismici marini, perché la quasi totalità della sua energia è compresa nella banda delle frequenze sismiche, per la sua affidabilità e

versatilità nella scelta del segnale generato e per l'assoluta sicurezza, non essendo utilizzate miscele esplosive.

Tra i diversi metodi geofisici, l'indagine sismica a riflessione è quella capace di fornire un'immagine del sottosuolo maggiormente dettagliata ed attendibile. Per questo motivo, fin dalla sua prima applicazione dei primi decenni del '900, è stata ed è comunemente utilizzata per la ricerca di idrocarburi.

Gli altri metodi geofisici vengono, infatti, utilizzati a complemento ed integrazione della sismica a riflessione, generalmente per tararla laddove esistano pochi o nessun sondaggio, poiché forniscono ulteriori indicazioni su determinate rocce o corpi rocciosi caratterizzati da marcate proprietà fisiche. Le metodologie complementari utilizzate più frequentemente sono: la gravimetria, la magnetometria e, data la crescente attendibilità legata a programmi di elaborazione sempre più sofisticati e precisi, la magnetotellurica. Questi metodi, tutti appartenenti alla geofisica passiva, registrano rispettivamente le variazioni del campo gravitazionale della Terra e i campi magnetici naturali che si propagano all'interno della stessa.

Le prospezioni geofisiche sono metodologie di indagine essenziali per le ricerche geologiche, eco-compatibili e, per questo, molto diffuse in tutto il mondo ed in ogni tipo di ambiente naturale. Le perturbazioni ambientali caratteristiche di questi tipi di rilievo sono molto limitate nello spazio e nel tempo, principalmente legate alla sorgente di energizzazione, mentre le operazioni di ripristino sono molto semplici. E' possibile stimare il potenziale grado di perturbazioni ambientali prodotto dai vari metodi geofisici (Figura 3.35).

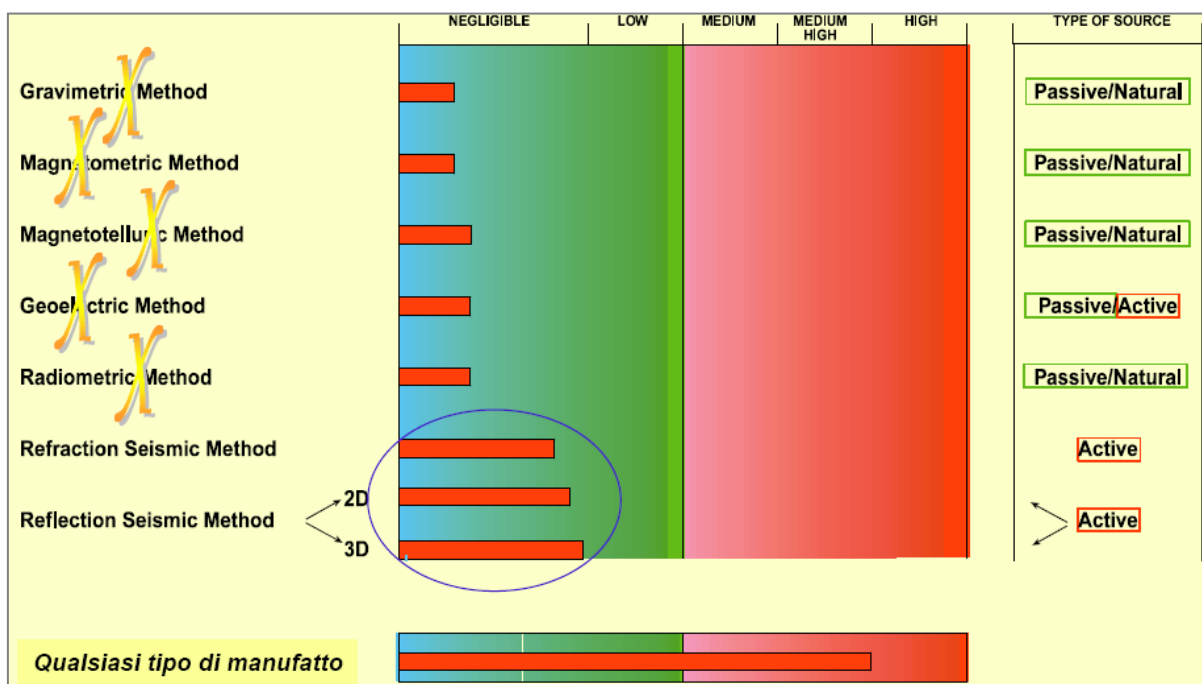


Figura 3.35 - Impatto ambientale delle diverse tipologie di indagine sismica, da sinistra a destra: irrilevante, basso, medio-alto e alto (fonte: convegno nazionale Assomineraria, 2003)

3.8.2 Sorgenti di propagazione energia

Il segnale sismico prodotto da una sorgente di energia è un'onda elastica che penetra in un mezzo non omogeneo attraverso discontinuità litologiche che ne modificano notevolmente la struttura e la velocità di propagazione. La registrazione e il successivo esame dell'onda di ritorno in superficie permettono di compiere un'indagine indiretta sulla natura, sulla geometria e sulla profondità degli orizzonti attraversati, anche a grande distanza dalla superficie, in funzione della strumentazione e della conformazione del sottosuolo.

Con le opportune limitazioni, i fenomeni sismici sono paragonabili ai fenomeni ottici e, pertanto, ad essi sono applicabili le leggi dell'ottica geometrica riguardanti la riflessione e la rifrazione: due differenti modi secondo i quali l'onda modifica la sua traiettoria.

Il metodo sismico è basato sui principi della propagazione, rifrazione e riflessione di onde elastiche e perciò si ritiene utile fare un breve richiamo della teoria di propagazione delle onde.

3.8.3 Generazione dei segnali sismici

Sismica a riflessione

La crosta terrestre è costituita da strati rocciosi caratterizzati da proprietà fisiche differenti (elasticità, rigidità, densità, porosità), in relazione alla struttura interna ed alla composizione mineralogica e dei fluidi che li permeano. Le proprietà che dipendono maggiormente da queste variazioni sono quelle elastiche (compressibilità e rigidità) le quali sono legate alla velocità di propagazione delle onde sismiche. Quando un gruppo di onde elastiche viene prodotto in prossimità della superficie terrestre, esso si propaga nel sottosuolo fino ad incontrare una superficie di discontinuità, quale un piano di stratificazione oppure una frattura degli strati rocciosi. A questo punto le onde, seguendo le leggi fisiche, subiscono una ripartizione dell'energia: parte dell'onda incidente viene riflessa da questa discontinuità; parte continua il suo percorso in profondità, fino ad incontrare discontinuità sempre più profonde e subire lo stesso processo.

Il metodo sismico a riflessione consiste nel captare, tramite appositi sensori noti con il nome di geofoni (in terra), idrofonici (in mare), i gruppi di onde riflessi dalle varie superfici di discontinuità, registrando il tempo necessario all'onda elastica indotta artificialmente per tornare alla superficie del suolo (Figura 3.36).

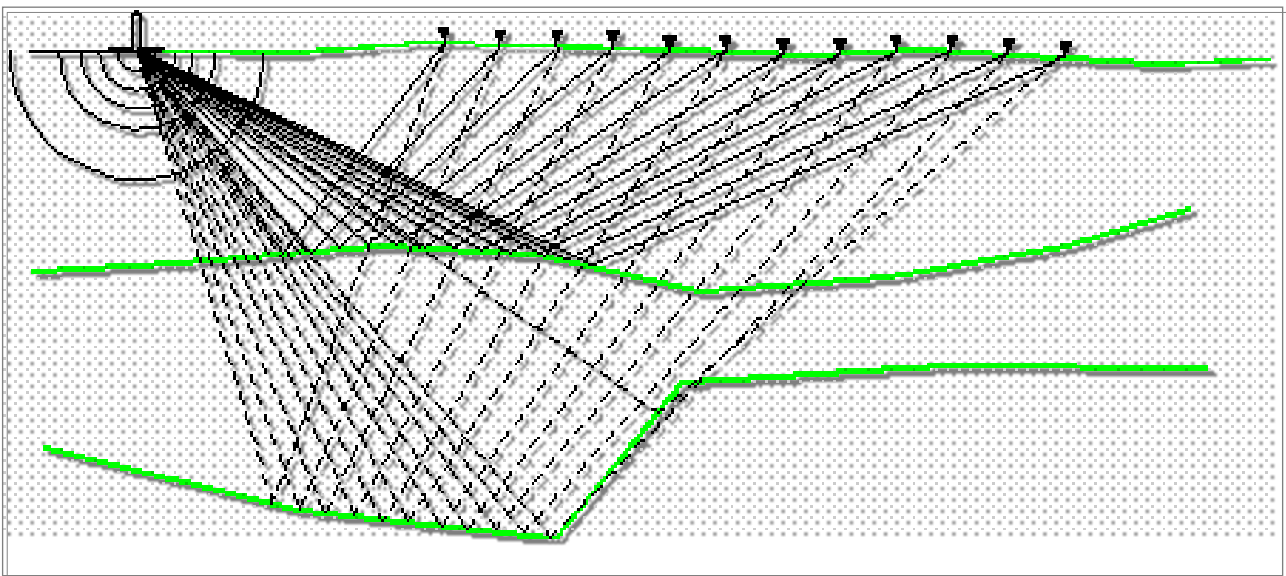


Figura 3.36 - Concetti di sismica a riflessione e percorso delle onde sismiche captate dai ricevitori (fonte: www.retegeofisica.it)

L'elaborazione di questi tempi di percorso consente, in funzione del tempo di registrazione, di ricostruire un'immagine delle principali strutture del sottosuolo fino a profondità di alcuni chilometri.

Per esplicitare brevemente il concetto, si consideri ipoteticamente un profilo di lunghezza L tra la sorgente di energia e l'ultimo geofono (o idrofono) dello stendimento. Opportunamente energizzato, l'impulso coprirà soltanto una lunghezza pari a $L/2$ su ciascun orizzonte riflettente parallelo alla superficie del suolo. Ciò significa che per ogni profilo sarà necessario disporre di almeno due sorgenti di energia per avere una copertura completa (100%) degli orizzonti riflettenti. Ogni elemento delle superfici sarà perciò "illuminato" una volta, ma sarà energizzato l'intero profilo di lunghezza L .

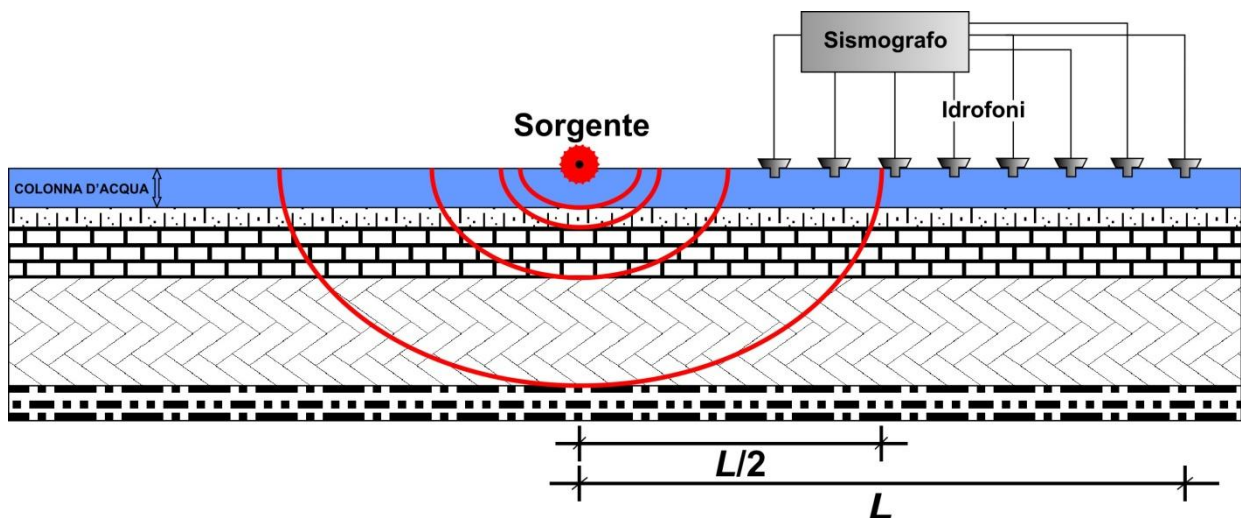


Figura 3.37 - Schema esemplificativo di uno stendimento sismico in mare energizzato da una fonte distante L dall'ultimo idrofono

Questo è uno dei vantaggi della “copertura multipla”. Le tracce appartenenti al singolo sismogramma acquisito in campagna avranno la sorgente in comune e quindi il rispettivo “file” che le raccoglierà tutte è definito *common shot gather*. Invece, il *common receiver gather* sarà l'insieme di tutte le tracce che hanno in comune la posizione del geofono, cioè tracce acquisite sullo stesso geofono al variare della sorgente di energia. Il *common offset gather* è l'insieme delle tracce di uguale distanza sorgente-geofono e infine il *common midpoint gather* (CMP) è l'insieme di tutte le tracce che hanno sorgente e geofono simmetrici rispetto ad un punto posto tra essi. Quest'ultimo è il più significativo di tutti poiché per i riflettori piano-parallelari alla superficie topografica, l'insieme di tutte queste tracce porta con sé la stessa informazione, in quanto provengono dall'elemento riflettente sito sulla verticale del punto di mezzo. Questo fenomeno è definito come *common depth-point gather* (CDP). La qualità dei dati ottenuti dipende, non solo dall'elaborazione successiva, ma anche da una serie di parametri di acquisizione scelti ad hoc. A tal proposito, non si dimentichi il *walkaway*, una procedura assai importante nella fase di acquisizione: essa viene affidata a tecnici esperti che hanno il compito di saggiare le caratteristiche dei terreni e scegliere le migliori geometrie e parametri di acquisizione, effettuando una preliminare acquisizione sismica.

I parametri di acquisizione da definire si possono riassumere come segue:

- lunghezza della registrazione, ossia il tempo di ascolto del sismografo, sufficiente ad esaurire la ricezione di ogni informazione di interesse;
- passo di campionamento, cioè il tempo di acquisizione di un singolo valore la cui sequenza costituisce la forma d'onda; non deve essere superiore alla metà del periodo della più alta frequenza contenuta nel segnale;
- distanza fra sorgente e geofono più lontano, che determina la profondità esplorata per la quale è ancora possibile una buona analisi delle velocità;
- distanza fra sorgente e geofono più vicino, la quale non deve essere troppo grande in modo da consentire una buona valutazione degli spessori e delle velocità del primo strato aerato;
- distanza tra i geofoni, dipende dai parametri precedenti e dal numero di canali disponibili sul sismografo. Quanto più breve è, tanto maggiore è la risoluzione superficiale. La simultaneità di una buona risoluzione superficiale e di una buona penetrazione in profondità, è proporzionale al numero di canali disponibile;
- filtri analogici, la miglior scelta dei filtri consente l'eliminazione dei rumori e il miglior sfruttamento della dinamica del sismografo. In particolare questo vale per la scelta del filtro passa alto.

La fase successiva di elaborazione dei dati acquisiti coinvolge aspetti come procedure matematiche, analisi delle velocità e varie correzioni, sviluppati con l'ausilio di software dedicati di alto livello (Figura 3.38 e Figura 3.39). Non verranno specificate le singole operazioni di trattamento dei dati in questa sede. Al

termine delle varie fasi, si otterrà un dato “pulito” da ogni rumore di fondo o eventuali caratteristiche del terreno che disturbano il segnale in fase di acquisizione.

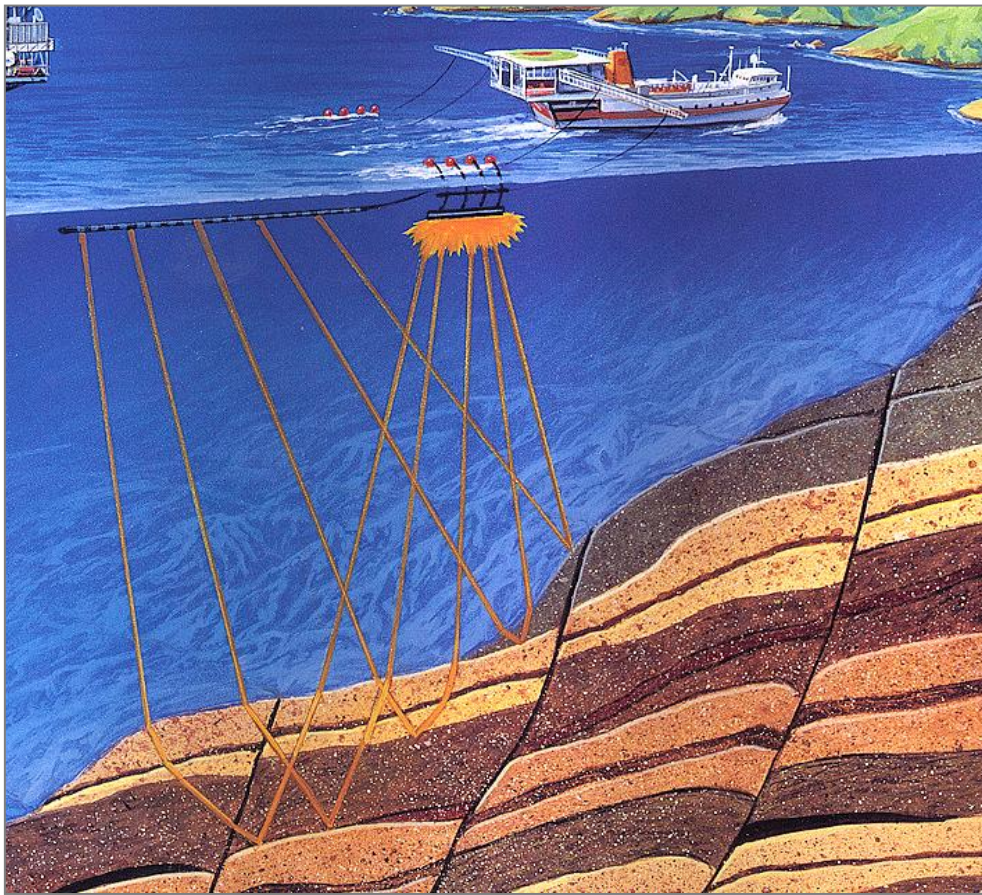


Figura 3.38 - Esempio di stendimento e linea di acquisizione sismica in mare (fonte: AAPG)

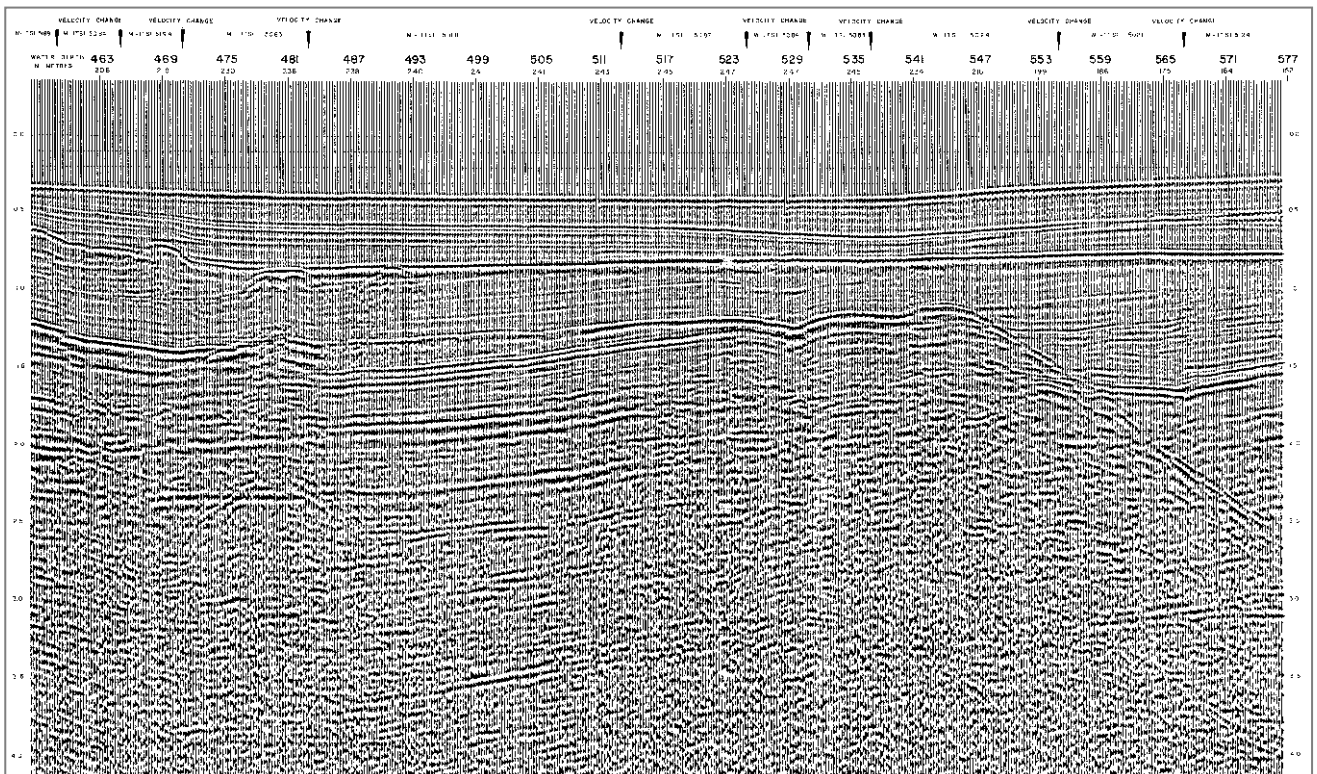


Figura 3.39 - Esempio di sezione sismica non interpretata risultante da coperture multiple

3.9 DESCRIZIONE DELLE TECNOLOGIE ADOTTATE NELLA PROSPEZIONE SISMICA OFFSHORE

In questo capitolo sono esposte le tecniche d'indagine offshore che saranno utilizzate per lo svolgimento della campagna di prospezione nell'area in istanza, con particolare riguardo alla progettazione del rilievo sismico 3D.

3.9.1 Sorgente di energizzazione: l'air-gun

La fonte d'energia oggi più utilizzata per la realizzazione di rilievi sismici in mare è una sorgente pneumatica di onde acustiche che genera onde a bassa frequenza grazie alla creazione di bolle d'aria compressa nell'acqua, denominata air-gun (Figura 3.40). Si tratta di un dispositivo costituito da due camere, una superiore che viene caricata di aria compressa ed una inferiore di scarico, sigillate tra loro da un doppio pistone ad albero. L'aria compressa che viene immessa nell'airgun, deriva dai compressori presenti sulla nave. L'aria passa dalla camera superiore a quella inferiore attraverso la sezione cava del pistone. Quando l'airgun risulta carico e si raggiunge la pressione desiderata, scelta sia in base all'obiettivo del sondaggio sia per minimizzare il più possibile gli eventuali impatti sull'ambiente marino, viene attivato elettronicamente un solenoide che genera un campo magnetico sufficiente a far sollevare il pistone. Con la risalita del pistone si aprono le valvole d'uscita poste ai lati dell'airgun e l'aria compressa viene espulsa all'esterno.

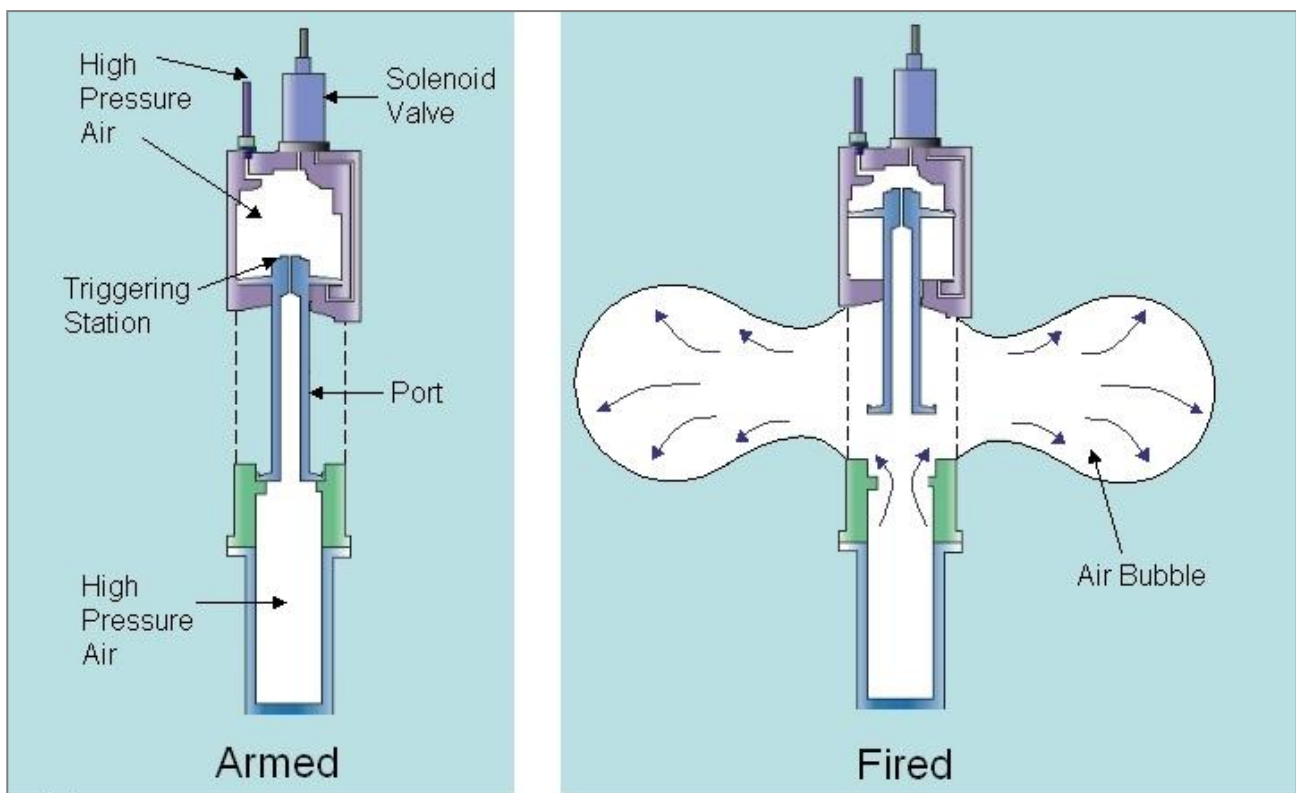


Figura 3.40 - Esempio di caricamento di un airgun e rilascio dell'aria compressa verso l'esterno
(fonte: www.petroleumgeophysics.com)

Il rapido rilascio di aria compressa (con pressioni intorno ai 2000 psi) dalla camera dell'air gun produce una bolla d'aria che si propaga nell'acqua. L'espansione e l'oscillazione di questa bolla d'aria generano un impulso con un picco, di grande ampiezza, che è utile per l'indagine sismica. La principale caratteristica del segnale di pressione di un airgun è il picco iniziale seguito dagli impulsi provocati dalle bolle. L'ampiezza del picco iniziale dipende principalmente dalla pressione prodotta e dal volume dell'airgun, mentre il periodo e l'ampiezza dell'impulso della bolla dipendono dal volume e dalla profondità dell'energizzazione.

Gli air-gun sono progettati per generare la maggior parte della loro energia sonora a frequenze minori di 180 Hz, l'airgun singolo genera una frequenza di 5-200 Hz mentre un gruppo di airgun (array) arriva a generare una frequenza di 5-150 Hz. In prossimità di un singolo airgun si possono misurare picchi di pressione dell'ordine di 230 dB mentre un array costruito da 30 airgun può presentare un livello di picco di

sorgente di 255 dB. Le onde che vengono generate hanno un rapido decadimento spaziale, l'energia infatti tende a diminuire con il quadrato della distanza. L'energia generata da una batteria di airgun è concentrata verso il basso, esattamente lungo la verticale della sorgente di energia, pertanto l'onda acustica che si misura esternamente all'asse dell'array risulta sostanzialmente inferiore a quella rilevata lungo la verticale.

Come espresso in precedenza, il livello della sorgente sonora dell'array varia considerevolmente sia nella direzione verticale sia orizzontale a causa della complessa configurazione degli airgun che compongono l'array. Questa variabilità deve essere tenuta presente per predire in modo corretto il campo sonoro di un array di airgun. Se la traccia dei singoli airgun è nota, è possibile calcolare accuratamente il livello della sorgente di un array in qualsiasi direzione sommando il contributo dei singoli elementi con gli appropriati ritardi temporali, a seconda della loro posizione relativa.

3.9.2 Parametri operativi di progetto per acquisizione sismica con air-gun

In questa fase di redazione del report non è possibile delineare con assoluta certezza le caratteristiche degli airgun che verranno utilizzati, a causa del fatto che esse sono tutt'ora da definirsi da parte del trattatista che si occuperà del rilievo sismico. Si è deciso, pertanto, di procedere riportando i valori caratteristici di alcuni array, ricavati da dati bibliografici precisando che seppur indicativi, non si discosteranno molto da quelli che verranno usati durante la campagna di acquisizione sismica. E' opportuno precisare che, prima dell'inizio dei lavori esecutivi, le autorità competenti verranno informate della configurazione finale.

Lo schema di un array è diretta funzione della profondità del mare, del tipo di strumentazione e della finalità di indagine, pertanto i valori che verranno indicati di seguito hanno un valore puramente indicativo.

I parametri operativi di base sono elencati di seguito:

- numero di airgun attivi;
- numero di airgun di riserva;
- volume attivo totale (dato dalla somma dei volumi dei singoli airgun);
- pressione di esercizio dell'airgun;
- numero di sub-array;
- distanza tra sub-array;
- profondità dell'array;
- lunghezza sub-array;
- larghezza array.

Come è possibile osservare nella Tabella 3.2, il numero di airgun attivi può variare (da un minimo di 11 ad un massimo di 31), come del resto anche il numero degli airgun di riserva (da 0 a 10). La pressione di esercizio è sempre di 2000 psi.

Anche la distanza tra subarray è variabile ed è compresa tra 3 e 8 metri. La profondità a cui si trova immerso in acqua l'array può variare dai 4 ai 9 metri. Infine la lunghezza e la larghezza del subarray variano rispettivamente tra 14 e 18 metri e tra 12 e 16 metri. Tale configurazione seppur indicativa non si discosterà molto da quella che verrà usata durante la campagna di acquisizione sismica. Si mostrano anche alcuni esempi grafici di possibile configurazione degli stendimenti (Figura 3.41 e Figura 3.42).

PARAMETRI OPERATIVI	CONFIGURAZIONE ARRAY 1	CONFIGURAZIONE ARRAY 2	CONFIGURAZIONE ARRAY 3
Numero di airgun attivi	11	21	31
Numero di airgun di riserva	6	3	10
Volume attivo totale (in3)	-	-	3090

Pressione di esercizio dell'airgun (psi)	2000	2000	2000
Numero di sub-array	2	3	3
Distanza tra sub-array (m)	-	8	3
Profondità dell'array (m)	4	9	5
Lunghezza sub-array (m)	14	14	18
Larghezza array (m)	-	16	12

Tabella 3.2 – Esempi di configurazioni possibili di array di airgun con i parametri operativi di base

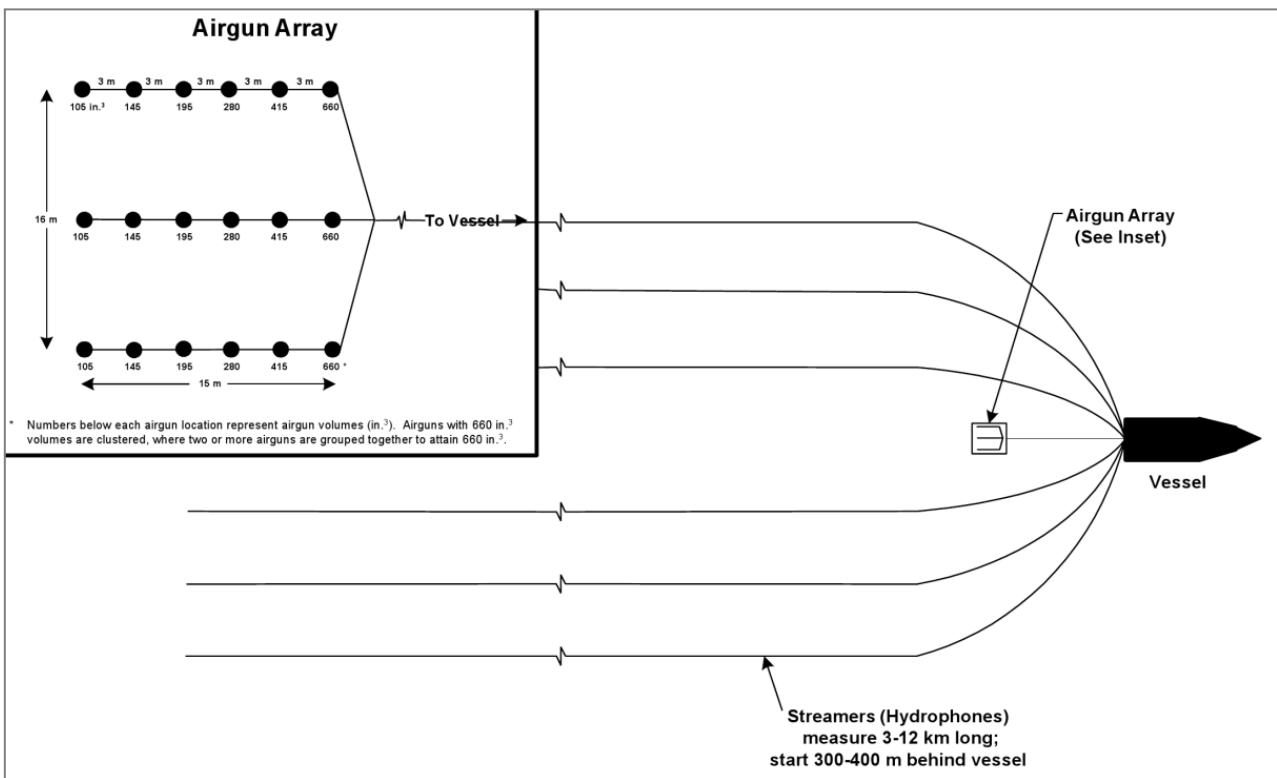


Figura 3.41 – Esempio di possibile configurazione di un array (fonte: OCS EIS/EA MMS 2004-054)



Figura 3.42 - Configurazione di un possibile array con un volume totale degli airgun di 3090 pollici cubici (circa 50,7 litri);
(fonte: www.acsonline.org)

3.9.3 Tipologia delle attrezzature di registrazione

L'attrezzatura per la registrazione delle onde sismiche è costituita da due elementi principali:

- l'idrofono;
- il cavo sismico, detto anche "*streamer*".

Idrofono

L'idrofono è un trasduttore elettroacustico (Figura 3.43) utilizzato per rilevare onde sismiche (in particolare onde di pressione assimilabili alle onde acustiche) e determinare la direzione della loro sorgente. L'idrofono converte le onde acustiche in segnali elettrici. Poiché sott'acqua il suono si trasmette ad una velocità di circa quattro volte e mezza superiore a quella di trasmissione nell'aria e subisce una minore perdita per assorbimento, gli idrofoni, anche grazie allo sviluppo delle moderne tecniche di trasformazione dell'onda sonora in segnale elettronico, consentono quindi di captare anche suoni emessi a grandi distanze.

La direzione della sorgente è determinata dallo sfasamento dell'onda sonora tra idrofoni posti a vari metri di distanza. In genere i sensori hanno forma cilindrica di dimensioni pari a circa 2 cm di lunghezza e 4 mm di diametro. La risposta è lineare, non produce distorsioni armoniche apprezzabili ed ha una frequenza propria molto alta (30.000 Hz). Ogni idrofono è formato da due sensori montati in senso opposto, allo scopo di sommare gli effetti degli impulsi di pressione prodotti nell'acqua dalla sorgente energizzante e nel frattempo di annullare le accelerazioni di traslazione dovute al traino del cavo sismico. Il secondo sensore presente consente l'eliminazione delle accelerazioni dovute alla traslazione del cavo sismico (*streamer*) nel quale è incorporato.



Figura 3.43 - Esempio di una serie di idrofoni usati nella prospezione sismica in mare (fonte: www.oilonline.com)

Cavo sismico

Il cavo sismico è un cavo galleggiante (Figura 3.44) che ha la funzione di permettere il traino degli idrofoni opportunamente distanziati e di trasmettere i segnali rilevati alle apparecchiature di registrazione posizionate a bordo della nave sismica. A causa del vento, delle correnti marine e dell'azione della marea il cavo sismico si trova generalmente su un tracciato non perfettamente rettilineo rispetto alla direzione di navigazione. I cavi sismici possono rilevare valori molto bassi di energia riflessa che viaggia dalla sorgente sismica attraverso lo strato d'acqua fino al fondo del mare e negli strati sottostanti, tornando quindi in superficie grazie ai sensori di pressione (idrofoni) ad esso collegati. Gli idrofoni convertendo i segnali di pressione riflessi in segnali elettrici, consentono che vengano digitalizzati e trasmessi attraverso il cavo sismico fino al sistema di registrazione che si trova sulla nave sismica dove i dati acquisiti vengono registrati su un nastro magnetico.

Alcune peculiarità dello *streamer* sono l'elevata sensibilità e robustezza; esso, inoltre, risulta costituito da cinque elementi principali:

- gli idrofoni, di solito distanziati tra di loro di un metro ed elettricamente accoppiati;
- gli apparecchi elettronici che digitalizzano e trasmettono il segnale sismico;
- i mezzi antistress per il cavo, fatti di kevlar o acciaio, col compito di mantenere il giusto sforzo sul cavo permettendo allo stesso di essere trainato anche in condizioni di maltempo. Ogni cavo può essere sottoposto a parecchie tonnellate di peso durante il traino in mare;
- un sistema di trasmissione elettrico, per l'alimentazione delle apparecchiature elettroniche del cavo, le periferiche e i dati della telemetria;
- il ricoprimento del cavo sismico ingloba tutti i componenti descritti sopra.

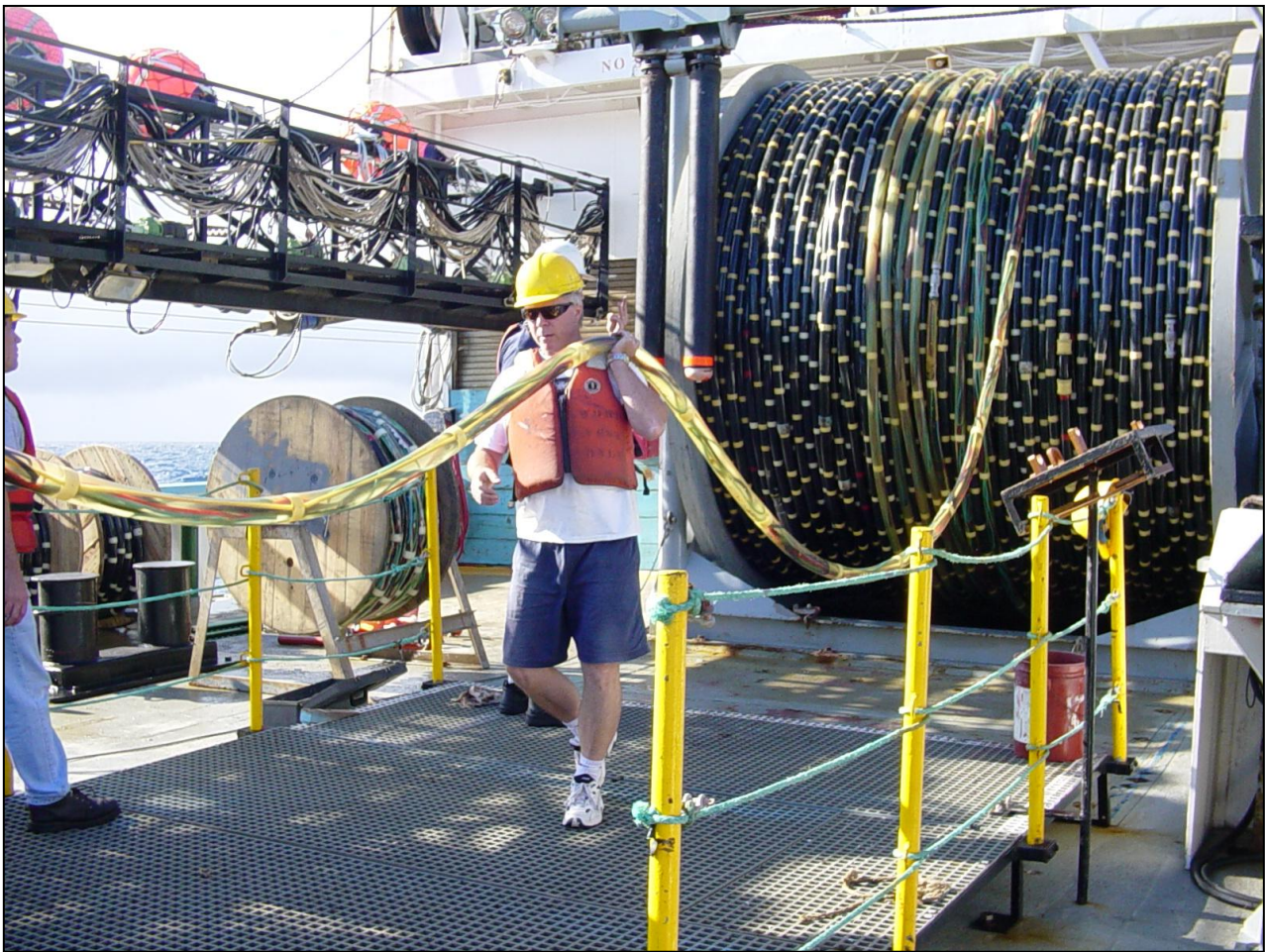


Figura 3.44 – Esempio di cavo per l’acquisizione sismica in mare (fonte: www.ig.utexas.edu)

Il cavo sismico ha un diametro di circa 6-8 cm ed è suddiviso in sezioni, in modo da consentire la sostituzione degli elementi eventualmente danneggiati ogni 50-100 metri di lunghezza. Ogni sezione termina con un connettore di unità che ingloba gli elementi elettronici ed è riempita con un fluido isolante che possiede un determinato peso specifico (inferiore a quello dell’acqua) per permettere il naturale galleggiamento del cavo in mare. La lunghezza del cavo utilizzato dipende dalla profondità e dall’obiettivo d’indagine geofisica. I cavi più utilizzati sono composti da 48 sezioni attive dette anche canali della lunghezza singola di 70 metri, che contengono ognuna da 20 a 32 idrofoni.

La profondità di traino del cavo è un compromesso tra il requisito di operare lontano dalla superficie marina e dagli effetti delle condizioni meteorologiche e di quelli del rumore delle onde del mare che limitano l’uso dei dati registrati. Più la profondità di traino è elevata, più il cavo è tranquillo e immune dai rumori prodotti dagli eventi atmosferici e marini, ma sfortunatamente la larghezza della banda dei dati acquisiti si fa più ristretta. Quindi in ultima analisi è importante in fase di progettazione della prospezione trovare un giusto compromesso tra queste due esigenze. In generale le profondità di traino più comuni si trovano tra 4 e 5 metri per indagini sismiche poco profonde, tra 8 e 10 metri per indagini sismiche profonde. Durante l’acquisizione sismica, il cavo deve essere mantenuto alla stessa profondità e deve essere allineato secondo la direzione di rilevamento stabilita, per favorire la stabilità di posizione del cavo viene utilizzato un galleggiante (boa) e un dispositivo di abbassamento che permette di mantenere la posizione iniziale dello *streamer* ad una determinata profondità di operazione.

Una boa di coda (Figura 3.45) viene fissata all’estremità di coda dello *streamer* e al di sopra è fissato un riflettore radar per il controllo dell’allineamento del cavo stesso rispetto alla direzione di movimento della nave.

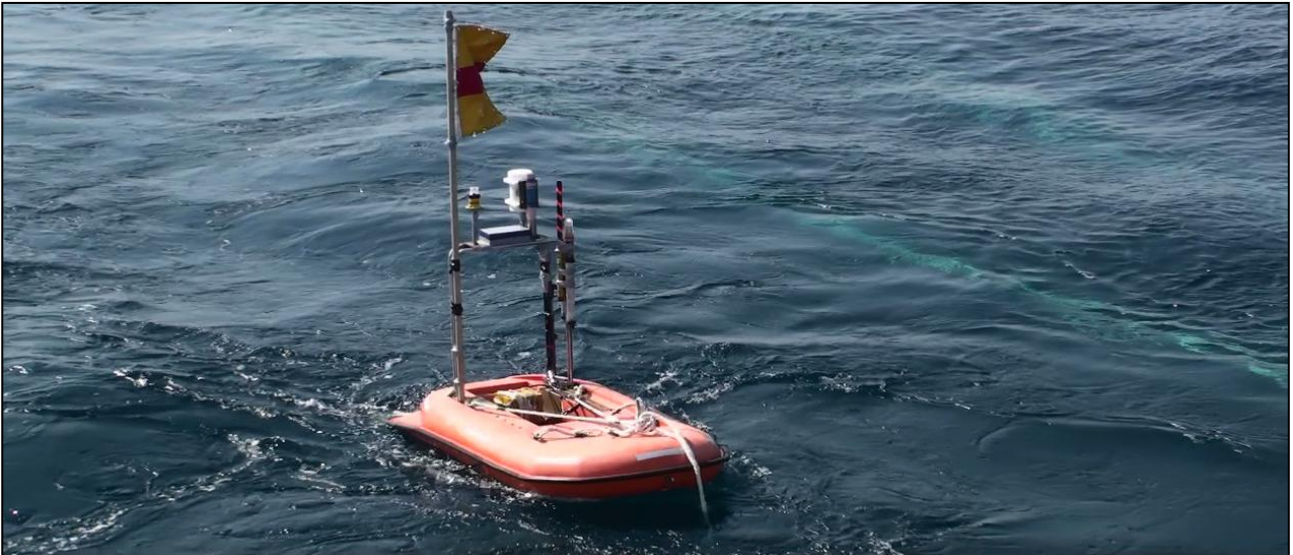


Figura 3.45 – Esempio di boa di coda in cui è visibile una parte del cavo sismico (fonte: www.jamstec.go.jp)

3.9.4 Navi per la prospezione sismica a mare

Barca d'appoggio

La nave sismica verrà supportata da una o due navi d'appoggio che avranno il compito di sorvegliare e controllare le attrezzature trainate, verificare le condizioni ambientali e risolvere qualsiasi problema logistico o far fronte alle eventuali richieste da parte della nave sismica.

Sala di controllo e registrazione

All'interno della nave sismica ha sede la sala di controllo e registrazione, in cui sono immagazzinati tutti i dati rilevati dagli idrofoni, dalle bussole magnetiche, dai sistemi di posizionamento. In questa sala vengono anche gestiti gli airgun e tutte le apparecchiature di servizio. A bordo della nave è possibile già eseguire un'analisi preliminare dei dati acquisiti.

Navi per la prospezione sismica a mare

Le moderne navi per l'acquisizione dei dati sismici sono costruite con lo scopo di avere differenti caratteristiche tra cui accogliere gli alloggi per l'equipaggio, gli strumenti, un mini eliporto e scorta di carburante per garantire autonomia per un lungo periodo al natante (Figura 3.46). Il capitano è il responsabile della sicurezza a bordo della nave sismica e ha l'ultima parola sulle operazioni e le manovre della medesima.

La nave ospita al suo interno tutte le apparecchiature necessarie per l'esecuzione del rilievo:

- le grandi bobine in cui è raccolto il cavo sismico (*streamer*) con gli idrofoni;
- tutti gli impianti necessari per la generazione dell'impulso elastico in mare (compressori e linee di distribuzione);
- la strumentazione per la registrazione degli idrofoni;
- le apparecchiature per una prima elaborazione;
- gli strumenti di posizionamento per la registrazione in continuo della posizione della nave stessa e degli idrofoni dispiegati.



Figura 3.46 – Esempio di nave per acquisizione sismica (fonte: www.nauticexpo.it)

L'ubicazione dell'area adibita al deposito della strumentazione varia da nave a nave ma normalmente è posta nel centro del natante, qualche volta sotto il ponte principale e a poppa. Essa contiene i principali strumenti per l'acquisizione, registrazione dei dati sismici a mare, il controllo dei cavi sismici e dell'energizzazione della sorgente. Il sistema principale di navigazione è anche collegato a un sistema di posizionamento satellitare, a un sistema radio, a bussole e altre apparecchiature e monitor per il controllo della posizione della nave. Vi è inoltre un'area di lavoro per testare o riparare gli strumenti.

La poppa è un'area che ha come scopo: la conservazione, il dispiegamento e il recupero della strumentazione posta in mare. I cavi sismici sono conservati in grandi bobine e quando l'acquisizione sismica comincia sono dispiegati lungo i lati della nave e poi direttamente trainati dietro la nave. Tutti gli elementi contenuti all'interno del cavo sismico sono collegati tramite speciali connettori alla stanza della strumentazione. Durante le operazioni di prospezione sismica i cavi sismici sono dispiegati in mare tramite uno scivolo che si trova nella parte posteriore del ponte. Il flusso dell'aria che va dai compressori agli array è monitorato dal pannello di controllo che è ospitato in un piccolo spazio di lavoro dove possono essere riparati anche gli airgun. In associazione con i cavi sismici e gli array della sorgente c'è l'equipaggiamento per il traino. Questo equipaggiamento è complesso ed è progettato con cura in modo che cavi sismici multipli e gli array possano essere posti accuratamente dietro alla nave sismica. La manutenzione dell'airgun e dell'equipaggiamento per il traino sono le principali responsabilità dei meccanici che fanno parte dell'equipaggio della nave. Infine nella cabina di comando si trovano le apparecchiature per la navigazione e il posizionamento della nave. Questo generalmente coinvolge il sistema di boe che contengono gli strumenti per la navigazione. Le boe di coda sono attaccate alle estremità di ogni cavo sismico nel punto più lontano dalla nave. Boe aggiuntive possono essere attaccate alla sorgente di energizzazione o ai mezzi di traino del cavo.

Un'area della nave accoglie i motori e i compressori che forniscono le pressioni richieste (intorno a 2000 psi) agli array di airgun. I compressori sono capaci di ricaricare gli airgun rapidamente e in modo continuo, permettendo agli array di essere caricati ogni 10-15 secondi circa, mentre l'impulso dura un tempo brevissimo (2 millisecondi). Quest'area è sotto il controllo dei meccanici. Il numero di persone che compongono l'equipaggio di questo tipo di navi può raggiungere le cinquanta unità.

Non è possibile, allo stato attuale, fornire una descrizione dettagliata della nave sismica che verrà utilizzata per i rilievi, poiché il contrattista è ancora da definire. È possibile comunque fornire una descrizione di

massima della nave che verrà utilizzata, le cui caratteristiche principali possono essere limitate entro alcuni intervalli; così come descritto nella Tabella 3.3.

Caratteristiche della nave sismica		
Contraente		Da definire
Operatore marittimo		Da definire
Armatore		Da definire
Dimensioni nave	Lunghezza (m)	60-100
	Larghezza (m)	15-30
	Stazza (ton)	2600-14000 (lorda)
		800-4200 (netta)

Tabella 3.3 – Intervalli dimensionali di una generica nave sismica

3.9.5 Modalità operative

La motonave percorrerà la griglia di rilevamento ad una velocità costante compresa tra i 4 e i 6 nodi (8-12 km/h circa) trainando sia la sorgente di energia (airgun) sia il cavo di ricezione delle onde elastiche di ritorno (streamer). Il terminale del cavo sismico sarà segnalato da una boa provvista di riflettore radar e di luce intermittente bianca. Ad intervalli prestabiliti, sarà liberato un volume di aria la cui pressione sarà scelta in funzione dell’obiettivo ma soprattutto al fine di arrecare il minor disturbo possibile agli organismi marini eventualmente presenti in prossimità del singolo rilievo.

3.9.6 Specifiche tecniche delle metodologie adottate e tempi di esecuzione

Per la campagna di prospezione sismica proposta, Shell Italia E&P S.p.A. si riserva di fornire le specifiche tecniche definitive una volta individuati e definiti i rapporti con i contraenti, nonché effettuata la scelta delle navi sismica e di appoggio da utilizzare. Tuttavia è possibile fornire un range dimensionale dei parametri che interesseranno la campagna.

Shell Italia E&P S.p.A., infatti, prevede di utilizzare un numero di cavi da traino denominati “streamer” compreso tra 1 e 12, di lunghezza tra i 6 e gli 8 km, posizionati ad una profondità tra i 12 e i 50 metri, a cui sono collegati gli idrofoni. L’iniezione di aria compressa avverrà attraverso degli elementi meccanici divisi in gruppi “array” (ca. 5080 cu), ciascuno dei quali opererà in una gamma di frequenze compresa tra 5-300 Hz, posti alla profondità di 8-12 m.

Per quanto riguarda i tempi di esecuzione, si prevede per l’acquisizione sismica in progetto, una durata totale di circa 6 settimane.

3.10 EVENTUALI OPERE DI RIPRISTINO

Le attività di prospezione oggetto di questa istanza, determinano la produzione di impulsi (onde elastiche) la cui propagazione nell’acqua risulta estremamente limitata nel tempo. L’occupazione dello specchio d’acqua è quindi un fattore di impatto e durata limitata nel tempo, dal momento che al termine delle operazioni la perturbazione della superficie marina cesserà completamente. Pertanto non si riscontra, al momento, nessuna opera di ripristino necessaria per la tipologia di attività proposta e per l’ambiente in cui verrà eseguita.

3.11 DESCRIZIONE DELLE OPERAZIONI DI PERFORAZIONE

Solo qualora gli studi svolti nella fase operativa di ricerca confermassero l’esistenza di accumuli di idrocarburi economicamente sfruttabili e questo fosse coniugato alla contemporanea presenza del sistema roccia-madre, roccia-serbatoio, roccia di copertura e trappola, Shell Italia E&P procederà alla perforazione di un pozzo esplorativo all’interno dell’area in oggetto la cui profondità finale sarà determinata in funzione delle caratteristiche geologiche riscontrate. Si specifica comunque che l’eventuale fase di perforazione del pozzo esplorativo dovrà, in ogni caso, essere sottoposta ad una nuova procedura di VIA.

Di seguito si riportano in modo schematico le attività legate alla realizzazione di una postazione per la perforazione di un pozzo esplorativo, le tecniche di perforazione e le tecniche di prevenzione dei eventuali rischi ambientali.

Va tuttavia ribadito, che queste attività sono strettamente legate ai risultati ottenuti delle indagini sismiche che proverranno sia dalla rielaborazione dei dati disponibili, sia dall'analisi dei dati che verranno acquisiti nella nuova campagna di rilievo sismico. Sono, inoltre, funzione anche del tipo di impianto che verrà scelto per la perforazione del pozzo esplorativo. Pertanto i dati che si riportano sono da considerarsi delle descrizioni di massima che però permettono di avere un quadro chiaro e completo delle operazioni che vengono effettuate durante la perforazione del pozzo esplorativo.

3.11.1 Tipologia delle piattaforme di perforazione offshore

L'esecuzione di un pozzo con scopi esplorativi ha la finalità di indagare gli obiettivi stratigrafici e/o strutturali messi in evidenza dai rilievi geofisici eseguiti in precedenza per verificare la presenza d'idrocarburi (gas o petrolio), stimarne la qualità e la quantità.

Di seguito si descrivono i principali impianti per la perforazione di un pozzo esplorativo in mare. Tali installazioni hanno come obiettivo, quello di ricreare le stesse condizioni operativo-ambientali presenti sulla terraferma. In essi, infatti, devono essere presenti, oltre agli alloggi per il personale, gli spazi dove alloggiare anche le attrezzature necessarie alla perforazione.

Piattaforme fisse: sono costruite con tralicci o gambe in cemento o acciaio ancorati direttamente al fondale marino con un ponte che accoglie la torre di perforazione, le eventuali attrezzature di perforazione atte a mettere in produzione il pozzo e gli alloggi per l'equipaggio. Queste piattaforme, grazie alla loro posizione fissa, sono progettate per tempi di utilizzo molto lunghi (ad esempio quando si decide di mettere in produzione un pozzo). Tali tipi di piattaforme sono usate per una profondità dell'acqua massima di 500 metri.

Piattaforme mobili o jack-up (Figura 3.47): sono impiegate in fondali di profondità inferiore a 200 metri. Esse devono essere rimorchiate e sono dotate di gambe retrattili che poggiano direttamente sul fondo marino. Si tratta di piattaforme di perforazione composte principalmente da un piano, sorretto da tre tralicci. Quando occorre spostare le piattaforme da un punto all'altro, i tralicci vengono retratti e posti in superficie. Essi possono scorrere verso l'alto o il basso, e durante i trasferimenti si trovano in superficie, dunque poggiati sul ponte. La struttura è trainata da rimorchiatori (tre di solito, detti navi di appoggio), che la portano sopra al punto scelto per perforare il pozzo. Una volta raggiunta la destinazione, i tralicci scorrono all'interno del deck e sono affondati nel fondale marino. A questo punto la piattaforma rimane fissa sulla sua postazione di lavoro fino al termine del pozzo, sollevata ad un'altezza tale da garantire che eventuali onde non vadano ad allagare il piano di lavoro.



Figura 3.47 - Esempio di piattaforma mobile o jack-up (fonte: www.isleofbarra.com)

Piattaforma semisommersibile (semisub): le piattaforme semisommersibili (Figura 3.48) possono lavorare in fondali molto profondi (anche maggiori di 1000 metri) e devono essere rimorchiate anch'esse da navi. Sono dotate di grossi scafi sommersi (il cui zavorramento definisce il livello della piattaforma sul mare). Le piattaforme semisommersibili sono considerate a tutti gli effetti dei natanti, proprio per la loro capacità di galleggiare e navigare abbastanza agevolmente. Dalla metà degli anni ottanta in poi, i semisommersibili sono stati costruiti come dei catamarani. Queste piattaforme, sono anch'esse realizzate con un piano, che ospita tutte le attrezzature di perforazione, ed è installato tramite colonne, le quali a loro volta, poggiano su scafi, che permettono il galleggiamento. Sono più grandi dei jack-up e possono lavorare in fondali molto più profondi. Questi mezzi sono muniti di eliche, alimentate da motori elettrici. Tali apparecchi sono definiti "*thrusters*", ossia generatori di spinta, che servono a contrastare le correnti marine e i venti di superficie, i quali porterebbero il mezzo alla deriva. Infatti con i *thrusters*, il mezzo può operare in posizionamento satellitare dinamico e riuscire a rimanere perfettamente sulla verticale del pozzo, senza l'ausilio di ancore. Le eliche hanno il compito principale di tenere fermo il mezzo, ed essere adoperati come propulsori ausiliari oppure autonomi (nel caso non ci si sposti con i rimorchiatori). Ad ogni modo, il mezzo lavora sempre ancorato. Le ancore possono essere nove oppure otto. Questo dipende dalla forma dell'impianto, che visto dall'alto, può avere una conformazione triangolare (3 ancore per spigolo), oppure quadrata o rettangolare (2 ancore per spigolo). Il mezzo è progettato in modo che, se una delle ancore dovesse cedere, le altre riescano comunque a mantenerlo in postazione. In funzione della massima profondità d'acqua in cui può operare, e in base al tipo di eliche, i semisub sono classificati in generazioni. Ora si è arrivati alla sesta generazione, ossia piattaforme autopropulse.

Qualora per il permesso di istanza di ricerca in oggetto le operazioni di ricerca dovessero avere esiti positivi, per le eventuali operazioni di perforazione la scelta da parte di Shell Italia E&P S.p.A ricadrebbe probabilmente proprio su questo tipo di piattaforma.



Figura 3.48 – Esempio di piattaforma semisommersibile (fonte: www.digital.iien-italia.eu)

Piattaforme sommergibili: le piattaforme sommergibili sono degli impianti di perforazione offshore adatti a fondali da pochissimi metri fino a qualche decina di metri. Sono in grado di galleggiare come natanti, anch'essi devono essere rimorchiati, non essendo dotati di organi motori marini, ma, a differenza dei jack-up, quando arrivano nel punto prescelto, riempiono di acqua i cassoni di galleggiamento e si autoaffondano, andandosi ad appoggiare sul fondo del mare. È importante quindi che il fondale sia piatto e regolare. La dotazione è la stessa di un jack-up. A fine pozzo, le pompe svuotano i cassoni dall'acqua e l'impianto va in galleggiamento, pronto a essere rimorchiato altrove.

Nave da perforazione o *drilling ship* (Figura 3.49): le navi da perforazione possono navigare autonomamente e, come le piattaforme semisommersibili, per mantenere la posizione dello scafo sulla verticale del pozzo utilizzano ancore, cavi e catene oppure il posizionamento satellitare dinamico con propulsori. Nella carena delle navi è ricavata un'apertura attraverso la quale passano le aste e le tubazioni di rivestimento dei pozzi. Essa è ancor oggi il mezzo migliore per perforare pozzi esplorativi in aree remote, lontane dai punti di rifornimento, perché su di essa si può caricare tutto il materiale necessario alla perforazione di un pozzo anche particolarmente impegnativo. Le navi di perforazione ancorate si possono utilizzare fino a profondità dell'ordine di circa 1000 m, mentre per profondità superiori si utilizzano navi a posizionamento dinamico (posizionamento tramite il sistema satellitare GPS); queste ultime sono oggi capaci di operare in acque profonde anche 3000 m. In questo caso, il limite alla profondità è imposto solo dal peso e dalla resistenza meccanica del sistema di connessione con la testa pozzo sottomarina.

Anche questa tipologia di dispositivo di perforazione, rientra tra le possibili scelte da parte di Shell nel caso di realizzazione di tali operazioni all'interno dell'area in istanza di permesso di ricerca.

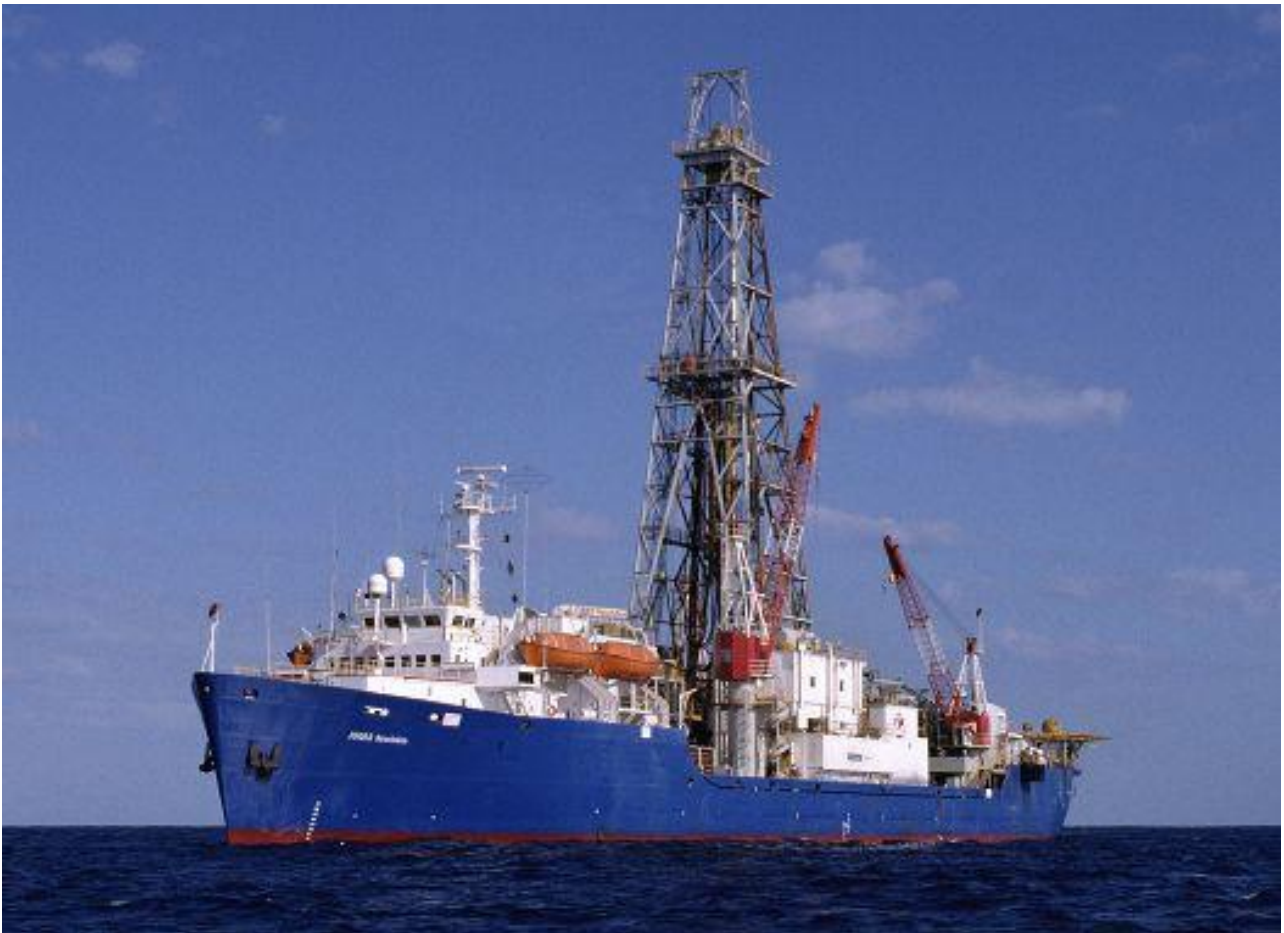


Figura 3.49 - Esempio di drilling ship (fonte: www-odp.tamu.edu)

Compliant towers: questo tipo di piattaforma consiste in torri strette e flessibili con un pilone di fondazione che sostiene un piano dove si trovano la torre di perforazione e tutte le attrezzature necessarie per la perforazione o l'eventuale messa in produzione del pozzo oltre che gli alloggi dell'equipaggio. Tali piattaforme sono progettate per sostenere notevoli sforzi e sollecitazioni laterali e sono usate in genere in acque la cui profondità varia tra 450 e 900 metri.

Piattaforme con gambe in tensione (Tension leg platforms o TLP): queste piattaforme consistono in un impianto di perforazione galleggiante collegato al fondo marino in maniera da eliminare la maggior parte del movimento verticale della struttura. Tali impianti sono usati fino a profondità massime di 2000 metri. Esiste anche una versione più piccola usata in acque meno profonde (tra 200 e 1100 metri) dello stesso tipo di piattaforma denominato "sea star".

Piattaforme SPAR (SPAR Platforms): sono ormeggiate al fondo marino come le TLP ma con un sistema di linee di ancoraggio più convenzionale. Tali piattaforme sono progettate in tre configurazioni principali e di solito operano in acque tra i 600 e 1700 metri.

Bisogna osservare che tali strutture in caso di messa in produzione del pozzo alla conclusione della fase esplorativa potranno diventare permanenti o semipermanenti. Di notte o in caso di scarsa visibilità qualsiasi tipo di piattaforma descritta in precedenza dovrà avere un adeguato sistema d'illuminazione per segnalare a eventuali natanti o aeromobili la loro presenza rispettivamente in acqua e in aria.

Tutti i tipi di piattaforma descritti in precedenza sono autosufficienti per la generazione dell'elettricità, i desalinizzatori d'acqua e tutto l'equipaggiamento necessario alla perforazione o eventuale messa in produzione del pozzo.

Ogni piattaforma è assistita costantemente 24 ore su 24 da piccole navi di supporto dette ESV (Emergency Support Vessel-Nave appoggio d'emergenza) che in caso di emergenza ha il compito di guidare le operazioni di ricerca e salvataggio. Oltre a questo tipo di nave possono essere presenti, a supporto delle

operazioni, anche altre navi di appoggio della piattaforma: le PSV (Platform Supply Vessels, Figura 3.50). Tali navi sono utilizzate per il rifornimento delle scorte alimentari, dell'equipaggiamento necessario all'avanzamento del pozzo durante la perforazione e/o produzione (materiale tubolare come aste di perforazione o *casing*, altro materiale come il cemento o il fango) o per i cambi del personale.



Figura 3.50 - Nave appoggio per piattaforma, detta supply vessel (fonte: www.nordcapital.com)

Inoltre qualsiasi tipo di piattaforma è dotata di un efficiente sistema antincendio (controllato periodicamente) oltre a due o più scialuppe di salvataggio (Figura 3.51) che vengono utilizzate in caso di abbandono della piattaforma stessa.

Tutto il personale operante in piattaforma, infine, oltre che essere altamente specializzato ed avere seguito appositi corsi (antincendio, primo soccorso, sopravvivenza) è periodicamente sottoposto a esercitazioni per simulare casi di emergenza o di abbandono della piattaforma.



Figura 3.51 - Esempio di scialuppa di salvataggio da piattaforma, tali scialuppe possono contenere da 50 a 100 persone (fonte: www.nauticexpo.it)

3.11.2 I meccanismi di compensazione del moto

Un impianto di perforazione in mare aperto deve essere in grado di operare con la piattaforma in movimento, poiché i sistemi di ancoraggio o di posizionamento satellitare (posizionamento dinamico) non sono fissi e permettono quindi spostamenti piuttosto rilevanti, sia sul piano orizzontale sia su quello verticale. Il movimento verticale è particolarmente dannoso per le operazioni di perforazione, poiché modifica le tensioni agenti sulla batteria delle aste. Occorrono quindi dei compensatori del moto, al fine di garantire una tensione costante sia sulla batteria di perforazione, sia sul marine riser (asta che collega la testa pozzo sottomarina con la piattaforma). Se non si prevedessero meccanismi di compensazione del moto, il movimento verticale di un impianto di perforazione galleggiante, generato da onde e maree, trasmetterebbe pericolose sollecitazioni alla batteria di perforazione ed allo scalpello con conseguenze dannose per la perforazione. Esistono due varianti dei compensatori del moto, basate su principi differenti: il giunto telescopico oggi non più usato e il sistema di compensazione dell'alzata. Quest'ultimo è composto da un sistema di tensionatori oleodinamici o pneumatici che bilanciano gli spostamenti verticali dell'impianto attraverso la corsa di opportuni pistoni, funzionanti sia in trazione sia in compressione, che mantengono costante la tensione sulla parte superiore della batteria di perforazione.

3.11.3 Attività di perforazione del pozzo

Con l'attività di perforazione ci si prefigge di raggiungere, in relazione alle condizioni stratigrafiche e all'assetto geologico-strutturale che caratterizzano le formazioni rocciose del fondale oggetto di ricerca, una profondità di esercizio non superiore ai 6000 metri.

Si ricorda che questa attività è strettamente legata ai risultati ottenuti delle indagini sismiche e dalla rielaborazione dei dati disponibili e pertanto i dati riportati di seguito sono da considerarsi delle descrizioni generali che, tuttavia, permettono di avere un quadro chiaro e completo delle operazioni che vengono effettuate durante la perforazione del pozzo esplorativo.

Tecniche di perforazione

Per quanto concerne le tecniche di perforazione comunemente utilizzate, si elencano di seguito i principali elementi che costituiscono l'impianto per il funzionamento di un pozzo:

- Torre di perforazione (struttura composta da travi in acciaio la cui funzione è di sostenere le pulegge e che contiene la batteria di perforazione);
- Sottostruttura (su cui poggiano argano, tavola rotary e torre);
- Vasche fanghi (per la miscelazione e lo stoccaggio) e pompe fanghi;
- Attrezzatura di perforazione (aste e scalpello);
- Generatori.

La perforazione del pozzo avverrà tramite un sistema rotativo che trasmette il moto di rotazione dalla superficie fino allo scalpello, fissato all'estremità di una batteria di aste tubolari. Gli elementi che producono il moto di rotazione sono:

- Tavola Rotary: piattaforma girevole recante inferiormente una corona dentata, trasmette il moto rotatorio alla batteria e allo scalpello; ha la funzione di tenere sospesi i tubi e le aste durante le manovre;
- Asta motrice: asta tubolare di sezione quadrata o esagonale, appesa alla testa di iniezione, che passa attraverso la tavola rotary trasmettendole la rotazione;
- Batteria d'aste: composta da aste di forma circolare che si distinguono in normali e pesanti (queste ultime vengono montate subito al di sopra dello scalpello in modo da generare un'adeguata spinta sullo stesso);
- Testa di iniezione: permette il pompaggio dei fanghi all'interno della batteria di perforazione mentre è in rotazione. Funziona da connessione tra il gancio della taglia mobile e la batteria di aste.

Negli impianti più moderni è presente una testa motrice detta *top drive* che raggruppa in un unico sistema gli ultimi tre elementi sopra descritti. Esso è sospeso alla taglia mobile per mezzo di un apposito gancio dotato di guide di scorrimento, nella testa motrice sono quindi incluse la testa di iniezione (che permette il

pompaggio dei fanghi all'interno della batteria di perforazione mentre è in rotazione), un sistema per l'avvitamento e lo svitamento della batteria di perforazione e un sistema di valvole per il controllo del fango pompato in pozzo.

Lo scalpello è un elemento che viene ruotato (attraverso una batteria di aste cave azionate dalla tavola rotary) e contemporaneamente spinto nel fondo del foro. Con il proseguire delle attività di scavo del pozzo, lo scalpello va incontro ad usura e dovrà essere ciclicamente sostituito. Lo scalpello viene azionato dalla batteria di perforazione. La prima delle aste appartenenti alla batteria è detta asta motrice e passa attraverso la tavola rotary. Essa è connessa al gancio manovrato attraverso la torre di perforazione. Il fango di perforazione è immesso all'interno del foro attraverso la tubazione di mandata del fango.

I fanghi di perforazione sono fluidi che vengono fatti circolare all'interno delle aste e nell'intercapedine tra queste e le pareti del foro. I fanghi sono normalmente costituiti da una fase liquida (acqua dolce o salata o idrocarburi) che viene resa colloidale ed appesantita attraverso l'uso di appositi prodotti. Le proprietà colloidali necessarie per mantenere in sospensione i detriti e per costruire un pannello di rivestimento sulle pareti finali del pozzo al fine di evitare infiltrazioni e/o perdite, vengono favorite dalla presenza della bentonite (particolare tipo di argille) e da altri particolari additivi (carbonato di potassio, polimeri polivinilici e silicati).

Le principali funzioni dei fanghi di perforazione sono:

- Sollevamento e rimozione dei detriti (*cuttings*) dal fondo pozzo verso la superficie, in modo da tener pulito il fondo pozzo e non rimacinare gli stessi detriti. Per questa funzione le caratteristiche primarie del fango utilizzato devono essere la viscosità e la densità, in modo da riuscire a trasportare in superficie i cuttings anche di apprezzabili dimensioni;
- Raffreddamento e lubrificazione dello scalpello e della batteria di perforazione al fine di ridurre la frizione che si crea tra le aste di perforazione e le pareti del foro;
- Contenimento dei fluidi di strato presenti nelle formazioni attraversate per effetto della pressione idrostatica esercitata dalla colonna di fango in foro. Perché ciò avvenga la pressione idrostatica del fango deve essere superiore alla pressione di formazione, altrimenti i fluidi di strato entrerebbero in pozzo risalendo in superficie, creando numerosi problemi (*kick* o *blow out*). La pressione idrostatica del fango è data dal suo peso specifico moltiplicato per la profondità, per cui per aumentarla basta appesantire il fango aggiungendo dei materiali inerti che non vanno in soluzione, ma rimangono in sospensione non andando quindi ad alterare le caratteristiche del fango;
- Stabilizzazione delle pareti del pozzo. Nel caso di formazioni porose, si verifica la filtrazione del fango: mentre la parte liquida dei fanghi tende a penetrare nella formazione, la parte solida si separa e forma una sorta di pellicola (detta *mud cake*) che impedisce ulteriori infiltrazioni e conferisce stabilità al foro stesso;
- Grazie alla "tissotropia" dei fanghi, quando si sospende il pompaggio, tutti i detriti perforati che non sono ancora usciti dal pozzo invece di ricadere al fondo rimangono in sospensione alla profondità a cui erano arrivati risalendo. Riprendendo il pompaggio, il fango, dopo un piccolo sforzo iniziale, ridiventa liquido e la circolazione può riprendere regolarmente;
- Fonte di informazioni riguardanti le formazioni attraversate. L'analisi dei cutting portati in superficie dai fanghi e dei gas disciolti nei fanghi, sono importanti nell'fornire informazioni sulla geologia della zona perforata e sull'andamento della perforazione.

Il tipo di fango utilizzato dipende principalmente dalle rocce attraversate durante la perforazione e dalla temperatura. Durante la stessa perforazione possono essere impiegati fanghi con caratteristiche diverse a seconda delle differenti situazioni che si possono incontrare durante l'avanzamento del pozzo. Il confezionamento del fango avviene in apposite vasche, aggiungendo all'acqua la bentonite ed il resto degli additivi che servono a conferirgli le caratteristiche chimico fisiche desiderate. I fanghi possono essere a base d'acqua (dolce o salata) oppure fanghi a base d'olio (cioè prodotti a base d'idrocarburi). Ai fanghi vengono comunemente addizionati altri materiali con funzione di viscosizzanti per migliorare la capacità di trasporto (normalmente vengono utilizzate argille bentonitiche) e di appesantimento (per aumentare la

densità). Vengono inoltre utilizzati altri additivi chimici per controllare la capacità di fluidificazione dei fanghi, variare la loro viscosità, oppure antischiumogeni, lubrificanti o anticorrosivi. È importante comunque assicurare un continuo controllo sulle proprietà fisico-chimiche dei fanghi durante le varie fasi di perforazione.

Il circuito del fango è un circuito idraulico chiuso che permette al fango di passare nella testa di iniezione, nelle aste, nello scalpello, di arrivare a pulire il fondo del foro e quindi di risalire nell'intercapedine tra le aste e il foro. Una volta uscito, il fango viene ripulito dai cutting e viene quindi iniettato nuovamente nel foro.

Di seguito vengono elencati gli elementi che fanno parte del circuito del fango:

- Pompe di mandata (permettono la circolazione del fango);
- Condotte di distribuzione di superficie (o manifold di sonda, per inviare il fango alla testa di iniezione);
- Testa di iniezione;
- Kill line (linea che porta il fango alla testa pozzo);
- Batteria di perforazione;
- Sistema di trattamento solidi o vibrovagli (apparecchiature che separano il fango riportato in superficie dai cutting inglobati durante la risalita. Si tratta di una macchina dotata di maglie con diversa apertura poste in vibrazione);
- Vasche di fango;
- Vascone rifiuti (in cui vengono stoccati i cuttings separati dai fanghi).

Registrazione diagrafie (wireline logging)

Lo scopo delle registrazioni dei carotaggi elettrici è raccogliere informazioni riguardanti le proprietà delle formazioni attraversate, quali litologia, resistività, porosità, saturazione dei fluidi, permeabilità. In questo modo è possibile accertare l'eventuale presenza di gas biogenici. Per la registrazione dei log elettrici verranno calati all'interno del foro appositi strumenti (*logging tools*) che misurino i parametri sopra elencati, in modo da poter valutare le caratteristiche produttive dell'obiettivo minerario. In caso di esito positivo si procederà alla fase di completamento del pozzo. In caso di esito negativo si procederà invece alla chiusura mineraria.

Programma di geologia operativa e wireline testing

Durante la perforazione verrà effettuata un'attività di analisi continua dei detriti di perforazione (*mud logging*), di controllo dei fluidi di perforazione e di acquisizione e elaborazione dei vari parametri di perforazione. Tale attività è finalizzata al riconoscimento, in tempo reale, dell'eventuale presenza di idrocarburi nelle formazioni attraversate e al monitoraggio in maniera continuativa delle condizioni operative nel pozzo.

Mudlogging: Il servizio di mudlogging sarà quindi presente sul sito per tutta la durata delle operazioni di perforazione e carotaggio del pozzo e comprenderà la raccolta di dati e la trasmissione quotidiana all'operatore, come descritto di seguito:

- **Campionamento geologico:** analisi e descrizione dei detriti di perforazione compreso l'esame per luminescenza effettuato utilizzando solventi adatti al rilevamento di idrocarburi, confezionamento ed etichettatura dei campioni. Deve essere tenuto un registro accurato della trasmissione di tutti i campioni spediti dal sito del pozzo;
- **Intervalli di prelievo dei campioni:** verranno raccolti una serie di campioni umidi e secchi a diverse profondità. Il numero e l'esatta posizione saranno in funzione della perforazione;
- **Rilevamento e monitoraggi di gas nel getto di fango:** analisi cromatografica dei gas dal metano al pentano;

- **Monitoraggio dei gas nel getto di fango utilizzando dati forniti dalle apparecchiature di perforazione:** monitoraggio degli idrocarburi gassosi totali;
- **Raccolta dati di perforazione computerizzati utilizzando i dati digitali forniti dal sistema di sensori delle apparecchiature di trivellazione:**
 - monitoraggio continuo dei dati del pozzo e di perforazione;
 - registrazione e memorizzazione dei dati;
 - monitor di visualizzazione nell'unità diagrafia fanghi, nell'ufficio del Supervisore della Trivellazione, nell'ufficio del Responsabile dell'Impianto di Perforazione HDI; un monitor a prova di esplosione nella console del Perforatore;
 - stampa delle registrazioni in ordine di tempo;
 - recupero delle registrazioni in ordine di profondità;
 - recupero e utilizzo dati;
 - idraulica online (Bingham & Power Law);
 - calcolo del ritardo online.
- **Carote di parete:** si potranno prelevare dei campioni dalle pareti laterali durante l'esecuzione del pozzo.
- **Campionamento fluidi:** si potranno campionare, sia durante la perforazione che durante i test, i fluidi provenienti dalle formazioni attraversate dal sondaggio.
- **Wireline testing:** è prevista inoltre l'acquisizione di misure di dati di pressione e di gradienti di formazione in corrispondenza dell'obiettivo minerario. Le modalità e le profondità alle quali saranno effettuati i test saranno decise sulla base dell'interpretazione preliminare dei log elettrici.

A valle della identificazione positiva di formazioni contenenti idrocarburi, derivanti dall'analisi dei log e delle misure di pressione si potranno prevedere prove di produzione.

Prove di produzione

Nel caso in cui la registrazione dei log elettrici indichi la potenziale presenza di idrocarburi, sarà prevista l'esecuzione di una serie di prove di produzione del pozzo. Il programma di prova di produzione, non prevedibile durante la fase attuale, sarà predisposto quando la geologia del sito e la natura dei fluidi presenti saranno definiti nel dettaglio. Tuttavia, di seguito si riporta una descrizione tipica di una prova di produzione. Lo scopo del test è finalizzato alla verifica della possibilità di portare gli idrocarburi in superficie.

Durante la prova, sia gli idrocarburi (gas, condensati e grezzo), sia il materiale vario prodotto durante la fase di pulizia (*clean up*) del foro, come fango, acqua e detriti, saranno potenzialmente portati in superficie. Tale flusso sarà indirizzato in apposite apparecchiature dove avverrà la separazione dei gas dai liquidi.

Qualora in superficie giungesse olio, il test verrà subito interrotto poiché la messa in produzione del pozzo non è prevista durante questa fase. L'olio sarà, quindi, raccolto in un serbatoio dedicato per essere in seguito rinviato nella formazione di provenienza, mentre il gas verrà bruciato in torcia.

La durata di *clean-up* del pozzo è stimata al massimo in circa 48 ore, mentre quella del flusso di collaudo di circa 72 ore.

3.11.4 Attività conclusive

Completamento del pozzo

Nel caso in cui l'esito del sondaggio risulti positivo e vengano intercettate zone di accumulo di idrocarburi economicamente sfruttabili, si passerà al completamento del pozzo. Questa attività comprende l'insieme delle operazioni necessarie a consentire la messa in produzione del pozzo in condizioni di sicurezza. I completamenti dei pozzi si dividono in due grandi categorie: i completamenti in foro scoperto e quelli in foro tubato. Quest'ultimi sono i più impiegati, in quanto la tecnica garantisce una maggiore stabilità del foro, e in questo caso il completamento avviene in un pozzo che è stato rivestito e cementato su tutto il suo sviluppo. Per poter garantire la produzione è necessario ristabilire la comunicazione idraulica tra i livelli

mineralizzati e il foro. Per il completamento del pozzo si utilizza la stringa di completamento, che può essere singola o multipla.

Accertamento minerario (well testing)

Per verificare il reale rendimento dei livelli produttivi individuati, successivamente alla perforazione e al completamento del pozzo verranno effettuate delle prove di erogazione di breve durata,. Questi test vengono eseguiti per valutare la portata di erogazione dal pozzo in funzione delle diverse aperture delle valvole di flusso e il tempo di risalita della pressione statica di testa pozzo, al fine di ricavare informazioni sulla capacità del reservoir. Il gas prodotto verrà analizzato dall'impianto di prova e smaltito attraverso la fiaccola.

Chiusura mineraria in caso di pozzo sterile o scarsamente produttivo

Nel caso le prove di produzione diano esito negativo (e quindi il pozzo risulti sterile o scarsamente produttivo) si procederà alla chiusura mineraria del pozzo. Verranno ripristinate le condizioni idrauliche iniziali al fine di isolare i fluidi di strato in modo da evitare l'inquinamento delle acque superficiali. Per la chiusura del pozzo verranno utilizzati i seguenti elementi:

- Tappi di cemento: tappi di malta cementizia che vengono inseriti nel pozzo per chiudere i diversi tratti del foro;
- Squeeze: iniezione di malta cementizia in pressione verso le formazioni tramite di appositi "cement retainer" con lo scopo di chiudere gli strati attraversati durante le prove di produzione;
- Bridge plug: dei tappi meccanici fatti scendere nel pozzo con le aste di perforazione e fissati con dei cunei alla parete della colonna di rivestimento. Un packer si espande contro le pareti della colonna isolando la zona sottostante da quella superiore;
- Fanghi: fanghi di opportuna densità vengono immessi nelle sezioni libere del foro, tra un tappo e l'altro, in modo tale da controllare le pressioni al di sopra dei tappi di cemento e dei bridge plug.

Il numero dei tappi e la loro posizione dipendono dalla profondità raggiunta, dal tipo e profondità delle colonne di rivestimento e dai risultati geologici e minerari (eventuali livelli produttivi individuati) del sondaggio, pertanto nel caso dell'eventuale chiusura mineraria il programma dettagliato sarà formalizzato al termine dell'attività di perforazione e/o delle prove di produzione e sottoposto all'approvazione della competente autorità.

Nella Figura 3.52 è riportato un esempio di schema di abbandono del pozzo, posto in essere una volta completate le attività di perforazione e la realizzazione dei test. Il pozzo verrà definitivamente chiuso minerariamente in conformità ai requisiti di legge ed alle procedure standard di Shell Italia E&P S.p.A.

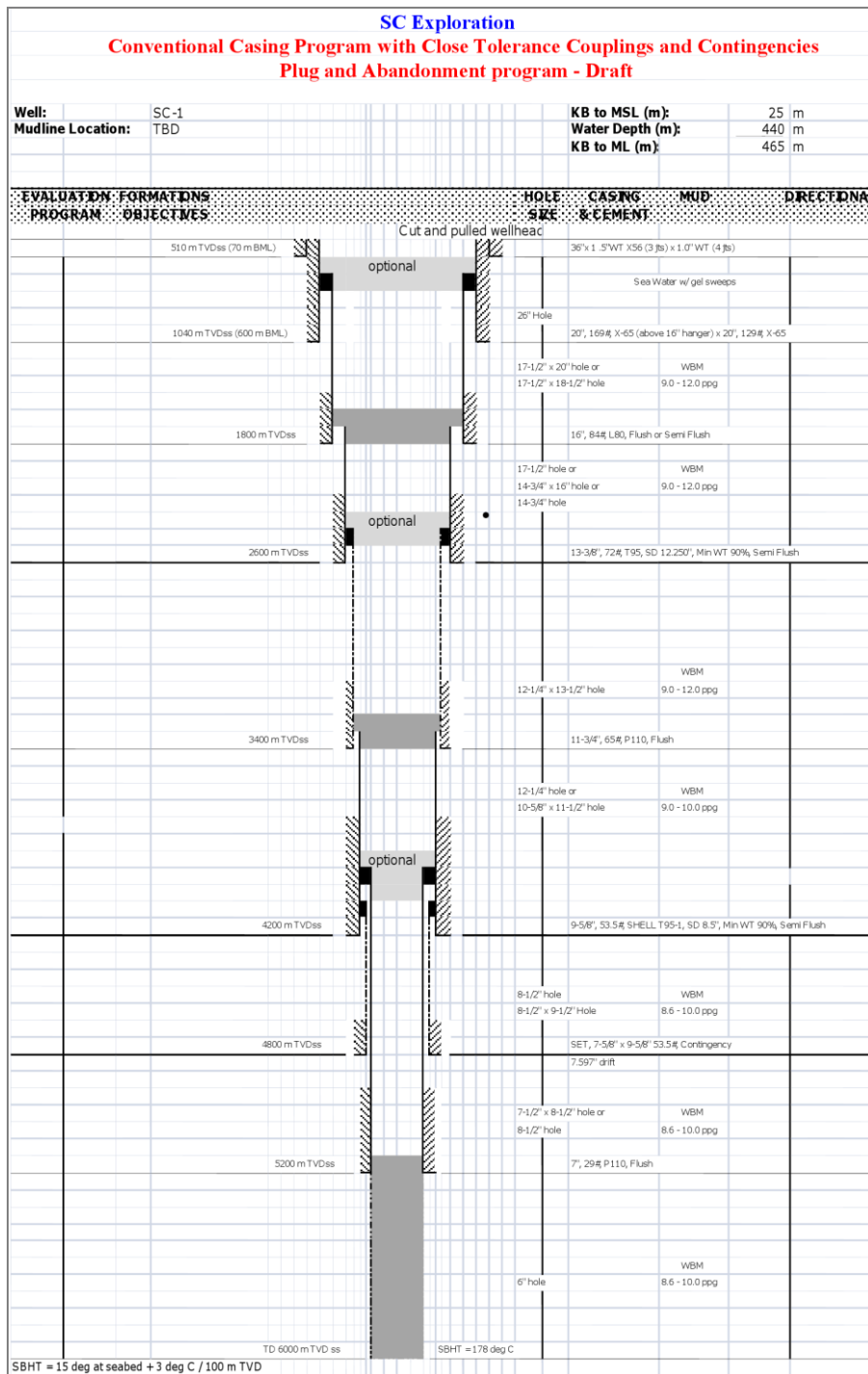


Figura 3.52 - Schema di eventuale abbandono del pozzo secondo le procedure standard di Shell Italia E&P S.p.A.

3.11.5 Tecniche di prevenzione dei rischi ambientali

Al fine di salvaguardare l'ambiente circostante da tutti quegli eventi incidentali che potrebbero perturbare il suo naturale stato, verranno messe in atto, durante la fase di attività oggetto di questa istanza una serie di misure preventive attraverso l'utilizzo di elementi che possano ridurre i rischi connessi alle attività di stesse.

Si ricorda che l'eventuale attività di perforazione di un pozzo esplorativo all'interno dell'area in oggetto è strettamente legata ai risultati ottenuti delle indagini sismiche, oggetto del presente studio ambientale, e dovrà, in ogni caso, essere sottoposta ad una nuova procedura di Valutazione di Impatto Ambientale. Pertanto, in tale sede, verranno analizzati in dettaglio i rischi ambientali inerenti le attività di perforazione e le opportune mitigazioni da attuare.

4 QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE

Nei capitoli seguenti verranno analizzate le caratteristiche ambientali della zona, con un'analisi dettagliata dei siti Rete Natura 2000. Inoltre, verranno considerati vari aspetti quali la presenza e l'ubicazione delle aree marine di ripopolamento, le aree marine archeologiche, la descrizione degli ambienti marini con informazioni su flora e soprattutto fauna ittica e quindi pesca, presenza e avvistamenti di mammiferi, tartarughe e benthos. Quest'analisi dettagliata viene fatta allo scopo di comprendere al meglio il quadro ambientale e fare in modo che l'impatto antropico sia il minore possibile o addirittura nullo.

4.1 DELIMITAZIONE DELLE AREE INTERESSATE DALLE OPERAZIONI

L'area interessata dalle operazioni di ricerca, in dettaglio il blocco "d 74 F.R.-SH", è situata nella porzione settentrionale del Mar Ionio al largo delle coste della Calabria e, più distanti, di quelle lucane (Figura 4.1).

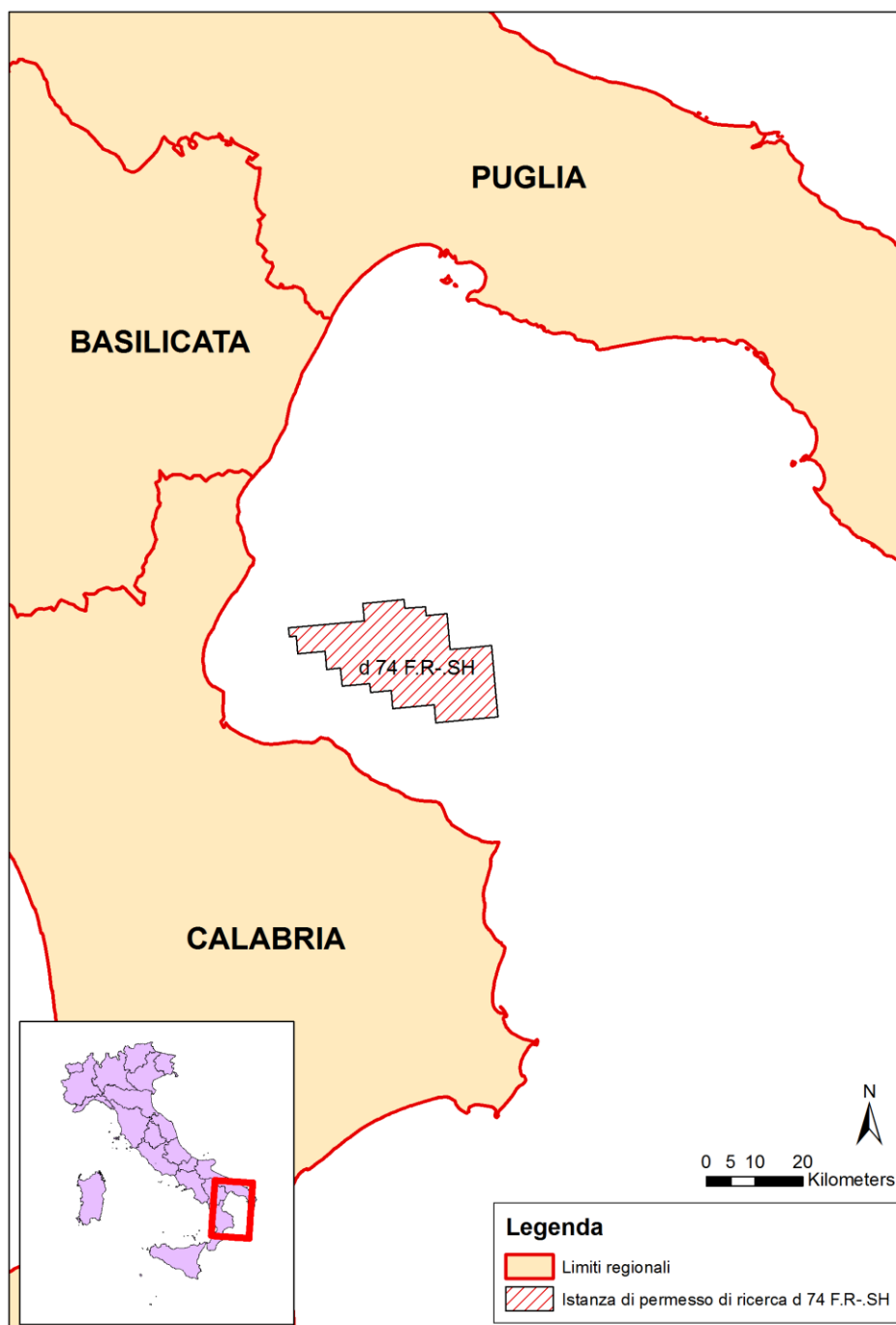


Figura 4.1 - Ubicazione del blocco in istanza di permesso di ricerca a largo delle coste calabresi nord-orientali

4.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO DELL'AREA

L'assetto geologico dell'area relativa al permesso in istanza è molto complesso poiché tipico di una zona che ha subito una travagliata storia deformativa, su cui ancora non esistono unanimi consensi in toto. L'area infatti giace in un settore di transizione non solo posto tra il dominio di Catena e quello di Avanfossa, financo tra i terreni all'intero dello stesso dominio di Catena costituito dagli edifici orogenici della Catena Appenninica s.s. e l'Arco calabro.

Il blocco d 74 F.R.-SH ricade nella zona antistante le coste nord-orientali della Calabria all'interno di alcuni limiti sepolti rappresentati ad Est dal fronte di accavallamento della Catena Appenninica e verso Nord dal prolungamento in mare del lineamento tettonico dato dalla Linea di Sanginetto.

Per tale motivo, azzardando una previsione sulla base di dati bibliografici, la proiezione attraverso la colonna d'acqua del blocco in argomento, ricadrebbe interamente sui terreni fortemente deformati afferenti alla Catena Appenninica Campano-Lucana e l'Arco calabro. In questo settore, la complessa storia tettonico-deformativa ha contribuito ad obliterare quei tratti distintivi utili per demarcare il limite di un dominio rispetto ad un altro.

Tuttavia, la reale situazione geologico-strutturale dell'area sommersa al di sotto del blocco di ricerca può estrapolarsi, in linea di massima, dalla proiezione, verso Sud, delle condizioni studiate sulla terraferma e verso Nord dai dati di provenienza dai sondaggi sismici profondi eseguiti off-shore nell'alto Ionio.

Nel primo caso è possibile analizzare la sezione geologica interpretativa, orientata NE-SO, eseguita trasversalmente al fronte della Catena (Figura 4.2) (Periodico dell'Ordine dei Geologi di Basilicata, n. 6–Ottobre 2004). In essa sono visibili le diverse unità stratigrafico-strutturali impilate dissecate da lineamenti strutturali sia ad alto che a basso angolo che accompagnano i sovrascorrimenti che caratterizzano l'area. Dal basso sono visibili i sedimenti della Piattaforma Apula che affiorano solo nella porzione più orientale della Puglia, al disopra di essi sono sovrascorse:

- (a) le unità appenniniche;
- (b) le unità Plio-pleistoceniche (fossa bradanica, “piggy back basins” e bacini intermontani).

Queste unità sono grossomodo localizzate rispettivamente ad Ovest e ad Est del fronte della catena appenninica. Il fronte attuale della catena, infatti, individuato grazie a dati di sottosuolo (Sella et alii, 1988), è ricoperto dai depositi della Fossa Bradanica, la quale si interpone fra le zone più esterne della catena e l'avampaese Apulo indeformato. Il fronte interseca la linea di costa nell'area settentrionale del Mar Ionio, dove la profondità delle acque raggiunge e supera i 2000 m.

Il suo riempimento è rappresentato da un prisma sedimentario di età Plio-pleistocenica che giace in discordanza angolare sui carbonati della Piattaforma Apula e sulle unità alloctone più esterne dell'Appennino meridionale. I depositi più antichi sono marne ed argille marnose riferibili al Pliocene medio-superiore (Balduzzi et alii, 1982) o al Pliocene medio (Patacca & Scandone, 2001). Questi depositi sono parzialmente ricoperti dalle coltri alloctone, la cui messa in posto è riferibile al Pleistocene medio-superiore (Balduzzi et alii, 1982). I depositi marnosi ed argillosi del pliocene inferiore e medio passano verso l'alto ad una successione di arenarie torbiditiche ed argille del Pliocene superiore, spesso fino a 750 m, seguita da un potente complesso argilloso con intercalazioni di arenarie torbiditiche, spesso oltre 1000 m, riferibile al Pleistocene medio-superiore. La parte inferiore del complesso argilloso, del Pleistocene inferiore, è interessata da pieghe e sovrascorrimenti, mentre la successione del Pleistocene medio giace in discordanza sulle unità alloctone e sulle successioni più antiche. I depositi più recenti della Fossa Bradanica si rinvengono nell'area di Montalbano ionico, nella parte meridionale del bacino. Essi appartengono ad una successione regressiva depostasi nella parte basale della zona a P. lacunosa (Pleistocene medio: Ciaranfi et alii, 1996, 2001).

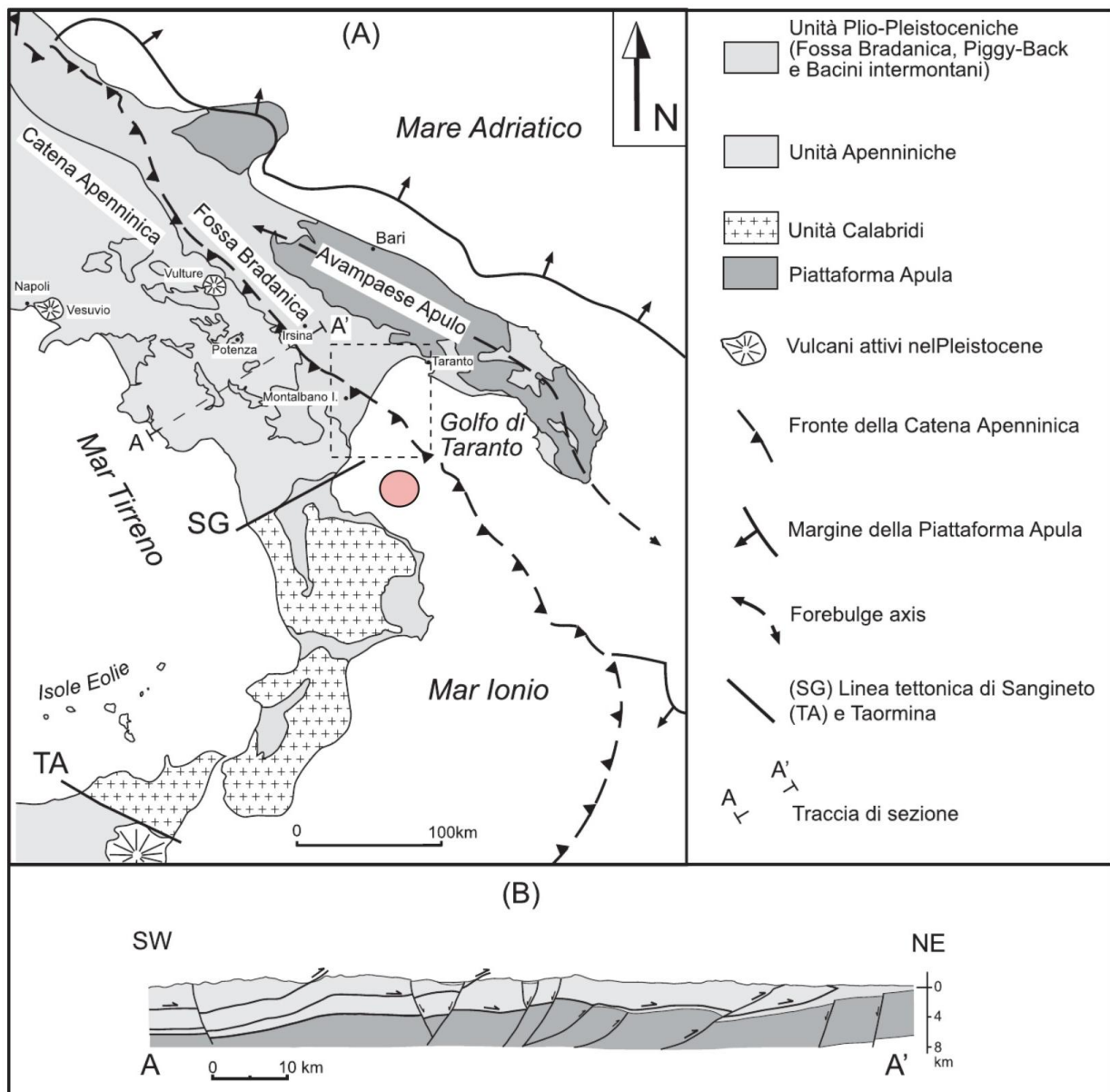


Figura 4.2 - A. Schema tettonico dell'Appennino meridionale e dell'Arco Calabro. È indicata la posizione del Golfo settentrionale del Mar Ionio e della Fossa Bradanica. Le tracce del margine della piattaforma apula e dell'asse del forebulge sono tratte da Gambini & Tozzi (1996). B. Sezione geologica (A-A') schematica trasversale al fronte della Catena Apenninica e all'Avanfossa Bradanica (fonte: Periodico dell'Ordine dei Geologi di Basilicata, n. 6-Ottobre 2004). Il cerchio in rosso indica la posizione del blocco d 74F.R.-SH in istanza di permesso

La proiezione dei dati noti verso Nord avviene grazie ai sondaggi sismici profondi tratti dagli studi relativi alla realizzazione della linea sismica regionale "Crop M5" (Figura 4.3). Questa si sviluppa nella parte alta dello Ionio, orientata NE-SO, circa parallela alla sezione A-A' precedentemente illustrata.

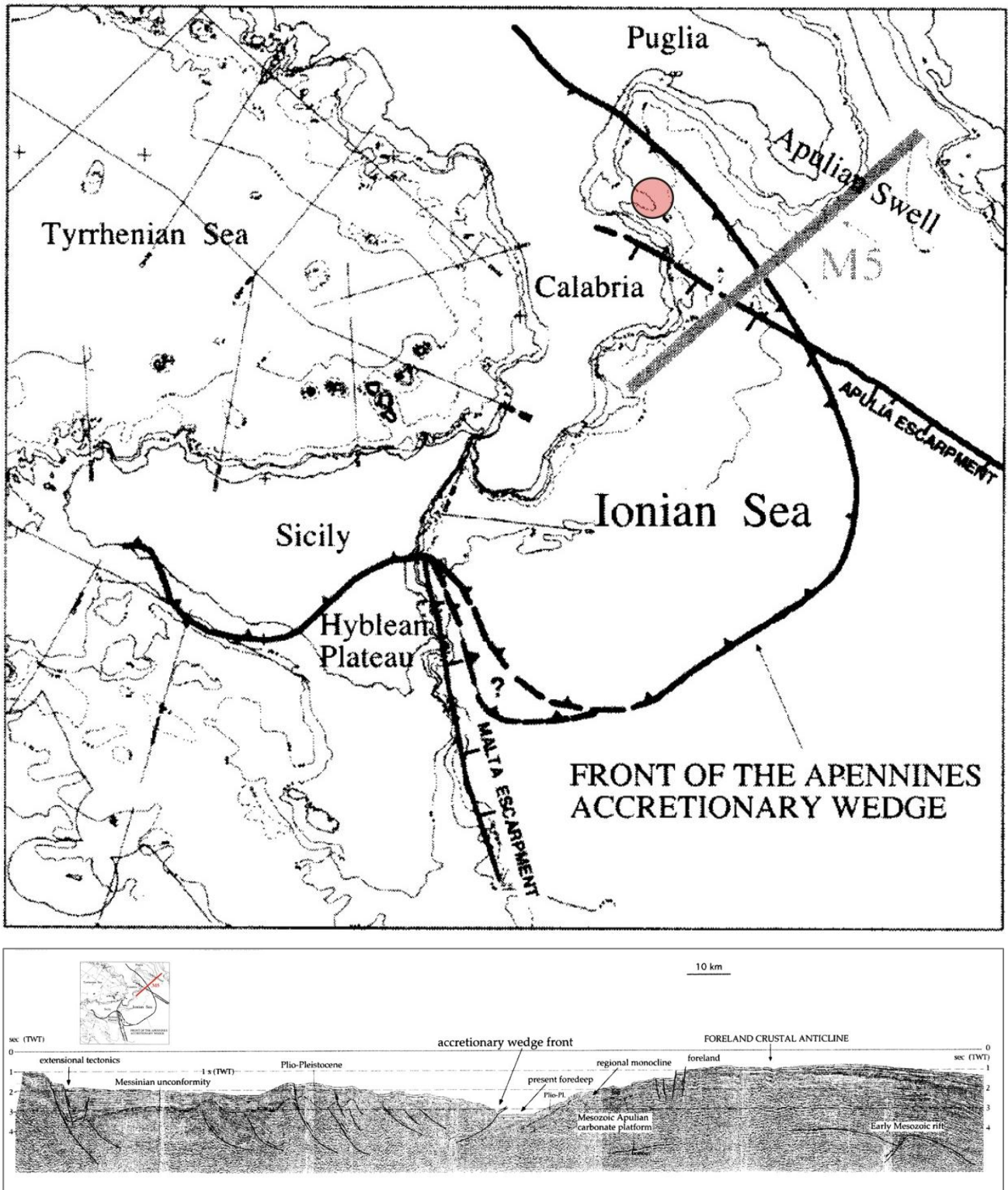


Figura 4.3 – Mappa della localizzazione della linea Crop M5 nello Ionio (in alto) e sviluppo della linea sismica regionale interpretata in basso. Il cerchio in rosso indica la posizione del blocco d 74F.R.-SH in istanza di permesso (fonte: Merlini et al., 2000, modificato)

La linea “Crop M5” mette in evidenza strutture tipiche di zone di catena, ad Ovest, e di avanfossa ed avampaese procedendo verso Est. Le tipiche strutture di deformazione di catena rinvenuti sono: un prisma di accrezione attivo frontale, strutture a triangolo al suo interno e depositi fortemente deformati incorporati nel prisma e ricoperti talora da depositi di bacini satelliti. Nella porzione orientale della linea la forma più peculiare è data da una monoclinale regionale inclinata di 8° circa più rilevata del cuneo di accrezione. Qui l’avampaese risulta piegato da una anticlinale crostale-litosferica larga 100 km che, emerge più a Nord-Est, in corrispondenza della Puglia.

Seguendo un'interpretazione di carattere regionale, invece, il blocco in istanza ricadrebbe interamente sui terreni dell'Arco Calabro-Peloritano, un elemento di catena fortemente arcuato della fascia orogenica perimediterranea posto tra la catena appenninica s.s., caratterizzata da un andamento circa NO-SE e la catena siciliano-maghrebide ad andamento E-O. L'Arco, infatti, rappresenta l'elemento di discontinuità nello sviluppo, da Nord a Sud, della Catena Appennino-Maghrebide ed è interpretato come un frammento di crosta continentale appartenente alla catena alpina costituito da una serie di coltri cristalline d'età paleozoica, accavallate sia su unità oceaniche mesozoiche sia su unità terrigene e carbonatiche dell'Appennino meridionale.

La costruzione dell'edificio a falde alpine ed il metamorfismo delle coltri cristalline, insieme a parte delle unità ofiolitifere di crosta oceanica, si realizza in due fasi verificatesi fra il Cretaceo superiore e l'Oligocene inferiore (Minzoni et al., 1990). Nel Miocene inferiore si ha il loro sovrascorrimento in toto sulla catena appenninica (Dietrich et al., 1976). La costruzione dell'edificio a falde nella sua forma attuale si completerebbe nel Tortoniano-Messiniano.

A tal proposito l'arco calabro-peloritano è stato suddiviso in due settori: settentrionale e meridionale, caratterizzati da una storia evolutiva differente.

Il settore settentrionale, ove ricade il blocco in istanza, è caratterizzato dalla sovrapposizione di una serie di unità cristalline, derivanti dalla deformazione di domini continentali e oceanici, con polarità europea. Queste unità risultano sovrascorse sui terreni carbonatici di piattaforma delle unità appenniniche, che affiorano in finestre tettoniche fino all'altezza della stretta di Catanzaro. Nei complessi alpini sono individuabili cinque unità di cui le due più profonde sono unità ofiolitifere appartenenti a domini di crosta oceanica, mentre le rimanenti sono porzioni di crosta continentale.

Trasgressivi sulle unità alloctone e sui depositi terrigeni sin-orogenetici, giacciono sedimenti sia marini che continentali, riferibili a più cicli tettono-sedimentari e correlabili con le diverse fasi del progressivo smembramento della catena.

Dal punto di vista cinematico, invece, i limiti dell'arco calabro vengono identificati con la Linea del Pollino al margine settentrionale e con la Linea Tindari-Giardini a quello meridionale sono interpretati come due grandi "binari" litosferici a scorrimento rispettivamente sinistro e destro che hanno consentito di guidare l'espansione tortoniano-pleiocenica del bacino tirrenico e lo scorrimento verso E-SE dell'Arco rispetto alle aree stabili siciliana-africana ed appenninica-adriatica.

4.3 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E BATIMETRICO

La porzione settentrionale del Mar Ionio, per la sua posizione geografica, rappresenta una delle aree più interessanti dal punto di vista geologico del Mediterraneo centrale. Questo aspetto influenza notevolmente la morfologia sia superficiale che sommersa con inevitabili ripercussioni sulle forme del paesaggio conferite dalle strutture profonde. Il risultato è pertanto molto diverso nei versanti orientale ed occidentale del golfo.

Nell'area del golfo, che ha un'estensione complessiva di circa 16.000 km², si distinguono quattro principali unità morfologiche (Rossi e Gabbianelli, 1978) (Figura 4.4):

- piattaforma continentale (i)
- scarpata continentale (ii);
- fascia intermedia (iii);
- fondo della valle di Taranto (iv).

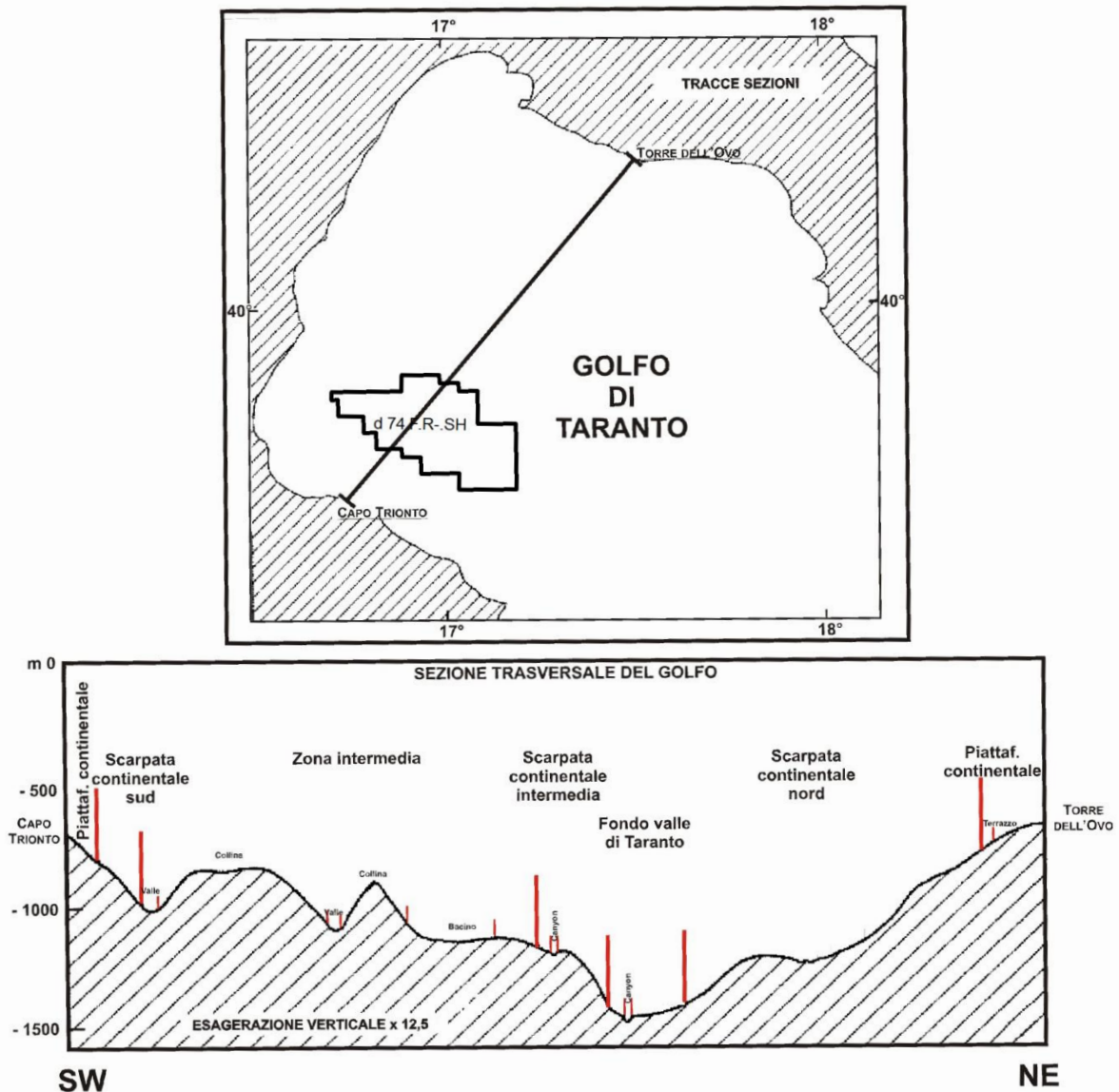


Figura 4.4 – Profilo trasversale eseguito nel Golfo settentrionale del Mar Ionio orientato NE-SO da Torre dell’Ovo a Capo Trionto ed in basso in evidenza le caratteristiche morfologiche riscontrate (fonte: Rossi e Gabbianelli, 1978, modificato)

(i) Nel versante NE del Golfo il limite della piattaforma continentale (“shelf-break”) si trova ad una profondità media di 225 m (tra i -180 e i -280). La presenza di un ampio terrazzo caratterizza questo versante il cui limite superiore, marcato da una netta rottura di pendenza, è situato ad una profondità media di 140 m. Il limite inferiore coincide con lo “shelf-break” della stessa piattaforma. Morfologicamente il terrazzo si mantiene ampio nella zona meridionale per restringersi verso Nord mantenendo una pendenza intorno ai valori della piattaforma: 0°48’.

Lungo il versante SO la piattaforma ha morfologie molto differenti: lo “shelf-break” ha una profondità che oscilla attorno ai 113 m e la piattaforma si presenta piuttosto ristretta e tormentata da numerose incisioni in corrispondenza delle testate dei canyon che la popolano. Tali forme secondo Moore (1967), non sarebbero direttamente raccordate alla foce dei fiumi, ma legate alle dinamiche del trasporto dei sedimenti ad opera delle correnti che agiscono sottocosta. Le dimensioni, in questo versante, della piattaforma sono limitate con una lunghezza di 6 km ed una superficie di 20 km²; in corrispondenza di Banco dell’Amendolara (Figura 4.5) essa si eleva raggiungendo i 74 m con una profondità minima di 26 m.

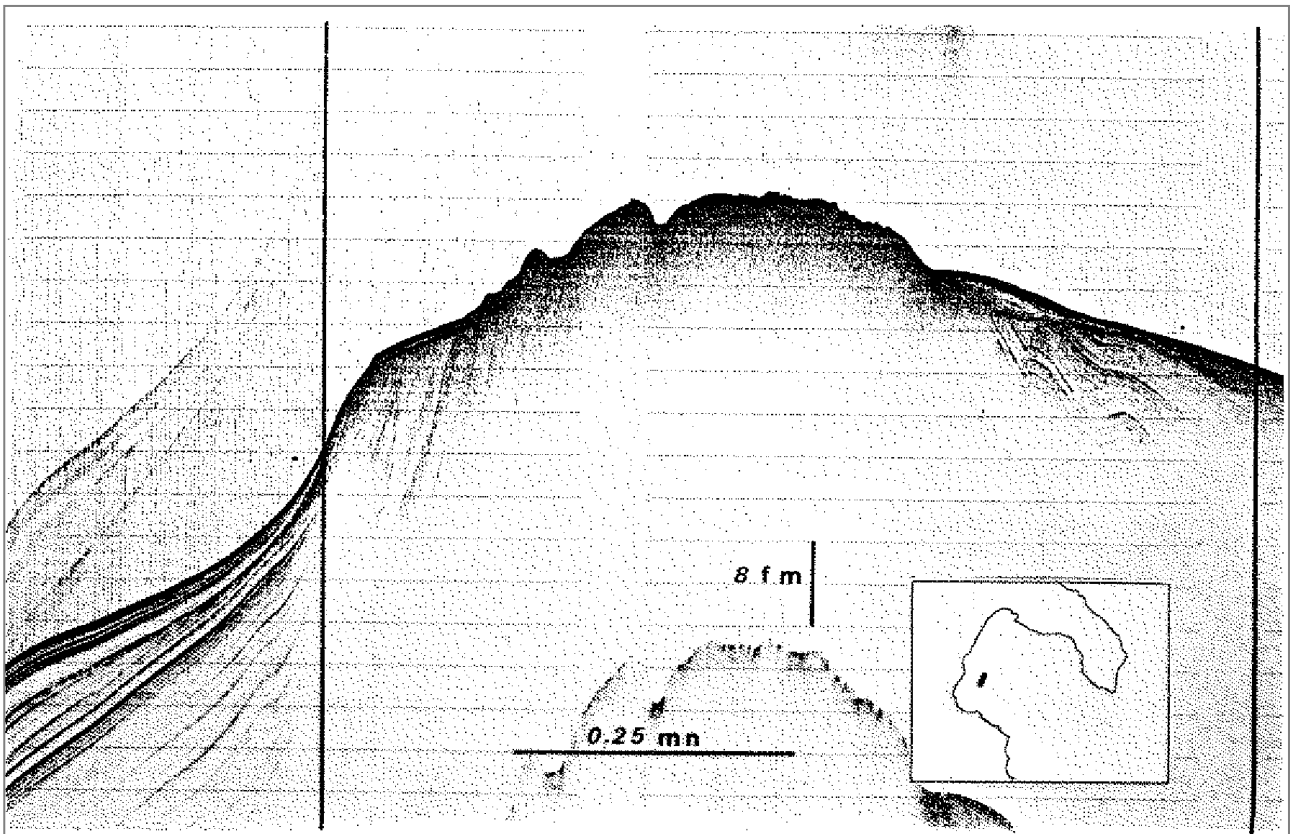


Figura 4.5 – Profilo ecografico di Banco dell'Amendolara (fonte: Rossi e Gabbianelli, 1978)

(iii) La scarpata continentale nel versante NE del Golfo ha un andamento piuttosto regolare sia in ampiezza che in pendenza e si sviluppa dal ciglio della piattaforma al margine orientale del fondo della Valle di Taranto. La regolarità del pendio viene interrotta solo in corrispondenza di un terrazzo con una superficie di 836 km². Procedendo verso il centro del golfo, la zona di scarpata è interessata da alcune incisioni, di cui solo una sembra prolungarsi fino al fondo-valle. Le incisioni sono caratterizzate da fianchi non molto ripidi costituiti da sedimenti non consolidati.

Nel versante SO la scarpata continentale appare molto meno ampia, più irregolare ed accidentata. Una fascia a media inclinazione, dolcemente inclinata, separa la scarpata in due parti: superiore ed inferiore. La scarpata superiore si estende dal ciglio della piattaforma continentale fino ad una profondità media di 660 m dove viene interrotta da una netta rottura di pendenza. Lungo il versante sono presenti profondi canyon attivi e in fase erosiva senza apprezzabili accumuli di sedimenti al fondo. Quasi tutti sboccano in bacini e valli della zona intermedia. La scarpata inferiore si estende dal margine esterno della fascia intermedia fino al fondo della Valle di Taranto ed appare piuttosto continua e localmente interrotta da piccole superfici ondulate. Anche in questa zona sono presenti numerosi canyon attivi e convogliano i sedimenti perlopiù nel fondo della Valle di Taranto.

In generale in tutto il golfo, anche se maggiormente nel versante NO della Valle di Taranto, sono presenti diffuse frane sottomarine accumulate alla base della scarpata continentale sottoforma di scivolamenti gravitativi estesi anche di parecchi chilometri (Figura 4.6 e Figura 4.7).

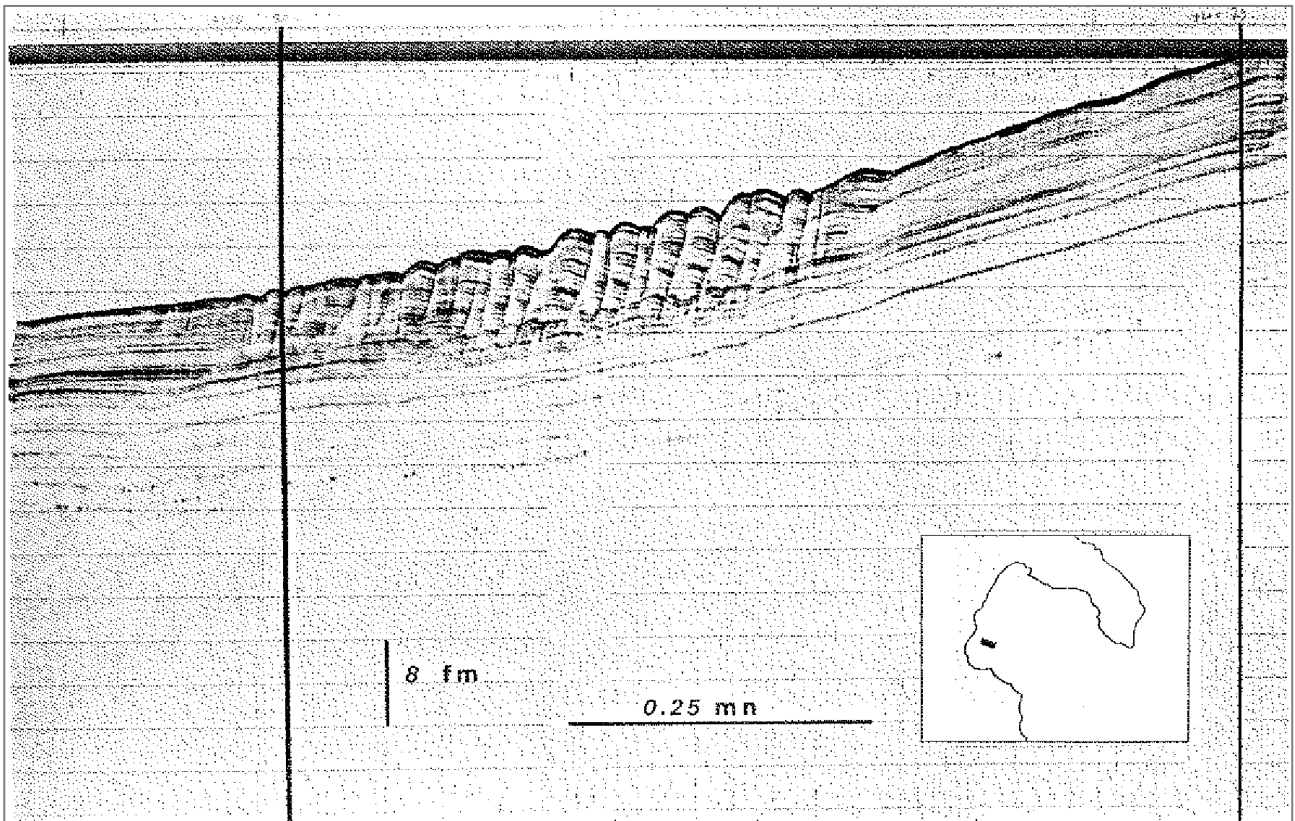


Figura 4.6 – Sedimenti increspati in una zona di scivolamento in un settore di scarpata continentale
 (fonte: Rossi e Gabbianelli, 1978)



Figura 4.7 – Esempio di “slump” nella scarpata continentale della parte settentrionale del Mar Ionio
 (fonte: Rossi e Gabbianelli, 1978)

(iii) La fascia intermedia è collocata tra la scarpata superiore e quella inferiore che caratterizzano il versante SO del Golfo di Taranto e in un'area ristretta del versante NE. Questo settore morfologico è caratterizzato dalla presenza di quattro forme dimensionalmente secondarie: bacini di sedimentazione; piani ondulati; valli; colline.

Bacini di sedimentazione: due bacini si trovano nella parte settentrionale del golfo collocati a profondità tra i 450 m e gli 836 m, con una debolissima inclinazione verso il largo dove sono limitati da colline. Tra di essi il maggiore occupa una superficie di 465 km² ed è alimentato da numerosi canyon che solcano la scarpata superiore. Dagli studi ecografici si evincono una serie di riflessioni parallele indicatori di una forte sedimentazione recente. Il fondo dei bacini sono, talvolta, interessati da piccole ondulazioni che indicano una certa attività delle correnti con accumuli di sedimenti ai margini del bacino.

Piani ondulati: si tratta di aree semipianeggianti occupate da piccole depressioni o leggeri rilievi responsabili di rendere tortuoso il trasporto dei sedimenti verso il fondo della Valle di Taranto.

Valli: talvolta molto estese, si sviluppano in genere parallelamente alla terraferma per poi deviare di 90° e collegarsi con il fondo della Valle di Taranto.

Colline (Figura 4.8): mostrano un generale allineamento ed allungamento in direzione NO-SE e i versanti sono asimmetrici con pendenze fino ai 15° e quelli opposti di 6°42'. La loro altezza varia da un minimo di 60 m ad un massimo di 761 m con diverse culminazioni ampie, spesso terrazzate e separate da selle. Alla base delle colline possono individuarsi accumuli caotici di sedimenti staccati dai fianchi ("slump").

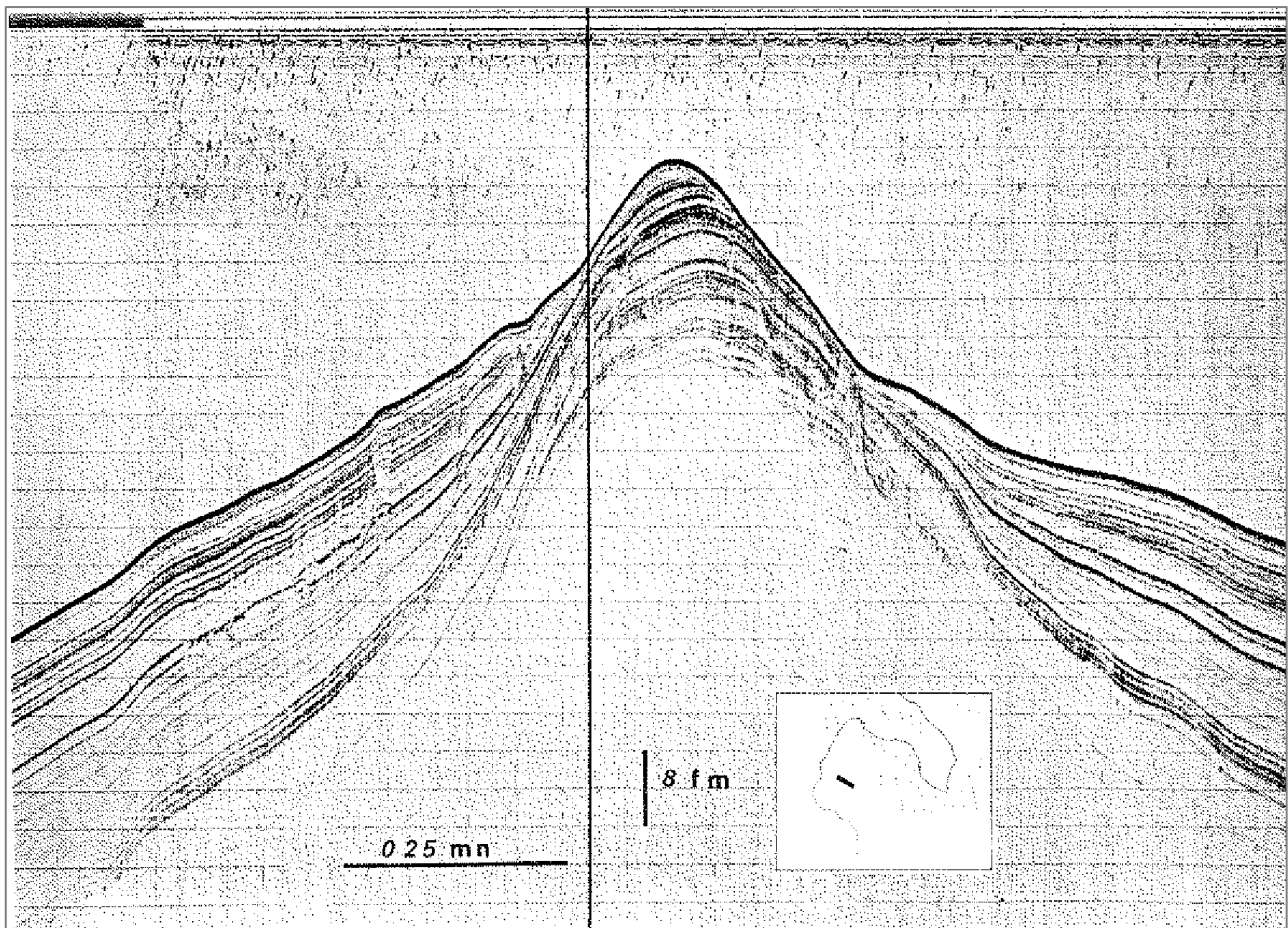


Figura 4.8 – Esempio di collina nel versante SO della parte settentrionale del Mar Ionio (fonte: Rossi e Gabbianelli, 1978)

(iv) Il fondo-valle ha un andamento generale piuttosto pianeggiante con inclinazione verso SE (Figura 4.9). La sua larghezza, molto variabile, è compresa tra l'1 e i 13 km. Il limite col versante a NE appare molto netto mentre, nel lato ad Ovest, risulta limitato dal piede della zona inferiore della scarpata continentale. Sul fondo, soprattutto nel margine occidentale, si notano dei canali a "V" ad andamento sinuoso che denota un

trasporto e una erosione tuttora in corso. Oltre a solcare la porzione settentrionale del Mar Ionio, il fondo valle prosegue e si approfondisce sino a giungere alla piana batiale ionica (Selli e Rossi, 1975).

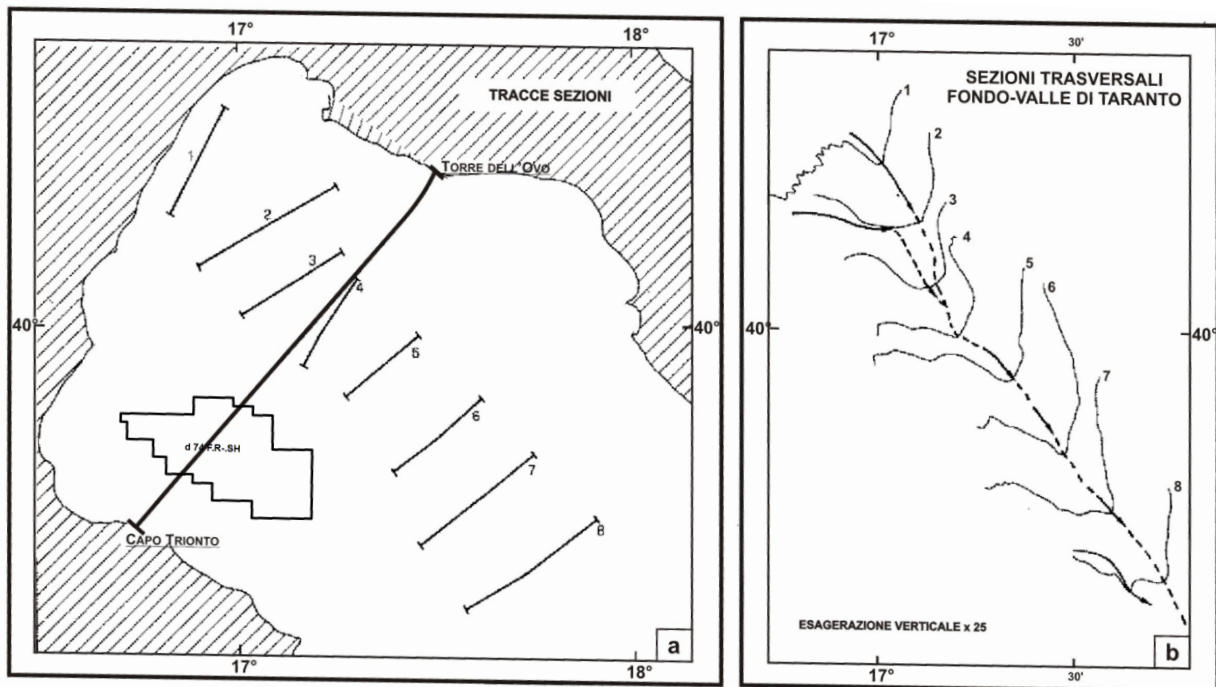


Figura 4.9 – Tracce delle sezioni ortogonali all’asse della Valle di Taranto, ad andamento NO-SE (fonte: Rossi e Gabbianelli, 1978, modificato)

L’eterogeneità delle pendenze e della accidentalità, variabili a seconda dei tratti considerati, permette una suddivisione del fondo-valle in quattro settori morfologicamente distinti: la parte settentrionale; quella centro-settentrionale, parte centro-meridionale e meridionale.

Parte settentrionale (Lat. 40°25’,5 – Lat. 40°14’): in quest’area il fondovalle è molto stretto e corrisponde col canyon del Fiume Bradano (Figura 4.10).

Parte centro-settentrionale (Lat. 40°14’ – Lat. 39°51’): qui inizia il fondo-valle vero e proprio che raggiunge la massima larghezza di 13 km. A SO il suo margine rispetto alla scarpata è molto netto diversamente da quello NE, meno marcato, dove la pendenza diminuisce gradualmente fino all’asse della Valle (Figura 4.11 e Figura 4.12).

Parte centro-meridionale (Lat. 39°51’ – Lat. 39°33’): il fondovalle si restringe ed è ben delimitato rispetto ai due versanti. Sul fondo-valle corre per lunghi tratti un canale di erosione (Figura 4.13).

Parte meridionale (Lat. 39°33’ – Lat. 39°25’): il fondo-valle si allarga nuovamente e solo a SO mostra un limite evidente; in quest’area sboccano alcuni canyon che sembrano essere attivi.

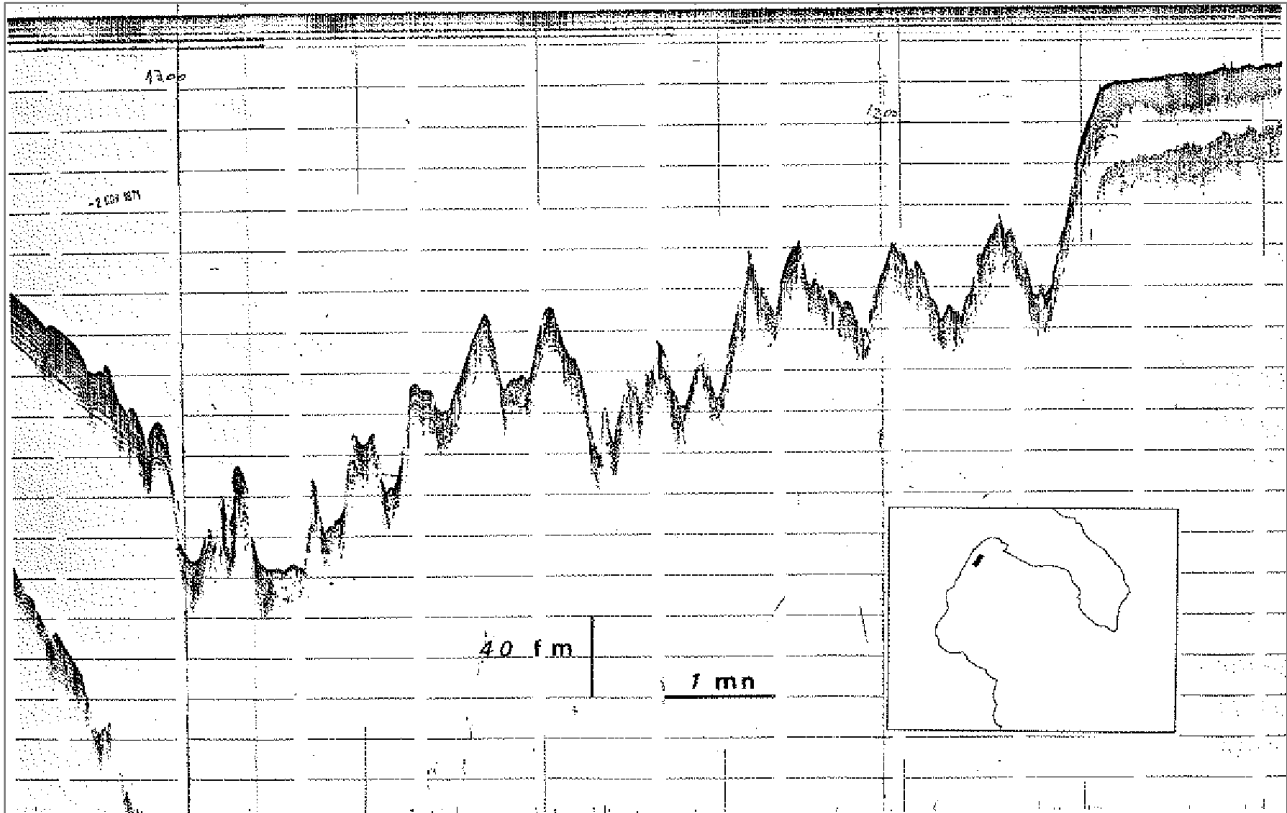


Figura 4.10 – Parte settentrionale del fondo della Valle di Taranto (fonte: Rossi e Gabbianelli, 1978)

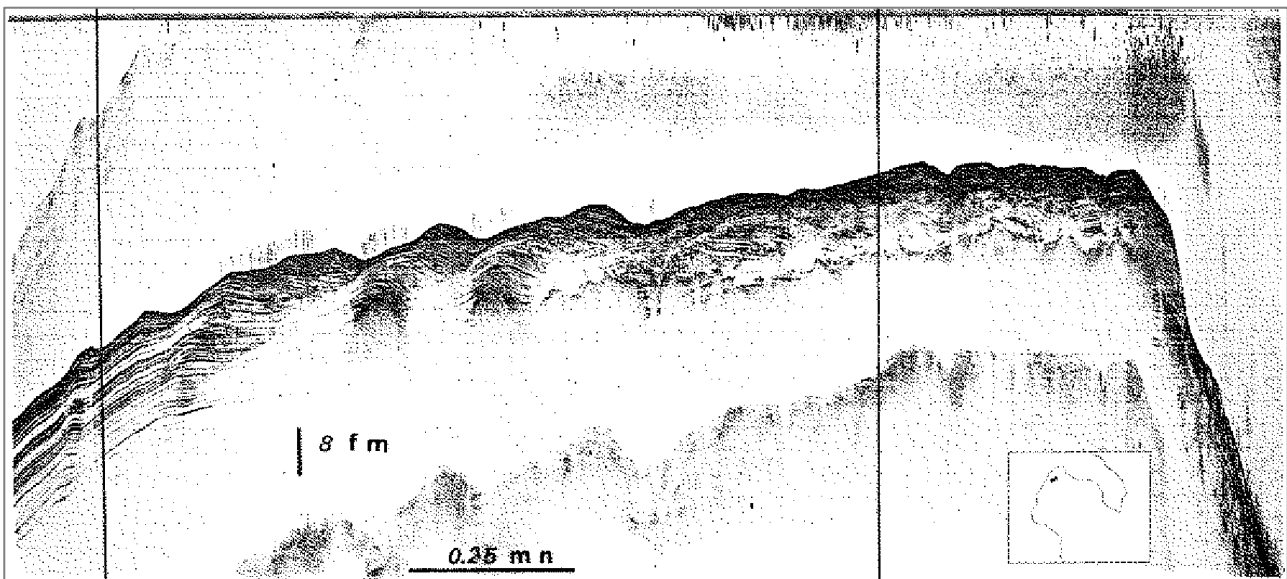


Figura 4.11 – Versante destro dell'argine del canyon formato dal Bradano (fonte: Rossi e Gabbianelli, 1978)



Figura 4.12 – Morfologia del fondo valle di Taranto nel settore centro-settentrionale (fonte: Rossi e Gabbianelli, 1978)

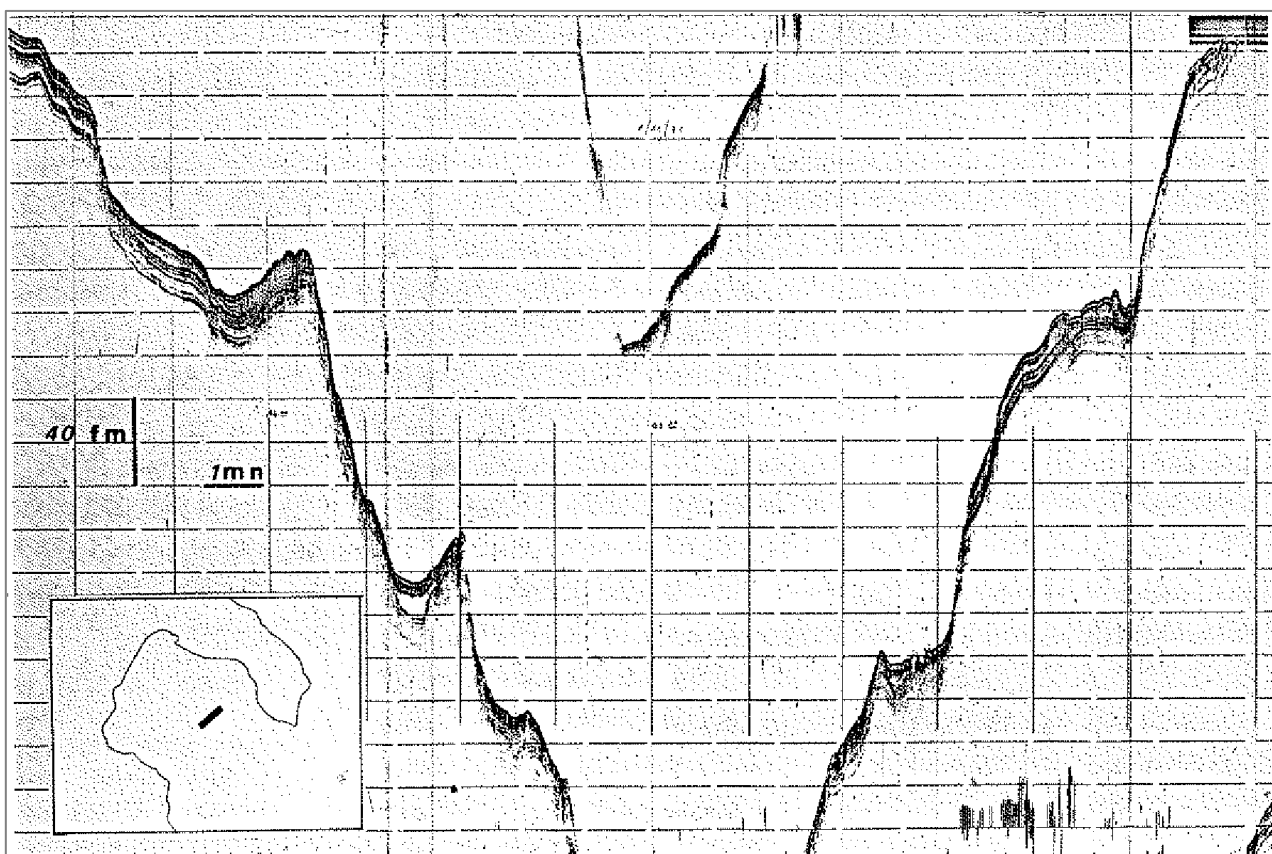


Figura 4.13 - Morfologia del fondo valle di Taranto nel settore centro-meridionale (fonte: Rossi e Gabbianelli, 1978)

Le caratteristiche dimensionali (ampiezze, pendenze e superfici) per ciascuna delle principali unità morfologiche che compongono la parte settentrionale del Mar Ionio possono essere riassunte nella Tabella 4.1:

UNITÀ MORFOLOGICHE	AMPIEZZE (km)			PENDENZE (°)			SUPERFICI (km ²)
	media	max	min	media	max	min	
PIATTAFORMA CONTINENTALE	11	32	1	1°21'	5°51'	0°18'	3240
- VERSANTE NE	13,2	32	3	1°16'	2°52'	0°18'	2340
- VERSANTE SO	6,8	16	1	1°11'	5°51'	0°25'	900
SCARPATA CONTINENTALE							5105
- VERSANTE NE	24,6	36	9,5	4°29'	7°35'	1°27'	3480
- VERSANTE SO							1625
Scarpata superiore	7,5	19	1,7	4°31'	11°18'	1°03'	1400
Scarpata inferiore	3,5	8,7	0,8	7°32'	14°	2°51'	225
FASCIA INTERMEDIA							2875
- Bacini	15,5	45	6,5	0°36'	1°31'	0°32'	725
- Piani ondulati	5	12,5	1	2°33'	5°42'	0°47'	500
- Valli				0°33'	1°45'	0°27'	460
- Colline	12,5	40	1				
FONDO VALLE DI TARANTO							1100
- Parte settentrionale	2,4	3,5	1	1°43'	3°48'	0°56'	
- Parte centro-settentrionale	7	13	2	0°40'	0°52'	0°28'	
- Parte centro-meridionale	1,9	3	1	0°20'	0°21'	0°26'	
- Parte meridionale	8	11	8,5	0°28'	0°36'	0°23'	

Tabella 4.1 – Tabella delle misure relative alle principali unità morfologiche delle aree limitrofe all'area di istanza (fonte: Rossi e Gabbianelli 1978)

Per quanto concerne le tipologie di fondali che caratterizzano la parte settentrionale del Mar Ionio, riscontrati con gli studi ecografici (Rossi e Gabbianelli, 1978), è stato possibile eseguire una loro suddivisione in tre varietà principali:

- Fondali lisci con riflessioni nel sottofondo: si tratta di fondali che presentano una riflessione dovuta, oltre che alla discontinuità acqua-fondo, anche a numerose e continue riflessioni del sottofondo. A questi fondali corrispondono sedimenti di tipo argilloso o argilloso-siltoso non compattati con eventuali intercalazioni sabbiose.
- Fondali lisci con poche o senza riflessioni nel sottofondo: l'assenza o la scarsità di penetrazione dell'energia acustica è da imputare alla natura sabbiosa o rocciosa del fondale.
- Fondali accidentati con poche o senza riflessioni nel sottofondo: definiti acusticamente "sordi" sono caratterizzati dalla presenza di incisioni, culminazioni o fondali in erosione. Sono, altresì, caratteristici di formazioni rocciose.

Per un quadro d'insieme della morfologia sommersa e dei profili degradanti verso il centro del golfo, si demanda alla mappa batimetrica illustrante le caratteristiche dell'area circostante al blocco in permesso di istanza di ricerca (Figura 4.14).



Figura 4.14 – Mappa batimetrica dell'area interessata dal blocco oggetto di istanza di permesso

La sua proiezione ricade su fondali che non presentano significative rotture di pendenza: i fondali del blocco in istanza, infatti, variano da una profondità delle acque che va mediamente dai 300 ai 600 m, con una leggera depressione nell'area centro-settentrionale del blocco di 700 m.

4.4 CONDIZIONI METEO MARINE

Le regioni che si affacciano sull'area oggetto di questa istanza, Calabria, Basilicata e Puglia, viste le loro posizioni geografiche, sono generalmente caratterizzate da un clima tipicamente mediterraneo, nonostante taluni settori interni presentino spiccate anomalie.

La Puglia, con inverni miti ed estati lunghe e calde ed in gran parte della regione secche, è caratterizzata da un clima tipicamente mediterraneo. I tratti costieri presentano, inoltre, un clima più tipicamente marittimo, grazie all'azione mitigatrice dei mari Ionio e Adriatico, con escursioni termiche stagionali meno spiccate. L'entroterra, ovvero il Tavoliere ed il promontorio del Gargano, presentano invece delle caratteristiche climatiche più prettamente continentali, con maggiori variazioni delle temperature stagionali. Le precipitazioni piovose sono piuttosto scarse su tutta la regione, risultando concentrate nei mesi invernali e, un po' su tutto il territorio, caratterizzate da un regime estremamente variabile. Nella parte settentrionale ed in quella centrale gli accumuli si aggirano intorno ai 550 mm (maggiori sulle zone costiere), mentre nella parte meridionale, il Salento, si aggirano intorno ai 600-650 mm (data la maggiore presenza del mare). Le temperature nei mesi primaverili che vanno da Marzo a Maggio si attestano sui 20°C mentre da Maggio a Settembre la temperatura media va dai 25 ai 35 °C con massime che si spingono fino ai 38 in certi giorni di Luglio o Agosto (www.masseriaccappuccini.it).

La Basilicata gode di un clima molto vario, determinato dalla latitudine e dall'altitudine. La stessa regione offre bagni in mare dalla primavera all'autunno e, nel contempo, sci su neve per i quattro mesi dell'autunno-inverno. Questa singolarità le consente di staccarsi nettamente, dal punto di vista climatico, dalle altre regioni meridionali limitrofe. La montagna ha un clima tipicamente continentale, mentre le coste ionica e tirrenica decisamente mediterraneo. Un anello di congiunzione tra questi due opposti è costituito

dall'interno del Materano e dal Vulture in particolare. La disposizione dei rilievi influenza la piovosità: a Sud-Ovest, per esempio, a ridosso del terreno, si registra un regime di precipitazioni annue attorno ai 1400 mm, mentre tra i bacini dei fiumi Gradano e Basento si riscontrano livelli minimi di 600 mm/anno. Ma la principale caratteristica delle precipitazioni è l'irregolarità, a causa della quale i torrenti si riempiono velocemente e impetuosamente, ma poi si seccano con altrettanta velocità (www.aptbasilicata.it).

Dal punto di vista climatico la Calabria, regione pienamente mediterranea, presenta alcune anomalie rispetto alle caratteristiche che essa dovrebbe avere, considerando la posizione geografica e l'accentuato carattere marittimo. L'elevata e prevalente montuosità del territorio, che racchiude alcune conche isolate dalle correnti aeree, determina in molte zone situazioni del tutto particolari. La Calabria ha due stagioni ben differenziate: un inverno anche rigido e umido ed un'estate nettamente calda e asciutta. L'influsso marittimo, che fa sentire i suoi effetti prevalentemente lungo la costa, si esaurisce via via che si procede nell'entroterra, data la vicinanza dei rilievi al mare: la valle del Crati, ad esempio, ha temperature estive costantemente molto elevate. Tuttavia la media estiva in gran parte della Calabria si aggira sui 24 °C. È soprattutto d'inverno che sono veramente marcate le differenze. Mentre sulle coste la media di gennaio è sui 10 °C, nelle zone interne e su quasi metà della regione, addirittura non supera i 4 °C. Al di sopra dei 1.500 metri di quota sulla Sila e dei 1.700 metri sull'Aspromonte, scendono con facilità al di sotto dello zero. Il rilievo tuttavia esercita un influsso ancora più significativo sulla piovosità; in modo abbastanza netto si oppongono pianure costiere aride a zone montuose interne con precipitazioni frequentemente copiose, e soprattutto un versante, quello occidentale, con piogge tra le più abbondanti dell'Italia peninsulare, in contrasto con quello orientale, molto arido. In tutta l'area volta al mar Tirreno i monti esercitano una determinante azione di cattura delle correnti umide di origine atlantica. Nella Catena Costiera e nell'Aspromonte si toccano e persino si possono superare i 2.000 mm annui di precipitazioni che, concentrandosi nel periodo invernale, fanno della Calabria la regione con più intensa caduta nevosa dell'Italia meridionale. Per contro tutta la fascia orientale, ionica, si colloca tra i 600 e i 1.000 mm annui, con valori anche più bassi nelle aree pianeggianti, ad esempio nella piana di Sibari (www.voyagesphotosmanu.com).

Nelle figure che seguono vengono illustrati i valori della temperatura dell'acqua ed i livelli idrometrici nelle principali stazioni prossime all'area di studio, quelle di Taranto e di Crotona, resi disponibili dalla rete mareografica nazionale dell'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA).

Per quanto riguarda la temperatura dell'acqua nel periodo compreso fra gennaio 2010 e gennaio 2012 (Figura 4.15), si può notare come nella stazione di Taranto la temperatura minima raggiunta nel mese di febbraio 2010 sia di 10,4 °C, mentre le punte massime sono state toccate nei mesi di agosto 2010 e luglio 2011, raggiungendo i 27 °C. Dai dati relativi alla stazione di Crotona, si può osservare come la temperatura dell'acqua passi da un minimo di 11,3 °C nei mesi invernali, fino ad un massimo di 28,6 °C nei mesi estivi.

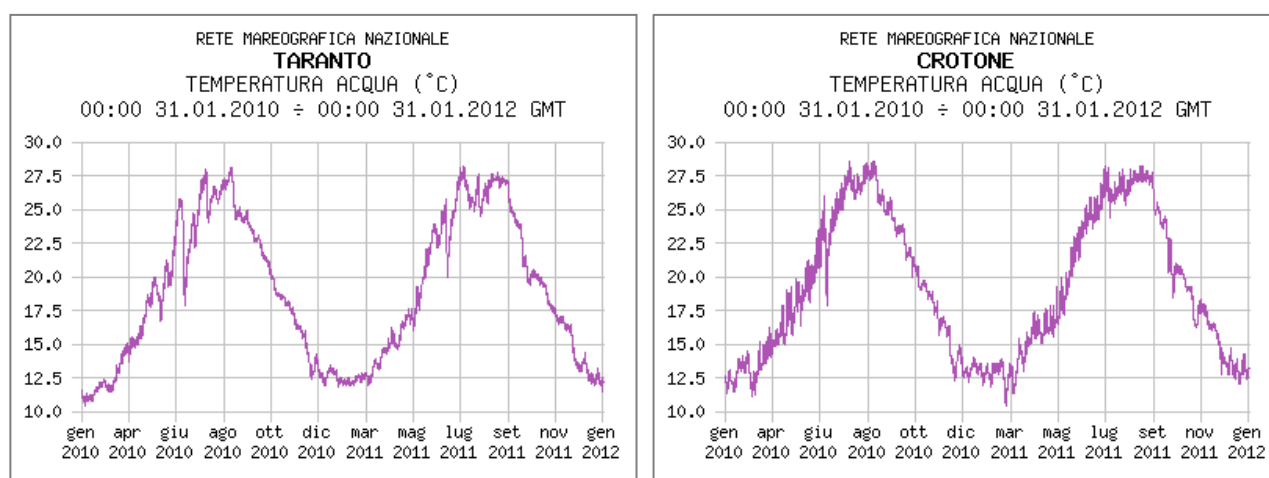


Figura 4.15 - Variazione della temperatura dell'acqua nelle stazioni di Taranto e Crotona, periodo 31/01/2010–31/01/2012 (fonte: www.mareografico.it)

Analogamente, la temperatura dell'aria nelle due stazioni di riferimento, nel periodo compreso fra gennaio 2010 e gennaio 2012 (Figura 4.16), è passata da un minimo di 1°C registrata nel mese di dicembre 2011 a Taranto, fino ad un massimo di 38°C, in agosto 2011. Nella stazione di Crotona, il valore minimo è stato di 2°C, registrato nel dicembre 2011, mentre il valore massimo, di 37°C, risulta registrato nel mese di agosto 2010.

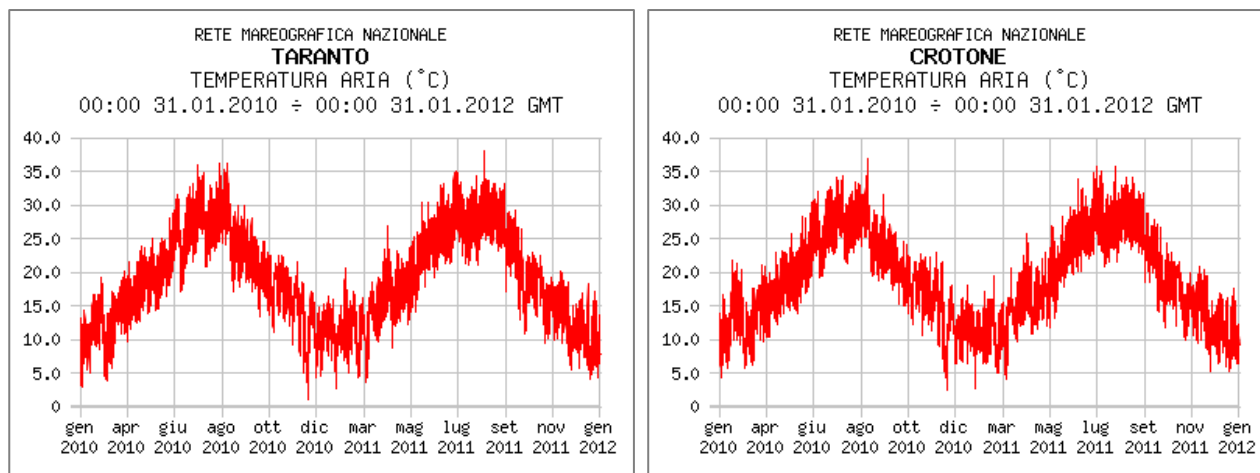


Figura 4.16 - Variazione della temperatura dell'aria nelle stazioni di Taranto e Crotona, periodo 31/01/2010–31/01/2012 (fonte: www.mareografico.it)

In riferimento alla Figura 4.17, raffigurante l'andamento del livello idrometrico negli ultimi due anni, si può evincere come nella stazione di Taranto il livello sfiori i 27 cm s.l.m. in ottobre 2010, mentre la punta minima si attesta attorno ai -50 cm, registrati nel mese di marzo 2011. Analogamente, nella stazione di Crotona il livello idrometrico massimo raggiunto è di 30 cm circa in ottobre 2010, mentre nel mese di maggio 2010 è stato raggiunto il livello minimo di circa -52 cm.

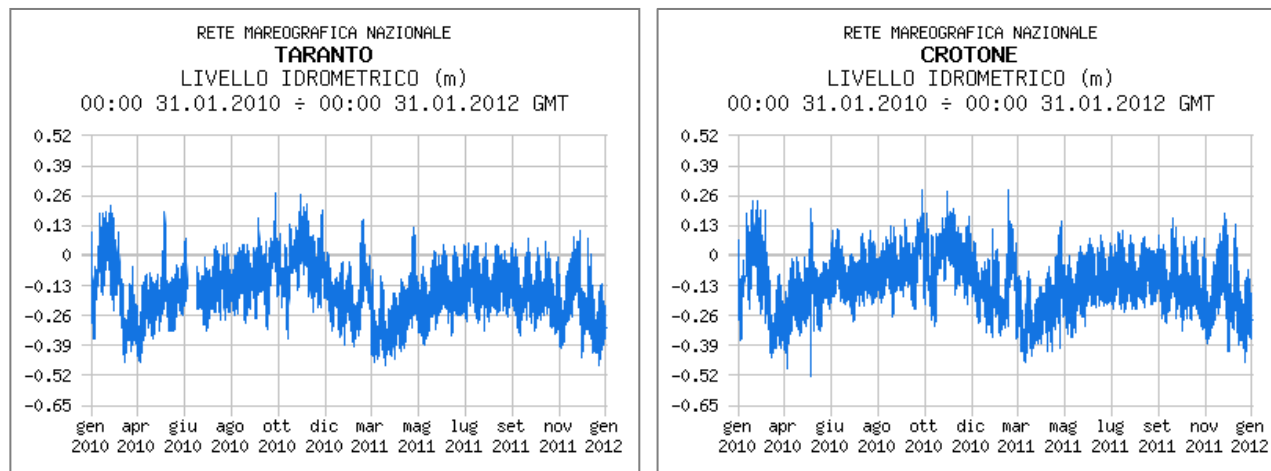


Figura 4.17 - Variazione del livello idrometrico nelle stazioni di Taranto e Crotona, periodo 31/01/2010–31/01/2012 (fonte: www.mareografico.it)

4.4.1 Salinità

Quello dello Ionio è solo uno dei sottobacini in cui può essere suddiviso il Mar Mediterraneo (Figura 4.18).

Uno studio condotto tra il 2000 e il 2006 dall'Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale di Trieste, ha analizzato la salinità dei diversi settori, ponendola in relazione con alcuni parametri fisici come: pressione, temperatura, densità alle varie profondità lungo la colonna d'acqua. In ogni sottobacino sono stati rilasciati in mare strumenti in grado di prelevare ed analizzare le distribuzioni dei vari parametri e tra essi il bacino ionico risulta campionato in modo continuo dal 2000 al 2006.

Relativamente allo Ionio, inoltre, da dati raccolti nello stesso periodo sono state redatte delle mappe di minima e massima salinità (Figura 4.19 e Figura 4.20). In esse si evince che i valori di salinità minima nello

Ionio variano tra il 37.4 a 38.9 psu (Practical Salinity Units), mentre quelli di massima salinità si attestano attorno ad un valore medio di circa 38.9 psu.

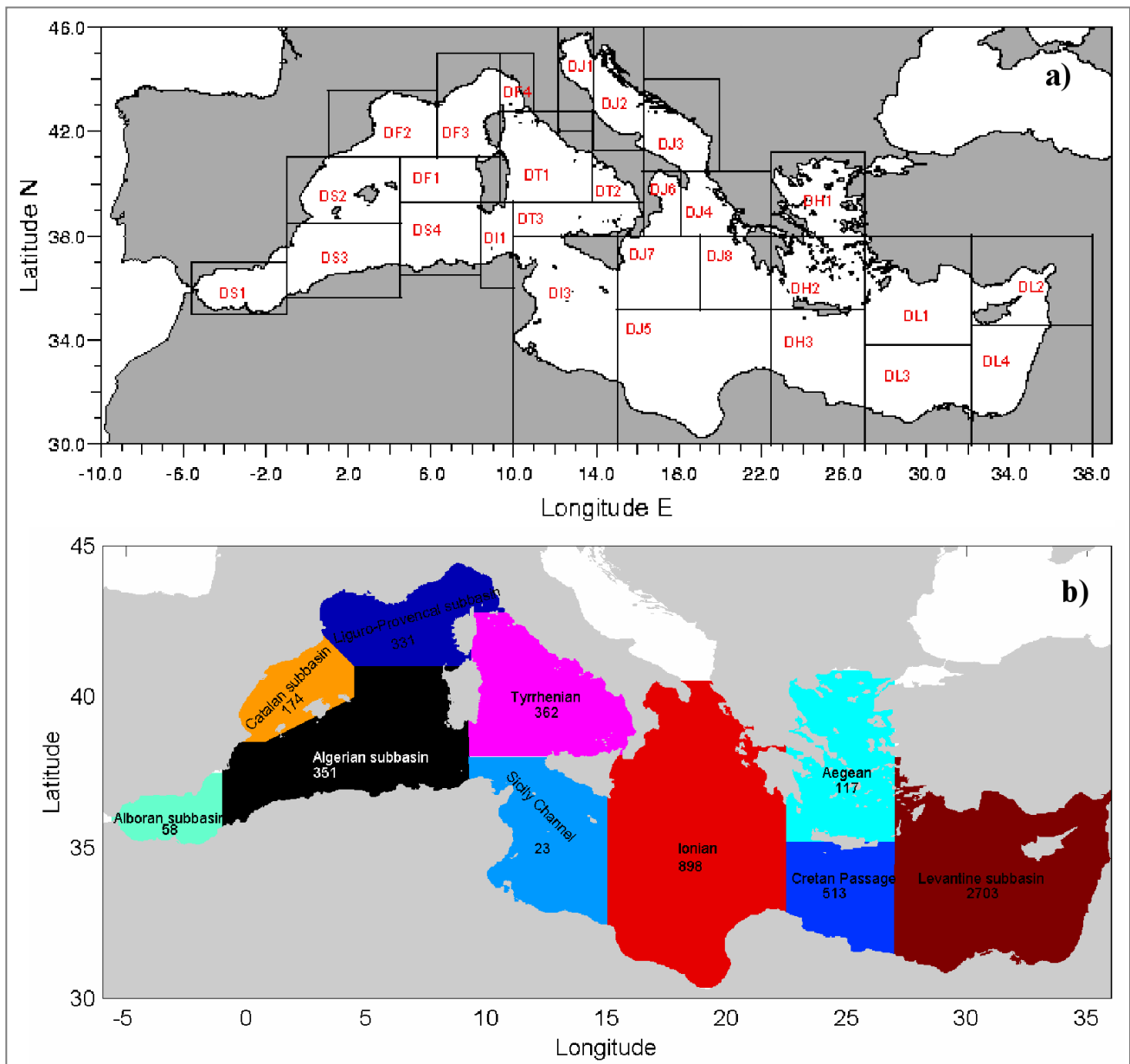


Figura 4.18 - Suddivisione in sottobacini del Mar Mediterraneo (fonte: Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale; Rel. 2007/21-OGA 6 SIRE)

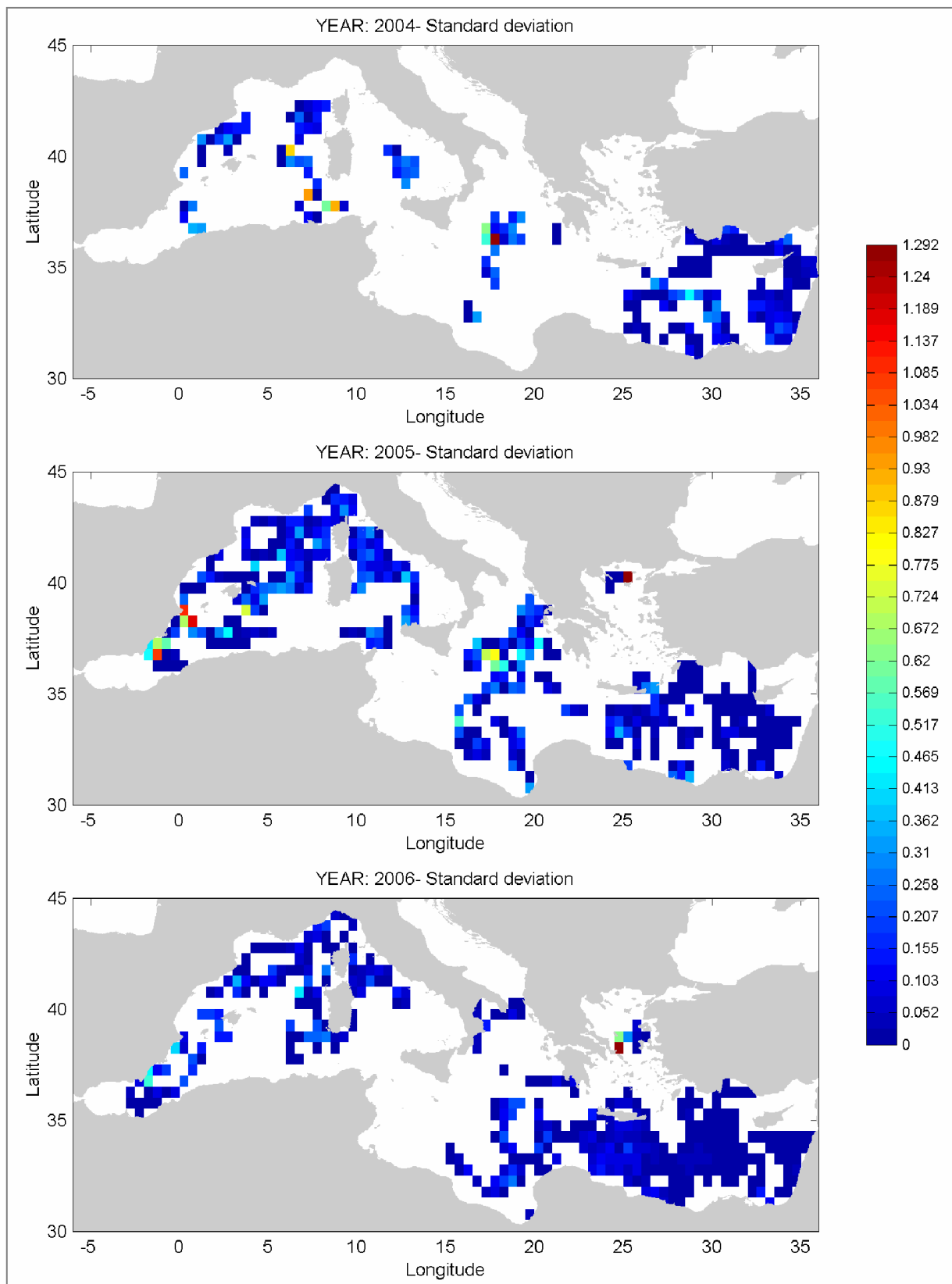


Figura 4.19 - Deviazione standard dei minimi di salinità calcolata per gli anni 2004, 2005, 2006 (fonte: Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale; Rel. 2007/21-OGA 6 SIRE)

Dalle mappe del massimo di salinità (Figura 4.20) e delle sue medie mensili relative all'intero bacino del Mediterraneo, si nota che la salinità diminuisce da Est verso Ovest passando dal Bacino Levantino con valori compresi tra 38.9 e 39.9 psu, ad un valore medio di circa 38.9 psu nello Ionio.

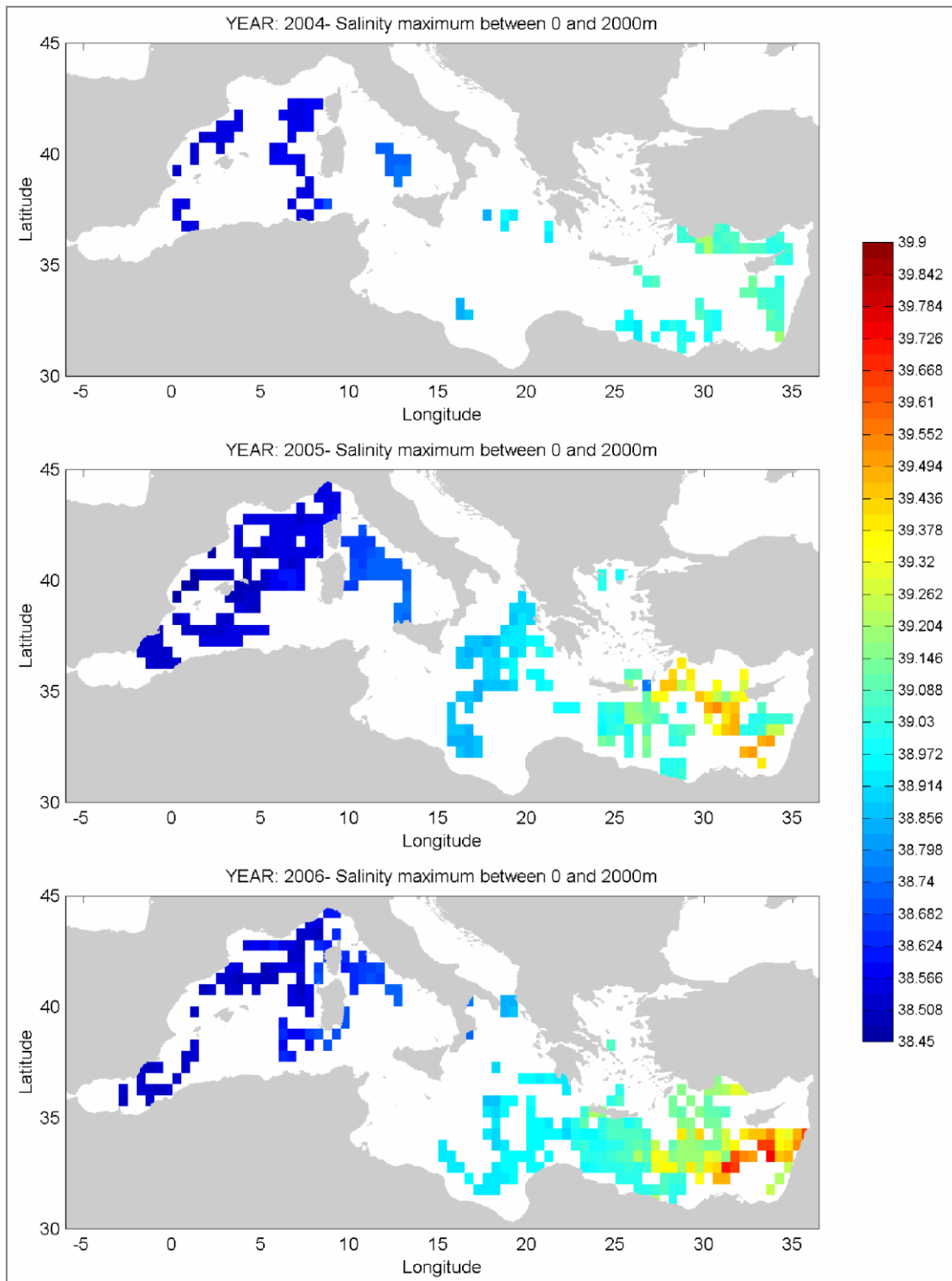


Figura 4.20 - Valori medi massimi di salinità nell'intervallo di profondità 0-2000 m calcolato in aree di 0.5' x 0.5' per gli anni 2004, 2005, 2006 (fonte: Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale; Rel. 2007/21-OGA 6 SIRE)

Analizzando più in dettaglio le medie mensili dei parametri fisici (P , S , θ , σ_θ) alla profondità del massimo di salinità nei differenti bacini che compongono il Mediterraneo (area centrale della Figura 4.21), si nota subito che da ottobre 2004 a dicembre 2006 in Mar Ionio tale minimo si attesta a profondità comprese tra 200 e 350 m, la salinità, la temperatura e la densità potenziale sono superiori alle medie climatologiche. Inoltre, è possibile osservare in Figura 4.21 come, nel 2005, in una zona situata circa nel centro-nord dello Ionio, siano stati registrati profili con un massimo di salinità localizzato nello strato più superficiale della colonna d'acqua (0-100m) e con temperature misurate nettamente superiori alla media ($\theta > 20^\circ\text{C}$). Nello

Ionio abbiamo temperature medie comprese tra 14-15.5°C e salinità medie tra 38.85 e 38.95 psu (Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale; Rel. 2007/21-OGA 6 SIRE).

In Figura 4.24, infine, sono messi in relazione i valori di salinità e densità in rapporto alla profondità della colonna d'acqua.

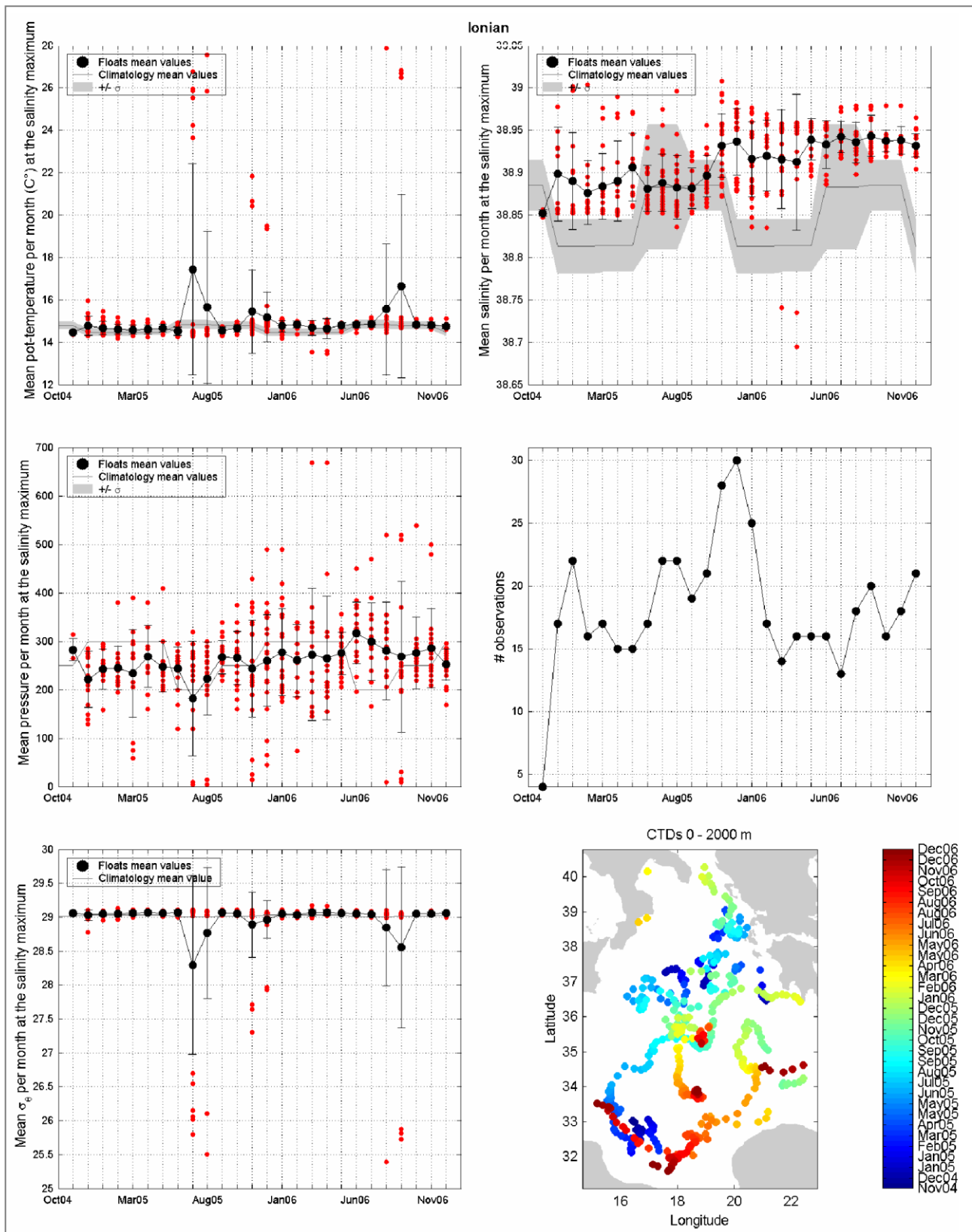


Figura 4.21 - Valori medi di temperatura potenziale, salinità e numero di osservazioni per mese per il Mar Ionio e confronto con la regione DJ5 della climatologia (fonte: Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale; Rel. 2007/21-OGA 6 SIRE)

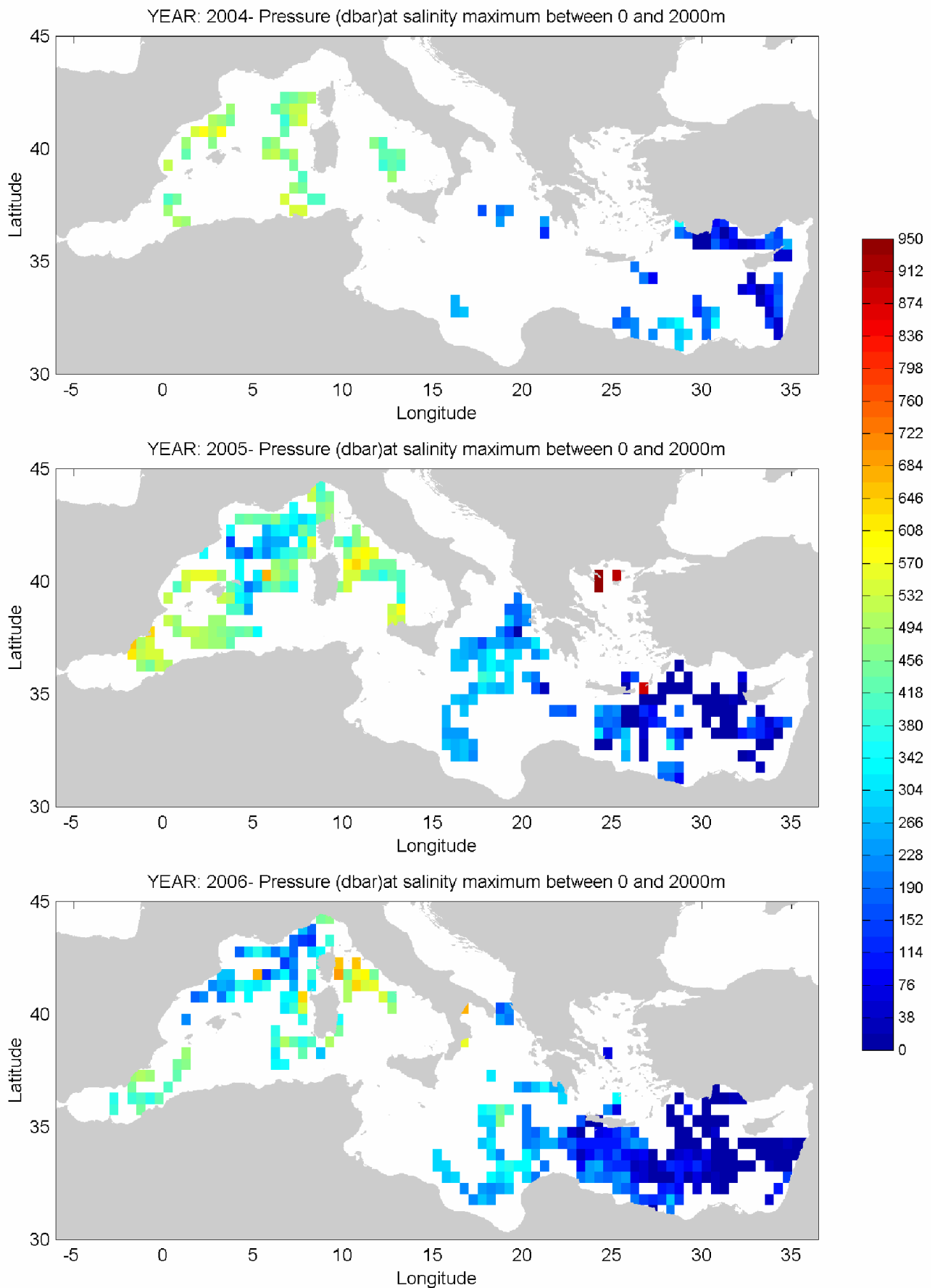


Figura 4.22 - Profondità alla quale si trova il massimo di salinità per gli anni 2004, 2005, 2006 (fonte: Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale; Rel. 2007/21-OGA 6 SIRE)

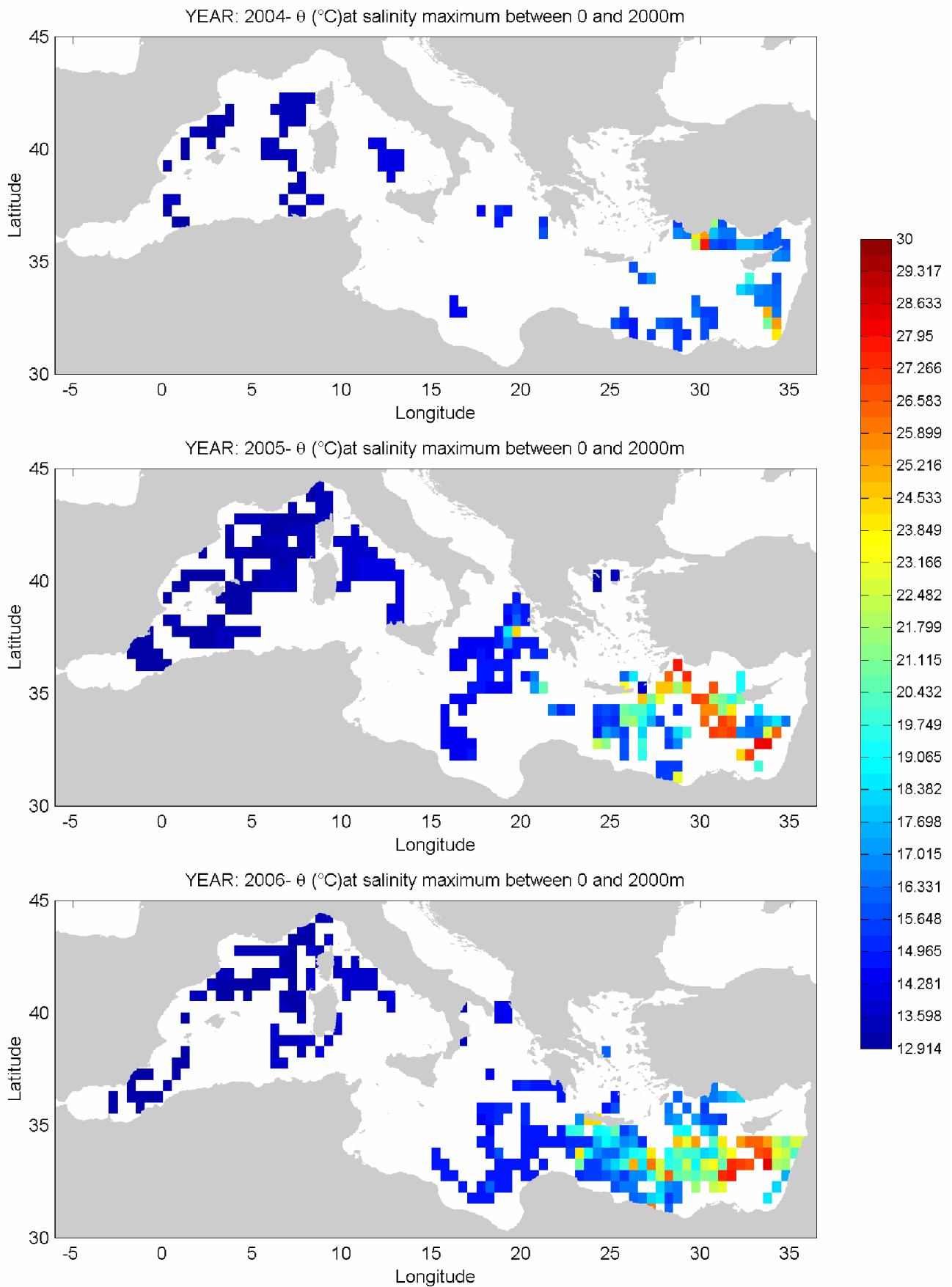


Figura 4.23 - Temperatura potenziale alla profondità del massimo di salinità per gli anni 2004, 2005, 2006 (fonte: Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale; Rel. 2007/21-OGA 6 SIRE)

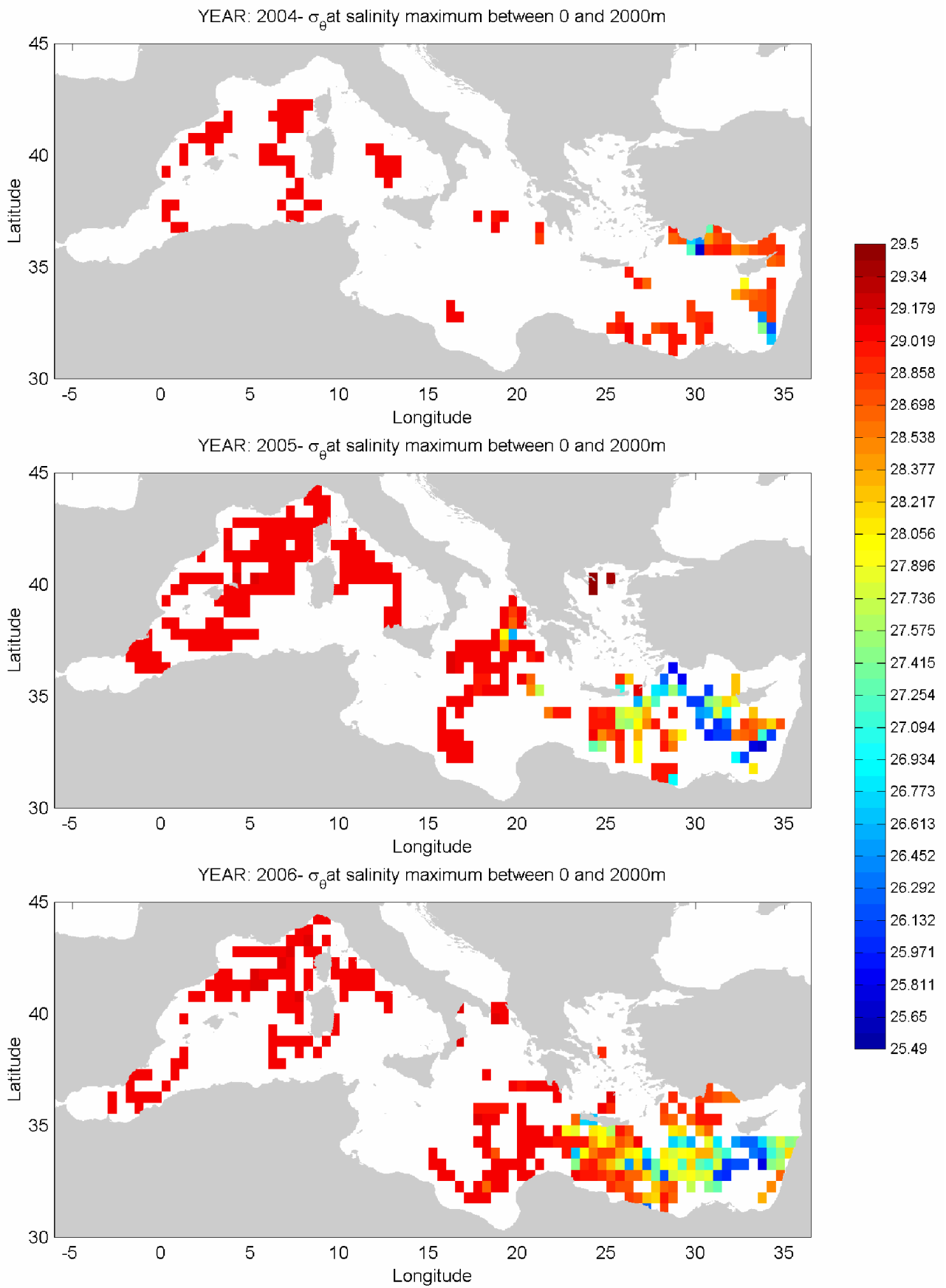


Figura 4.24 - Densità potenziale alla profondità del massimo di salinità per gli anni 2004, 2005, 2006 (fonte: Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale; Rel. 2007/21-OGA 6 SIRE)

4.4.2 Venti

Il vento dominante sul bacino del Mar Ionio è costituito dai flussi meridionali provenienti dal 3° quadrante; nel periodo invernale è significativo il flusso proveniente da Nord-Ovest e da Nord-Est che ruota a Nord affacciandosi sulla parte settentrionale del Mar Ionio.

Generalmente la dinamica dei flussi è legata al passaggio delle perturbazioni e dei fronti provenienti da Ovest ed alle situazioni barometriche stagionali.

I flussi legati ai campi barici stagionali sono sostanzialmente 2:

- nel periodo estivo prevale una debole corrente da E-NE che, affacciandosi sullo Ionio, gira a SE;
- nel periodo invernale prevalgono forti correnti dai quadranti settentrionali N-NE che spazzano il mare con burrasche talvolta violente ma con poco mare formato (sulla costa salentina).

Fanno eccezione i veloci passaggi frontali generati da depressioni profonde che transitano verso il mare Egeo con formazione di brevi ma forti burrasche da Nord Ovest (www.infrastruttureprim.com). Partendo da un regime di alta pressione con flusso leggero da NE si assiste alla rotazione del vento a SE con intensificarsi della forza; generalmente questa fase ha durata inferiore alle 24 ore, il mare tende a crescere e ad orientarsi da SE fino generalmente a forza 5, con l'approssimarsi del fronte il vento ruota rapidamente a SO rinforzando fino anche a forza 8, il mare cresce e si stabilizza causando burrasche anche notevoli. Trascorse mediamente 24/36 ore il fronte si allontana verso NE ed il vento gira rapidamente a NO con irruzione di aria più fresca ed instabile, questa rapida rotazione genera un mare dapprima incrociato che poi si uniforma raggiungendo in media forza 3-4. Questo flusso generalmente dura circa 48 ore e pone fine al passaggio frontale ed al ristabilirsi del leggero flusso da NE.

Il quadro generale dei flussi sullo Ionio è quindi improntato ad una sensibile ventosità complessiva, i periodi di calma non superano il 18 % del tempo con punte minime dell'8 % per la stazione di Otranto, e con flussi marcatamente orientati su tre direzioni ma con energia massima proveniente dal 3° e dal 4° quadrante.

Per avere un quadro più specifico dei venti presenti nell'area oggetto di studio, tuttavia, si è fatto riferimento alle più vicine stazioni anemometriche della rete mareografica nazionale, quelle di Taranto e Crotona.

Analizzando i dati disponibili (Figura 4.25), è possibile osservare come, nell'ultimo biennio, nella stazione di Taranto sia stata registrata una prevalenza dei venti provenienti dal quadrante E-NE, senza trascurare la presenza di venti che spirano dai quadranti S-SO. Per quanto riguarda la stazione di Crotona, è stata rilevata una predominanza netta dei venti che spirano da NO, anche se si evidenzia una percentuale elevata di venti provenienti dal quadrante SO.

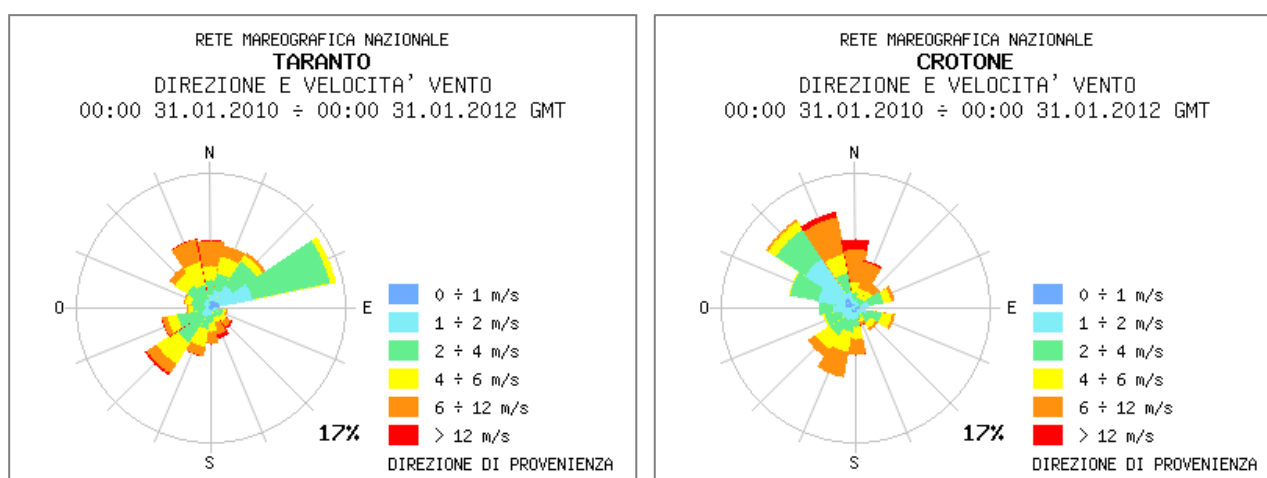


Figura 4.25 - Rosa dei venti illustrante il regime anemometrico medio nel periodo 31/01/2010-31/01/2012, nelle stazioni di Taranto e Crotona (fonte: www.mareografico.it)

4.4.3 Correnti marine

Le correnti marine rappresentano il movimento di massa d'acqua non collegato alla marea o al moto ondoso. Queste correnti interessano tutta la massa d'acqua, anche se talvolta alcuni strati specifici possono far apparire in superficie particolari effetti visibili, generalmente variazioni cromatiche. In altri casi gli effetti, interessano solo alcuni strati ma non portano a nessun effetto visibile. Le correnti marine si formano preferibilmente in mari aperti e/o acque profonde e, diversamente dalle correnti di marea che hanno un ciclo temporale ben definito, le correnti marine hanno carattere permanente o comunque stazionario oppure stagionale o semipermanente.

Il Mar Mediterraneo è caratterizzato da una circolazione delle masse fluide piuttosto singolare che dimostra che le acque di questo mare, benché chiuso, sono in continuo movimento e ricambio (Figura 4.26). Le correnti mediterranee solitamente sono deboli e di direzione variabile e la circolazione superficiale è spesso influenzata da venti che possono generare correnti superficiali di intensità fino ai due nodi al largo. Essendo un bacino quasi completamente chiuso, lo scambio di acqua marina avviene solo attraverso lo stretto di Gibilterra, mentre l'apporto di acqua dolce avviene solo tramite le precipitazioni e il deflusso dei fiumi.



Figura 4.26 - Rappresentazione delle complesse circolazioni delle masse d'acqua nel Mediterraneo (fonte: www.pescaleggero.it)

Il Mediterraneo è sostanzialmente un mare in evaporazione, infatti evapora più acqua di quella che precipita o che perviene con l'apporto fluviale. Di conseguenza rimane un'eccedenza di sale che rende le acque più dense e quindi più pesanti, con il risultato che scendono ad occupare le zone più profonde del Mediterraneo. In questo modo si crea una pressione sul fondale che dà origine ad una corrente che attraversa l'intero bacino e oltrepassa lo Stretto di Gibilterra. Il deficit idrico viene dunque compensato dall'Atlantico che a sua volta attraverso Gibilterra immette acqua (Figura 4.27).

In corrispondenza dello stretto, l'acqua superficiale non sempre è entrante nel Mediterraneo, dovuto al fatto che in questa zona il tasso delle correnti di marea è ampio e la marea si sovrappone alla corrente che entra in Mediterraneo, la quale si spinge verso est formando un ramo principale ed altri secondari.

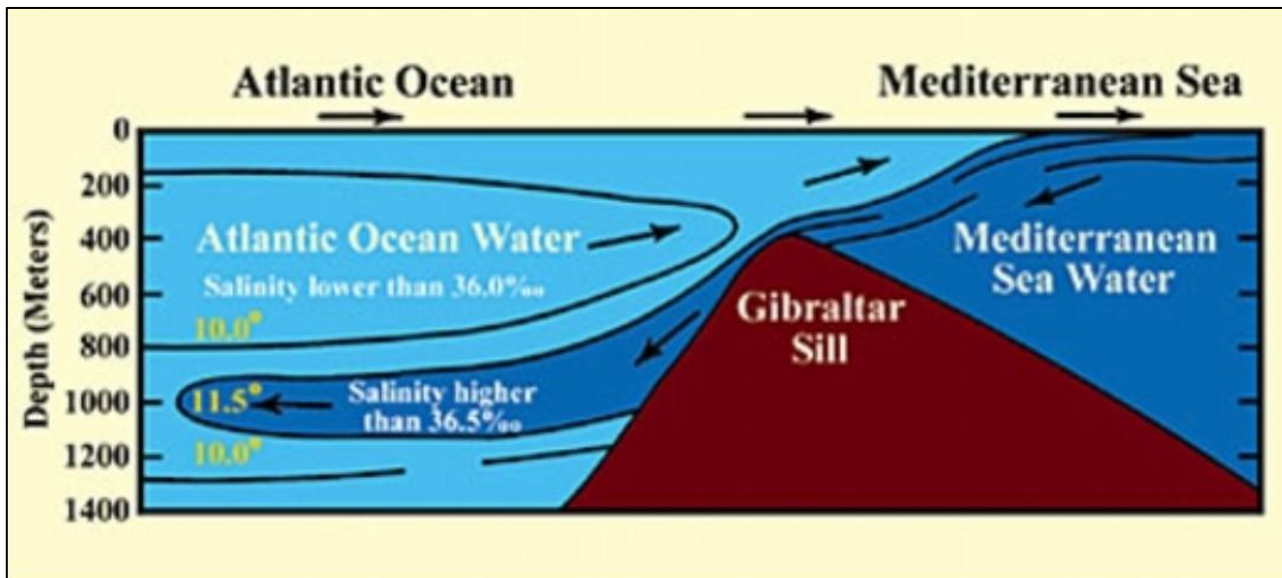


Figura 4.27 - Scorrimento superficiale delle acque atlantiche in entrata nel Mediterraneo e contemporaneamente le acque più dense del Mediterraneo scorrono in profondità verso l'Atlantico (fonte: www.pescaleggero.it)

La circolazione del mare si adegua a condizioni di costante cambiamento, in cui anche l'effetto delle stagioni ha un'importanza notevole. Questi fenomeni stagionali sono stati evidenziati in un recente lavoro ad opera dell'Istituto Idrografico della Marina, che ha raccolto una quantità impressionante di dati redigendo un "Atlante delle correnti superficiali dei mari italiani".

Nelle figure seguenti, infatti, si può osservare l'andamento delle correnti superficiali dei mari italiani con il sistema vettoriale e la velocità in nodi, nei differenti mesi dell'anno suddivisi per quadrimestri. I dati riportati si riferiscono per la maggior parte all'alto mare, cioè a quelle regioni marine che distano almeno 5-10 miglia dalla linea di costa. Il motivo risiede nel fatto che i dati relativi alle correnti e alla circolazione costiera risulti particolarmente complessa ed irregolare.

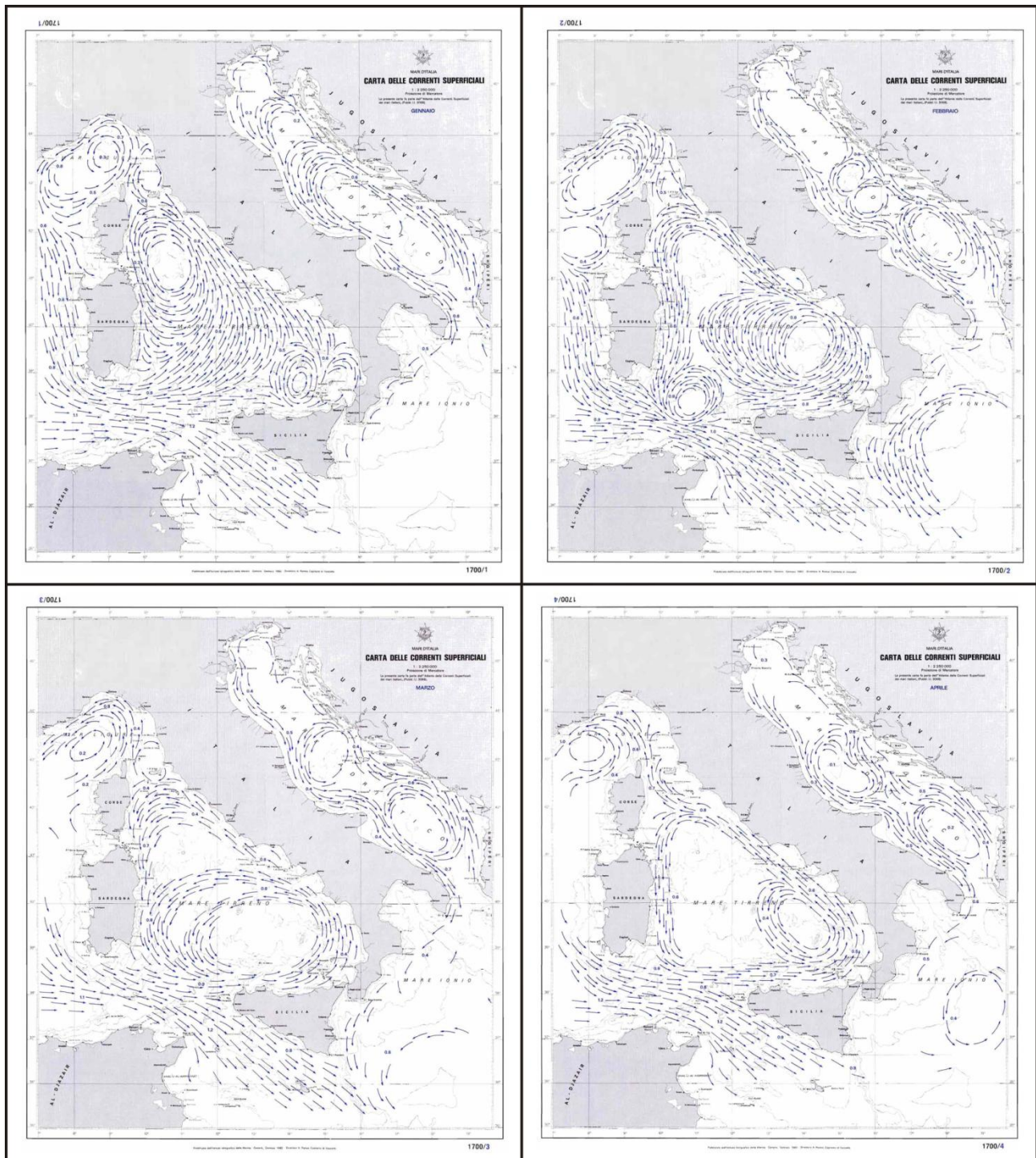


Figura 4.28 – Carta delle correnti superficiali dei mari italiani nel periodo di riferimento Gennaio-Aprile (fonte: “Atlante delle correnti superficiali dei mari italiani”, Istituto idrografico della Marina)

Esaminando il settore settentrionale del Mar Ionio in cui afferisce l’istanza in oggetto, si può notare la presenza di una circolazione ciclonica (antioraria) secondo la quale la corrente scende lungo le coste pugliesi con direzione S-O verso le coste orientali calabresi e della Sicilia principalmente a partire dai mesi più freddi, in Gennaio, Febbraio e Marzo (Figura 4.28), per poi risalire con direzione N-E nei mesi primaverili-estivi di Maggio, Giugno e Luglio (Figura 4.29). Questo movimento rotazionale appare più definito nei mesi di Luglio e Settembre (Figura 4.30).

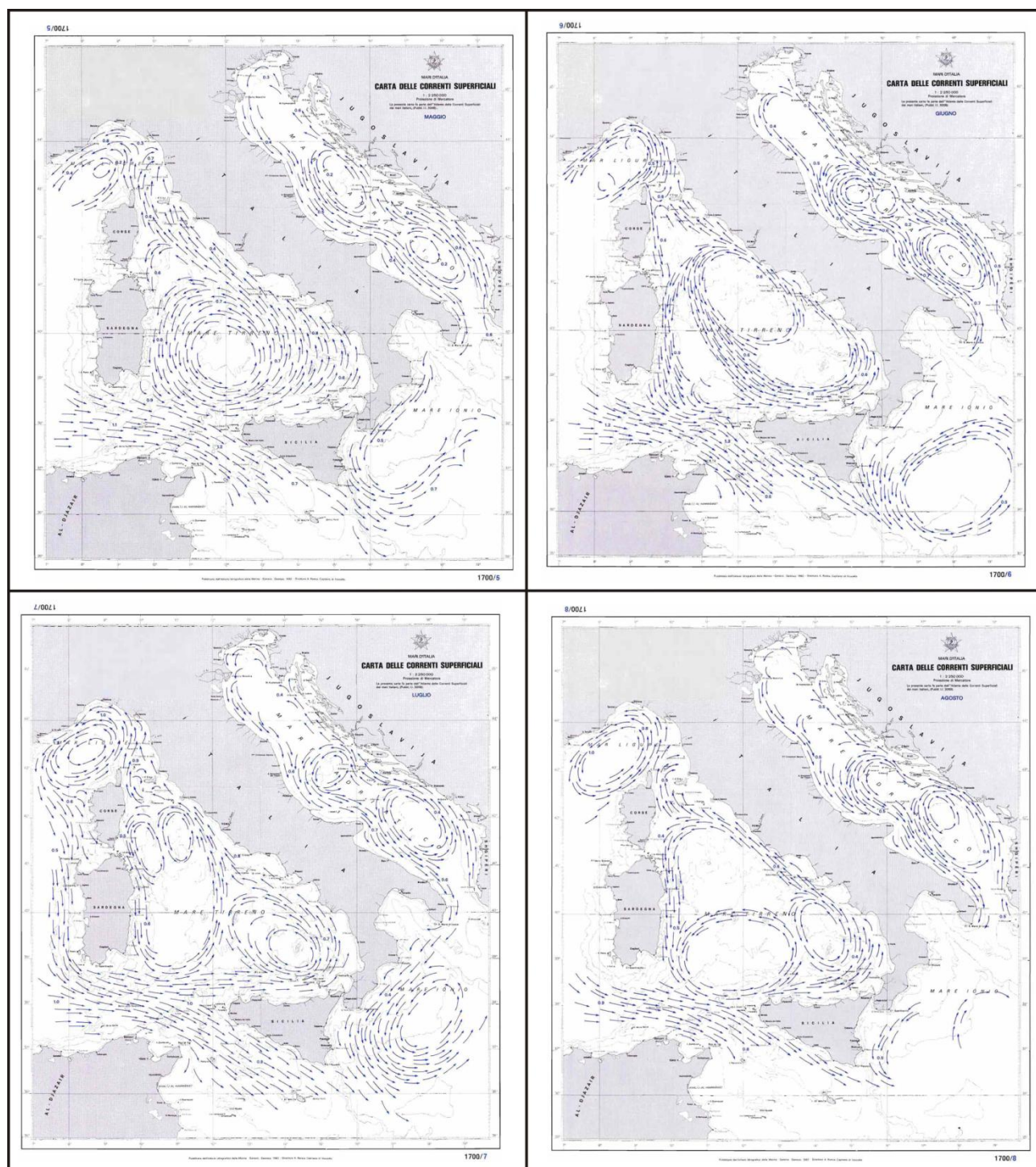


Figura 4.29 - Carta delle correnti superficiali dei mari italiani nel periodo di riferimento Maggio-Agosto (fonte: “Atlante delle correnti superficiali dei mari italiani”, Istituto idrografico della Marina)

Lo stretto di Otranto, infine, è riconosciuto come un'importante regione nella quale differenti masse d'acqua che si originano dal Mare Adriatico, dal Mare Ionio e dal Mare Egeo orientale, si scambiano e a loro volta influenzano la circolazione termalina dei bacini adiacenti.

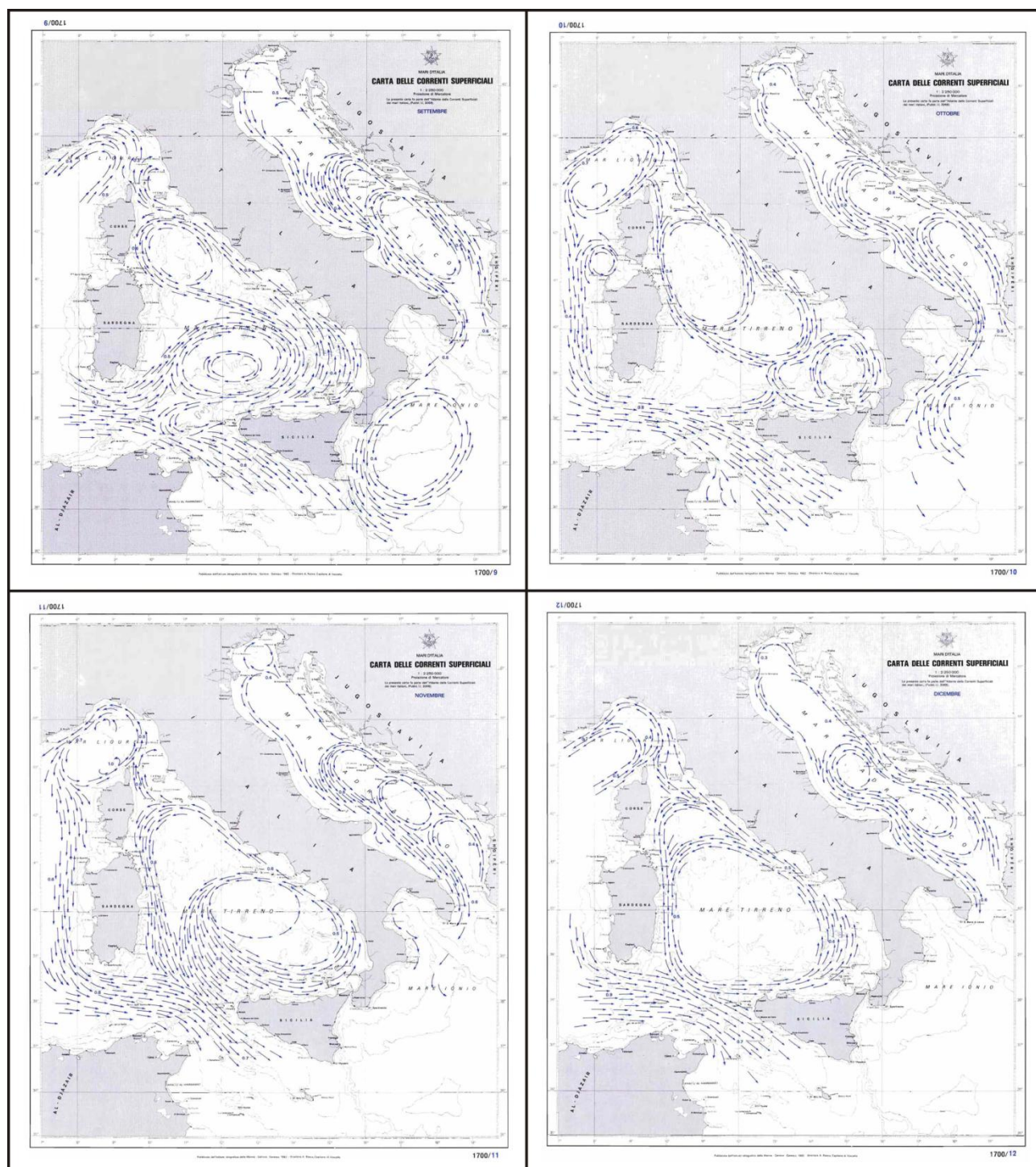


Figura 4.30 - Carta delle correnti superficiali dei mari italiani nel periodo di riferimento Settembre - Dicembre (fonte: "Atlante delle correnti superficiali dei mari italiani", Istituto idrografico della Marina)

4.5 AREE VINCOLATE

Nella tabella seguente (Tabella 4.2) sono elencate le aree vincolate più vicine all'area in istanza, dettagliatamente descritte nelle sezioni seguenti.

TIPO DI VINCOLO	DENOMINAZIONE	REGIONE	DISTANZA (in MN)
Zona a Protezione Speciale (ZPS)	IT9310304 - Alto Ionio Cosentino	Calabria	8,1
Sito di Importanza Comunitaria (SIC)	IT9310042 - Fiumara Saraceno	Calabria	8,1
Sito di Importanza Comunitaria (SIC)	IT9310043 - Fiumara Avena	Calabria	7,3
Sito di Importanza Comunitaria (SIC)	IT9310044 - Foce del Fiume Crati	Calabria	9,2
Sito di Importanza Comunitaria (SIC)	IT9310045 - Macchia della Bura	Calabria	7,1
Sito di Importanza Comunitaria (SIC)	IT9310047 - Fiumara Trionto	Calabria	6,2
Sito di Importanza Comunitaria (SIC)	IT9310048 - Fondali Crosia-Pietrapaola-Cariati	Calabria	5,7
Sito di Importanza Comunitaria (SIC)	IT9310051 - Dune di Camigliano	Calabria	7,7
Sito di Importanza Comunitaria (SIC)	IT9310052 - Casoni di Sibari	Calabria	10
Sito di Importanza Comunitaria (SIC)	IT9310053 - Secca di Amendolara	Calabria	4,5
Area Marina Protetta (AMP)	Porto Cesareo	Puglia	37
Area Marina Protetta (AMP)	Capo Rizzuto	Calabria	34
Area Marina Archeologica	Bene archeologico sommerso n. 108	Calabria	9
Area Marina Archeologica	Bene archeologico sommerso n. 100	Calabria	13
Area Marina Archeologica	Bene archeologico sommerso n. 16	Calabria	13.5
Area Marina Militare	Base navale della Marina Militare Italiana nel mar Piccolo, a Taranto	Puglia	34.5
Area Marina Militare	Base navale della Marina Militare Italiana nel mar Grande, a Taranto	Puglia	34.5
Area Marina Militare	Base navale USA, deposito USA e NATO di Taranto	Puglia	34.5
Area Militare Costiera	Deposito sotterraneo di rifornimento dell'Aeronautica Militare, a Taranto	Puglia	34.5
Area Militare Costiera	Stazione di Telecomunicazione e radar USA e NATO di Crotona	Calabria	32.5
Area Militare Costiera	Stazione di telecomunicazioni Usa di Monte Mancuso	Basilicata	30.5

Tabella 4.2 – Tabella riassuntiva delle aree vincolate presenti nelle zone limitrofe all'area oggetto di indagine sismica, con indicazione delle relative distanze dalla stessa, espresso in miglia nautiche.

4.5.1 Siti Rete Natura 2000

L'area in cui verranno realizzate le attività di prospezione è localizzata in mare, nella parte settentrionale del mar Ionio. All'interno del perimetro dell'area oggetto di studio non sono presenti aree marine o costiere a qualsiasi titolo protette per scopi di tutela ambientale. Tuttavia, con lo scopo di fornire un inquadramento generale delle caratteristiche ecologiche della zona circostante l'area oggetto di istanza, sono state descritte in dettaglio le aree più vicine, ma che di fatto non verranno influenzate dalle operazioni.

Per la caratterizzazione e la descrizione dei siti Rete Natura 2000 più vicini all'area in istanza è stato fatto riferimento alla banca dati "Rete Natura 2000" che contiene informazioni sulle specie floristiche e faunistiche protette, a cui è possibile accedere tramite la pagina web del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (www.minambiente.it). Si tratta di una rete ecologica diffusa su tutto il territorio dell'Unione Europea, istituita ai sensi della Direttiva 92/43/CEE "Habitat" per garantire il mantenimento a lungo termine degli habitat naturali e delle specie di flora e fauna minacciati o rari a livello comunitario. La rete Natura 2000 comprende le Zone di Protezione Speciale (ZPS), istituite ai sensi della Direttiva 79/409/CEE "Uccelli", e le Zone Speciali di Conservazione istituite dagli Stati Membri secondo quanto stabilito dalla Direttiva Habitat, denominate Siti di importanza Comunitaria (SIC).

I dati estratti dalle schede dei siti SIC e ZPS presenti nella banca dati "Rete Natura 2000" sono stati poi integrati con le descrizioni degli Habitat reperite grazie al "Manuale Italiano di interpretazione degli habitat della Direttiva 92/43/CEE". Vista l'ubicazione dell'area in istanza, sono stati descritti in dettaglio i siti sensibili appartenenti alle regioni che si affacciano sul Golfo, localizzati ad una distanza inferiore a 20 miglia nautiche marine. **Per la descrizione in dettaglio di tali siti si rimanda all'allegato 4.**

4.5.2 Aree Marine Protette

Per Area Marina Protetta (AMP) si intende "Qualsiasi area del dominio marino, comprendente le acque, la flora e la fauna, le caratteristiche storiche e culturali che sia preservata da provvedimenti legislativi con l'intento di proteggere parzialmente o totalmente l'ambiente in oggetto", così come riportato dall'Unione Mondiale per la Conservazione – IUCN, 1988. Le aree marine protette sono state istituite ai sensi delle leggi n. 979 del 1982 e n. 394 del 1991 con un Decreto del Ministro dell'Ambiente che contiene la denominazione e la delimitazione dell'area, gli obiettivi e la disciplina di tutela a cui è finalizzata la protezione. In generale un'area marina comprende gli ambienti marini, dati dalle acque, dai fondali e dai tratti di costa prospicienti, che presentano un rilevante interesse per le caratteristiche naturali, geomorfologiche, fisiche, biochimiche con particolare riguardo alla flora e alla fauna marine e costiere e per l'importanza scientifica, ecologica, culturale, educativa ed economica che rivestono.

Secondo i dati del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, attualmente in Italia sono presenti 26 aree marine protette (Figura 4.31).

Le aree marine protette presenti nelle vicinanze della zona oggetto dell'istanza sono due: "Porto Cesareo" e "Capo Rizzuto" (Figura 4.32), distanti dall'area oggetto di studio rispettivamente 37 e 34 miglia nautiche. **Pertanto tali aree marine protette, trovandosi a grande distanza dall'area oggetto di indagine, non verranno influenzate in nessun modo dalle operazioni di rilievo sismico.**



Figura 4.31 - Carta delle Aree Marine Protette in Italia (fonte: www.tutelamare.it)

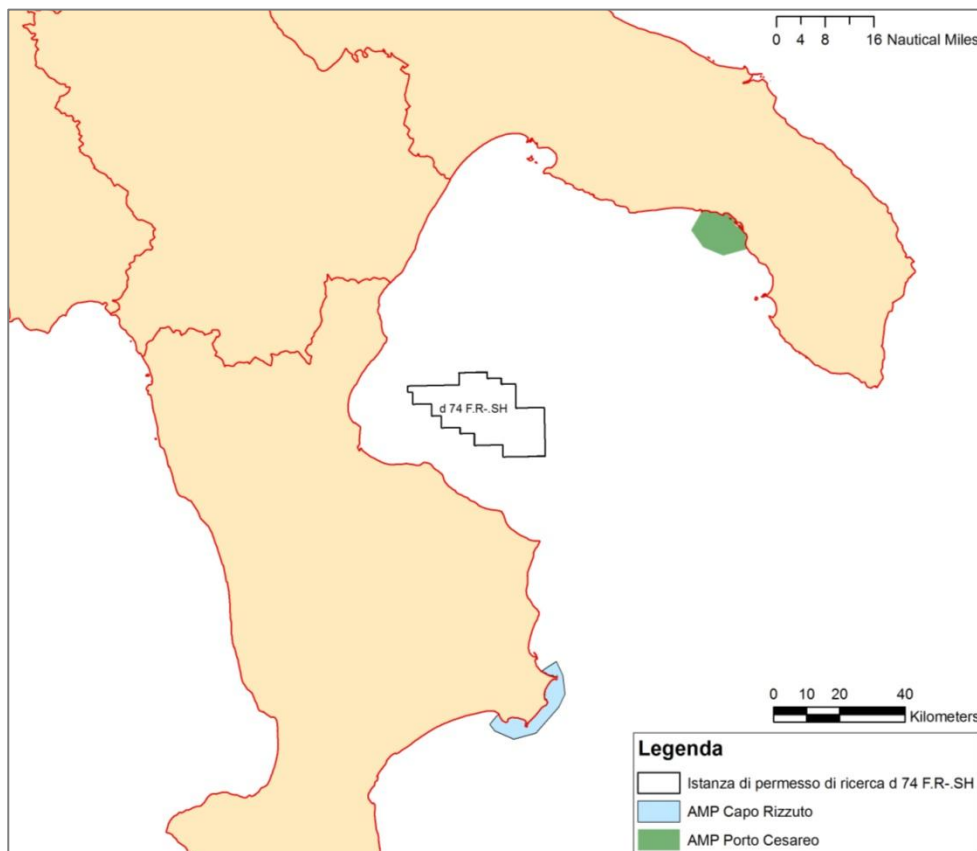


Figura 4.32 – Localizzazione dell’area in istanza rispetto alle aree marine protette (AMP) presenti nel Mar Ionio

4.5.3 Aree di ripopolamento

Le aree di ripopolamento sono aree protette dallo Stato per la conservazione, la gestione e la riproduzione della fauna e l'ampliamento degli habitat naturali. Le iniziative volte al ripopolamento delle acque marine nascono dall'esigenza di ricostruire una fauna danneggiata dal prelievo eccessivo o dal degrado degli ambienti naturali.

Negli ultimi decenni si è riconosciuto che anche la pesca gioca un ruolo importante nel degrado dei mari italiani, dopo millenni di perfetta compatibilità ambientale, certi sistemi di pesca hanno ormai acquisito caratteristiche operative tali da compromettere la salute dell'ecosistema marino e, ironicamente, il futuro stesso della pesca intesa come attività economica produttiva. Si sta dunque cercando di attivare strumenti validi a regolare il prelievo di tali risorse e, contemporaneamente, favorire il ripopolamento ittico delle acque costiere, laddove queste sono state depauperate indiscriminatamente. Ad oggi è possibile intraprendere diverse tipologie di iniziative che consentano di perseguire tali obiettivi. Una delle più importanti, indubbiamente, consiste nell'installazione di barriere artificiali, con la duplice funzione di protezione dei fondi costieri dalla pesca a strascico illegale e di ripopolamento ittico (Figura 4.33).

Le aree di ripopolamento sono generalmente costituite da barriere sottomarine polifunzionali che hanno il compito di rimpiazzare i substrati solidi nei luoghi che ne sono sprovvisti, vale a dire sui fondali prettamente sabbiosi, fangosi o detritici, in modo da fornire un valido appiglio alle forme sessili dello zooplancton e del fitoplancton, e per costituire inoltre una piattaforma alimentare sufficiente a soddisfare le esigenze di organismi sempre più grandi, avviando così una catena alimentare il cui ultimo anello è formato dalle specie commestibili per l'uomo. Il fenomeno tigmotropico, caratteristico dei corpi solidi sommersi, risulta di maggiore intensità proprio dove di substrati solidi ce ne sono pochi.

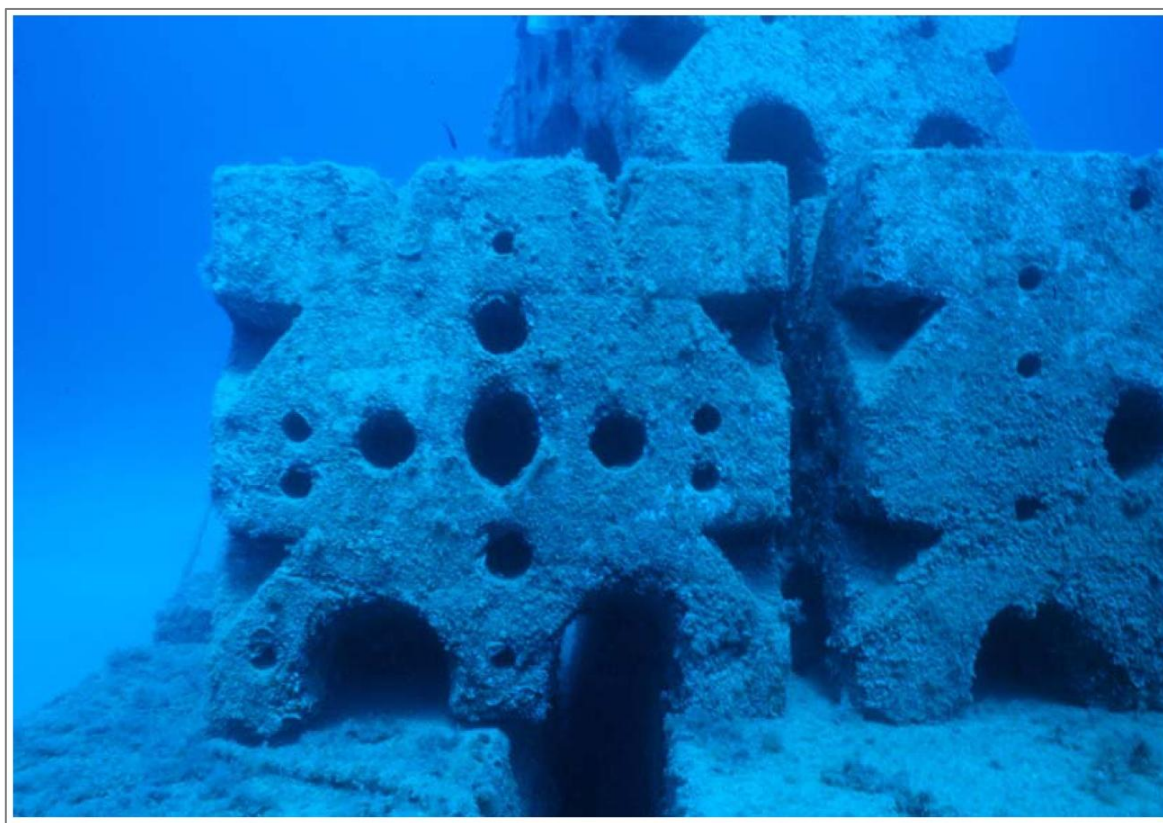


Figura 4.33 – Esempio di barriera artificiale per il ripopolamento ittico, composta da blocchi di cemento (fonte: www.consittico.it)

Nei mari italiani le barriere artificiali sono state realizzate, soprattutto in Adriatico e nel Tirreno settentrionale e meridionale. Le prime barriere in calcestruzzo sono state immerse nel 1973 in Mar Adriatico, al largo del promontorio del Conero (Ancona). In seguito, sono state realizzate barriere artificiali con materiali diversi (blocchi di calcestruzzo, mattoni, relitti) anche sui fondali del Golfo di Marconi (Liguria), di Fregene (Lazio) ed in Sicilia.

Per quanto riguarda l'area oggetto di istanza, non risulta essere presente nessuna area di ripopolamento, dovuto anche alla profondità dei fondali. Questo tipo di barriere, infatti, viene realizzato preferibilmente su substrati mobili (fondi sabbiosi, sabbio-fangosi, detritici, ecc.), all'interno dell'area costiera compresa entro le tre miglia o, all'interno di queste, dentro l'isobata dei 50 metri.

E' importante precisare che, in caso di eventuale presenza non segnalata di aree di ripopolamento in prossimità della zona oggetto di studio, le operazioni verranno immediatamente bloccate e verrà fatta comunicazione alle autorità competenti.

4.5.4 Aree marine archeologiche

La zona archeologica, nel diritto internazionale marittimo, è quell'area marina la cui ampiezza non può superare le 24 miglia dalla costa (o più precisamente dalle linee di base dalle quali è misurata l'ampiezza delle acque territoriali) e nella quale lo stato costiero ha giurisdizione in materia di protezione del patrimonio culturale sottomarino. La zona archeologica coincide con la cosiddetta "zona contigua".

Per quanto riguarda le aree marine archeologiche presenti nelle zone circostanti l'area in istanza, è disponibile un censimento dei beni archeologici sommersi delle regioni Campania, Basilicata, Puglia e Calabria (Progetto "Archeomar", Figura 4.34). Il progetto, coordinato dal Ministero per i Beni e le Attività Culturali (Direzione Generale per i Beni Archeologici, Sezione Tecnica per l'Archeologia Subacquea) si svolge in stretta collaborazione con le Soprintendenze per i Beni Archeologici delle quattro regioni coinvolte e con le Forze dell'Ordine preposte alla tutela del patrimonio nazionale.

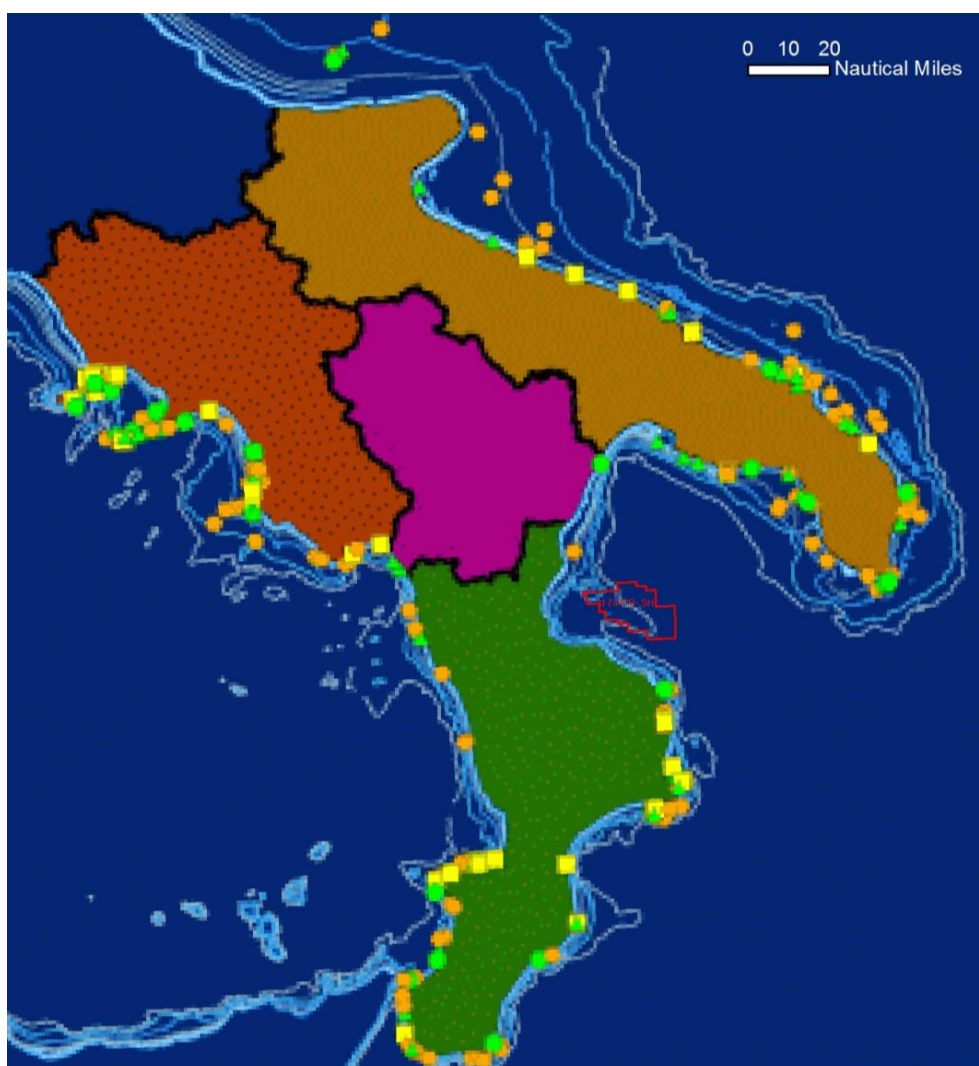


Figura 4.34 - Localizzazione delle aree archeologiche marine nelle zone circostanti l'area oggetto di istanza, indicata in rosso. I punti arancio indicano i relitti, quelli verdi reperti isolati, mentre quelli gialli strutture (fonte: www.archeomar.it)

In Figura 4.34 è possibile osservare la distribuzione delle aree in cui sono stati identificati relitti di interesse storico-culturale-archeologico. Questi sono disposti prevalentemente sotto costa, infatti nell'area oggetto di istanza non sono presenti relitti o aree di interesse archeologico. Per completezza del rapporto verranno descritti i beni archeologici più vicini all'area oggetto di istanza ma che, di fatto, non verranno interessati dalle operazioni.

Il sito più vicino al limite nord-occidentale dell'area di istanza è il numero 108, un relitto della seconda guerra mondiale, ubicato nella provincia di Cosenza, in località Roseto Capo Spulico (Figura 4.35). La prospezione del fondale ha individuato un relitto adagiato sul fianco di babordo, che si staglia dal fondo per circa 8 m di altezza. Si tratta probabilmente del cacciatorpediniere "Regia Marina Geniere", affondato l'1 aprile 1944, a causa del mare cattivo ed in seguito al danneggiamento subito da un bombardamento aereo.



Figura 4.35 - Immagini relative al cacciatorpediniere "Regia marina Geniere", corrispondente al sito n. 108 del progetto Archeomar (fonte: www.archeomar.it)

Considerando il margine più a sud dell'area in oggetto, i beni archeologici più vicini sono il numero 100, un reperto metallico di forma troncoconica, ed il numero 16, un relitto della seconda guerra mondiale.

Per quanto riguarda il reperto numero 100 (Figura 4.36), si tratta di un oggetto singolo di età moderna, in apparenza di una bocca da fuoco o una manica a vento, localizzata nei pressi di Punta Alice, nel comune di Cirò (KR). La sagoma del reperto, presenta una lunghezza complessiva di 165 cm con un diametro che varia da 35 a 45 cm. L'oggetto presenta due maniglie nella parte anteriore e ed un gorsso anello nella parte posteriore.



Figura 4.36 - Immagini relative al reperto metallico di forma troncoconica, corrispondente al sito n. 100 del progetto Archeomar (fonte: www.archeomar.it)

Spostandosi leggermente verso sud, sempre nei pressi di punta Alice, giace il reperto numero 16, corrisponde al relitto del torpediniere "Lince" (Figura 4.37), affondato il 28 agosto 1943. Il relitto presenta una lunghezza di 81,4 metri ed una larghezza di 7,9 metri, oltre ad un dislocamento di circa 1000 tonnellate.



Figura 4.37 – Immagini relative al relitto del torpediniere “Lince”, corrispondente al sito n. 16 del progetto Archeomar (fonte: www.archeomar.it)

Le aree marine archeologiche sopra descritte si trovano, rispettivamente, ad oltre 9, 13 e 13.5 miglia nautiche rispetto all’area oggetto di indagine e non verranno influenzate dalle operazioni di rilievo sismico. Si sottolinea che, in caso di rinvenimento durante l’attività di acquisizione sismica di reperti di interesse storico e archeologico, verranno bloccate le attività ed avvertite le autorità competenti.

4.5.5 Aree marine militari

Le aree militari italiane presenti nella zona costiera che si affaccia all’area oggetto di istanza sono localizzate a Taranto, nel dettaglio sono presenti una base navale della Marina Militare Italiana nel mar Piccolo, una nel mar Grande ed un deposito sotterraneo di rifornimento dell’Aeronautica Militare.

La prima base navale della Marina Militare Italiana è localizza nel mar Piccolo, in cui insiste anche il deposito sotterraneo di rifornimento dell’Aeronautica Militare. Esso è il più grande del Sud Italia e serve tutte le basi per aerei della zona meridionale. A ciò si aggiungono altre infrastrutture e servitù militari che fanno del Mar Piccolo una zona militarizzata.

La seconda base navale, localizzata nel Mar Grande, è una base a comando italiano dotata di alcune infrastrutture Nato (ad esempio per il rifornimento) condivise con le unità militari di altre nazioni della Nato. La base navale è integrata con una base aerea della Marina Militare sita a Grottaglie, in cui vi sono gli elicotteri della Marina Militare e gli aerei della portaerei Garibaldi (www.zonanuclcare.com).

Per quanto riguarda le basi Usa e Nato, come si può osservare dalla Figura 4.38, nella zona costiera che si affaccia all’area oggetto di istanza sono presenti 3 basi militari:

- La Base navale Usa, deposito Usa e Nato, di Taranto (93);
- la Stazione di telecomunicazioni e radar Usa e Nato di Crotona (95);
- la stazione di telecomunicazioni Usa di Monte Mancuso (96).

Le basi militari sopra citate sono ubicate lungo costa e ad una distanza minima di oltre 28 miglia nautiche dall’area in istanza, pertanto non verranno influenzate dalle operazioni di rilievo sismico.

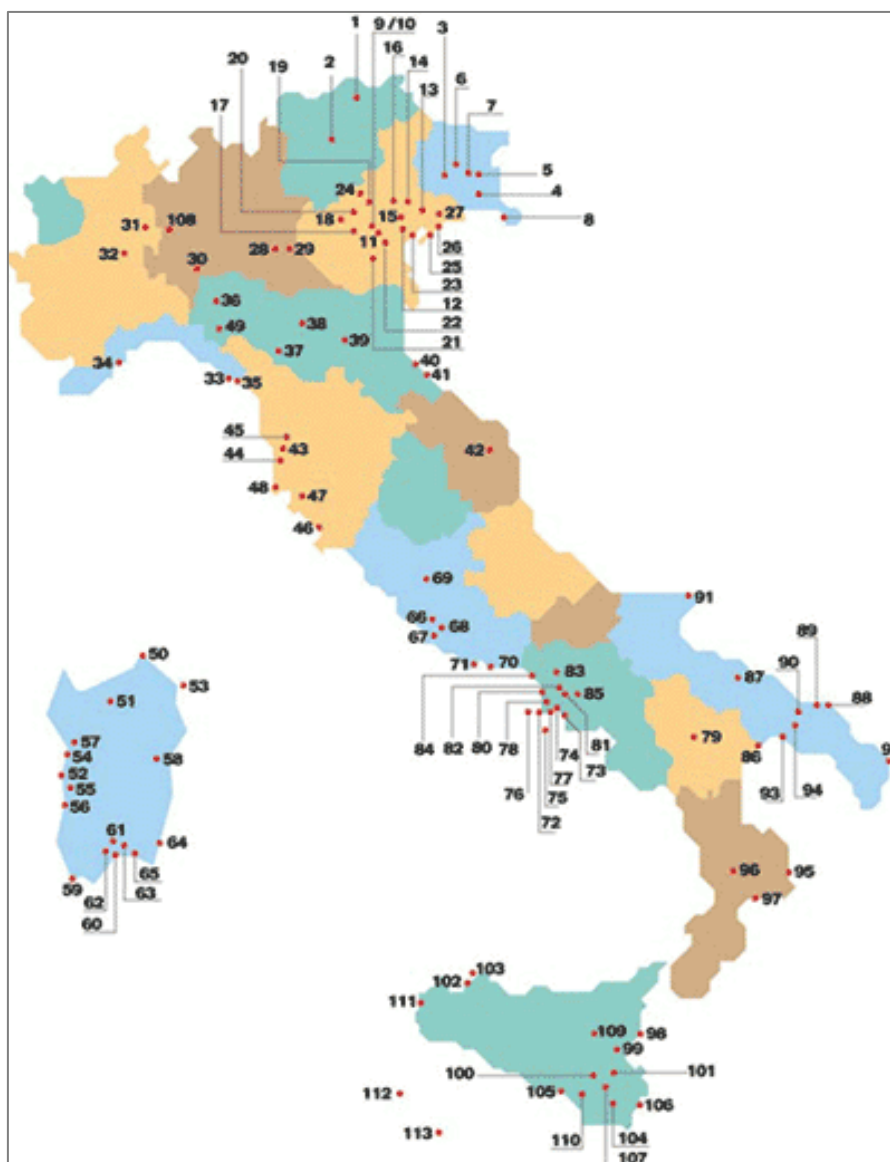


Figura 4.38 - Elenco delle basi militari Usa e Nato in Italia (fonte: www.kelebekler.com)

4.6 DESCRIZIONE ANIMALI MARINI

4.6.1 Flora e fauna

In base al rapporto che gli organismi marini instaurano con il fondo e con la massa d'acqua, vengono distinti in due raggruppamenti:

- il **pelagos**, che include tutti gli organismi che prediligono l'acqua libera. Di cui fanno parte il plancton (organismi che non possono opporsi al moto delle correnti) e il necton (animali in grado di contrastare le correnti e il moto ondoso).
- il **benthos**, cui appartengono tutti gli organismi (animali e vegetali) che sono a contatto con il fondale. Il tipo di fondale influenza moltissimo la tipologia di organismi bentonici che vi si insediano, e quindi i popolamenti che su di esso si costituiscono. Sui fondali rocciosi, prevalgono gli organismi che vivono al di sopra del substrato (*epibenthos*) mentre sui fondi sabbiosi e fangosi sono meglio rappresentati gli organismi che vivono infossati nei sedimenti (*endobenthos*).

Un altro aspetto molto importante per la distribuzione degli organismi del benthos è l'intensità della luce, che varia notevolmente con la profondità. In base al loro rapporto con la luce, esistono organismi animali e vegetali detti **fotofili** (amanti di luoghi illuminati) ed altri detti **sciafili** (adattati a luoghi ombreggiati o oscuri).

Il dominio pelagico, a seconda della sua distanza dalla costa, è stato convenzionalmente suddiviso in due provincie: la provincia neritica, che si estende dalla linea di costa sino al limite della piattaforma continentale, e la provincia oceanica che comprende le acque profonde fuori dal limite della piattaforma continentale (Figura 4.39).

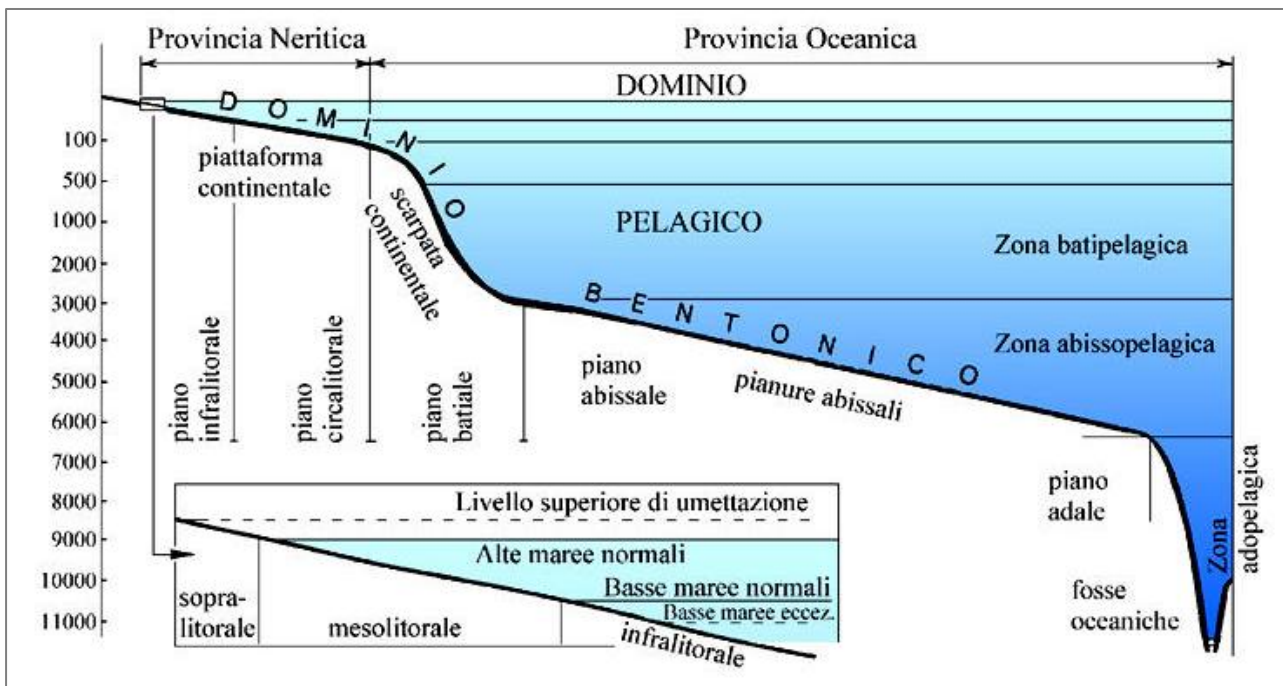


Figura 4.39 - Schema dell'ambiente marino con le suddivisioni orizzontali e verticali in domini e piani (fonte: www.dipbot.unict.it)

Il dominio bentonico, su basi ecologiche e legato alla presenza di associazioni vegetali (sistema fitale), è suddiviso in cinque piani: sopralitorale, mesolitorale, infralitorale e circalitorale. Nel dettaglio:

- Il piano **sopralitorale** comprende le zone emerse bagnate dagli spruzzi delle onde;
- Il piano **mesolitorale** o intertidale è compreso tra i normali limiti di alta e bassa marea. Gli organismi che abitano questo piano devono sopportare lunghi periodi di emersione alternati a periodi di immersione, e quindi devono essere molto ben adattati a queste difficili condizioni;
- Il piano **infralitorale** è l'ambiente immerso, caratterizzato di sviluppo delle alghe fotofile e dalle praterie delle fanerogame marine quali, in Mediterraneo, la Posidonia oceanica. Il piano infralitorale si estende dal limite della bassa marea fino ad una profondità variabile a seconda della penetrazione della luce; in genere il limite inferiore del piano è segnato dal limite inferiore di distribuzione della prateria di Posidonia, che in acque trasparenti può raggiungere una profondità di oltre 50 metri;
- Il piano **circa litorale** è un ambiente sciafalo che inizia al termine dell'infralitorale e termina sulla piattaforma continentale. A questa profondità, a causa dell'attenuazione della luce, l'ambiente è dominato dalle alghe sciafile, ma la componente animale dei popolamenti prende lentamente il sopravvento sulla frazione algale. Le alghe circalitorali, di piccole dimensioni e a tallo calcareo, svolgono un ruolo fondamentale come costruttori della più importante biocenosi del circalitorale, il coralligeno.

La zona di mare aperto che parte dal termine della piattaforma include una serie di habitat oceanici o pelagici: la zona epipelagica comprende le acque dalla superficie fino a 200 m di profondità, la zona mesopelagica arriva fino a 500 m di profondità, la zona batipelagica varia tra i 500 e 2500 m di profondità e la zona abissopelagica varia tra 2500 e 6000 m di profondità.

Per quanto riguarda la flora della provincia oceanica, che è la parte in cui ricade l'area oggetto di istanza, è rappresentata prevalentemente da plancton.

Il termine plancton indica l'insieme di quegli organismi sia animali che vegetali che vivono in sospensione nella colonna d'acqua, incapaci di vincere con movimenti propri i moti del mare, formato da:

- **Fitoplancton:** costituito da organismi vegetali, unicellulari, autotrofi, in grado cioè di utilizzare l'energia del sole attraverso il processo di fotosintesi, pertanto si trova sospeso nella fascia più superficiale illuminata. Il fitoplancton ricopre un ruolo fondamentale nell'ecosistema marino perché rappresenta il primo anello della catena trofica e attraverso la fotosintesi libera ossigeno.
- **Diatomee:** alghe unicellulari munite di scheletro siliceo, di forma e struttura molto diversa, che vivono isolate o riunite in colonie, particolarmente abbondanti nelle acque fredde. Lo scheletro siliceo è composto da due parti dette teche, che si incastrano l'una sull'altra. Sono tra i più importanti componenti del plancton, ma sono rappresentate anche nel benthos. Quando muoiono esse cadono sul fondo e i loro gusci ricoprono i fondi degli oceani andando a costituire i fanghi a diatomee.
- **Dinoflagellati:** alghe unicellulari ampiamente diffuse in tutti i mari. Le cellule si presentano munite di una teca cellulosica oppure prive di tale struttura. Sono organismi mobili facilmente riconoscibili al microscopio perché provvisti di 2 flagelli che possono essere situati perpendicolarmente l'uno all'altro all'intero di 2 solchi presenti nel corpo, oppure inseriti all'apice della cellula.
- **Zooplancton:** è il plancton animale, costituito da un'ampia varietà di organismi che possono condurre vita planctonica per tutta la loro esistenza o solo per una parte di essa. Pressoché ogni gruppo marino animale è rappresentato nello zooplancton, se non dagli adulti, almeno dai suoi stadi larvali. Rappresenta il secondo anello della catena trofica marina in quanto gli organismi che vi appartengono si nutrono principalmente di fitoplancton.
- **Copepodi:** costituiscono il gruppo di crostacei più ampiamente rappresentato nel plancton animale e nelle comunità meiobentoniche (cioè con dimensioni inferiori a 0,5 mm) delle acque marine e continentali. Sono molto abbondanti e diversificati negli ambienti pelagici, dove possono colonizzare sia le acque di superficie che quelle più profonde. Si nutrono prevalentemente di fitoplancton. La composizione della comunità di copepodi e le sue variazioni nel corso del tempo sono considerati importanti indicatori per la valutazione della qualità dell'ambiente marino costiero.
- **Cladoceri:** i cladoceri sono crostacei microscopici, le cui dimensioni non superano i pochi millimetri. Poche specie vivono in mare o in acque salmastre. Il corpo è compresso lateralmente e racchiuso da un rivestimento protettivo. I Cladoceri comprendono specie planctoniche e bentoniche che preferiscono ambienti poco profondi, prossimi alla riva e ricchi di vegetazione. Le specie planctoniche sono più numerose e frequenti di quelle bentoniche. Sono animali prevalentemente erbivori, che si nutrono di microscopiche alghe filtrate dall'acqua, vi sono anche specie predatrici e specie che ricercano detrito organico tra i sedimenti dei fondali sommersi che abitano.

Per quanto riguarda la fauna, si possono trovare molto frequentemente bivalvi, naselli, seppie, pesci spada, scampi, tonni, polpi e sardine. Queste sono solo alcune delle tipologie di fauna presenti, le più note proprio perché di uso quotidiano. Queste specie, assieme a molte altre di cui verrà trattato a seguire (Tabella 4.3), vengono pescate con varie tecniche nell'intera area del golfo settentrionale del Mar Ionio.

NOME COMUNE	NOME SCIENTIFICO
Acciuga - Alice	<i>Engraulis encrasicolus</i>
Aguglia	<i>Belone belone</i>
Anguilla	<i>Anguilla anguilla</i>
Aragosta	<i>Palinurus vulgaris</i>
Arca di Noè	<i>Arca Noeae</i>
Astice	<i>Homarus gammarus</i>
Bocca d'oro	<i>Mullus surmuletus</i>
Boccanera	<i>Galeus melastomus</i>
Boga	<i>Boops boops</i>
Calamaro	<i>Loligo vulgaris</i>
Cannolicchio	<i>Solen vagina</i>

Capone gallinella	<i>Chelidochthis lucernus</i>
Capone gallinella	<i>Trigla hirundo</i>
Castagnola	<i>Chromis chromis</i>
Cavalluccio marino	<i>Hippocampus guttulatus</i>
Cefalo	<i>Mugil cephalus</i>
Cefalo calamita	<i>Mugil capito</i>
Cefalo verzelata	<i>Mugil saliens</i>
Cernia bruna	<i>Epinephelus guaza</i>
Cernia di fondale	<i>Polyprion cernium</i>
Cocciola	<i>Cardium edule</i>
Costardella	<i>Scomberesox saurus</i>
Dattero di mare	<i>Lithophaga lithophaga</i>
Dentice	<i>Dentex dentex</i>
Donzella	<i>Coris julis</i>
Dragoncello	<i>Callionymus lyra</i>
Gamberetto, Palemone	<i>Palaemon serratus</i>
Gambero della sabbia (grigio)	<i>Crangon crangon</i>
Gambero rosso	<i>Aristeus antennatus</i>
Gattopardo	<i>Shilliorhynchus stellaris</i>
Gattuccio	<i>Scyliorhinus canicula</i>
Ghiozzo	<i>Gobius</i>
Granceola	<i>Maja squinado</i>
Granchio comune	<i>Carcinus maenas</i>
Grongo	<i>Conger</i>
Lampuga – Pesce castagna	<i>Coriphaena hippurus</i>
Lanzardo	<i>Scomber japonicus colias</i>
Latterino	<i>Atherina mochon</i>
Leccia stella	<i>Trachinotus ovatus</i>
Magnosa, Pannochia	<i>Scylarides latus</i>
Mitilo, Muscolo, Cozza	<i>Mytilus galloprovincialis</i>
Mormora	<i>Pagellus bogaraveo</i>
Moscardino bianco	<i>Eledone cirrosa</i>
Motella	<i>Gaidropsaurus mediterraneus</i>
Murena	<i>Muraena helena</i>
Murice comune	<i>Murex brandaris</i>
Musdea	<i>Phycis blennioides</i>
Nasello	<i>Merluccius merluccius</i>
Occhiata	<i>Oblada melanura</i>
Oloturia, Cetriolo di mare	<i>Holothuria tubulosa</i>
Ombrina	<i>Umbrina cirrosa</i>
Orata	<i>Spartus aurata</i>
Orecchia marina	<i>Haliotistubercolata</i>
Ostrica	<i>Ostrea edulis</i>
Pagello	<i>Pagellus crythrinus</i>
Pagello bastardo	<i>Pagellus acarne</i>
Pagro dentice	<i>Pagrus pagrus</i>
Palombo	<i>Mustelus</i>
Patella, Scodellina	<i>Patella caerulea</i>
Pesce forca	<i>Peristedion cataphractum</i>
Pesce San Pietro	<i>Zeus faber</i>

Pesce violino	<i>Rhinobatus rhinobatus</i>
Pesce volante – Rondine di mare	<i>Exocoetus rondeleti</i>
Piè d’asino	<i>Glycymeris glycymeris</i>
Polpo	<i>Octopus vulgaris</i>
Rana pescatrice	<i>Lophius piscatorius</i>
Razza bianca	<i>Raja marginata</i>
Riccio di mare	<i>Paracentrotus lividus</i>
Ricciola	<i>Seriola dumerili</i>
Rovello	<i>Pagellus bogaraveo</i>
Sagri – Spinarolo	<i>Squalus acanthias</i>
Salpa	<i>Boops salpa</i>
Sarago	<i>Diplodus anularis</i>
Sarago faraone	<i>Diplodus cervinus</i>
Sarago maggiore	<i>Diplodus sargus</i>
Sarago pizzuto	<i>Lithognatus mormyrus</i>
Sarago sparaglione	<i>Charax puntazzo</i>
Sardina	<i>Clupea pilchardus</i>
Scorfano rosso	<i>Scorpaena scrofa</i>
Seppia	<i>Sepia officinalis</i>
Sgombro	<i>Scomber scombrus</i>
Sogliola	<i>Solea solea</i>
Sogliola occhiuta	<i>Solea ocellata</i>
Spigola	<i>Dicentrarchus labrax</i>
Suacia	<i>Pleuronectes laterna</i>
Suro	<i>Trachurus trachurus</i>
Tanuta	<i>Cantharus lineatus</i>
Tartufo di mare	<i>Venus verrucosa</i>
Tellina	<i>Donax trunculus</i>
Tombarello	<i>Ommasterphes sagittatus</i>
Tonnetto	<i>Euthynnus alletteratus</i>
Tordo	<i>Labrus turdus</i>
Tordo fischiotto	<i>Labrus mixtus</i>
Torricella comune	<i>Cerithium vulgatum</i>
Totano	<i>Todarodes sagittatus</i>
Tracina	<i>Trachinus draco</i>
Triglia di scoglio	<i>Maena smaris</i>
Uovo di mare	<i>Microcosmus sulcatus</i>
Ventaglio, Capesanta, Conchiglia del	<i>Pecten jacobaeus</i>
Verdesca	<i>Prionace glauca</i>
Vongola	<i>Venerupis decussata</i>
Zerro	<i>Maena smaris</i>

Tabella 4.3 - Fauna ittica presente nella parte settentrionale del Mar Ionio (fonte: www.tarantonostra.com)

Per quanto riguarda i periodi riproduttivi delle specie ittiche dei mari italiani, uno studio effettuato dall’Istituto Zooprofilattico Sperimentale dell’Abruzzo e del Molise, ha individuato i periodi di maggiore attività riproduttiva delle specie maggiormente commercializzate (Figura 4.40). Da tale studio si evince come il periodo di maggiore attività riproduttiva sia la primavera, in cui il mese di maggio è quello che ne ha il maggior numero.

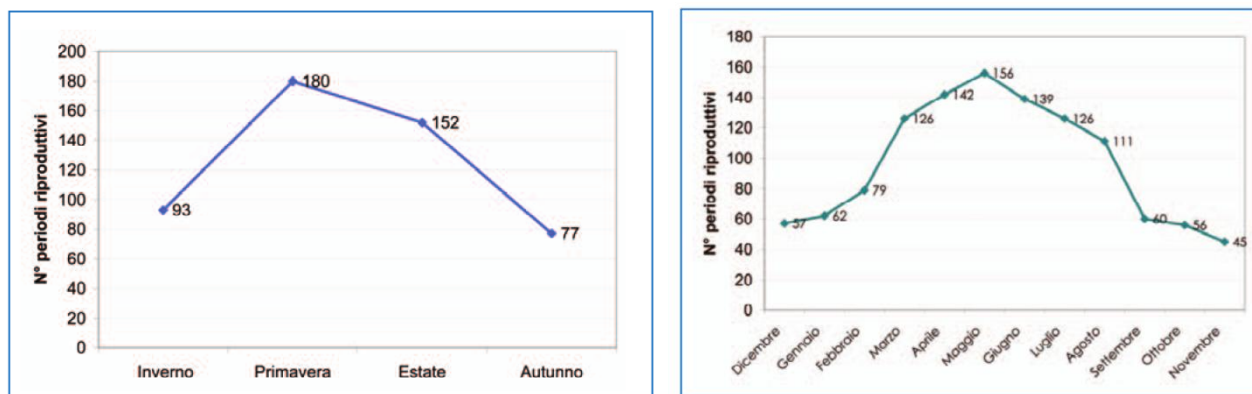


Figura 4.40 – Periodi riproduttivi delle specie ittiche dei mari italiani, a sinistra indicati per stagione, a destra per mese (fonte: Istituto Zooprofilattico Sperimentale dell’Abruzzo e del Molise “Giuseppe Corporale”)

4.6.2 Pesca

L’attività di pesca si divide in tre classi principali: la pesca professionale, esercitata dai pescatori e dalle imprese di pesca e riguardante l’attività economica destinata alla produzione dei prodotti della pesca, la pesca scientifica, esercitata da Istituti di ricerca riconosciuti e ricercatori singoli autorizzati con scopi di studio, ricerca e sperimentazione, e la pesca sportiva, esercitata a scopo agonistico o ricreativo.

Secondo l’art. 220 del codice della navigazione, l’art. 408 del Regolamento del codice della navigazione marittima e l’art. 9 del D.P.R. n° 1639 del 2 ottobre 1968, la pesca professionale si divide come segue.

- Pesca costiera, che a sua volta si suddivide in pesca locale (entro 12 miglia dalla costa o da terra) e pesca ravvicinata (fino a 40 miglia dalla costa);
- Pesca mediterranea o d’altura;
- Pesca oltre gli stretti od oceanica.

In generale i metodi di pesca principalmente utilizzati sono:

- Reti da traino: in generale hanno forma conica o piramidale e si suddividono in base alla profondità di calata (Rapporto annuale sulla pesca e sull’acqua coltura in Sicilia 2009);
- Reti da fondo o a strascico, vengono trainate sul fondo sabbioso (sfogliara, rapido, sciabica da spiaggia e da natante);
- Reti pelagiche da superficie o volanti, trainate a mezz’acqua o in superficie;
- Reti da raccolta: vengono calate sul fondo in attesa che il pesce vi si appoggi sopra e poi vengono salpate;
- Trappole fisse: sono attrezzi da pesca collocati in loco e lasciati per tutto il periodo di utilizzo (tonnare fisse, lavoriero, saltarello, cogollo);
- Trappole mobili: piccole trappole che vengono salpate ogni volta che deve essere prelevato il pesce e poi vengono calate nuovamente nello stesso punto o in un altro. Hanno sempre un’esca al loro interno (nasse, cestello, bertovello);
- Attrezzi con ami: lenze, palangaro senza fine o verticale, palangari conzi, fissi o derivanti;
- Altri attrezzi: draga, traino per molluschi, rastrelli da natante, arpione, fiocina, asta a specchio per ricci, rastrello per ricci.

In Italia, la pesca è svolta lungo tutti i 7.456 km di costa e le 12 miglia di acque territoriali a ridosso di quelle internazionali. La produzione di molluschi bivalvi rappresenta oltre il 73% del totale, e consiste in 135.000 tonnellate di cozze (circa 30.000 t di cattura) e 55.000 t di vongole filippine (Marino et al. 2005).

Il Mar Ionio è il più profondo dei mari nel bacino del Mediterraneo ed è caratterizzato da un complesso sistema geomorfologico ed oceanografico. La parte nord-occidentale del Mar Ionio corrisponde alla Sub Area geografica (GSA) n. 19 (Figura 4.41), individuata dalla Commissione Generale per La Pesca nel Mediterraneo, approvata dalla FAO e composta da 23 paesi membri, insieme all'Unione Europea.

La cattura media annua nel nord-ovest del Mar Ionio (Crotone, Taranto e Gallipoli) è pari a circa il 3% dell'intera produzione italiana. Nella parte nord-occidentale del Mar Ionio, la pesca avviene dalle acque costiere fino a 700-750 m di profondità. Le più importanti risorse demersali sono rappresentate dalla triglia di fango (*Mullus barbatus*) sulla piattaforma continentale, da nasello (*Merluccius merluccius*), gambero bianco (*Parapenaeus longirostris*) e scampo (*Nephrops norvegicus*) su un ampio gradiente batimetrico, e da gamberi rossi batiali (*Aristeus antennatus* e *Aristaeomorpha foliacea*) sulla scarpata (Maiorano P. Et al, 2010).

Gallipoli, Taranto, Crotone e Reggio Calabria rappresentano le attività di pesca più importanti del nord-ovest del Mar Ionio, anche se con una diversa distribuzione dello sforzo di pesca. Le statistiche ufficiali nazionali (IREPA, 2008) riportano a Crotone la percentuale più alta delle grandi navi di stazza lorda, con il 44%, a Reggio Calabria il 21%, mentre una percentuale inferiore di pescherecci da traino opera a Gallipoli (24%) e Taranto (11%).

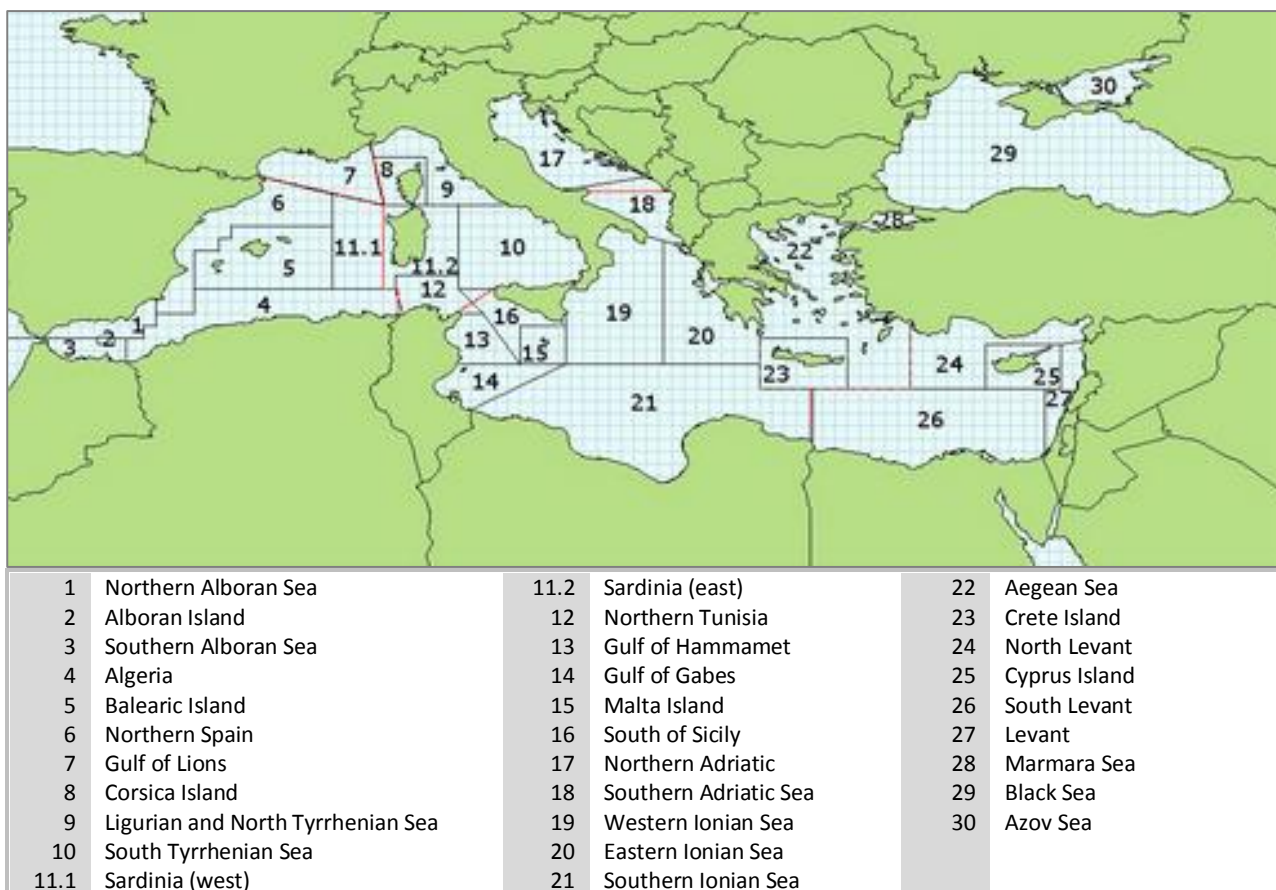


Figura 4.41 – Sub-Aree Geografiche (GSA) del Mediterraneo istituite dalla Commissione Generale per la Pesca nel Mediterraneo, approvata dalla FAO (fonte: www.gfcm.org)

L'Italia presenta una posizione strategica nel Mediterraneo, che la pone al centro dei traffici marittimi europei. La Figura 4.42 evidenzia quali porti sono maggiormente coinvolti nelle rotte del mare. In blu sono rappresentate le principali rotte delle navi che collegano il nord Europa all'Asia. I dati riportati nella carta riguardano i teu (twenty-foot equivalent unit) dei vari porti coinvolti in questi traffici.

Focalizzando l'attenzione sulla parte settentrionale del Mar Ionio, il porto commerciale più vicino all'area oggetto di istanza risulta essere quello di Taranto. La rotta principale per raggiungerlo è localizzata nella parte orientale del Golfo ionico, e non si sovrappone all'area oggetto di indagine.

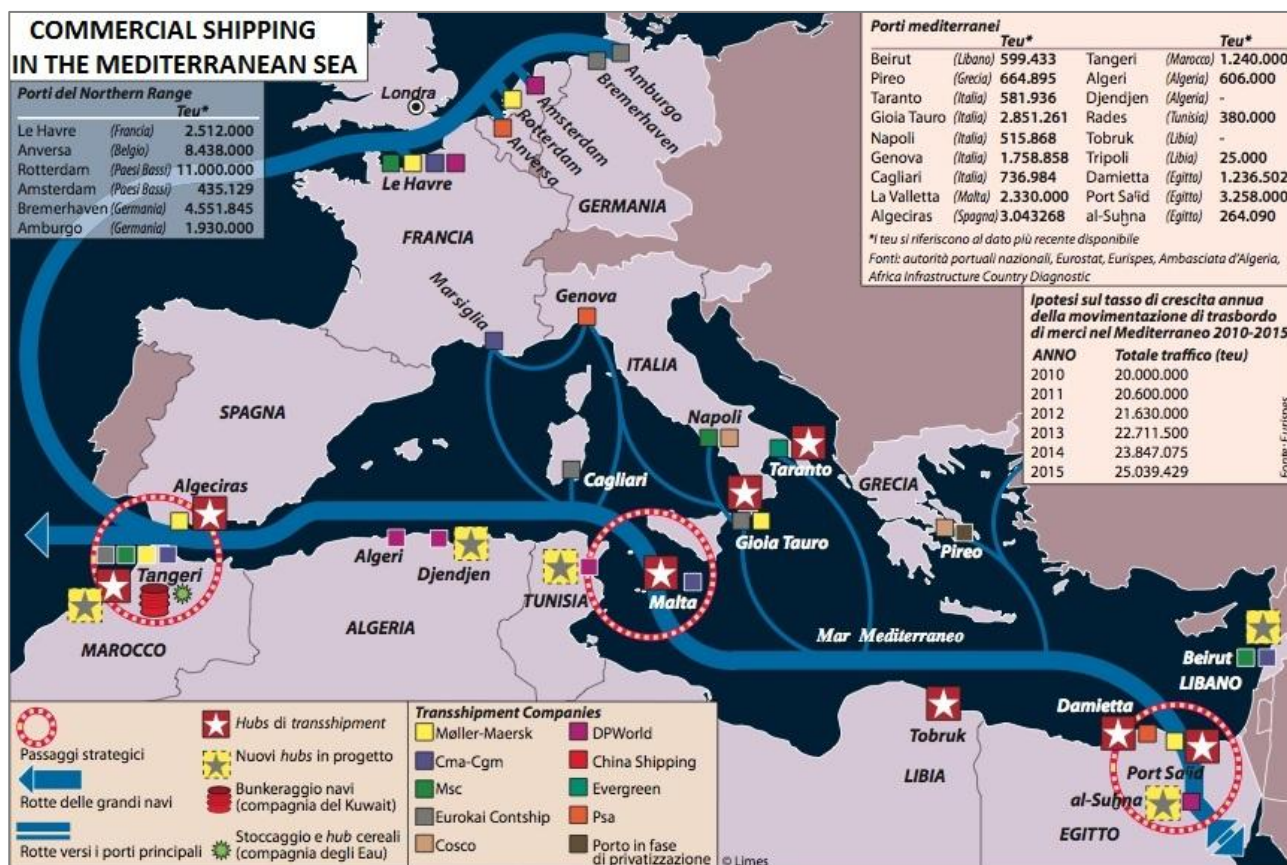


Figura 4.42 - La carta evidenzia quali porti sono maggiormente coinvolti nelle rotte del mare. Cerchiati in rosso si segnalano i passaggi strategici come lo stretto di Gibilterra, il canale di Suez e il corridoio siculo-tunisino. In blu sono rappresentate le principali rotte delle navi che collegano il nord Europa all'Asia (fonte: temi.repubblica.it/limes)

4.6.3 Mammiferi

La cetofauna identificata nei mari italiani annovera esemplari appartenenti a 15 specie ma solo 8 di queste (*Balaenoptera physalus*, *Physeter catodon*, *Ziphius cavirostris*, *Tursiops truncatus*, *Stenella coeruleoalba*, *Delphinus delphis*, *Grampus griseus* e *Globicephala melas*) sono considerate regolarmente presenti nei mari italiani con popolazioni che si presuppone compiano il loro intero ciclo biologico nei nostri mari (Notarbartolo di Sciarra & Demma, 1997). Esse vivono, si riproducono e si alimentano nei nostri mari, a differenza di quelle occasionali che generalmente non si riproducono in questo mare, ma vi possono stanziare per alcuni periodi. Infine, sono definite accidentali le specie che entrano accidentalmente in Mediterraneo poiché questo mare non è tra i loro habitat. L'osservazione di esemplari delle rimanenti sette specie è considerata occasionale (*Orcinus orca*, *Steno bredanensis*, *Pseudorca crassidens*, *Balaenoptera acutorostrata*) o accidentale (*Eubalaena glacialis*, *Megaptera novaeangliae*, *Kogia sima*).

Grazie ai dati presenti nella Checklist della flora e della fauna dei mari italiani (Biologia Marina Mediterranea, 2010) che riporta le specie di cetacei suddivise in nove settori biogeografici (Figura 4.43), è stato possibile individuare i mammiferi marini presenti nell'area del Golfo oggetto dell'istanza, corrispondente al settore numero 6 (Figura 4.44).

In base alle loro preferenze di habitat, esse sono suddivise in tre gruppi principali:

- pelagiche (si incontrano a profondità superiore a 2000 m): la balenottera comune, lo zifio, il globicefalo e la stenella striata;
- di scarpata profonda (si incontrano a una profondità compresa tra 1000 e 1500 m): il capodoglio e il grampo;

costiere (si incontrano a profondità inferiore a 500 m): il tursiopo, il delfino comune e la balenottera minore.

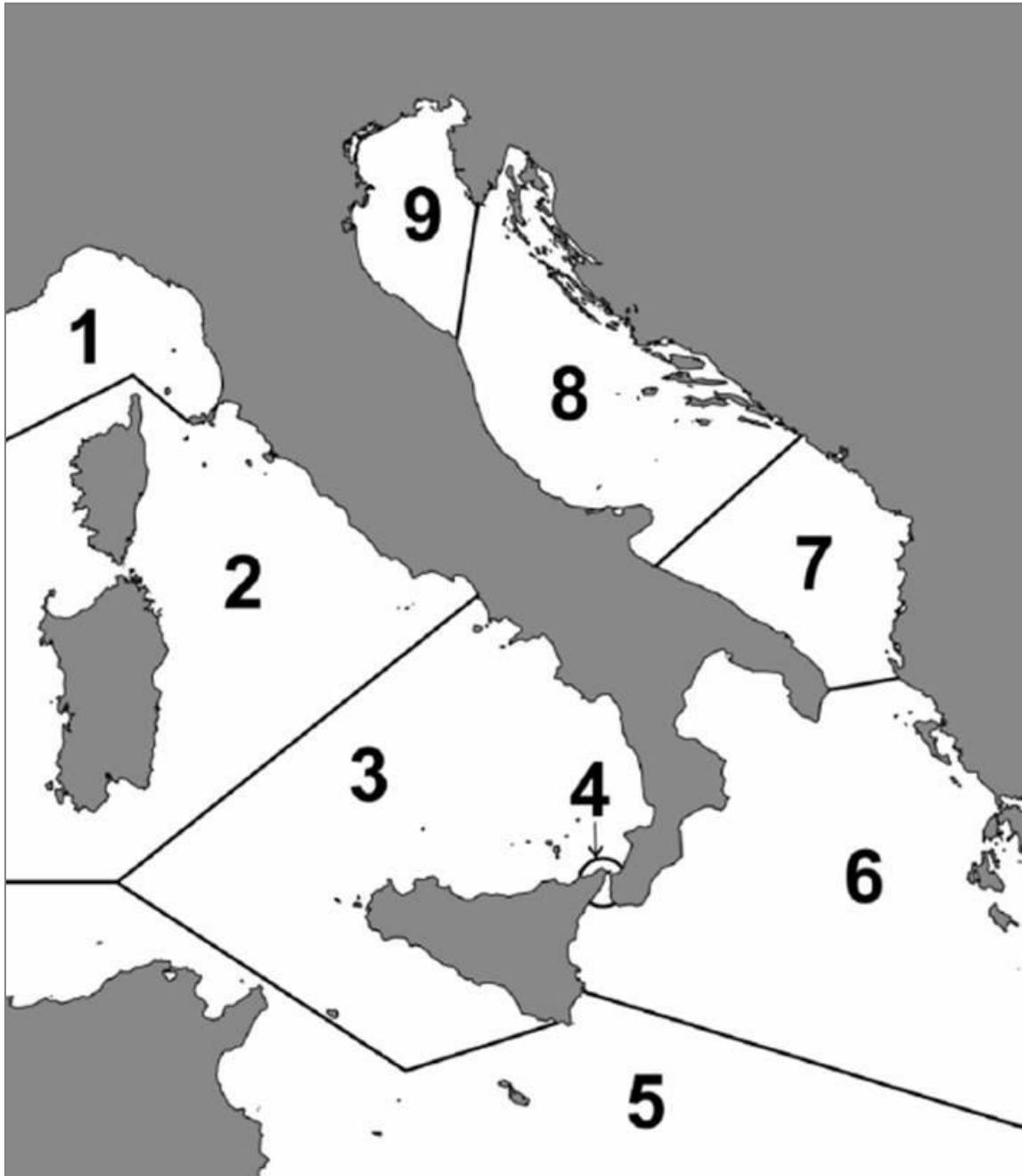


Figura 4.43 - Settori biogeografici della Checklist della flora e della fauna dei mari italiani (fonte: www.sibm.it)

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	CAR	SIN	NOTE
Ordine Cetacea													
Famiglia Balaenidae													
<i>Eubalaena</i>	15672	Gray, 1864											
<i>Eubalaena glacialis</i>	15673	(Müller, 1776)											
Famiglia Balaenopteridae													
<i>Balaenoptera</i>	15674	Lacépède, 1804											
<i>Balaenoptera acutorostrata</i>	15675	Lacépède, 1804	x	x	x	x	x	x				a1	A2, A17
<i>Balaenoptera musculus</i>	15676	(Linnaeus, 1758)											
<i>Balaenoptera physalus</i>	15677	Lacépède, 1804	x	x	x	x	x	x	x	x	M	a2	A4, A17
<i>Megaptera novaeangliae</i>	15678	(Borowski, 1781)											
Famiglia Physeteridae													
<i>Kogia</i>	15679	Gray, 1846											
<i>Kogia sima</i>	15680	(Owen, 1866)											
<i>Physeter</i>	15681	Linnaeus, 1758											
<i>Physeter catodon</i>	15682	Linnaeus, 1758	x	x	x	x	x	x	x	x	M	a3	A6, A17
Famiglia Ziphiidae													
<i>Ziphius</i>	15683	Cuvier 1823											
<i>Ziphius cavirostris</i>	15684	Cuvier 1823	x	x	x	x	x	x	x				A8, A17
Famiglia Delphinidae													
<i>Delphinus</i>	15685	Linnaeus, 1758											
<i>Delphinus delphis</i>	15686	Linnaeus, 1758	x	x	x	x	x	x	x	x	M		A10, A17
<i>Globicephala</i>	15687	Lesson, 1828											
<i>Globicephala melas</i>	15688	(Traill, 1809)	x	x	x	x	x	x				a5	A14, A17
<i>Grampus</i>	15689	Gray, 1828											
<i>Grampus griseus</i>	15690	(Cuvier,1812)	x	x	x	x	x	x	x	x			A11, A17
<i>Orcinus</i>	15691	Fitzinger, 1860											
<i>Orcinus orca</i>	15692	(Linnaeus, 1758)	x	x	x		x	x					A13, A17
<i>Pseudorca</i>	15693	Reinhardt, 1862											
<i>Pseudorca crassidens</i>	15694	(Owen, 1846)	x		x					x		a4	A12, A17
<i>Stenella</i>	15695	Gray, 1866											
<i>Stenella coeruleoalba</i>	15696	(Meyen, 1833)	x	x	x	x	x	x	x				A9, A17
<i>Steno</i>	15697	Gray, 1846											
<i>Steno bredanensis</i>	15698	(Cuvier in Lesson, 1828)		x	x		x						A15, A17
<i>Tursiops</i>	15699	Gervais, 1855											
<i>Tursiops truncatus</i>	15700	(Montagu,1821)	x	x	x	x	x	x	x	x			A17
Ordine Carnivora													
Famiglia Phocidae													
<i>Monachus</i>	15701	Fleming, 1822											
<i>Monachus monachus</i>	15702	(Hermann, 1779)		x	x		x	x			M	a6	A16; A17

Figura 4.44 - Specie di cetacei presenti nei mari italiani. In giallo è stata evidenziata la colonna inerente il settore biogeografico n.6, in cui ricade l'area in istanza (fonte: Checklist della fauna marina italiana, MATTM-DPN e SIBM, 2010, modificato)

Di seguito viene fornita una descrizione delle specie di mammiferi marini presenti nelle acque del Mar Ionio, corrispondenti al settore biogeografico numero 6 del suddetto studio. Le descrizioni sono state elaborate sulla base delle schede informative inerenti ai mammiferi marini che popolano i nostri mari, in allegato al Rapporto tecnico "Valutazione e mitigazione dell'impatto acustico dovuto alle prospezioni geofisiche" redatto dall'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (Maggio 2012).

BALAENOPTERA ACUTOROSTRATA

Nome comune: Balenottera minore

Specie costiera (profondità inferiore a 500 m)

Descrizione, ecologia e habitat

È la più piccola della famiglia (7-10 m) e sembra essere un animale piuttosto solitario, con gruppi di massimo tre individui, tuttavia è piuttosto curiosa e spesso si avvicina alle imbarcazioni. Viene avvistata piuttosto raramente nel Mediterraneo, in cui la sua presenza è ritenuta occasionale. Dopo 5-8 soffi a intervalli di un minuto compie un'immersione che dura circa 8 minuti, ma il suo soffio non è ben visibile. Pare che il numero di individui sia ridotto a circa 500.000 unità in tutto il mondo, questa balenottera è infatti ancora oggi cacciata per fini commerciali in alcuni paesi.

La Balenottera minore in genere viene più facilmente osservata nelle acque che sovrastano la piattaforma continentale, anche se frequenta il mare aperto. Spesso si spinge all'interno degli estuari e dei canali. Le stime per la consistenza mondiale della specie sono di oltre 500.000 unità, di cui la maggior parte appartenenti agli stock dei mari australi.

Nell'emisfero settentrionale questo cetaceo si nutre soprattutto di Pesci appartenenti alle famiglie dei Salmonidi, Clupeidi e Gadidi. Nell'emisfero australe prevalgono invece i Crostacei planctonici Eufausiacei.

Status e conservazione

In passato la specie è stata oggetto di caccia a scopi commerciali in molte zone, soprattutto dopo il declino della consistenza numerica delle popolazioni dei Balenotteridi di dimensioni maggiori. Non si hanno dati precisi sull'effetto dei prelievi, che continuano nei mari australi da parte delle flotte giapponesi (circa 300 esemplari all'anno) e nell'Atlantico da parte della Norvegia, nonostante in quest'ultima zona la popolazione non sembri essere ritornata alla consistenza numerica che aveva prima dell'inizio della caccia industriale. Lo status complessivo della specie è oggetto di motivata preoccupazione. Date le sue dimensioni, in natura la Balenottera minore può venire attaccata dall'Orca (*Orcinus orca*).

Riproduzione

Gli accoppiamenti e le nascite avvengono nelle acque calde di entrambi gli emisferi, dove le balenottere minori migrano dai poli come fanno altri Misticieti. La gestazione dura circa 10 mesi. Il neonato misura circa 2,5 m. Il piccolo è svezzato a meno di un anno di età quando migra con la madre verso le acque polari ricche di cibo. Gli adulti degli oceani settentrionali hanno una lunghezza media di 7 m, valore quasi massimo per le acque italiane, mentre quelli dei mari australi possono raggiungere i 10 m. In alcune popolazioni la maturità sessuale è stimato che venga raggiunta a circa 7 anni d'età.

Segnali acustici prevalenti (range di frequenza)

80 Hz - 22 kHz

Distribuzione

Per il Mediterraneo non si dispone di valutazioni di consistenza di popolazioni, anche perché probabilmente gli individui avvistati appartengono alle popolazioni del nord Atlantico, da cui possono provenire. La balenottera minore è avvistata più frequentemente nelle acque del Mar Ligure e del Tirreno, più raramente in Adriatico. E' sconosciuta la dinamica dei suoi spostamenti.

Per quanto riguarda l'area del golfo di Taranto, oggetto dell'attività proposta, la presenza della balenottera comune è considerata come rara od occasionale.

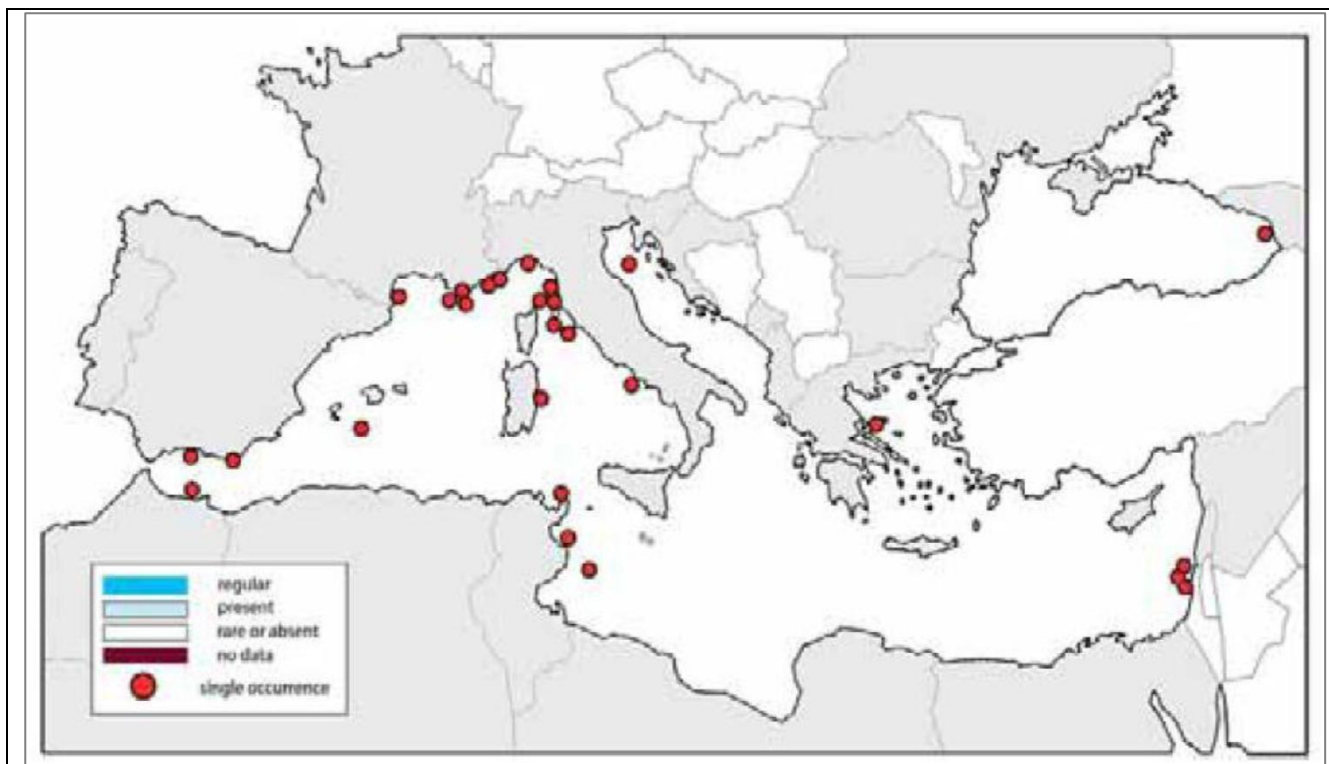


Figura 4.45 – Avvistamenti di balenottera minore in Mediterraneo (fonte: Notabartolo di Sciara & Birkun, 2010)

BALAENOPTERA PHYSALUS

Nome comune: Balenottera comune

Specie pelagica (profondità superiori a 2000 metri)



Descrizione, ecologia e habitat

La balenottera comune è un cetaceo prevalentemente pelagico e viene in genere osservato nelle acque oltre la piattaforma continentale, tuttavia non è raro incontrarlo anche in prossimità delle coste a seconda della distribuzione delle sue prede.

È il secondo animale più grande mai esistito sulla terra, avendo una lunghezza del corpo che, nelle femmine, può arrivare a 24 metri. Tuttavia, gli individui delle acque italiane di norma non superano i 20 m (esemplari museali). Il dorso presenta una colorazione di base grigio-ardesia, con sfumature più chiare soprattutto sul lato destro del corpo, la forma delle quali caratterizza ogni singolo individuo. In mare risulta riconoscibile dalle dimensioni e per il caratteristico soffio verticale a forma di cono rovesciato, alto fino a 6 metri. Ulteriore segno distintivo, che la differenzia da tutte le altre balenottere è la colorazione dell'emimandibola destra. La forma della pinna dorsale e le sfumature più chiare sul lato destro del corpo sono segni di riconoscimento caratteristici ed individuali. La velocità media del nuoto è di circa 5 nodi ma in casi eccezionali può raggiungere i 20 nodi. Gli esemplari all'interno dell'area Pelagos (Santuario dei Cetacei, istituito dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del territorio e del mare nelle regioni Liguria, Sardegna e Toscana) si presentano preferenzialmente isolati o in coppia e, più raramente, in gruppi che possono raggiungere i 6 o 7 individui.

La dieta della Balenottera comune è molto varia: si nutre soprattutto di Crostacei planctonici Eufausiacei, ma anche di Pesci e piccoli Cefalopodi. In Mediterraneo la preda più nota è il krill, l'eufausiaceo planctonico *Meganycitphanes norvegica*, di cui sembra si alimenti prevalentemente in estate.

Status e conservazione

Per il Mediterraneo la consistenza numerica attuale si aggirerebbe intorno a qualche migliaio di individui. Tutte le popolazioni oceaniche di questa specie in passato sono state pesantemente ridotte dalla caccia

baleniera praticata fino agli anni Settanta. Dopo questo cospicuo declino della consistenza numerica, nonostante la totale protezione in molte aree, la specie va ancora soggetta a catture per scopi dichiarati di ricerca scientifica o per prosecuzione di attività baleniera in ambiti delle tradizioni locali. Gli stock, tuttavia, non sembrano essere ritornati alla consistenza passata. La Balenottera comune è ritenuta vulnerabile proprio a seguito della sensibile diminuzione numerica avvenuta nel XX secolo. Questo grande cetaceo talora cade vittima di collisioni con grossi natanti, come ripetutamente si è verificato nei nostri mari, ad esempio con traghetti. La salvaguardia di questa specie ha costituito il motivo principale della creazione, non ancora realizzata appieno, di una grande zona marina di protezione dei Cetacei nel mar Ligure centro-occidentale, ove la Balenottera comune ed altri Cetacei sono presenti appunto con popolamenti rilevanti, significativamente inseriti in specifiche nicchie ecologiche. Salvo rari casi in cui viene attaccata dall'Orca (*Orcinus orca*), la Balenottera comune non ha predatori in natura.

Riproduzione

Le frequenti osservazioni estive di neonati lasciano presumere che la stagione riproduttiva non sia esclusivamente legata al periodo invernale come avviene nelle popolazioni atlantiche. La gestazione dura 11-12 mesi, il neonato è lungo circa 6 m e a sei mesi ha inizio lo svezzamento. La maturità sessuale viene raggiunta a circa 18 m di lunghezza.

Segnali acustici prevalenti (range di frequenza)

15Hz-35Hz

Distribuzione

Presente in tutti i mari italiani eccetto l'Adriatico settentrionale, dove è occasionale, la balenottera comune è frequente in estate nel Mar Ligure, Mare di Corsica, Alto e Medio Tirreno, Mare di Sardegna settentrionale e Ionio.

In Figura 4.46 si evidenziano le aree del Mar Mediterraneo in cui si rileva una maggiore presenza della balenottera (ACCOBAMS status report, 2010), sebbene uno studio per il censimento di popolazioni di cetacei effettuato dall'ISPRA nel 2009 da mezzo aereo (Panigada et al., 2011) ha evidenziato una generale riduzione di questa specie rispetto a precedenti studi da mezzo navale (Forcada et al., 1995). Le differenze stagionali in termini di densità di popolazioni (maggiore in estate e minore nel periodo invernale) sono in accordo con le informazioni oceanografiche disponibili che evidenziano un'alta percentuale di biomassa nel Santuario dei Cetacei nel periodo estivo e sembrano confermare il fatto che le balenottere utilizzino solo stagionalmente la regione del Santuario, migrando altrove negli altri periodi dell'anno. Uno studio di Castellote et al. (2009) sembra evidenziare uno spostamento delle balenottere dal Santuario, dove risiedono in estate, verso le coste meridionali della Spagna e la costa nordafricana dove trascorrerebbero il periodo invernale.

Per quanto riguarda l'area del golfo di Taranto, oggetto dell'attività proposta, la balenottera comune risulta presente, ma non con regolarità.

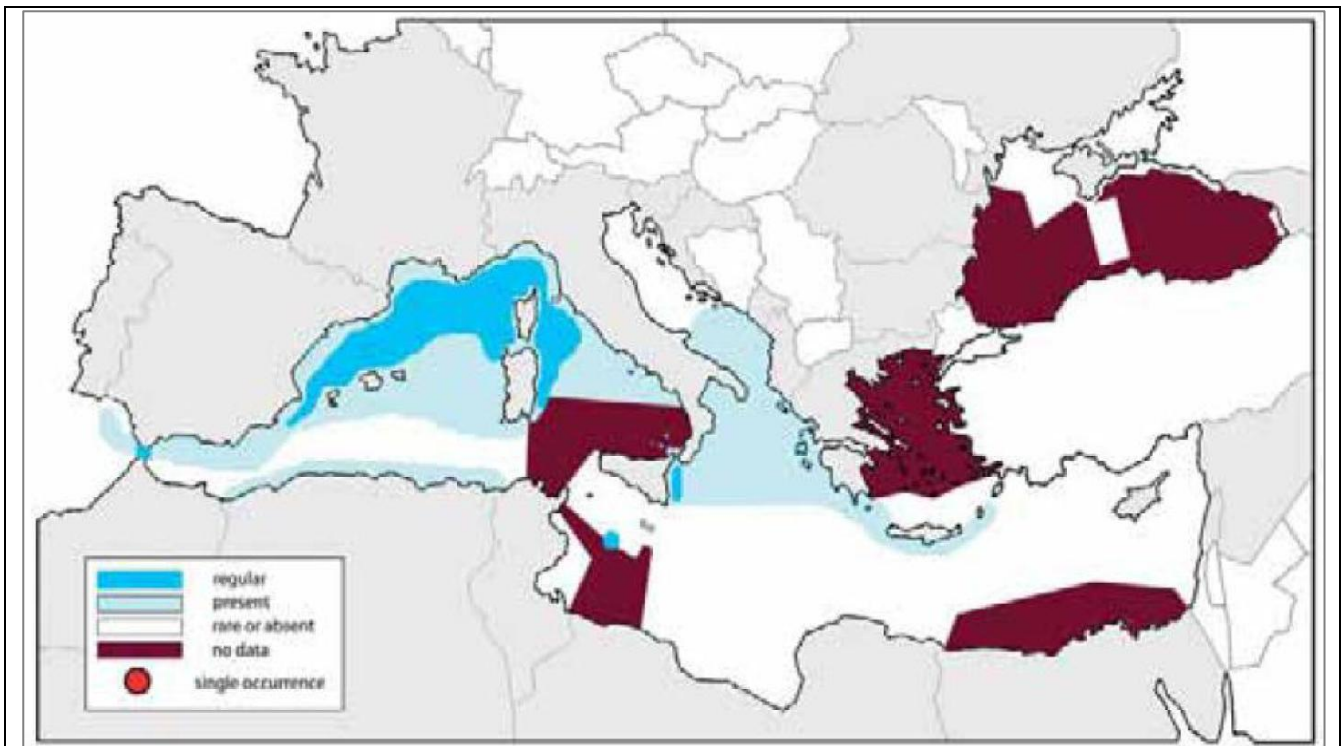


Figura 4.46 - Presenza della balenottera comune in Mediterraneo (fonte: Notarbartolo di Sciarra & Birkun, 2010)

PHYSETER CATODON (PHYSETER MACROCEPHALUS)

Nome comune: capodoglio

Specie di scarpata profonda (profondità compresa tra 1000 e 1500 metri)



Descrizione, ecologia e habitat

Il capodoglio è il più grande odontocete esistente, caratterizzato da un capo enorme di forma squadrata; non presenta una evidente pinna dorsale e le pinne pettorali sono relativamente piccole. I maschi sono più grandi delle femmine, 18 metri di lunghezza massima nei primi, 12 metri nelle seconde. In mare è riconoscibile grazie al soffio, basso e diretto obliquamente in avanti, che rappresenta un carattere distintivo inconfondibile, così come la coda che viene sollevata nell'atto dell'immersione. Talvolta compie salti fuori dall'acqua.

Il capodoglio è un tipico cetaceo di acque pelagiche profonde, potendo immergersi anche oltre i 2.500 m, ed è presente nel mar Mediterraneo soprattutto in aree di scarpata continentale dove il fondale precipita bruscamente verso grandi profondità. Dette aree infatti sono notoriamente ricche di cefalopodi di grandi dimensioni di cui gli stessi capodogli si nutrono.

I maschi lasciano i gruppi familiari, costituiti da femmine e sub-adulti ad un'età compresa tra i 3 ed i 15 anni, per formare dei gruppi di aggregazione, senza una precisa struttura sociale, di individui con un'età omogenea, definiti bachelors schools o groups. Si tratta di gruppi di maschi immaturi sessualmente e non strutturati, con dimensioni comprese tra i 12 e i 14 metri, che rimangono uniti fino all'età adulta. In alcune parti del Mediterraneo centrale e occidentale, i maschi si separano dalle femmine per muoversi verso nord, mentre i gruppi sociali rimangono nella parte meridionale del bacino (Drouot et al., 2004).

Status e conservazione

Questo grande cetaceo è stato oggetto di un'intensa caccia industriale in molte zone del mondo, ma nel Mediterraneo ciò non è mai accaduto. Tuttavia una sensibile minaccia si è concretizzata, specie dagli anni ottanta, a seguito dell'uso delle reti pelagiche derivanti per la pesca del pesce spada, nelle quali molti

capodogli rimangono impigliati ogni anno. Ciò desta forte preoccupazione proprio nei nostri mari, anche se non esistono precise stime riguardanti l'eventuale decremento numerico della specie nel Mediterraneo, ove è necessaria una più approfondita conoscenza della consistenza e distribuzione della specie. In ambito mondiale la caccia al Capodoglio è attualmente sospesa. In natura i piccoli possono essere predati dall'Orca (*Orcinus orca*) e dai grandi squali.

Riproduzione

La stagione riproduttiva si prolunga da metà inverno a metà estate, mentre la gestazione può superare i 14 mesi con la nascita dei piccoli in primavera-estate.

Segnali acustici prevalenti (range di frequenza)

200Hz-32kHz

Distribuzione

Regolarmente presente lungo la costa occidentale della Corsica e Sardegna e nei mari intorno alla Sicilia. Importantissima appare l'area dell'Arcipelago delle Eolie, caratterizzata da fondali ripidi e profondità elevate, dove i capodogli sembrano anche riprodursi. In Adriatico il Capodoglio è presente lungo la costa della Dalmazia e nella parte meridionale del bacino. Un cospicuo numero di esemplari è stato recentemente segnalato al largo di Catania (febbraio 2007) da ricercatori dell'istituto di fisica nucleare (INFN) dell'università di Catania, tramite la stazione sperimentale Onde (Ocean Noise Detection Experiment), costruita nell'ambito del progetto NEMO. L'apparato innovativo dell'INFN ha permesso, infatti, di ascoltare a oltre duemila metri di profondità i caratteristici "schiocchi" dei capodogli e di registrare in questo modo il passaggio di almeno un esemplare ogni due giorni per un periodo di circa un anno e mezzo. Ciò ha permesso di ipotizzare la presenza di centinaia di esemplari nel Mediterraneo piuttosto che di poche decine come si credeva precedentemente.

Per quanto riguarda l'area del golfo di Taranto, oggetto dell'attività proposta, il capodoglio risulta presente, ma non con regolarità.

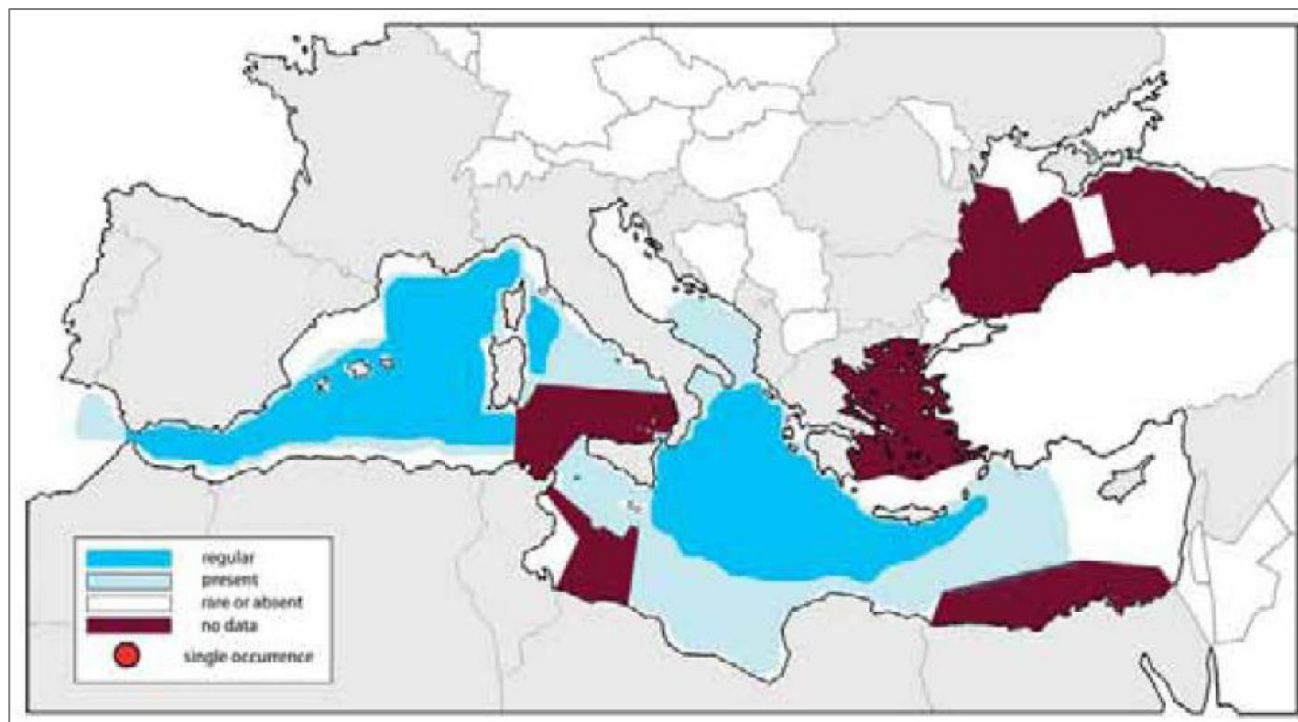


Figura 4.47 - Presenza di capodogli nel mar Mediterraneo (fonte: Notarbartolo di Sciarra & Birkun, 2010)

ZIPHIUS CAVIROSTRIS

Nome comune: zifio

Specie pelagica (profondità superiori a 2000 metri)

Descrizione, ecologia e habitat

Lo Zifio è un Odontocete della famiglia degli Ziphiidae, dal corpo siluriforme e tozzo, che mediamente può raggiungere dimensioni di sei metri di lunghezza e tre tonnellate di peso. Fino a qualche anno fa, lo Zifio veniva considerato uno dei cetacei più misteriosi del Mediterraneo in quanto si conosceva pochissimo della sua ecologia e lo si riteneva un animale “timido”, difficile da avvicinare con le imbarcazioni. Sono stati avvistati sia esemplari solitari sia gruppi di pochi individui, mentre rimane ignota l'esistenza di possibili rotte migratorie. Questa specie è particolarmente sensibile, per aspetti ecologici, etologici e fisiologici, all'esposizione a fonti sonore.

Lo Zifio è un cetaceo tipicamente pelagico ed è raro osservarlo in prossimità della costa o della piattaforma continentale. Come specie pelagica, compie delle immersioni piuttosto profonde (fino a 2000 metri) privilegiando habitat caratterizzati da canyon e rilievi sottomarini come le aree di scarpata continentale del Mar Ligure occidentale.

Status e conservazione

Nelle acque italiane è stato rinvenuto intrappolato nelle reti pelagiche derivanti, ma non si hanno comunque evidenze di un eventuale declino della popolazione, neanche per le acque oceaniche. Essendo insufficientemente conosciuta, la specie non è sottoposta a particolari misure di protezione. Come per gli altri Cetacei dei quali non si hanno dati sulla consistenza delle popolazioni, va incrementata la ricerca sulla biologia e l'etologia. In natura sembrerebbe possibile la sua predazione da parte dell'Orca (*Orcinus orca*).

Riproduzione

Sembra non vi sia una stagionalità degli estri e la maturità sessuale avviene al raggiungimento di 5.5 metri di lunghezza (Notarbartolo di Sciarra e Demma, 2004)

Segnali acustici prevalenti (range di frequenza)

20kHz-150kHz

Distribuzione

Negli ultimi anni è stata individuata una zona tra Imperia e Finale ligure in cui vive una popolazione residente. Inoltre, i risultati della campagna di indagine svolta in mar Tirreno nel mese di ottobre 2010 nell'ambito del progetto europeo GIONHA, per raccogliere avvistamenti e rilievi acustici di tutte le specie di cetacei presenti, hanno evidenziato un'importante presenza di zifidi nell'area di indagine, in particolare in prossimità del Cialdi Seamount e del Caprera Canyons. Non a caso l'intera area di mare compresa tra le coste nord orientali della Sardegna e quelle di Lazio e Toscana ospita zone che costituiscono habitat d'elezione per lo zifio.

Per quanto riguarda l'area del golfo di Taranto, oggetto dell'attività proposta, lo zifio risulta presente, ma non in modo regolare.

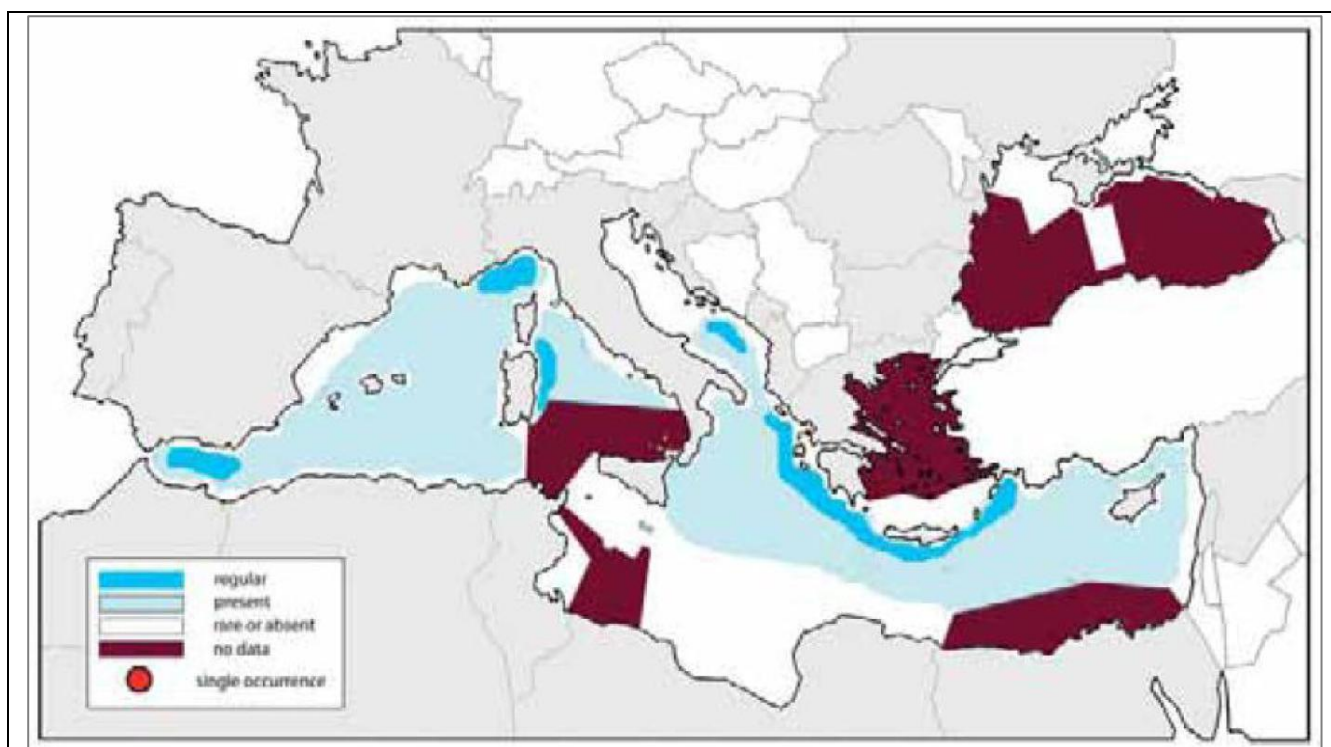


Figura 4.48 - Presenza di zifio in Mediterraneo (fonte: Notarbartolo di Sciara & Birkun, 2010)

DELPHINUS DELPHIS

Nome comune: delfino comune

Specie costiera (profondità inferiori a 500 metri)



Descrizione, ecologia e habitat

Il delfino comune (*Delphinus delphis*) ha le dimensioni attorno ai 2 metri ed un peso di circa 90 Kg. Il dorso è di colore grigio ed il ventre tende invece al bianco, per meglio mimetizzarsi sia nei confronti di predatori o prede provenienti dal basso. Vive sia in acque pelagiche che costiere ed è preferenzialmente ittiofago, tuttavia si nutre anche di cefalopodi. In genere, i branchi sono formati da 10-20 individui, a volte viene avvistato in associazione alla stenella striata o al tursiope. Il suo ambiente d'elezione è la piattaforma continentale, dove tende a restare quasi sempre nei pressi delle coste.

Status e conservazione

Per il Mediterraneo fino ad ora non sono state identificate le cause del declino che la specie ha subito negli ultimi cinquant'anni, in particolare nel settore occidentale. Gli individui del mar Nero potrebbero essere minacciati da un'eventuale ripresa delle catture. La popolazione del Pacifico tropicale orientale è considerata a rischio per le migliaia di individui che vengono catturati accidentalmente nelle tonnare volanti. Oltre alla generica protezione, per questa specie è prioritario lo studio delle popolazioni apparentemente a rischio, tra cui anche quelle del Mediterraneo. Probabilmente il Delfino comune può venire predato dall'Orca (*Orcinus orca*) e dai grandi squali.

Riproduzione

La riproduzione ha luogo in estate e la gestazione dura poco meno di un anno, con intervalli tra un parto e l'altro di almeno due anni.

Segnali acustici prevalenti (range di frequenza)

2kHz-67kHz

Distribuzione

Un tempo molto diffuso nei mari italiani, oggi lo si può incontrare soltanto nei pressi di Gibilterra, nel mare di Alboran, lungo le coste africane e vicino alla Grecia. Al contrario, in Mar Ligure è diventato rarissimo. Non si conosce esattamente il motivo di questa diminuzione così massiccia, si ipotizza sia dovuta a una maggior sensibilità di questi animali all'inquinamento delle acque, attitudine che li ha allontanati dalle zone più antropizzate per concentrarsi in aree dove l'impatto umano è ancora limitato.

Per quanto riguarda l'area del golfo di Taranto, oggetto dell'attività proposta, il delfino comune risulta essere presente, ma non in modo regolare.

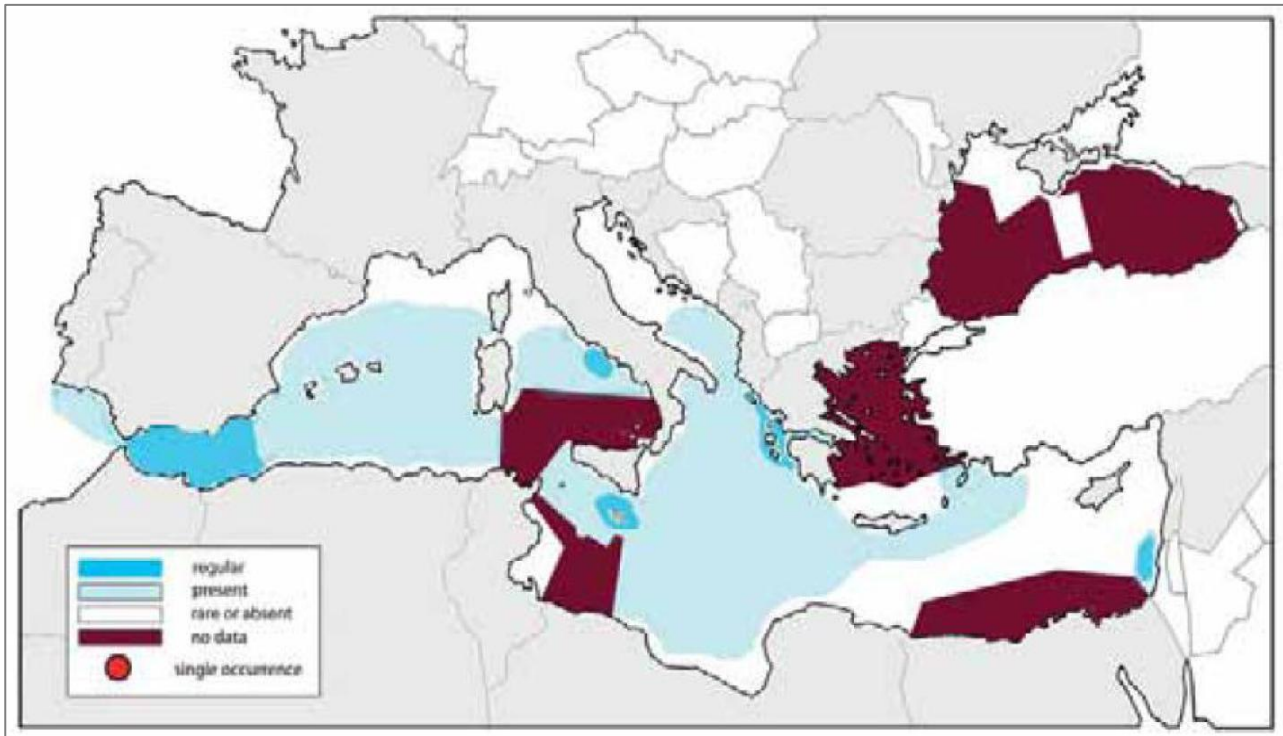


Figura 4.49 - Presenza di delfino comune nel mar Mediterraneo (fonte: Notarbartolo di Sciara & Birkun, 2010)

GLOBICEPHALA MELA

Nome comune: globicefalo

Specie pelagica (profondità superiori a 2000 metri)

Descrizione, ecologia e habitat

Il globicefalo è un delfinide di medie dimensioni che può raggiungere i 6 metri di lunghezza e pesare quasi due tonnellate. La colorazione del corpo è uniformemente nera, tranne che sul ventre dove si osserva una caratteristica macchia bianca a forma di ancora. L'etimologia del nome deriva dal latino *globus* (sfera) e dal greco *kephalé* (dalla testa globosa) che si riferisce appunto alla forma globosa del capo che è privo di rostro. Sono animali estremamente sociali che vivono in gruppi compatti, mediamente composti da 12 individui.

Le attività di superficie sono molte tra gli individui più giovani, che si mostrano spesso interessati alle imbarcazioni. L'energico soffio, mai superiore al metro di altezza, può essere visto ed udito anche a distanza.

Prediligono l'habitat pelagico dove si nutrono prevalentemente di calamari e pesci pelagici.

Status e conservazione

In Mediterraneo il Globicefalo viene rinvenuto intrappolato nelle reti pelagiche derivanti, ma non si hanno dati relativi a minacce specifiche che possano creare problemi per la consistenza numerica delle popolazioni. Questo cetaceo dà luogo a spiaggiamenti di massa nelle zone extra mediterranee, che però non destano

preoccupazione per la conservazione della specie. È oggetto di caccia alle isole Faroe, dove negli ultimi decenni sono stati catturati tra i 1.000 e i 2.000 individui all'anno, ma le conseguenze di questi prelievi non sono note. In Italia non esistono specifiche misure di protezione per questo cetaceo. A parte la protezione generica di cui sono oggetto tutti i Cetacei, i globicefali sono soggetti ad un particolare regolamento locale per i prelievi che vengono effettuati alle isole Faeroe. Non si hanno notizie di predazione a carico di questa specie.

Riproduzione

La stagione riproduttiva ha luogo tra aprile e giugno mentre la gestazione dura circa 15 mesi.

Segnali acustici prevalenti (range di frequenza)

1kHz-65kHz

Distribuzione

In Mediterraneo prediligono le acque profonde del bacino occidentale, mentre non si hanno dati precisi circa la presenza di questo cetaceo nel bacino orientale.

Per quanto riguarda l'area del golfo di Taranto, oggetto dell'attività proposta, la presenza del globicefalo è considerato un evento raro od occasionale.

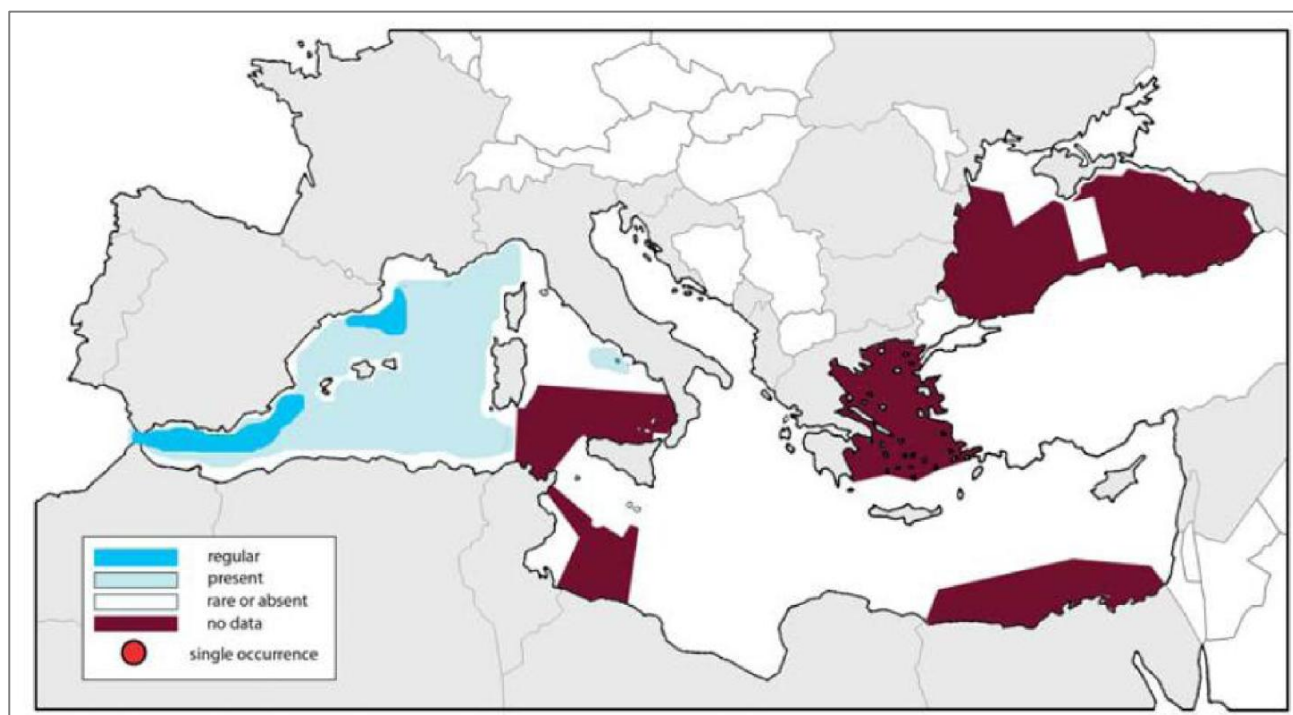
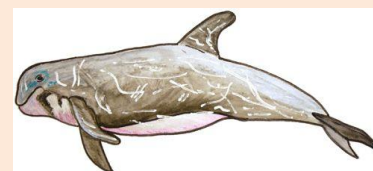


Figura 4.50 - Presenza di globicefalo in Mediterraneo (fonte: Notarbartolo di Sciara & Birkun, 2010)

GRAMPUS GRISEU

Nome comune: grampo

Specie di scarpata profonda (profondità compresa tra 1000 e 1500 metri)



Descrizione, ecologia e habitat

Il grampo raggiunge dimensioni di 3-4 metri e le caratteristiche cicatrici presenti sulla superficie del corpo permettono di riconoscerne con facilità la specie di appartenenza. È un cetaceo diffuso in tutto il Mediterraneo, sebbene la maggior parte degli avvistamenti riguardino il bacino occidentale. Possiede una corporatura leggermente tozza nella zona anteriore del corpo con capo rotondeggiante e rostro completamente coperto dal melone. Alla nascita, il cucciolo è di colore grigio chiaro uniforme, ma con l'età il

corpo si ricopre di graffi bianchi che gli animali si procurano durante le interazioni sociali anche piuttosto violente; in alcune porzioni del corpo, come il capo, sono talmente fitti da conferire un colorito bianco. Predilige acque profonde, in zone dove la scarpata continentale è più ripida (Cañadas et al., 2002). La dieta è marcatamente teutofaga e, vista la scarsa dentatura, si nutre raramente di pesci. Forma in genere gruppi di 1-2 dozzine di individui (in Mediterraneo la media è 16), ma l'organizzazione sociale è sconosciuta. Non compie migrazioni.

Status e conservazione

Sembrerebbe una specie senza particolari problemi di conservazione, anche se mancano completamente dati sulla consistenza delle popolazioni. L'unica zona in cui il numero delle catture accidentali desta preoccupazione è quella dello Sri Lanka, ma mancano dati precisi. Necessitano ricerche più approfondite su tutti gli aspetti della biologia delle popolazioni. Non si conoscono casi di predazione sul Grampo da parte di altre specie.

Riproduzione

Per quanto riguarda la riproduzione del grampo, i dati a disposizione sono pochi. La femmina raggiunge la maturità sessuale attorno agli 8-10 anni, nel maschio questo dato non è noto. Si stima che la gestazione duri 13-14 mesi e che la maggior parte dei parti avvenga nel periodo estivo (Mizue e Yoshida, 1962). Lo svezzamento dura 12-18 mesi e la femmina va in calore ogni 3 anni circa.

Segnali acustici prevalenti (range di frequenza)

2kHz-16kHz

Distribuzione

Nei mari italiani si trova abitualmente nel bacino Corso-Ligure-Provenzale, nel Tirreno e tra Ustica e le Eolie. Alcuni spiaggiamenti sono stati rilevati nel nord Adriatico (Notarbartolo di Sciara e Demma, 2004). In particolare, sembra preferire le acque del bacino corso-ligure-provenzale dove si è registrata la sua presenza durante tutto l'anno.

Per quanto riguarda l'area del golfo di Taranto, oggetto dell'attività proposta, il grampo risulta presente, anche se non in modo regolare.

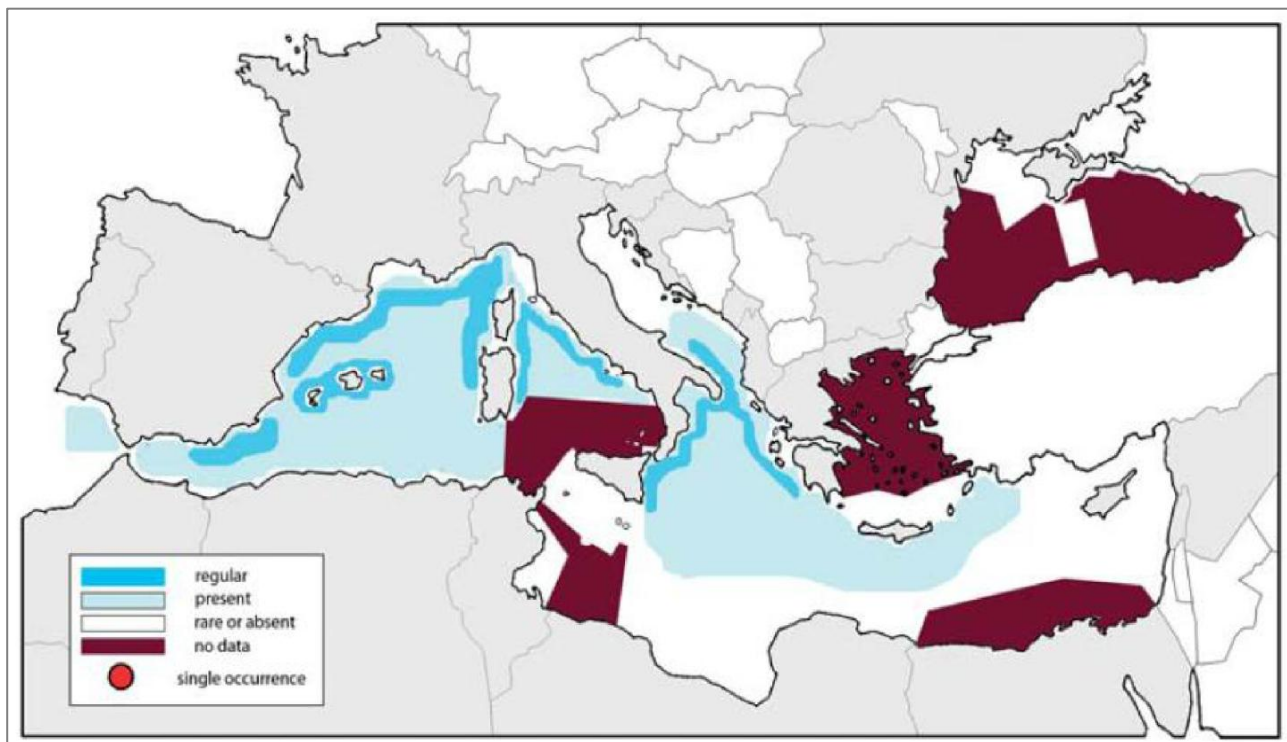


Figura 4.51 - Presenza di grampo nel mar Mediterraneo (fonte: Notarbartolo di Sciara & Birkun, 2010)

ORCINUS ORCA

Nome comune: orca

Specie pelagica (profondità superiori a 2000 metri) e costiera

Descrizione, ecologia e habitat

L'*Orcinus orca* è il mammifero marino più veloce a nuotare, raggiungendo la velocità di 55 km/h. Appartiene alla famiglia dei Delfinidi (Cetacei Odontoceti) e può raggiungere la lunghezza di 5-9 metri per il maschio e 4,6-8 metri per la femmina. L'orca presenta una colorazione bianca sul ventre, nera sul dorso, interrotta solo da due macchie ovali, bianche, dietro gli occhi, e da una macchia allungata, detta sella, di colore grigio, posta dietro la base della pinna dorsale. Le pinne pettorali sono completamente nere e di forma arrotondata.

L'Orca frequenta habitat molto vari, dalle acque pelagiche a quelle delle zone costiere. Può talora risalire anche grandi fiumi in cerca di prede. In estate può frequentare acque polari, all'interno della banchisa in disgregazione, così come è possibile trovarla nelle calde acque tropicali. È comunque evidente che la sua presenza è legata alla disponibilità delle prede. L'Orca è un tipico predatore, capace di un'estrema variabilità nella dieta e di una notevole cooperazione con i compagni di branco per la cattura delle prede. Si nutre di Pesci, Molluschi, Uccelli e Mammiferi acquatici, arrivando ad attaccare anche balene e balenottere.

Per il Mediterraneo non esistono dati sulla consistenza della specie e neppure in ambito mondiale, data l'enorme diffusione geografica. Alcune stime per l'Antartico riferiscono di più di 100.000 individui. È un animale tipicamente gregario, che forma branchi costituiti da una media di 15 individui, probabilmente imparentati tra loro.

Status e conservazione

Le orche vengono catturate per scopi alimentari in varie zone del mondo, ma sembra che i prelievi non siano così pesanti da minacciarne la consistenza. Negli ultimi anni le catture intenzionali sembrerebbero diminuite, anche se forse aumentano quelle accidentali in attrezzi da pesca. Anche se inserita nei progetti generali di protezione dei Cetacei, la specie non è oggetto di specifiche misure. L'unico vero predatore dell'Orca è l'uomo, con il quale questo cetaceo può anche entrare in competizione per la disponibilità di pesce in certe zone particolarmente sfruttate per la pesca.

Riproduzione

Gli accoppiamenti e le nascite sembrerebbero distribuiti nell'arco di molti mesi, senz'altro in relazione anche alla zona in cui vive una popolazione. La gestazione dura dai 12 ai 16 mesi e l'allattamento si protrae per più di un anno. L'intervallo tra un parto e il successivo varia dai 3 agli 8 anni, forse influenzato dalla densità dei branchi. Le dimensioni del neonato sembrerebbero variabili a seconda della zona geografica da poco meno di 2 a un massimo di 2,5 m. Le femmine raggiungono la maturità sessuale a una lunghezza compresa tra 4,6 e 5,4 m, mentre i maschi tra 5,2 e 6,2 m.

Segnali acustici prevalenti (range di frequenza)

150 Hz – 160 kHz

Distribuzione

La sua presenza nel Mediterraneo è ritenuta occasionale con avvistamenti in zone localizzate. Gli avvistamenti sono per lo più localizzati nella parte occidentale del bacino. Si ipotizza che sporadicamente alcuni esemplari entrino nel Mar Mediterraneo attraverso lo Stretto di Gibilterra.

Per quanto riguarda l'area del golfo di Taranto, oggetto dell'attività proposta, la presenza dell'ora è ritenuta un evento raro od occasionale.

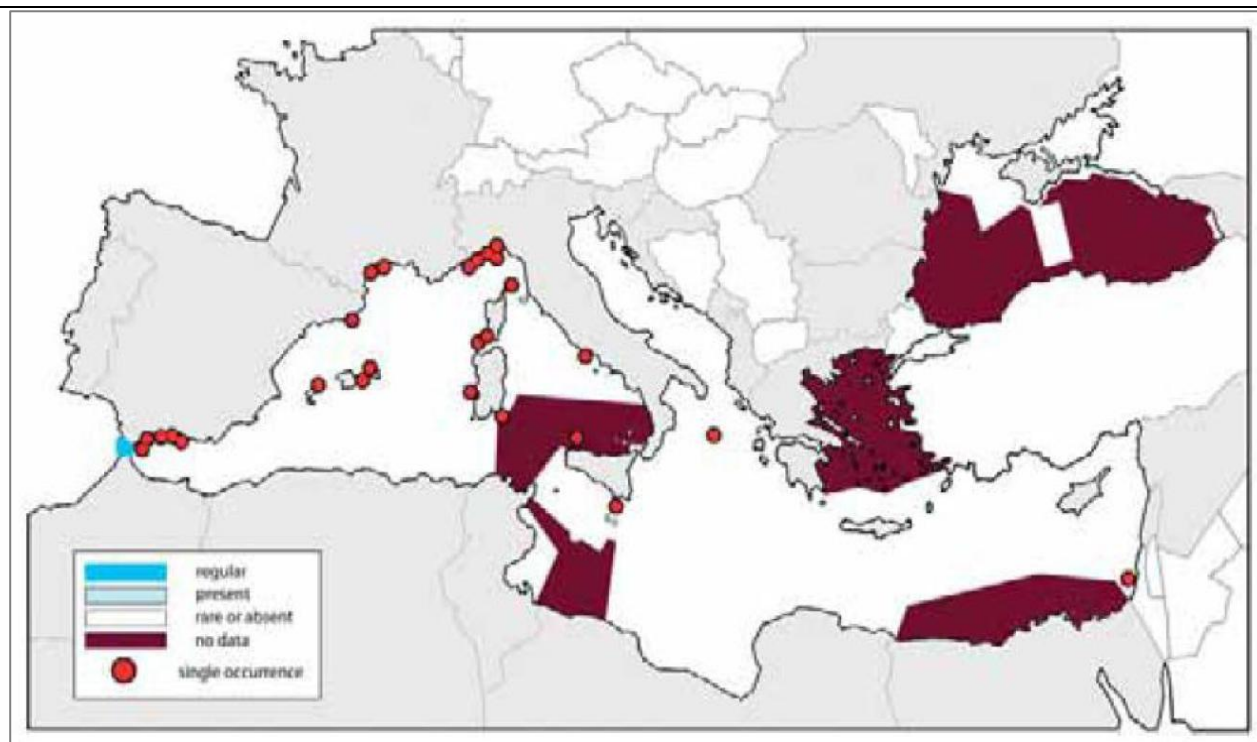


Figura 4.52 – Avvistamenti di *Orcinus orca* in Mediterraneo (fonte: Notabartolo di Sciarra & Birkun, 2010)

STENELLA COREULEOALBA

Nome comune: stenella striata

Specie pelagica (profondità superiori a 2000 metri)



Descrizione, ecologia e habitat

La stenella striata è un delfino di piccola mole che non supera i 2 metri di lunghezza ed i 100 kg di peso. È tra i delfini il più acrobatico, capace di compiere avvitamenti all'indietro e salti alti sino a sette metri. La particolare colorazione a striature variopinte permette di riconoscere piuttosto facilmente la specie. È un tipico delfino di acque pelagiche profonde ed è perciò abbastanza raro osservarla vicino alla costa, infatti predilige le acque produttive profonde al di là della piattaforma continentale (Notarbartolo di Sciarra et al., 1993; Forcada et al., 1994; Frantzis et al., 2003).

La *Stenella striata* ha un'alimentazione molto varia ed è ben adattata alla disponibilità di prede che si presenta nelle differenti zone e stagioni. In Mediterraneo si nutre di Cefalopodi (tra cui le specie dei generi *Histioteuthis*, *Ancistroteuthis*, *Todarodes*), di Pesci (tra cui numerosi sono i Mictofidi) e di Crostacei.

In genere forma gruppi composti da 10-15 membri, che a loro volta si possono riunire in branchi molto numerosi. A volte viene osservata in gruppi misti con altri Delfinidi o mentre nuota vicino alle balenottere sfruttandone "l'onda di prua" come fa con le imbarcazioni.

Status e conservazione

Non esistono dati precisi comprovanti un eventuale declino delle popolazioni mediterranee. I maggiori problemi in questo bacino sono probabilmente causati dall'uomo con l'inquinamento delle acque e con le catture accidentali effettuate con attrezzi da pesca, soprattutto le reti pelagiche derivanti usate per la pesca del pesce spada, nelle quali questi cetacei possono facilmente incappare, con perdita di un elevato numero di individui. Alla luce di tutti i problemi emersi, a parte la protezione generica cui è sottoposta la specie, ai fini della conservazione riveste importanza prioritaria uno studio approfondito delle popolazioni del Mediterraneo, parallelamente al problema della drastica diminuzione del Delfino comune, che si ipotizza sia stato in parte soppiantato dalla *Stenella* nelle zone pelagiche del Mediterraneo, forse per competizione

alimentare od altri fattori ecologici ancora non acclarati. La *Stenella striata* può essere predata dall'Orca (*Orcinus orca*) e probabilmente dai grandi squali.

Riproduzione

Si riproduce sia in estate che in inverno e la gestazione dura circa 18 mesi.

Segnali acustici prevalenti (range di frequenza)

4kHz-65kHz

Distribuzione

Rappresenta sicuramente la specie più diffusa in Mediterraneo, sia nel bacino occidentale, sia in quello orientale. Particolarmente abbondante nelle acque del mar Ligure dove è presente in gruppi di dimensioni anche piuttosto grandi.

Per quanto riguarda l'area del golfo di Taranto, oggetto dell'attività proposta, la stenella risulta presente in modo regolare.

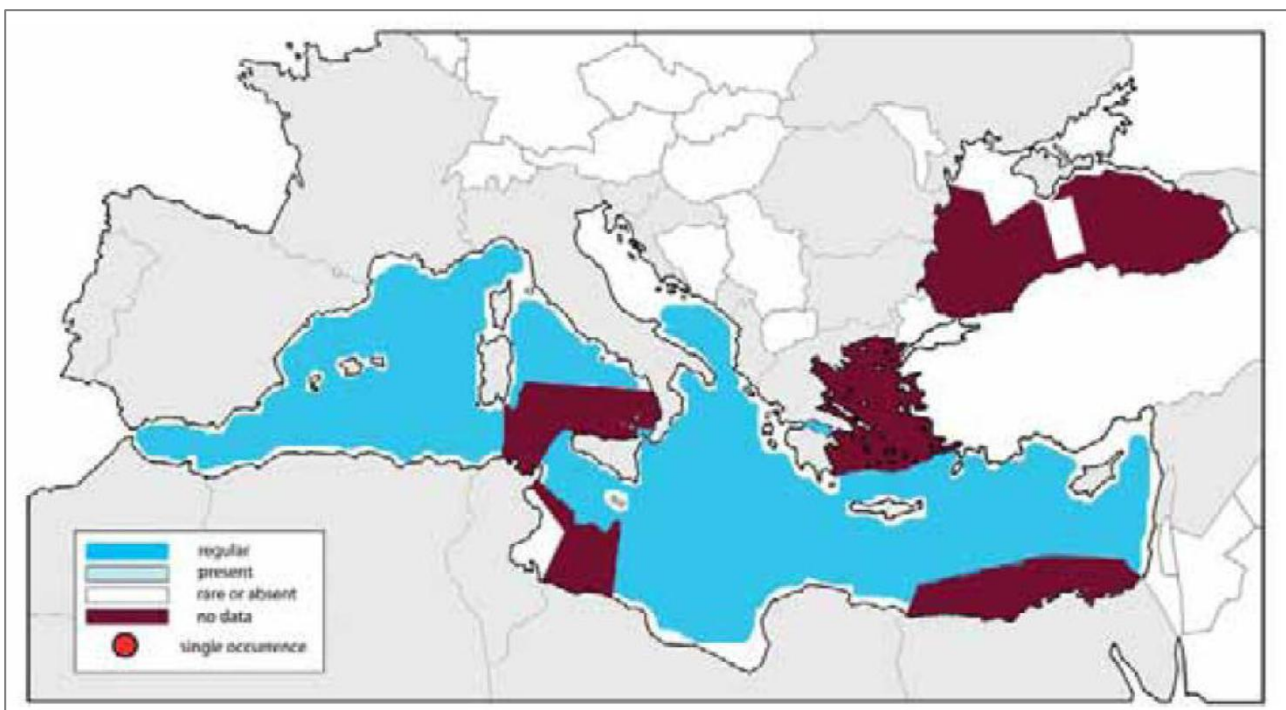
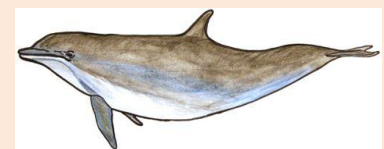


Figura 4.53 – Presenza di stenella striata in Mediterraneo (fonte: Notabartolo di Sciara & Birtukin, 2010)

TURSIOPS TRUNCATUS

Nome comune: tursiope

Specie costiera (profondità inferiori a 500 metri)



Descrizione, ecologia e habitat

Il tursiope è tra i Cetacei il più conosciuto, dovuto alla sua capacità di adattamento alla vita in cattività che ha permesso di poterlo studiare da vicino, tuttavia in mare non è facilmente riconoscibile. È un delfino di taglia medio-grande, in cui l'adulto raggiunge i 2,5-3,5 m di lunghezza per un peso di 270-350 kg. Le popolazioni mediterranee, ed in particolare quella adriatica, raggiungono le dimensioni maggiori al mondo.

Esistono due ecotipi di tursiopi, quelli costieri, residenti, che formano gruppi di circa 7 individui, e quelli pelagici, che formano generalmente gruppi di maggiori dimensioni (anche 35 individui) e possono compiere migrazioni notevoli. Mentre i maschi adulti si muovono in coppia, le femmine costituiscono unità familiari di

5-10 individui. Il tursiope è prevalentemente ittiofago, ma si ciba anche di cefalopodi e macroinvertebrati bentonici.

Status e conservazione

Nel Mediterraneo i tursiopi possono essere vittime di catture accidentali nelle reti da pesca e sono stati colpiti da morie causate da infezioni virali che hanno coinvolto anche la *Stenella striata* (*Stenella coeruleoalba*). Non esistono dati riguardanti un eventuale declino della specie, anche per le acque oceaniche. Sono stati suggeriti studi ad ampio raggio per poter stabilire se in certe zone la specie sia numericamente in declino. In natura il Tursiope può venire aggredito dai grandi squali.

Riproduzione

Gli accoppiamenti e le nascite sono distribuiti durante tutto l'anno, con un picco di nascite in estate (Urian et al., 1996). La gestazione dura 12 mesi e lo svezzamento circa 18 mesi.

Segnali acustici prevalenti (range di frequenza)

4kHz-130kHz

Distribuzione

Una zona molto importante per l'aggregazione della specie è situata nel tratto superficiale del Canyon di Cuma a nord dell'isola di Ischia e nelle limitrofe isole Pontine. Regolarmente presente in Adriatico. Nonostante rappresenti la specie più studiata e moltissimi siano gli avvistamenti effettuati lungo le coste dei nostri mari, molto poco si conosce riguardo abbondanza, distribuzione e movimenti del tursiope. Mancano survey a livello di bacino, mentre le uniche informazioni affidabili derivano da studi effettuati su scala locale. La sola area in cui è possibile determinare con certezza un trend nella presenza di tursiopi (grazie alla presenza di dati storici) è l'Adriatico settentrionale, dove si è rilevata una diminuzione del 50% di individui negli ultimi 50 anni.

Per quanto riguarda l'area del golfo di Taranto, oggetto dell'attività proposta, il tursiope risulta presente, ma non in modo regolare.

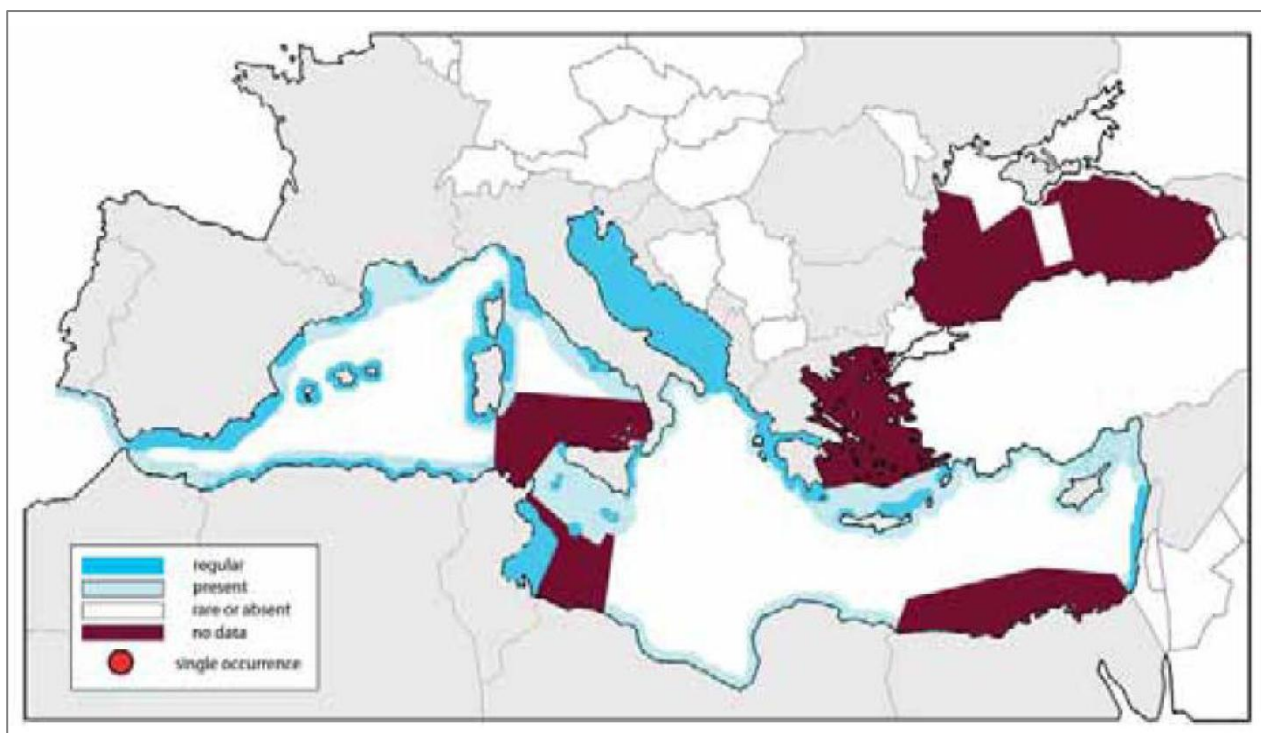


Figura 4.54 – Presenza del tursiope in Mediterraneo (fonte: Notabartolo di Sciara & Birkun, 2010)

MONACHUS MONACHUS

Nome comune: foca monaca

Specie costiera (profondità inferiori a 500 metri)

Descrizione, ecologia e habitat

La foca monaca mediterranea (*Monachus monachus* Hermann, 1779) è un mammifero pinnipede della famiglia delle foche. Ha un corpo allungato e robusto, provvisto di un mantello di colore variabile dal marrone al grigio più o meno scuro e con i fianchi e la parte ventrale più chiara. Spesso il corpo è macchiato e ricoperto da numerose cicatrici, dorsalmente più frequenti nelle femmine. Raggiunge una lunghezza di circa 2,5 metri con un peso di circa 300-315 kg.

La vita della foca monaca si svolge soprattutto in mare, dorme in superficie in mare aperto o utilizzando piccoli anfratti sul fondale per poi risalire periodicamente a respirare. Si nutre di pesci, crostacei e molluschi. Si spostano anche di alcune decine di chilometri al giorno alla ricerca del cibo, con immersioni continue.

Sono state registrate immersioni a 90 metri di profondità ma è probabile che possa superare facilmente alcune centinaia di metri di profondità durante immersioni effettuate per la ricerca di prede.

Status e conservazione

La fortissima diminuzione delle popolazioni, dovuta prevalentemente all'intervento umano, ha ridotto questi pinnipedi a piccoli gruppi familiari e individui isolati. Secondo una stima della International Union for Conservation of Nature (IUCN) della foca monaca sopravvive una popolazione di appena 300-400 esemplari: circa 200 concentrati nell'Egeo e nel Mediterraneo sudorientale, 20-30 nel Mar Ionio, 10-20 nel Mar Adriatico, una decina nel Mediterraneo centrale, dai 10 ai 20 nel Mediterraneo occidentale, una decina nel Mar Nero e 130 in Atlantico. La specie è pertanto da considerarsi in pericolo critico di estinzione.

La Zoological Society of London, in base a criteri di unicità evolutiva e di esiguità della popolazione, considera *Monachus monachus* una delle 100 specie di mammiferi a maggiore rischio di estinzione.

Riproduzione

Durante il periodo riproduttivo predilige i tratti di mare vicini alle coste dove cerca spiagge isolate prevalentemente in grotte o piccoli anfratti accessibili solo dal mare, perché il parto e l'allattamento si svolgono esclusivamente sulla terra ferma.

I maschi adulti sono fortemente territoriali e, nel periodo riproduttivo che coincide generalmente con i mesi autunnali, si scontrano frequentemente con altri maschi. Le femmine raggiungono la maturità sessuale a 5/6 anni, hanno un ciclo di riproduzione di circa 12 mesi e partoriscono, di solito tra settembre e ottobre; allattano, in grotte vicinissime al mare o in spiagge riparate, un cucciolo all'anno.

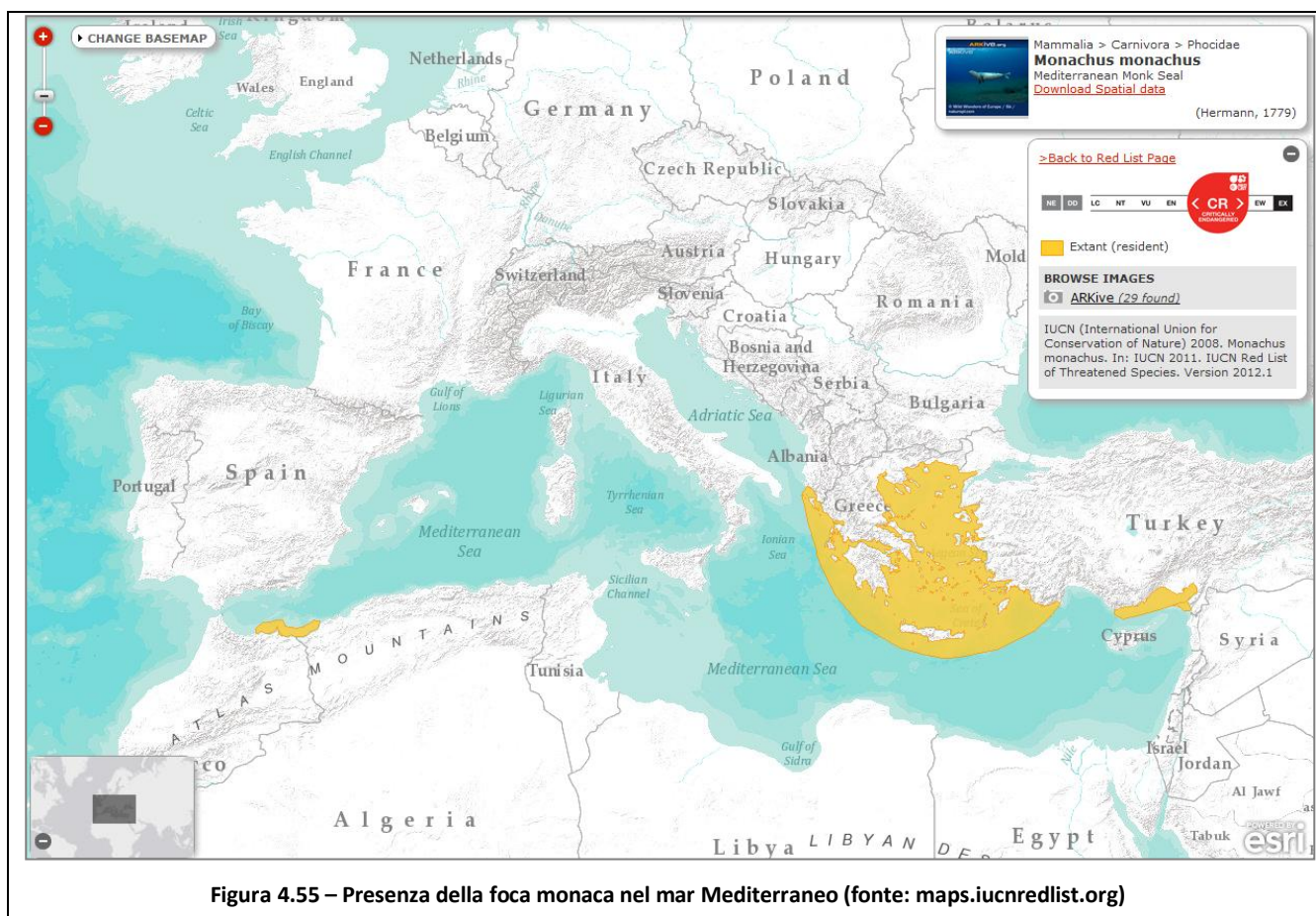
Segnali acustici prevalenti (range di frequenza)

75 Hz - 75kHz

Distribuzione

Secondo una stima della International Union for Conservation of Nature (IUCN) della foca monaca sopravvive una popolazione di appena 300-400 esemplari: circa 200 concentrati nell'Egeo e nel Mediterraneo sudorientale, 20-30 nel Mar Ionio, 10-20 nel Mar Adriatico, una decina nel Mediterraneo centrale, dai 10 ai 20 nel Mediterraneo occidentale, una decina nel Mar Nero e 130 in Atlantico.

In base ai dati della Figura 4.55, nel golfo di Taranto non risulta segnalata la presenza regolare della foca monaca.



Tutte le specie di cetacei tipici del Mediterraneo, sono protette da Convenzione di Barcellona (1976), Convenzione di Berna (1979), Direttiva Habitat 92/43/CEE e da una legge nazionale sulla fauna selvatica (11 Febbraio 1992, n. 157, art. 2).

Le cause degli spiaggiamenti sono tuttora oggetto di accesa discussione fra gli addetti ai lavori. In ogni caso le cause accertate fino ad ora sono sicuramente quelle naturali, quali variazione di fattori ambientali, cattive condizioni meteorologiche, debolezza dovuta all'età avanzata, infezioni, difficoltà nel parto, alterazioni del campo geomagnetico ed errori di navigazione. Ulteriori cause possono essere catture accidentali, inquinamento da liquami e chimico, inquinamento acustico. Spesso gli spiaggiamenti di massa sono dovuti alla risposta del branco ad una richiesta di aiuto di un singolo. Altre cause sono da imputarsi a predatori o all'inseguimento delle prede fin sotto costa, oppure alla collisione con imbarcazioni nelle aree a intenso traffico marittimo. Anche i sonar possono provocare spiaggiamenti e addirittura malattie nei cetacei (malattia da decompressione), soprattutto quelli a bassa frequenza per l'individuazione di sottomarini della marina militare (100-1000 Hz corrispondenti a 235 dB).

Grazie ai dati contenuti nella banca dati "Spiaggiamenti cetacei e tartarughe marine", elaborata nel contesto del Programma di Monitoraggio per il controllo degli ambienti marino-costieri (Si.Di.Mar), è stato possibile elaborare delle mappe relative all'area in istanza raffiguranti lo spiaggiamento di mammiferi marini avvenuto nel periodo 1997-2006 (Figura 4.56 e Figura 4.57).

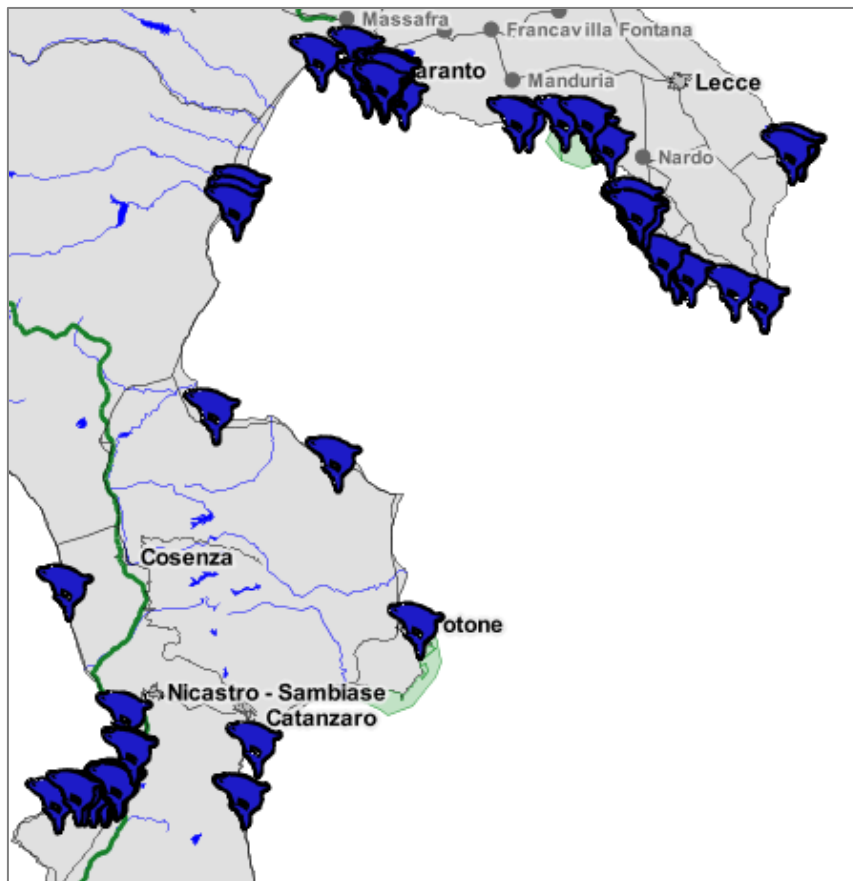


Figura 4.56 - Aree di spiaggiamento di delfini nell'area del Golfo di Taranto nel periodo 1997-2006 (fonte: www.sidimar.tutelamare.it)

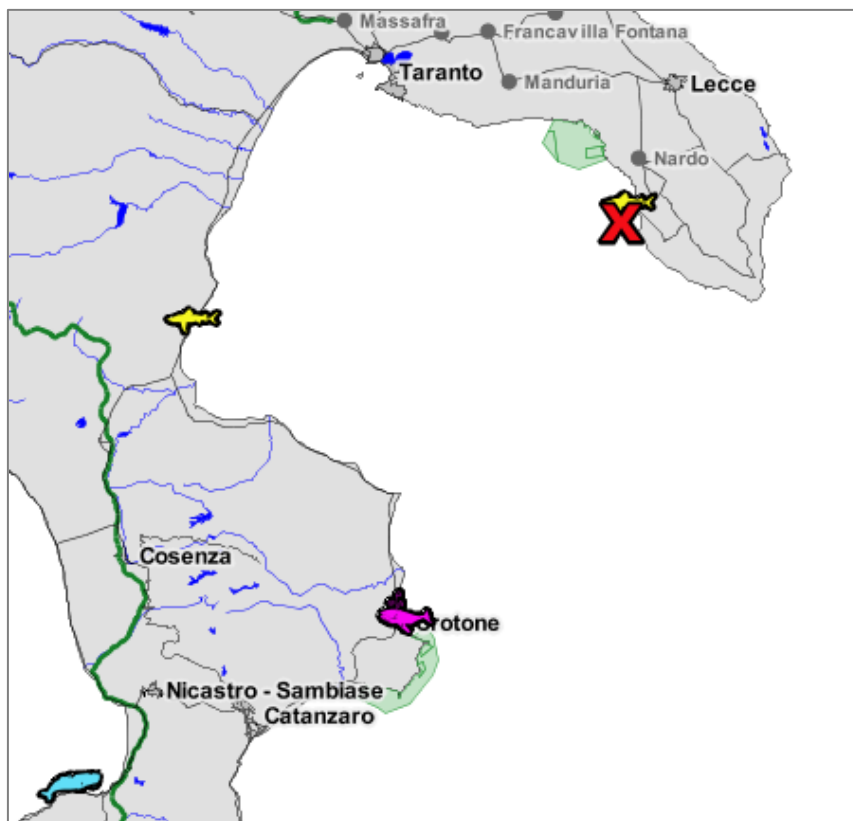


Figura 4.57 - Aree di spiaggiamento nella parte settentrionale del Mar Ionio di balenottere (in rosa), capodogli (In azzurro), squali (in giallo) e cetacei non identificati (indicati da una croce rossa). Periodo di riferimento: 1997-2006. (fonte: www.sidimar.tutelamare.it)

Tuttavia, per avere una visione più ampia e dettagliata degli spiaggiamenti di cetacei avvenuti nell'area dello Ionio settentrionale, è stata analizzata la banca dati del Centro di Coordinamento per la raccolta dei dati sugli spiaggiamenti di mammiferi marini, istituito dal Ministero dell'Ambiente e gestito dal CIBRA dell'Università di Pavia e dal Museo Civico di Storia Naturale di Milano.

La banca dati suddivide gli spiaggiamenti lungo le coste italiane in diversi settori (Figura 4.58) e, ai fini del presente studio, sono stati analizzati i dati inerenti il settore dello Ionio Settentrionale (IS) relativamente alle regioni Basilicata, Calabria e Puglia.

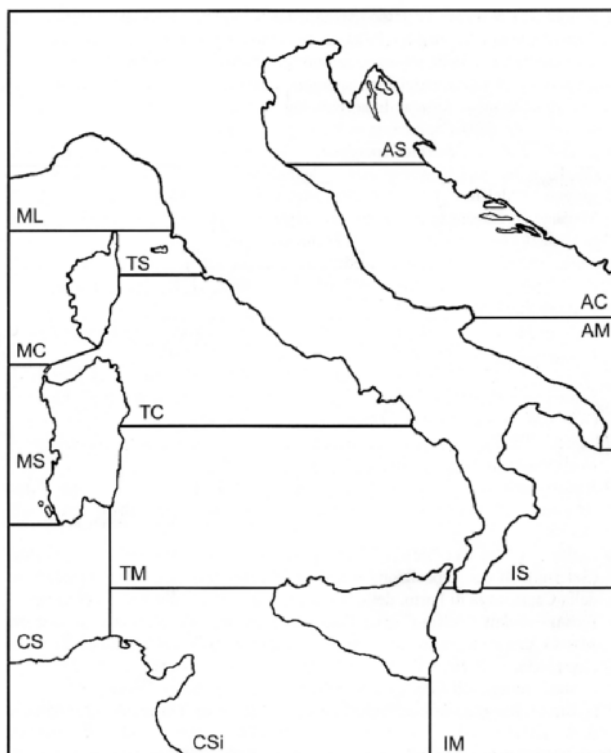


Figura 4.58 - Mappa dei settori delle coste italiane utilizzata per la distribuzione geografica degli spiaggiamenti di cetacei (fonte: mammiferimarini.unipv.it)

Nelle tabelle seguenti si riportano i dati relativi agli spiaggiamenti delle specie di mammiferi marini precedentemente descritti, estrapolati dalla banca dati con riferimento al settore dello Ionio settentrionale, in cui ricade l'area oggetto di istanza.

Specie	N. spiaggiamenti (settore Ionio Settentrionale)	% (sul totale)
<i>Balaenoptera acuto rostrata</i> (Balenottera minore)	-	-
<i>Balaenoptera physalus</i> (Balenottera comune)	-	-
<i>Physeter macrocephalus</i> (Capodoglio)	2	0,4
<i>Ziphius cavirostris</i> (Zifio)	13	3
<i>Delphinus delphis</i> (Delfino comune)	1	0,2
<i>Globicephala melas</i> (Globicefalo)	1	0,2
<i>Grampus griseus</i> (Grampo)	21	5
<i>Orcinus orca</i> (Orca)	-	-
<i>Stenella coeruleoalba</i> (Stenella striata)	253	60
<i>Tursiops truncatus</i> (Tursiope)	45	10
<i>Monachus monachus</i>	-	-
Non determinato	91	21

Tabella 4.4 - Spiaggiamenti di cetacei avvenuti nel periodo 1986-2011 all'interno del settore Ionio Settentrionale, suddivisi per Specie (fonte: mammiferimarini.unipv.it)

Settore: Ionio settentrionale	N. spiaggiamenti (1986-2011)
Basilicata	22
Calabria	118
Puglia	317
Totale	457

Tabella 4.5 - Spiaggiamenti di cetacei avvenuti nel periodo 1986-2011 all'interno del settore Ionio Settentrionale, suddivisi per Regione (fonte: mammiferimarini.unipv.it)

Come è possibile osservare nella Tabella 4.4, un elevato numero di spiaggiamenti è rappresentato da esemplari non determinati. Ciò è dovuto al fatto che spesso lo stato di decomposizione della carcassa spiaggiata non consente l'individuazione della specie di appartenenza.

Analizzando i dati della tabella, è possibile osservare come gli spiaggiamenti avvenuti nel settore dello Ionio Settentrionale abbiano interessato in netta maggioranza individui di *Stenella Coeruleoalba*, rappresentando circa il 60% del totale. Questo valore, ricalcolato senza tener conto degli esemplari non determinati, si rimodula intorno al 75%.

Accordi internazionali per la conservazione dei cetacei

Nell'ambito della problematica generale della conservazione delle risorse marine viventi, la tutela dei cetacei ha rappresentato uno degli obiettivi al cui perseguimento la Comunità internazionale ha dedicato particolare attenzione. In tale contesto si inserisce l'Accordo per la conservazione dei cetacei del Mar Nero, Mar Mediterraneo e Area Atlantica Contigua, noto anche con l'acronimo "ACCOBAMS", con il quale alcuni Stati, tra cui l'Italia, mirano a realizzare la salvaguardia dei cetacei nelle suddette aree marittime. A detto Accordo, firmato a Monaco il 24 novembre 1996 ed entrato in vigore il 1° giugno 2001, hanno partecipato i seguenti Stati: Albania, Bulgaria, Croazia, Cipro, Francia, Georgia, Grecia, Italia, Libano, Libia, Malta, Monaco, Marocco, Portogallo, Romania, Spagna, Siria, Tunisia e Ucraina. L'Italia ha ratificato l'Accordo con la legge n. 27 del 10 febbraio 2005 recante "Ratifica ed esecuzione dell'Accordo sulla Convenzione dei cetacei del Mar Nero, del Mediterraneo e dell'area atlantica contigua, con annessi ed Atto Finale, fatto a Monaco il 24 novembre 1996".

L'Accordo si compone di n. 17 articoli e di n. 2 allegati, questi ultimi riguardanti, rispettivamente, il "Piano di conservazione" e le liste dei cetacei del Mar Nero, del Mar Mediterraneo e dell'Area Atlantica Contigua cui l'Accordo si applica. Il "Piano di conservazione" prevede che gli Stati aderenti all'Accordo adottino le misure necessarie per assicurare ai cetacei la massima protezione nelle acque sottoposte alla loro giurisdizione. Nella lista indicativa dei cetacei del Mar Nero si annoverano le seguenti specie: Phocoenidae, *Phocoena phocoena* (Focena comune), Delphinidae, *Tursiops truncatus* (Grande delfino), *Delphinus delphis* (Delfino comune). Con riferimento al Mar Mediterraneo ed all'Area Atlantica Contigua, la lista indicativa a cui si applica l'Accordo comprende le seguenti specie: Phocoenidae, *Phocoena phocoena* (Focena comune), Delphinidae, *Steno bredanensis* (Steno), *Grampus griseus* (Grampus), *Tursiops truncatus* (Grande delfino), *Stenella coeruleoalba* (Delfino azzurro e bianco), *Delphinus delphis* (Delfino comune), *Pseudorca crassidens* (Falsa orca), *Orcinus orca* (Orca), *Globicephala melas* (Globicefalo comune), Ziphiidae, *Mesoplodono densirostris* (Balena a becco di Blainville), *Ziphius cavirostris* (Ziphius), Physeteridae, *Physeter macrocephalus* (Capodoglio), Kogiidae, *Kogia sinus* (Capodoglio nano), Balenidae, *Eubalena glacialis* (Balena di Biscaglia), Balenopteridae, *Balaenoptera auctorostrata* (Piccola balenottora), *Balaenoptera borealis* (Balenottora di Rudolphi), *Balaenoptera physalus* (Balenottora comune), *Megaptera novaeangliae* (Balena gibbosa).

Nello specifico, attraverso l'Accordo gli Stati aderenti si impegnano ad adottare misure dirette principalmente a:

- vietare l'utilizzo di reti da posta derivanti superiori a 2 Km;
- vietare lo scarico in mare di materiali inquinanti suscettibili di avere effetti deleteri sui cetacei;
- prevedere la creazione e gestione di aree specialmente protette per i cetacei;

- istituire sistemi di sorveglianza continua;
- implementare l'attività di ricerca scientifica e di raccolta di informazioni sui cetacei;
- elaborare piani di emergenza nel caso in cui i cetacei siano minacciati da gravi inquinamenti o in caso di importanti arenamenti.

4.6.4 Tonni e squali

Le specie di tonno maggiormente presenti nello Ionio settentrionale sono due, il Tonno rosso (*Thunnus Thynnus*) ed il Tonno bianco (*Thunnus alalunga*).

Il tonno rosso (*Thunnus Thynnus*) è particolarmente pregiato e viene, quindi, pescato frequentemente. Si tratta di un pesce con corpo fusiforme a sezione circolare, che può raggiungere una lunghezza di tre metri e superare i 500 kg di peso. Dorsalmente il colore è blu metallico, ventre e fianchi biancastri ma ricchi di iridescenze. La regione del corsaletto, appena oltre l'apice della pinna pettorale, è coperta da squame più grandi rispetto a quelle delle altre parti del corpo. La prima pinna dorsale è gialla o bluastra, la seconda pinna dorsale è rosso-bruna, la pinna anale e le pinnule sono giallo-grigio.

Il tonno bianco (*Thunnus alalunga*), invece, non supera la dimensione di 1,40 metri, anche se può scendere a ben 600 metri di profondità. Ha lunghe pinne pettorali, che arrivano sin dietro la seconda pinna dorsale, da cui il nome *alalunga*. Predilige acque con temperature comprese tra i 10 e i 25°C.

Per quanto riguarda gli squali invece, sono presenti diverse specie, elencate nella tabella a seguire ed annoverate in base ai loro avvistamenti.

SPECIE	NOME COMUNE
<i>Squalus acanthias</i>	Spinarolo
<i>Somniosus rostratus</i>	Lemargo
<i>Rhizoprionodon acutus</i>	Squalo latteo
<i>Carcharhinus plumbeus</i>	Squalo grigio
<i>Carcharhinus brevipinna</i>	Squalo pinnacorta
<i>Carcharodon carcharias</i>	Squalo bianco
<i>Centrophorus granulosus</i>	Squalo centroforo
<i>Daliatis licha</i>	Scimnorino
<i>Etmopterus spinax</i>	Moretto
<i>Galeorhinus galeus</i>	Galeo
<i>Galeus melastomus</i>	Squalo gattuccio boccanera
<i>Isurus oxyrinchus</i>	Squalo mako
<i>Mustelus asteria</i>	Palombo stellato
<i>Mustelus punctulatus</i>	Palombo punteggiato
<i>Prionace glauca</i>	Verdesca
<i>Scyliorhinus canicula</i>	Gattuccio
<i>Scyliorhinus stellaris</i>	Gattopardo
<i>Squatina squatina</i>	Squadro
<i>Squatina aculeata</i>	Squadro aculeato
<i>Carcharhinus limbatus</i>	Squalo orlato

Tabella 4.6 – Elenco degli squali presenti nel Mar Ionio (fonte: www.prionace.it)

4.6.5 Tartarughe

Le tartarughe marine appartengono all'ordine *Testudines* che comprende anche le tartarughe terrestri e lacustri. Le acque territoriali italiane sono interessate dalla presenza di tre specie di tartarughe marine, la tartaruga verde (*Chelonia mydas*) e la tartaruga liuto (*Dermochelys coriacea*), segnalate sporadicamente, e la tartaruga caretta (*Caretta caretta*) presente con una popolazione più consistente.

Queste tre specie sono particolarmente protette sia a livello internazionale sia nazionale, dalla seguente legislazione:

- Convenzione di Berna (Allegato II), ratificata dall'Italia con la Legge n.503/81, "Specie di fauna rigorosamente protette" (Art. 6);
- Convenzione di Bonn (Allegati I e II), ratificata dall'Italia con la Legge n.42/83, specie migratrici minacciate e specie migratrici oggetto di accordi internazionali per la conservazione e gestione;
- Convenzione di Washington (Appendice I Allegato A) sul commercio internazionale delle specie di fauna e flora minacciate di estinzione (normativa CITES), recepita dall'Italia con legge n.150/92 e modificata dal decreto legislativo n.275 del 2001;
- Legge 175/99, che ratifica l'atto finale della Convenzione di Barcellona, prevede l'istituzione di Aree Speciali Protette di Importanza Mediterranea (ASPIM) e l'elaborazione di un piano d'azione per la conservazione delle tartarughe marine nell'ambito dell'adozione del Piano d'Azione del Mediterraneo (MAP);
- D.P.R. 357/97, regolamento recante attuazione della direttiva "Habitat" 92/43/CEE, inserisce le tartarughe marine in allegato D come specie animali che richiedono una protezione rigorosa;
- D.P.R. n.120/03, che reca integrazioni e modifiche al sopraccitato D.P.R. 357/97.

La distribuzione della tartaruga verde (*Chelonia mydas*), per motivi legati alla temperatura dell'acqua, è limitata alla zona sudorientale del Mediterraneo dove essa nidifica (Biologia marina Mediterranea, 2010).

La tartaruga liuto (*Dermochelys coriacea*) è presente nel Mediterraneo con esemplari di origine Atlantica, che entrano nel bacino sfruttando gli ambienti pelagici per scopi alimentari (Marquez, 1990).

Mentre la tartaruga *Caretta caretta* è la tartaruga marina più comune del Mar Mediterraneo e l'unica a riprodursi lungo le coste meridionali italiane. La specie risiede di preferenza in acque profonde e tiepide, prossime alle coste. Le aree predilette per la nidificazione sono limitatissime a causa dello sviluppo del turismo costiero e balneare. In Italia, i principali siti di alimentazione e nidificazione di *Caretta caretta* sono stati identificati in Campania e lungo la fascia costiera ionica di Basilicata e Calabria, unitamente al sito di riproduzione presente sull'Isola di Lampedusa (Figura 4.59).

Le principali aree di nidificazione sono:

- la spiaggia della Pozzolana di Ponente di Linosa;
- la spiaggia dell'Isola dei conigli di Lampedusa;
- la spiaggia di Spropoli a Palizzi in provincia di Reggio Calabria;
- l'oasi faunistica di Vendicari Noto - Contrada Cittadella-Spiaggia di circa 800 metri, area protetta e tutelata dal corpo forestale regionale.

Le nidificazioni al di fuori del contesto delle aree riproduttive è spesso ad opera di tartarughe primipare, o non perfettamente in salute che vinte dalle correnti sono costrette a nidificare in località lontane e diverse da quelle naturali. Si assiste in questo caso alla perdita di quasi tutte le uova, per fattori diversi, come mancata fecondazione, uova non perfettamente formate e soprattutto per fattori ambientali legati al clima ed ai suoli.

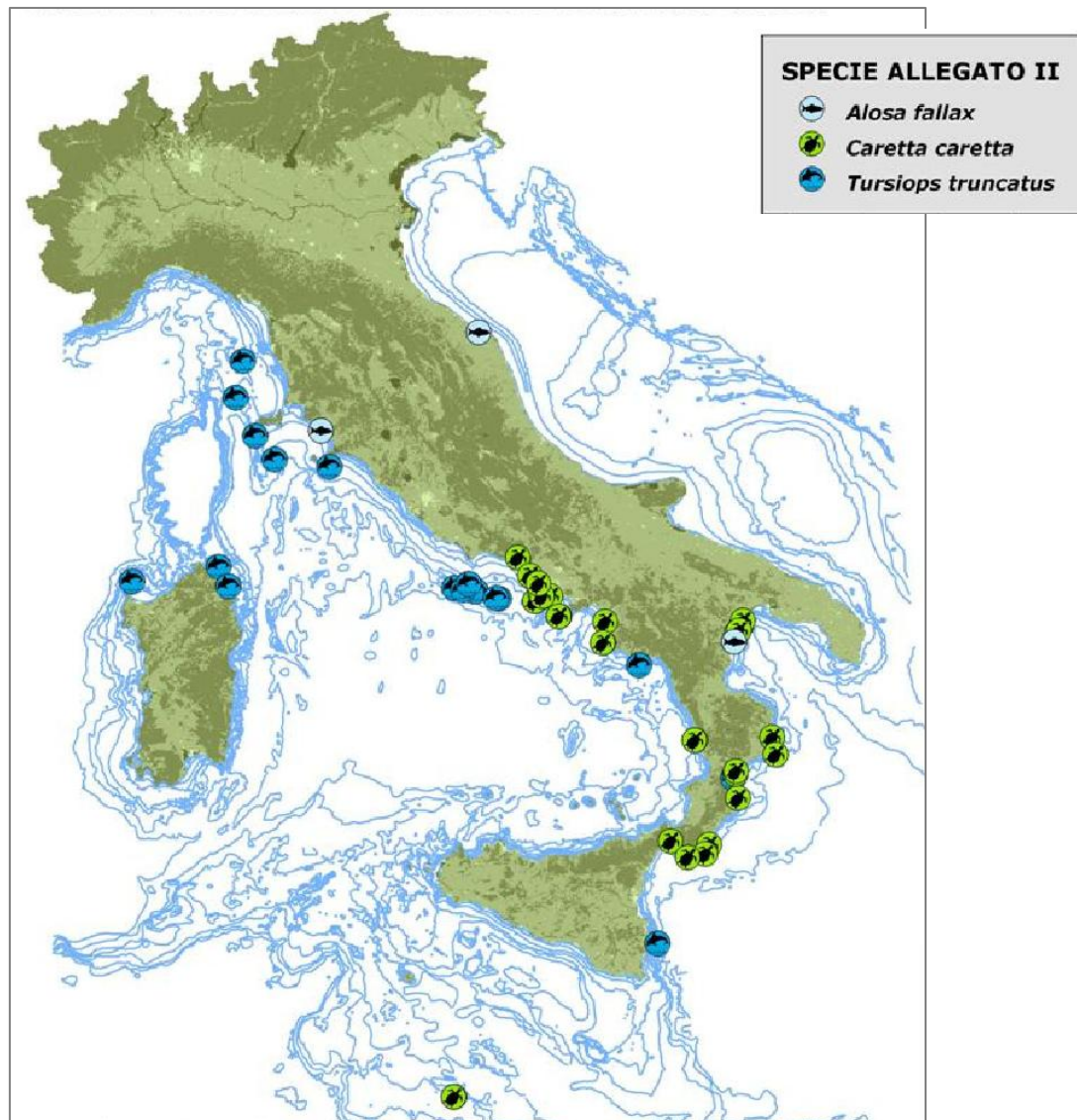


Figura 4.59 - Siti in cui sono state individuate zone di aggregazione, riproduzione ed alimentazione delle specie di tartarughe presenti in Italia (fonte: Relazione tecnico-scientifica sulla Rete Natura 2000 mare in Italia - MATTM-DPN, Società Italiana di Biologia Marina, 2009)

Attualmente la specie è minacciata dall'inquinamento marino, dalla riduzione degli habitat di nidificazione e dagli incidenti causati dalle reti a strascico e dagli altri sistemi di pesca. Inoltre altre cause di spiaggiamento e morte di questi rettili sono da imputarsi a scontri con imbarcazioni, inquinamento marino, pesca e caccia da parte dell'uomo che la preda a scopo alimentare o per il commercio del carapace.

Grazie ai dati contenuti nella banca dati "Spiaggiamenti cetacei e tartarughe marine" (reperibili sul sito web www.sidimar.tutelamare.it) è stato possibile produrre un'immagine relativa agli spiaggiamenti avvenuti nella parte settentrionale del Mar Ionio dal 1997 al 2006 (Figura 4.60).



Figura 4.60 - Spiaggiamenti di tartarughe nella parte settentrionale del Mar Ionio nel periodo 1997-2006 (fonte: www.sidimar.tutelamare.it)

Per quanto riguarda le coste limitrofe all'area oggetto di istanza, è importante segnalare che le aree marine protette "Porto Cesareo" e "Capo Rizzuto" sono state interessate da eventi, seppur sporadici ed eccezionali, di nidificazione da parte di esemplari di *Caretta caretta*.

Si ricorda che le attività di rilievo sismico verranno effettuate in mare aperto e quindi non si prevedono interferenze con le aree di deposizione delle uova da parte di questa specie marina, il cui habitat è sottocosta.

4.6.6 Benthos e biocenosi

La biocenosi nella parte settentrionale del Mar Ionio appare molto variegata a causa della diversità delle coste che caratterizzano i fondali dell'intera area, dalla Puglia meridionale, alla Basilicata e fino alle coste orientali calabresi.

Persino all'interno degli ambiti regionali si possono riscontrare considerevoli differenze tra un settore ed un altro. In particolare, le biocenosi dell'area marina pugliese, secondo la relazione "Risultati di una ricerca ecologica sul sistema marino costiero pugliese" (Damiani et al., 1989), risulta suddivisa in diverse zone:

- Biocenosi delle Sabbie Fini Ben Calibrate (SFBC), facies di *Owenra fusiformis* (polichete) su sabbie fini terrigene, ben classate, principalmente tra 10 e 30 m di profondità.
- Praterie di *Cymodocea nodosa* (fanerogama) su fondali di sabbie fini, in sovrapposizione alla biocenosi SFBC, soprattutto intorno ai 10 m di profondità.
- Biocenosi dei Fanghi Terrigeni Costieri (VTC) facies di *Nephtys hystricis* e *Sternaspis scutata* (policheti) su fondali argillo-limosi prevalentemente oltre i 50 m di profondità.
- Comunità a *Corbula gibba* e *Tellina distorta* (molluschi bivalvi) di transizione tra le biocenosi SFBC e VTC, su fondali limo-argillosi, soprattutto tra 15 e 50 m di profondità.
- Praterie di Posidonie (HP) *Posidonea Oceanica* (fanerogama) su sabbia, su roccia o su "matte", tra la superficie e oltre 30 m di profondità.

- Biocenosi dei fondi Coralligeni (C) sia di piattaforma sia di falesia. Popolamento di concrezione organogena a briozoi corallinacee incrostanti e serpulidi, con strato elevato comunemente caratterizzato da *Axinelia cannabina* (porifero) principalmente tra 5 e 35 m di profondità, fino ad un massimo di oltre 60 m.
- Biocenosi dei fondi detritici *Costieri* (DC) facies del Maerl *Phymatolithon calcareum Mesophyllum coralloides* e *Lithothamnium fruticosum* (rodoficee calcaree). Su fondi di sabbie mal classate ed in prevalenza organogene, a profondità comprese per lo più tra i 25 e 75 m.
- Biocenosi delle Sabbie Grossolane e delle ghiaie fini sotto l'influsso delle Correnti di Fondo (SGCF). Sabbie ad anfiosso *Branchiostoma lanceolatum* (cefalocordato) su sabbioni conchigliiferi, tra 10 e 30 m di profondità.
- Comunità ad *Apeudes latreilli* (crostaceo): popolamenti biocenoticamente eterogenei su fondi di sabbie terrigene relativamente grossolane, mal classate e più o meno infangate tra 12 e 35 m di profondità.
- Popolamenti paralici: insieme delle biocenosi delle Sabbie Fangose di Modo Calmo (SVMC) e Lagunare Eurialina ed Euriterma (LEE). Nelle lagune costiere, a bassa profondità in ambienti confinati e a salinità variabile.

Tra le biocenosi appena descritte un'attenzione particolare è riservata alle praterie di *Posidonia oceanica* che è stata dichiarata specie protetta, considerato il suo importante ruolo nell'ecosistema del Mediterraneo.

La *Posidonia oceanica*, è una pianta superiore, endemica del Mediterraneo, costituita da rizoma, foglie, fiori e frutti. La *Posidonia* è una specie endemica del Mediterraneo dove forma estese praterie tra la superficie ed i 40 metri di profondità, per lo più sui fondali mobili (fangosi e sabbiosi), e i suoi rizomi che hanno la capacità di crescere sia in verticale che in orizzontale, si intrecciano strettamente fra loro, formando con il sedimento intrappolato dalle foglie, una sorta di terrazze sottomarine, chiamate "mattes", alte anche diversi decimetri. Le praterie hanno un ruolo fondamentale nell'ecosistema del bacino mediterraneo. In primo luogo è uno dei produttori primari di ossigeno e di sostanze organiche, inoltre è fondamentale per la sopravvivenza di numerose specie di pesci, molluschi, echinodermi e crostacei, costituendo il riparo ideale per questi organismi marini che trovano tra le sue fronde, condizioni ottimali per la riproduzione e l'alimentazione, parte della quale è costituita dalle foglie stesse della pianta e dagli "epifiti" che vivono adesi ad esse e ai rizomi. La *Posidonia*, inoltre, attenua i fenomeni erosivi del mare sulle coste, infatti il movimento delle foglie rallenta il moto ondoso creando una vera e propria barriera. Nonostante tutte queste caratteristiche positive, nel bacino del Mediterraneo si sta assistendo ad una progressiva regressione delle praterie dovuta a fattori diversi.

Il Servizio Difesa Mare del Ministero dell'Ambiente, ha definito un piano specifico per la mappatura della *Posidonia* lungo le coste del Mediterraneo, secondo il "Programma nazionale di individuazione e valorizzazione della *Posidonia oceanica* nonché di studio delle misure di salvaguardia della stessa da tutti i fenomeni che ne comportano il degrado e la distruzione", previsto dalla Legge del 9 dicembre 1998, n° 426 recante "Nuovi interventi in campo ambientale". Nel 2002 sono state realizzate le mappature delle praterie di *Posidonia oceanica* lungo le coste della Calabria, individuandone oltre trenta. Grazie al GIS disponibile sul sito del Si.Di.Mar. è stato possibile scaricare le mappe delle varie tipologie di *Posidonia* presenti lungo le coste calabresi, riportate di seguito.

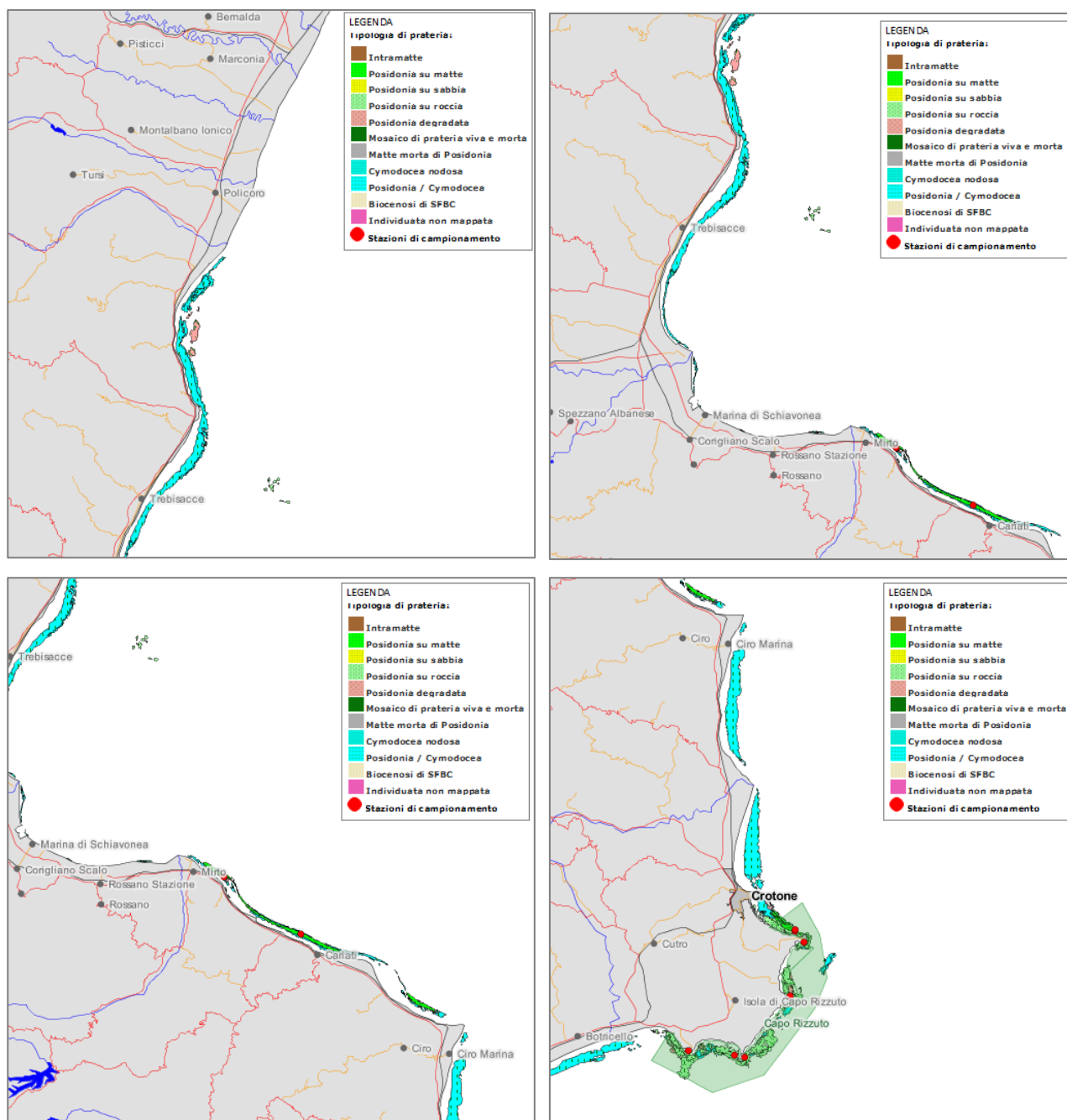


Figura 4.61 - Mappature delle praterie di Posidonia Oceanica lungo le coste calabresi, limitrofe all'area in istanza (fonte: www.sidimar.tutelamare.it)

Oltre alla Posidonia, tuttavia, è presente nello Ionio una cospicua quantità di specie che compongono il patrimonio biocenotico marino (Tabella 4.7).

Nome	DESCRIZIONE
<p>Acetabularia Acetabulum</p>	<p>Si tratta di un'alga verde facilmente riconoscibile per la tipica forma ad ombrellino, presente solo nei mesi estivi. Pur essendo macroscopica è un'alga unicellulare; colonizza i fondali duri ben illuminati e riparati dal moto ondoso, dalla superficie sino a 30 m di profondità. Ha un colore verde pallido ed è comunemente chiamata "Ombrellino di mare".</p>
<p>Aiptasia Mutabilis</p>	<p>È un anemone dal corpo tubolare provvisto di base adesiva a forma di ventosa e di diametro minore di quello della colonna portante. Mostra minute papille adesive sulla metà inferiore. La caratteristica di questo anemone sono i numerosi tentacoli (più di cento) non molto lunghi che, se toccati, si contraggono a scatti sino a richiudersi. I tentacoli, che formano un caratteristico collare, sono di dimensioni differenti, massicci alla base e sottili sulla punta. Se disturbata emette filamenti bianchi (aconzie). Vive su fondali rocciosi, spesso in pozze riparate, in anfratti o fra le</p>

	alghe, persino su legno; la si trova più comunemente in superficie, ma anche a 25-30 m di profondità.
Aplysia Depilans	È un gasteropode, conosciuto con il nome di lepre di mare, che ha una conchiglia estremamente ridotta, trasparente, in posizione dorsale. Il corpo lobato mostra un ampio piede espanso e diviso in parapodi e il capo allungato presenta due escrescenze tentacolari. Vive su substrati duri ricchi di alghe, fino a 20 m di profondità. Si nutre di vegetali e si riproduce in primavera deponendo cordoni di uova di color rosso arancio, conosciuti con il nome di spaghetti di mare.
Axinella Cannabina	Si tratta di una delle specie caratteristiche delle formazioni coralligene lungo i fondali di Porto Cesareo presente intorno ai 25 m di profondità. È chiamata comunemente "Spugna canna", per la sua forma eretta e resistente e la sua colorazione varia dal giallo all'arancio.
Caulerpa Racemosa	Alga di colore verde pallido, consistente al tatto, caratterizzata da lunghi stoloni, dai quali partono ramoscelli di pochi centimetri simili a racemi (da cui prende nome la specie). Tra le specie appartenenti al genere Caulerpa, questa è quella con più alta variabilità morfologica. Migrante lessepsino, C. racemosa è di origine tropicale, penetrata nel Mediterraneo attraverso il Canale di Suez. È una specie poco esigente, con un tasso di crescita molto alto ed una elevata adattabilità, capace di insediarsi e svilupparsi anche in presenza di un forte disturbo antropico. Predilige fondali sabbiosi e melmosi a scarsa profondità, dove forma vere e proprie praterie sottomarine, entrando in competizione con specie autoctone.
Cereus Pedunculatus	Si tratta di un anemone dal corpo tubolare che si allarga alle due estremità. Nella parte basale presenta un disco adesivo, in quella apicale un disco orale molto sporgente e spesso lobato, munito di circa 700 tentacoli delicati, piuttosto corti e anellati da bande chiare e scure, disposti in otto file. Vive su fondali duri più comune nelle strette fessure delle pozze di marea; presente dalla superficie fino a 30 m, ma anche rinvenuta oltre i 90 m di profondità. Dagli anfratti, in cui spesso vive, sporge solo con la corona di tentacoli. La parete del corpo è provvista, nella metà superiore, di numerose verruche biancastre irregolari che spesso trattengono piccoli corpi estranei (frammenti di alghe, ciottolini o gusci di conchiglie).
Cerianthus Membranaceus	È un antozoo che vive all'interno di un tubo lungo fino ad un metro, infossato nei fondi sabbiosi o detritici che viene prodotto dall'animale durante l'intera vita, grazie alla produzione di sostanze proteiche che agglomerano sedimento e feci, solidificandosi a contatto con l'acqua. La parte più evidente è il ciuffo di tentacoli che sporge dal tubo utilizzato dall'animale per nutrirsi; la corona di tentacoli può raggiungere i 40 cm di diametro. La colorazione è variabile fra il biancastro e il violetto. Predilige fondali sabbiosi fra le praterie di Posidonia, all'ingresso delle grotte o alla base delle pareti rocciose.
Chaetomorpha Spp.	Sono alghe verdi con tallo composto, formato da filamenti non ramificati, più o meno rigidi. Specie erette, a volte i filamenti formano batuffoli lanosi. Comuni su rocce, tra altre alghe, nelle pozze di marea poco profonde. I talli hanno riflessi perlacei ed andamento a crine di cavallo. Sono specie annuali e stagionali: il loro ciclo è ancora poco conosciuto. Non sono eccessivamente proliferanti e formano chiazze di modesta estensione.
Chondrilla Nucula	Spugna che forma colonie costituite da masserelle globulari i cui singoli individui hanno l'aspetto di un cuscinetto. Questi cuscinetti sono connessi tra loro a formare ammassi che possono raggiungere alcune decine di centimetri quadrati. La colonia ha generalmente sviluppo orizzontale. La consistenza al tatto è morbida e viscosa. Abbondante su fondali rocciosi poco profondi, in fessure e piccole grotte.
Cladocora Caespitosa	È una specie comune in tutto il Mediterraneo. Vive preferenzialmente tra i blocchi rocciosi vicino alla sabbia, su rocce con scarsa vegetazione. Frequente nei primi 15 m di profondità può tuttavia essere rinvenuta fino ai 600 m. Nei luoghi esposti le colonie formano il cosiddetto frangente corallino, potendo arrivare a coprire diversi metri quadrati di substrati rocciosi pianeggianti all'ombra di rocce a strapiombo.
Clathrina Coriacea	È una spugna che forma incrostazioni intrecciate e contorte, di aspetto piatto o a cuscinetto. La colonia raggiunge dimensioni di circa 10 cm di diametro. È una specie abbastanza comune nelle fessure e nelle cavità della roccia, solitamente in acque molto mosse. La colorazione è generalmente biancastra.
Clavelina Lepadiformis	Caratteristica Ascidia sociale del Mediterraneo. Gli individui danno origine ad una colonia in cui i singoli zoidi sono collegati fra loro da uno stolone. I singoli individui hanno forma di clava e sono del tutto trasparenti. In questo modo è possibile osservare dall'esterno, tutte le strutture interne. Gli individui possono raggiungere un'altezza di 2-3 cm. Si nutre filtrando le particelle organiche presenti in sospensione. Vive solitamente appena sotto la linea di marea, anche se è stata ritrovata a 50 metri di profondità.

Cliona Spp.	Appartiene alle spugne perforanti dalle piccole dimensioni e dall'aspetto incrostante che vivono all'interno delle rocce. Formano minuscole camere di perforazione nel substrato (forma alfa) oppure fuoriescono parzialmente con delle piccole papille (forma beta) all'interno delle quali si apre l'osculo. La colonia si presenta come una massarella soffice e polposa la cui forma, rotondeggiante o minutamente ramificata, dipende dal foro in cui vive. Queste particolari spugne vivono all'interno della matrice rocciosa perché possono disgregare il calcare per mezzo di secrezioni acide.
Cymodocea Nodosa	È una pianta superiore che fa fiori maschili e femminili, produce frutti ed è munita di foglie e radici. È molto simile alla più nota Posidonia, da cui si distingue per la minore dimensione delle sue foglie ed il colore verde più chiaro. I fiori maschili sono rossi, con un lungo peduncolo; i fiori femminili, invece, sono protetti da una guaina alla base delle foglie. I frutti sono discoidali, del diametro di circa 1 cm. È una pianta perenne. vive in fondali sabbiosi in acque poco profonde; è molto esigente per quanto riguarda la luminosità, pertanto di solito non la si trova a più di 10 metri di profondità.
Cystoseira Sp.	Appartiene al gruppo delle alghe brune, ampiamente diffuse lungo i fondali rocciosi a bassa profondità e ben illuminati. Al genere Cystoseira appartengono numerose specie, la cui determinazione è piuttosto difficoltosa.
Dictyota Dichotoma	Alga dal portamento eretto con tallo nastriforme appiattito, tipicamente ramificato dicotomicamente su di un unico piano (da cui il nome della specie) e in maniera regolare. Gli apici sono arrotondati e generalmente bilobati e il tallo si fissa al substrato tramite rizomi terminanti in un disco adesivo. Nel periodo riproduttivo, sulle superfici delle fronde, sono visibili gli organi riproduttori in forma di piccoli puntini scuri. Colonizza i substrati duri del piano infra-circolitorale, comunemente in acque calme e superficiali, rara a grandi profondità. Spesso epifita su altre alghe, la si ritrova sovente associata a specie del genere Dictyopteris. La colorazione varia dal bruno al verde con forti iridescenze azzurre lungo il margine del tallo (visibili solo sott'acqua), più evidenti durante il periodo dell'accrescimento.
Discodoris Atromaculata	Questo nudibranco è uno dei più noti nel Mediterraneo, per la sua colorazione bianca a macchie nere che gli è valsa il nome di vacchetta di mare. Nella porzione posteriore è ben evidente il ciuffo branchiale esterno. I rinofori, nella parte anteriore, sono tozzi e lamellari. Può raggiungere i 15 cm di lunghezza, si riproduce in autunno e depone le uova in strutture a nastro di colore biancastro. Una volta schiuse le uova e dopo la metamorfosi, le vacchette di mare rimangono strettamente legate dal punto di vista alimentare ad una spugna, la Petrosia ficiformis, di cui si nutrono e su cui è facile ritrovarle. Vive su fondali rocciosi dai 5 m fino ai 50 m di profondità.
Dysidea Avara	Spugna cornea dal corpo massiccio, di forma lobata o tubulare. Si eleva di alcuni centimetri rispetto al substrato formando delle ramificazioni cilindriche alla cui sommità si aprono gli osculi esalanti. La superficie è ruvida e spinosa per la presenza di conuli alti 4-6 mm in cui terminano le fibre di spungina. Le fibre a loro volta formano un sottile reticolo che conferisce alla spugna un aspetto delicato. Vive generalmente all'interno di grotte o su fondi ad alghe coralline, da 20 a 70 m.
Echinaster Sepositus	È conosciuto come stella rossa, per via della sua colorazione molto vivace, ed è uno degli asteroidei più noti. Il corpo è piuttosto piccolo e da questo si dipartono 5 braccia lunghe a sezione circolare, di consistenza molle ma ruvida. Come tutti gli asteroidei è una specie dai movimenti molto lenti, si ciba prevalentemente di spugne, di vermi o di materiale in sospensione. Vive su fondali rocciosi, detritici, a volte anche su sabbia e fango o nelle praterie di fanerogame marine, dalla superficie fino ad oltre 250 m di profondità.
Flabellia Petiolata	Comunemente nota come "Ventaglio di mare" è un'alga verde, con tallo fogliaceo, tipicamente a forma di ventaglio con margini ondulati o sfrangiati negli esemplari più grossi. Ha portamento eretto ed aderisce al substrato tramite un sottile e piccolo peduncolo, fissato a sua volta ad un rizoma orizzontale da cui si possono originare più fronde. La Flabellia petiolata è comune nei primi metri ma è stata segnalata sino a -120 m.
Flabellina Affinis	La parte più caratteristica di questo nudibranco è sicuramente la presenza di numerose appendici dorsali, le papille, riunite in gruppi ed emergenti da brevi appendici, disposte in numero di 6-9 per ciascun lato. Questo gasteropode ha una dieta estremamente specializzata, si nutre infatti prevalentemente di idroidi del genere Eudendrium. Questa particolare associazione è resa possibile dal fatto che il nudibranco è del tutto immune

	dalle punture delle nematocisti degli idroidi, anzi le ingerisce, le accumula nelle papille dorsali e le utilizza come strumento di difesa.
Geodia Cydonium	Spugna dal corpo massiccio, di forma variabile tra il globoso e il circonvoluto (simile ad un cervello). La superficie presenta delle sferule silicee disposte a stella, tra le quali le spicole assumono disposizione radiale. Vive di norma su fondali sabbiosi e melmosi, in grotte e su banchi ricchi di sedimento grossolano a 20-25 m di profondità, più raramente sul litorale roccioso profondo. Spesso è epifitata da numerosi altri organismi.
Gobius Cruentatus	Questo Gobide è conosciuto con il nome di ghiozzetto boccarossa per la caratteristica pigmentazione presente sulle labbra. Lo si ritrova facilmente nelle praterie di Zostera e di Posidonia in acque aperte e si avvicina alla terra durante la riproduzione. Può raggiungere i 18 cm di lunghezza. Nonostante la sua ampia diffusione poco si sa sulla sua biologia.
Haliclona Mediterranea	Spugna in forma di placche massicce e molli, ramificate o incrostanti. Forma dei tubuli simili a ciminiere di varia altezza con osculo che si apre in posizione terminale. I pori inalanti non sono visibili. La consistenza è tenera e friabile. La superficie è ruvida e rugosa per la presenza di un reticolo regolare di fibre aghiformi. Vive su pareti rocciose ben illuminate, fondali detritici, comune su fondali ad alghe coralline, dai 15 ai 40 m di profondità.
Halimeda Tuna	Alga verde il cui tallo, fissato al substrato per mezzo di sottili rizoidi, è formato da una serie di dischetti sovrapposti, che la rendono simile ad un minuscolo fico d'india, da cui le deriva il nome comune di "Fico d'India marino". Il suo colore è verde, ma può presentarsi biancastra a causa di incrostazioni calcaree. Specie comune su substrati rocciosi tra la superficie ed i 70 metri di profondità. La riproduzione sessuale avviene nello stesso giorno per diverse popolazioni della stessa età.
Halocynthia Papillosa	Rappresenta una delle ascidie solitarie più appariscenti del Mediterraneo, con un corpo cilindrico, allungato e leggermente rigonfio al centro. Si fissa con la parte inferiore al substrato e presenta due sifoni ben evidenti nella parte superiore, uno superiore inalante (orale) e uno laterale esalante (anale). I due sifoni presentano un collareto all'apertura relativamente alto, portante una serie di setole scure molto rigide. Quando i sifoni sono chiusi, l'apertura assume la forma di una croce. La tunica è di consistenza dura, papillosa e ruvida al tatto. La muscolatura è ben sviluppata, se toccata, reagisce prontamente contraendosi ed espellendo l'acqua.
Hexaplex Trunculus	È un gasteropode con conchiglia tendenzialmente fusiforme e possiede un'ampia apertura anteriore da cui fuoriesce l'animale. La superficie esterna è riccamente ornata da pieghe longitudinali e bottoncini disposti soprattutto sulla superficie superiore. L'apertura ovale termina con un canale sifonale ben evidente, ripiegato posteriormente e dotato di un opercolo corneo che serve da chiusura quando l'animale si ritrae all'interno del guscio, in caso di pericolo. È una specie carnivora, si ciba prevalentemente di carogne di pesci o di altri animali. Non è difficile trovare ammassi di decine di individui intenti a nutrirsi. Hexaplex, insieme ad un altro muricide, Stramonita haemastoma, si riproduce da maggio a giugno. In questo periodo, più individui si radunano e depongono insieme le uova in strutture biancastre e tubulari fissate a substrato roccioso. In antichità, da questo gasteropode, così come da altri murici, veniva estratta la porpora, il famoso colorante utilizzato per tingere gli indumenti delle classi più abbienti.
Hypselodoris Messiniensis	Molti nudibranchi sono caratterizzati da una differente morfologia e colorazione nelle varie fasi dello sviluppo. È il caso di questo piccolo gasteropode, H. messiniensis, che ha uno stadio giovanile simile ad altre specie, uno stadio adulto ben evidente e riconoscibile ed infine uno stadio senile con caratteristiche completamente differenti, tanto che spesso i diversi stadi vengono erroneamente considerati tre differenti specie. Lo si ritrova su popolamenti algali su fondi vicini alla superficie, dove per mezzo della radula (placca dotata di denti), raspa la superficie delle rocce e delle alghe nutrendosi soprattutto del film batterico ed algale.
Hypselodoris Tricolor	Molti nudibranchi mostrano associazioni alimentari piuttosto strette: questo, molto delicato, mostra ad esempio, nella sua dieta una predilizione per le spugne. Si ritrova infatti spesso associato a spugne del genere Cacospongia. Si ritrova su fondi rocciosi o detritici, fino a 50 m di profondità. È ben riconoscibile per la livrea riccamente colorata di blu elettrico e per la presenza di strie longitudinali gialle, bianche e arancio.

Laurencia Obtusa	Ha un tallo eretto di forma piramidale. La colorazione varia dal rosso vinaccio al rosato, al giallognolo, al verde oliva. Tipica del piano infralitorale, comune su rocce vicino alla superficie in luoghi moderatamente esposti, su substrati fotofili, spesso epifita su altre alghe (Cystoseira). La si ritrova anche in profondità (soprattutto sulle foglie di Posidonia), fino a 40 m.
Lithophaga Lithophaga	È un mollusco bivalve comunemente detto “Dattero di mare”. Vive all’interno delle rocce calcaree, dove scava una nicchia, secernendo acidi, che viene ampliata man mano che il mollusco si accresce. Aderisce alla parete interna del buco con i filamenti del bisso. È comune e molto diffuso sulle coste rocciose di tipo calcareo dell’infralitorale, dalla superficie fino a 10-15 metri di profondità. Ha una crescita molto lenta; raggiunge gli 8 cm di lunghezza, anche se sono stati segnalati esemplari fino a 20 cm. Il prelievo di questa specie, dato il particolare habitat di L. lithophaga, può avvenire solo mediante asportazione della roccia che lo circonda, distruggendo completamente la fauna e la flora che su di essa crescono, provocando, inevitabilmente, un enorme danno alla roccia ed ai popolamenti animali e vegetali ad essa associati. Il danno arrecato, inoltre, è aggravato dall’azione dei ricci che, brucando sulla roccia desertificata, e nutrendosi delle larve appena insediatesi, impediscono la ricolonizzazione di questi substrati che rimangono deserti per decenni. Per questo motivo sono vietati, oltre al prelievo, anche la vendita, l’acquisto ed il consumo dei dattero di mare.
Lithophyllum Sp.	Alga rossa fortemente calcificata ed incrostante, forma spesso grandi proliferazioni a scaglie sovrapposte di forma lamellare saldate insieme a formare vasti cuscinetti compatti ma fragili. Si fissa al substrato tramite la porzione più piccola del lato inferiore lasciando liberi i margini che si aprono a ventaglio semicircolare. I singoli talli raggiungono dimensioni di 20 cm, nelle zone di marea arrivano a costituire una fascia compatta e continua. Abbondante su fondi duri e ben ombreggiati in prossimità della superficie e su rocce e detriti fino a 60 metri di profondità. Nel Mediterraneo è conosciuto con il nome di lichene di mare e nella zona di risacca in corrispondenza della aree rocciose è responsabile delle cosiddette formazioni a “trattoir”.
Myriapora Truncata	È un Briozoo arborescente dall’aspetto poroso, cespuglioso e dicotomicamente ramificato in tutte le direzioni. I rami sono a sezione cilindrica ed appaiono troncati alle estremità e punteggiati lungo tutta la superficie da minuscoli pori che corrispondono alle aperture degli zoidi. Per la sua colorazione e struttura della colonia, viene spesso scambiato e raccolto come corallo rosso, ma ben presto perde il colore trasformandosi in un alberello bianco e delicato. Questa caratteristica gli è valso il nome di “corallo degli sciocchi”. La colonia si fissa al substrato per mezzo di un corto e tozzo tronco non sempre visibile. Rappresenta uno degli organismi più tipici dei fondali rocciosi poco illuminati. La riproduzione avviene tra Febbraio e Marzo, prediligendo le zone d’ombra della costa rocciosa. Lo si ritrova in anfratti e sul fondo all’entrata delle grotte, a partire da 1 m di profondità sino a 100 m.

Tabella 4.7 – Diverse specie di biocenosi presenti nel Mar Ionio (fonte: www.ampportocesareo.it)

Per lo Ionio, inoltre, Mastrototaro et al., 2002 riferiscono che l’analisi delle porzioni delle colonie morte ha evidenziato la presenza di specie epibionti per la maggior parte costituita da anellidi serpulidi appartenenti ai generi Filogranula e Vermiliopsis, poriferi appartenenti alla sottoclasse Tetractinomorpha, piccoli bivalvi come Barbatia nodulosa e Delectopecten vitreus e alcuni rami dell’Antipatario Leiopathes glaberrima nonché specie endobionti come i poriferi perforanti appartenenti alla famiglia Clionidae. Tra le specie trovate, si segnala la curiosa presenza del grosso anellide polichete Eunice norvegica che vive nella fitta trama dei coralli. Il suddetto polichete è dotato di un tubo papiraceo che, con il tempo, viene completamente ricoperto dalle madrepore sino a formare delle vere e proprie gallerie nel corallo (fonte: www.biologiamarinaroma.org).

La presenza delle biocenosi sopra descritte risulta strettamente correlata alla profondità del fondale su cui si sviluppano; infatti, essendo organismi foto sintetici sono limitati alla zona fotica, in cui la luce solare è sufficientemente forte da sostenere la fotosintesi. Il limite della zona fotica, per quanto riguarda il Mar Ionio, si trova intorno ai 200 m di profondità.

La profondità delle acque dell’area in istanza (Figura 4.62) va da un minimo di circa 150 metri, nella parte nord-occidentale, fino ad un massimo di circa 1000 metri, nella parte sud-orientale.

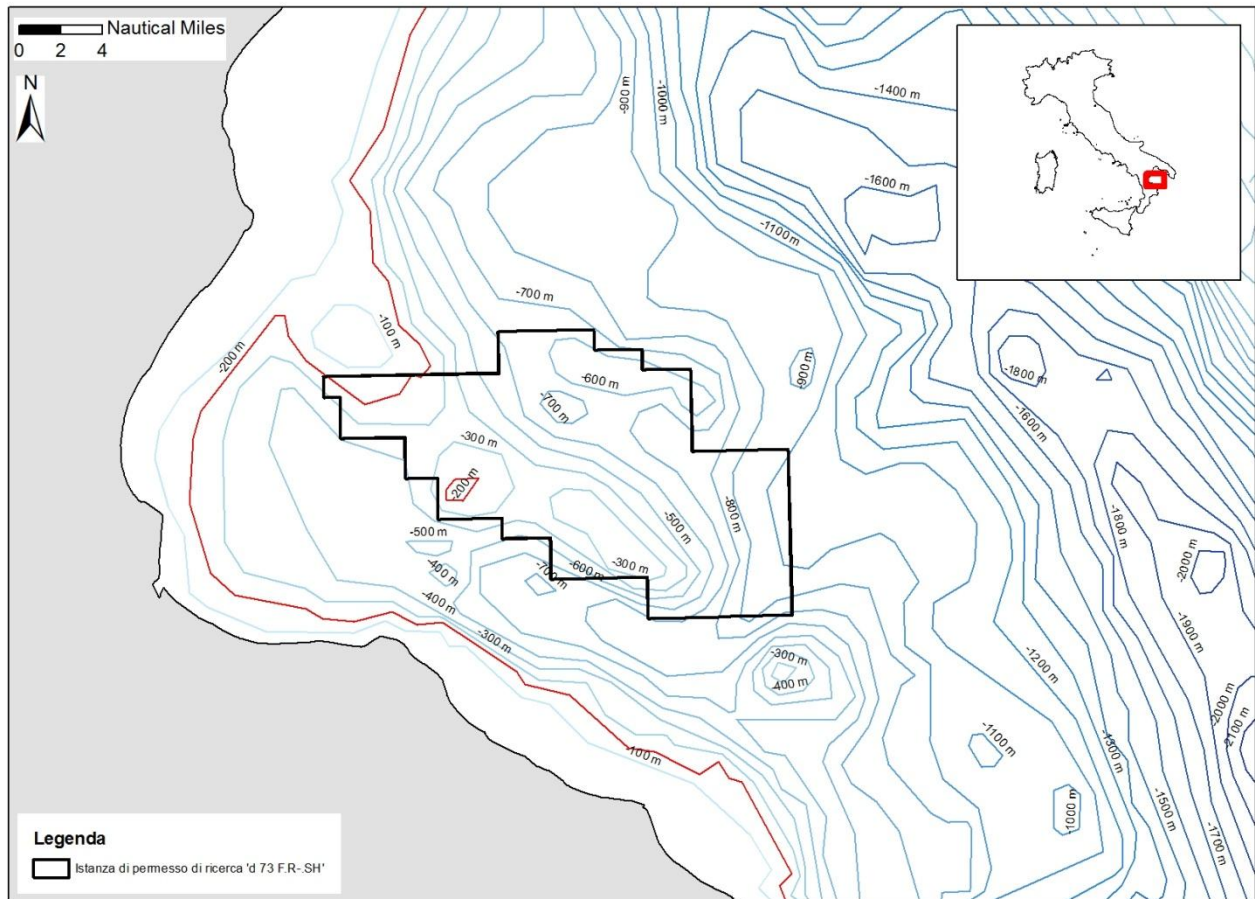


Figura 4.62 – Carta batimetrica dell’area della parte settentrionale del Mar Ionio con indicazione, in rosso, del limite della zona fotica (200 m di profondità)

5 ANALISI E STIMA DEGLI IMPATTI POTENZIALI

5.1 INTRODUZIONE

Nel presente capitolo verranno presentati e valutati gli impatti potenziali che potrebbero derivare dalle interazioni tra le attività effettuate durante la campagna di acquisizione sismica e le componenti ambientali presenti nelle zone circostanti l'area oggetto del presente studio.

L'area del permesso di ricerca, denominata d 74 F.R.-SH, si presenta come uno specchio d'acqua sito nella parte settentrionale del Mar Ionio racchiuso tra le Regioni Calabria, Basilicata e Puglia. Le operazioni di rilievo sismico, così come descritte nel "quadro di riferimento progettuale", sono di carattere temporaneo, infatti al termine dell'acquisizione dei dati tutte le attrezzature verranno rimosse. Gli impatti esaminati in questo capitolo verranno quindi considerati limitatamente al periodo di tempo in cui le attività previste possono avere interazioni con la matrice ambientale circostante.

Le interazioni principali previste sono legate alle emissioni sonore, occupazione dello specchio d'acqua, interazioni su fauna marina e con le attività di pesca.

Come precedentemente descritto, il progetto risulta, nel suo complesso, compatibile con quanto previsto dai vincoli normativi vigenti al momento della stesura di questo studio ambientale.

Si ricorda che l'attività di energizzazione, effettuata utilizzando come fonte di energizzazione l'*air gun*, non andrà ad interessare le seguenti aree:

- complessi archeologici (siti e monumenti) ufficialmente riconosciuti, relitti sommersi di interesse storico;
- aree marine protette;
- aree SIC-ZPS;
- aree di nidificazione delle tartarughe;
- aree di ripopolamento.

Queste aree non solo non verranno interessate dall'energizzazione vera e propria, ma nemmeno dalle operazioni di corollario allo studio, quali stendimento di cavi, posizionamento degli idrofoni, posizionamento della nave con la sorgente e naturalmente le conseguenti operazioni di rimozione totale delle attrezzature.

5.2 EMISSIONI SONORE E IMPATTO ACUSTICO

In mare le principali sorgenti acustiche possono essere di origine naturale, provocate da mammiferi marini, terremoti, moto ondoso e piogge, oppure di origine antropica, dovute al traffico navale, lavori di costruzione ed attività costiere, ecoscandagli, sonar militari e civili, indagini geosismiche ed esperimenti oceanografici.

Per ridurre gli eventuali impatti che le emissioni sonore prodotte dagli *airgun* usati per le prospezioni geosismiche possono provocare sulla fauna marina verranno adottate particolari tecniche, procedure e tecnologie di mitigazione, quali:

- acquisizione al di fuori del periodo di maggiore attività riproduttiva delle specie ittiche (periodo primaverile, la maggiore riproduzione infatti si ha nel mese di maggio);
- utilizzo della tecnologia *soft start* (energizzazione graduale per consentire agli animali il tempo necessario per allontanarsi dalla sorgente);
- presenza di un osservatore autorizzato a bordo della nave ed eventuale utilizzo della tecnologia PAM (*Passive Acoustic Monitoring*) in caso di scarsa visibilità e durante le attività notturne;
- attesa di almeno 30 minuti prima dell'inizio dell'acquisizione e blocco delle operazioni in caso di avvistamento fino a 20 minuti dopo l'ultimo avvistamento.

5.2.1 Limiti acustici per la tutela dei mammiferi marini

I cetacei, a seconda delle loro capacità uditive, vengono suddivisi in cetacei che percepiscono le basse, medie e alte frequenze.

Nella tabella seguente vengono illustrate le diverse categorie di mammiferi marini in relazione ai tipi di frequenze udibili e con indicazione delle differenti specie (sono state sottolineate quelle presenti nell'area oggetto di studio).

Categoria	Range di frequenza (Hz)	Specie (genere)
Cetacei che percepiscono le basse frequenze	7 – 22.000	Balaena, Caperea, Eschrichtius, Megaptera, <u>Balaenoptera</u>
Cetacei che percepiscono le medie frequenze	150 – 160.000	Steno, Sousa, Sotalia, <u>Tursiops</u> , <u>Stenella</u> , <u>Delphinus</u> , Lagenodelphis, Lagenorhynchus, Lissodelphis, <u>Grampus</u> , Peponocephala, Feresa, Pseudorca, <u>Orcinus</u> , <u>Globicephala</u> , Orcacella, <u>Physeter</u> , Kogia, Delphinapterus, Monodon, <u>Ziphius</u> , Berardius, Tasmacetus, Hyperoodon, Mesoplodon
Cetacei che percepiscono le alte frequenze	200.000 – 180.000	Phocoena, Neophocaena, Phocoenoides, Platanista, Inia, Lipotes, Pontoporia, Cephalorhynchus
Pennipedi: percezione in ambiente acquoso	75 – 75.000	Arctocephalus, Callorhinus, Zalophus, Eumetopias, Neophoca, Phocartos, Otaria, Erignathus, Phoca, Pusa, Halichoerus, Histriophoca, Pagophilus, Cystophora, <u>Monachus</u> , Mirounga, Leptonychotes, Ommatophoca, Lobodon, Hydrurga, and Odobenus

Tabella 5.1 – Frequenze udibili dalle diverse categorie di mammiferi marini. Sono state sottolineate le specie presenti nell'area del Mar Ionio.

I cetacei che utilizzano per le loro comunicazioni suoni a bassa frequenza percepiscono maggiormente la propagazione dei suoni prodotti dagli *airgun* (Figura 5.1) e potrebbero quindi essere la categoria più esposta a rischi (Lanfredi et al., 2009). Dalla Tabella 5.1, è possibile osservare come l'unico mammifero che percepisce le basse frequenze presente nell'area oggetto di studio sia la Balenoptera acutorostrata.

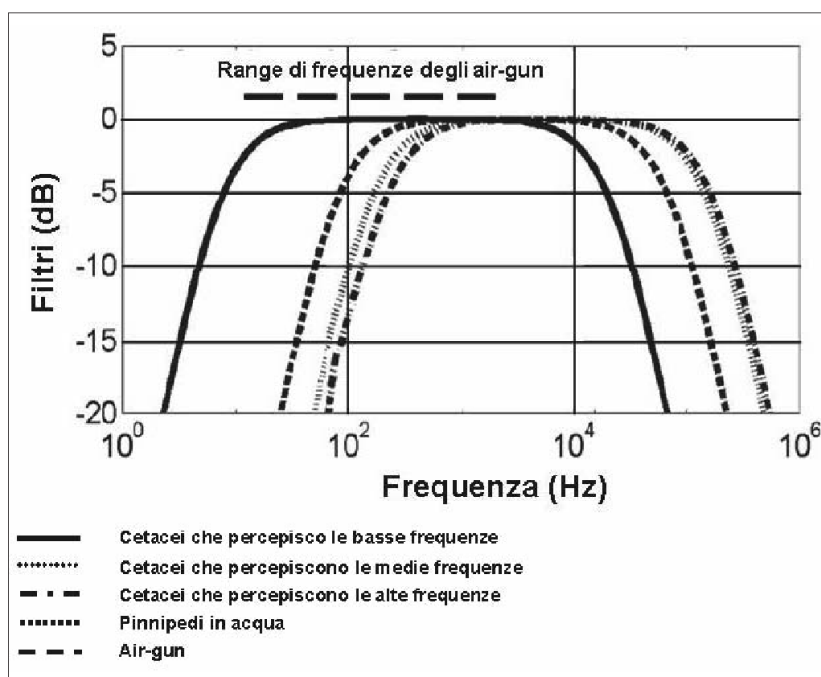


Figura 5.1 – Grafico riportante il range di frequenze percepite dai mammiferi marini, con indicazione del range prodotto dagli *airgun* (fonte: Lanfredi et al., 2009)

Il National Marine Fishery Service, l'agenzia responsabile della gestione delle risorse marine viventi della nazione e del loro habitat, ha adottato dei criteri di sicurezza standard in termini di limiti massimi di esposizione per diverse categorie di mammiferi marini. Tali limiti (Tabella 5.2) sono stati calcolati dall'Università della Columbia sulla base della sensibilità acustica di specie target, con lo scopo di migliorare le misure da adottarsi in caso di investigazioni geosismiche.

Categoria	Limiti di esposizione (dB re 1 μ Pa)
Mammiferi marini in generale	160
Tartarughe marine	170
Cetacei	180
Pinnipedi	190

Tabella 5.2 - Limiti di esposizione proposti ed adottati dal National Marine Fishery Service per diverse categorie di mammiferi marini (fonte: Lanfredi et al., 2009)

Al fine di valutare l'impatto ambientale dell'attività proposta, è stato elaborato un modello matematico in grado di determinare la distanza entro la quale si raggiunge il livello di esposizione massimo sopra riportato.

Si ricorda che in questa fase di redazione del report non è possibile riportare in via del tutto definitiva le caratteristiche degli air-gun che verranno utilizzati, a causa del fatto che esse sono tuttora da definirsi da parte del contrattista che si occuperà del rilievo sismico. Si è deciso, pertanto, di procedere con una modellazione del segnale acustico atteso utilizzando i parametri operativi secondo la "configurazione array 2" (paragrafo 3.9.2) ricavata da dati bibliografici, precisando che, seppur indicativa, non si discosterà molto da quella usata durante la campagna di acquisizione sismica (Figura 5.2).

È opportuno precisare che, prima dell'inizio dei lavori esecutivi, le autorità competenti verranno informate della configurazione finale e verrà elaborato un modello analogo al fine di valutare la propagazione delle onde acustiche specifica per i parametri operativi previsti.

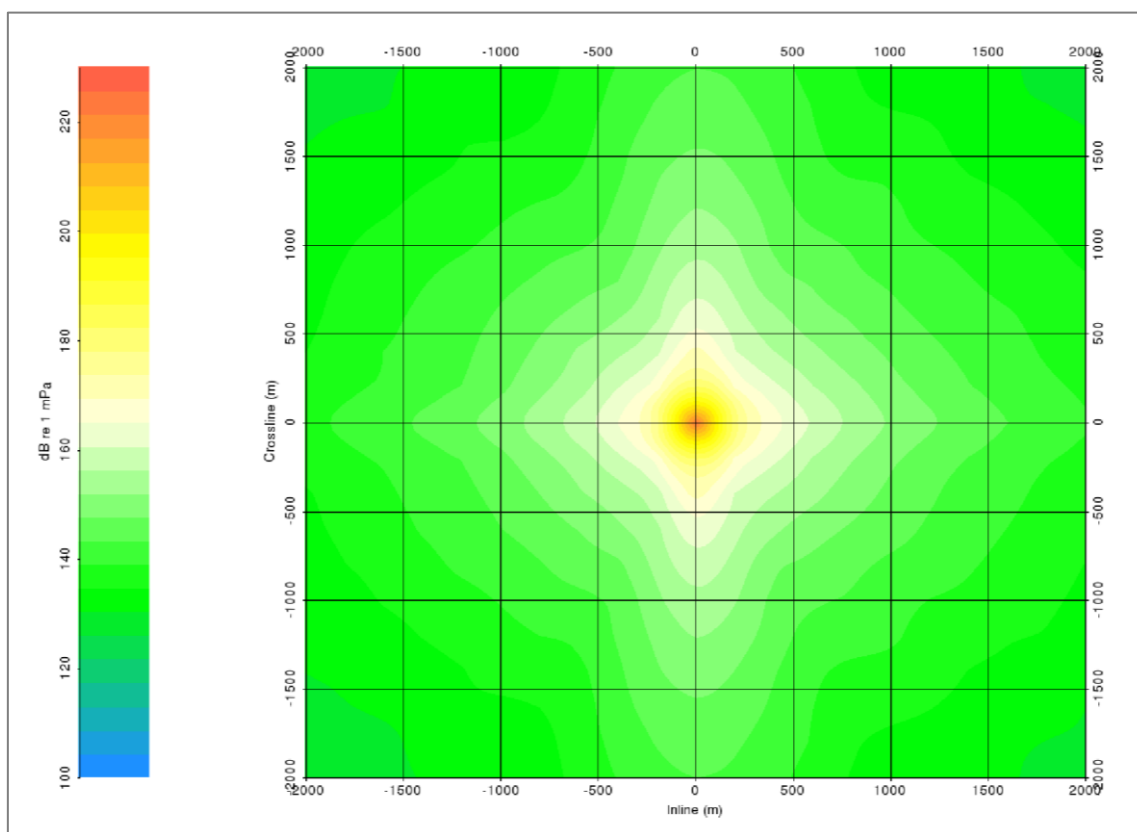


Figura 5.2 - Livelli attesi del segnale acustico generato dall'array di *airgun* nella "configurazione array 2", ad una profondità di 10 metri e per un raggio di 2 Km dalla sorgente.

Dal modello di propagazione del segnale acustico (Figura 5.2) è possibile notare come il segnale perda rapidamente di intensità mano a mano che ci si allontani dalla sorgente, maggiormente lungo la direzione ortogonale alla linea di navigazione, per effetto del movimento della nave. Il livello di pressione acustica è pari a 165 dB re 1mPa a circa 450 metri dall'array nella direzione ortogonale, e a circa 500 metri nella direzione parallela. Pertanto il valore del livello di esposizione per i cetacei proposto dal National Marine Fishery Service, di 180 dB rif. 1 μ P/Hz @ 1m, non viene superato in un raggio superiore a 500 metri dal centro dell'array.

Le misure di mitigazione che verranno adottate per le indagini in progetto prevedono, prima dell'inizio dell'acquisizione, l'accertamento dell'assenza di cetacei in un raggio di 500 m dal centro dell'array, distanza oltre la quale è garantito il rispetto del limite di esposizione sonora per i cetacei, le tartarughe marine ed i pennipedi.

Confrontando, inoltre, i valori del modello di propagazione sferica con le soglie di esposizione ad eventi di emissioni sonore per diversi gruppi di mammiferi marini, proposte dalla pubblicazione di Sounthall et al del 2007 (Figura 5.3), è possibile notare come, ad una distanza di 500 metri dal centro dell'array, i livelli di esposizione sonora siano decisamente inferiori alla soglia di riferimento (198 dB rif. 1 μ P/Hz @ 1m).

Marine mammal group	Sound type		
	Single pulses	Multiple pulses	Nonpulses
Low-frequency cetaceans	Cell 1	Cell 2	Cell 3
Sound pressure level	230 dB re: 1 μ Pa (peak) (flat)	230 dB re: 1 μ Pa (peak) (flat)	230 dB re: 1 μ Pa (peak) (flat)
Sound exposure level	198 dB re: 1 μ Pa ² -s (M_{10})	198 dB re: 1 μ Pa ² -s (M_{10})	215 dB re: 1 μ Pa ² -s (M_{10})
Mid-frequency cetaceans	Cell 4	Cell 5	Cell 6
Sound pressure level	230 dB re: 1 μ Pa (peak) (flat)	230 dB re: 1 μ Pa (peak) (flat)	230 dB re: 1 μ Pa (peak) (flat)
Sound exposure level	198 dB re: 1 μ Pa ² -s (M_{10})	198 dB re: 1 μ Pa ² -s (M_{10})	215 dB re: 1 μ Pa ² -s (M_{10})
High-frequency cetaceans	Cell 7	Cell 8	Cell 9
Sound pressure level	230 dB re: 1 μ Pa (peak) (flat)	230 dB re: 1 μ Pa (peak) (flat)	230 dB re: 1 μ Pa (peak) (flat)
Sound exposure level	198 dB re: 1 μ Pa ² -s (M_{10})	198 dB re: 1 μ Pa ² -s (M_{10})	215 dB re: 1 μ Pa ² -s (M_{10})
Pinnipeds (in water)	Cell 10	Cell 11	Cell 12
Sound pressure level	218 dB re: 1 μ Pa (peak) (flat)	218 dB re: 1 μ Pa (peak) (flat)	218 dB re: 1 μ Pa (peak) (flat)
Sound exposure level	186 dB re: 1 μ Pa ² -s (M_{10})	186 dB re: 1 μ Pa ² -s (M_{10})	203 dB re: 1 μ Pa ² -s (M_{10})
Pinnipeds (in air)	Cell 13	Cell 14	Cell 15
Sound pressure level	149 dB re: 20 μ Pa (peak) (flat)	149 dB re: 20 μ Pa (peak) (flat)	149 dB re: 20 μ Pa (peak) (flat)
Sound exposure level	144 dB re: (20 μ Pa) ² -s (M_{10})	144 dB re: (20 μ Pa) ² -s (M_{10})	144.5 dB re: (20 μ Pa) ² -s (M_{10})

Note: All criteria in the "Sound pressure level" lines are based on the peak pressure known or assumed to elicit TTS-onset, plus 6 dB. Criteria in the "Sound exposure level" lines are based on the SEL eliciting TTS-onset plus (1) 15 dB for any type of marine mammal exposed to single or multiple pulses, (2) 20 dB for cetaceans or pinnipeds in water exposed to nonpulses, or (3) 13.5 dB for pinnipeds in air exposed to nonpulses. See text for details and derivation.

Figura 5.3 - Soglie di esposizione ad eventi di emissioni sonore per diversi gruppi di mammiferi marini, proposte dalla pubblicazione di Sounthall et al 2007

5.3 RISCHIO SISMICO

Per quanto riguarda il rischio sismico dell'area oggetto di indagine, le più recenti norme che dettano le linee da seguire in ambito sismico sul territorio italiano sono fornite dal D.M.II.TT. 14 Gennaio 2008. In esso si illustrano le disposizioni da osservare per la realizzazione di costruzioni in zona sismica ed è per questo conosciuto come NTC 2008 (Norme Tecniche per le Costruzioni).

Tuttavia, trovandosi in mare l'area interessata dalle operazioni relative al presente studio ambientale, ci si riferisce al P.C.M. 28 Aprile 2006, che definisce il grado di pericolosità sismica in tutto il territorio nazionale italiano compresa una abbondante fascia costiera a largo delle coste della penisola (Figura 5.4 e Figura 5.5). Il suddetto P.C.M. esprime, nella fattispecie, il livello di pericolosità sismica in termini di accelerazione massima del suolo, riferita a suoli rigidi con $V_{S30} > 800$ m/s, con probabilità di eccedenza del 10% e considerando tempi di ritorno del fenomeno sismico di 50 anni. I suoli rigidi a cui ci si riferisce appartengono alla categoria A del D.M. 14 Settembre 2005 e le V_{S30} rappresentano le velocità delle onde di taglio che si propagano durante un evento sismico.

L'area considerata, oggetto del presente studio ambientale, ha una sismicità compresa tra 0,05 e 0,1 g (dove $g=9,81 \text{ m/s}^2$, costante di accelerazione di gravità) per quanto riguarda la zona a mare. Il massimo grado di pericolosità lungo le zone costiere si registra ad Ovest di Taranto, lungo il litorale sud-occidentale pugliese con valori compresi tra 0,1 e 0,150 g e lungo le coste orientali calabresi con valori tra 0,175 e 0,2 g. In entrambi i casi si tratta di una sismicità molto bassa in tutta l'area relativa al permesso di ricerca, media per le zone costiere considerate.

Si ricorda che il cantiere, composto dalla nave dotata dell'equipaggiamento necessario allo svolgimento delle operazioni e dalla nave di appoggio, non è permanente e con le operazioni non si indurrà alcun tipo di rischio sismico traducibile con un movimento tellurico registrabile o che possa influire negativamente su cose o persone.

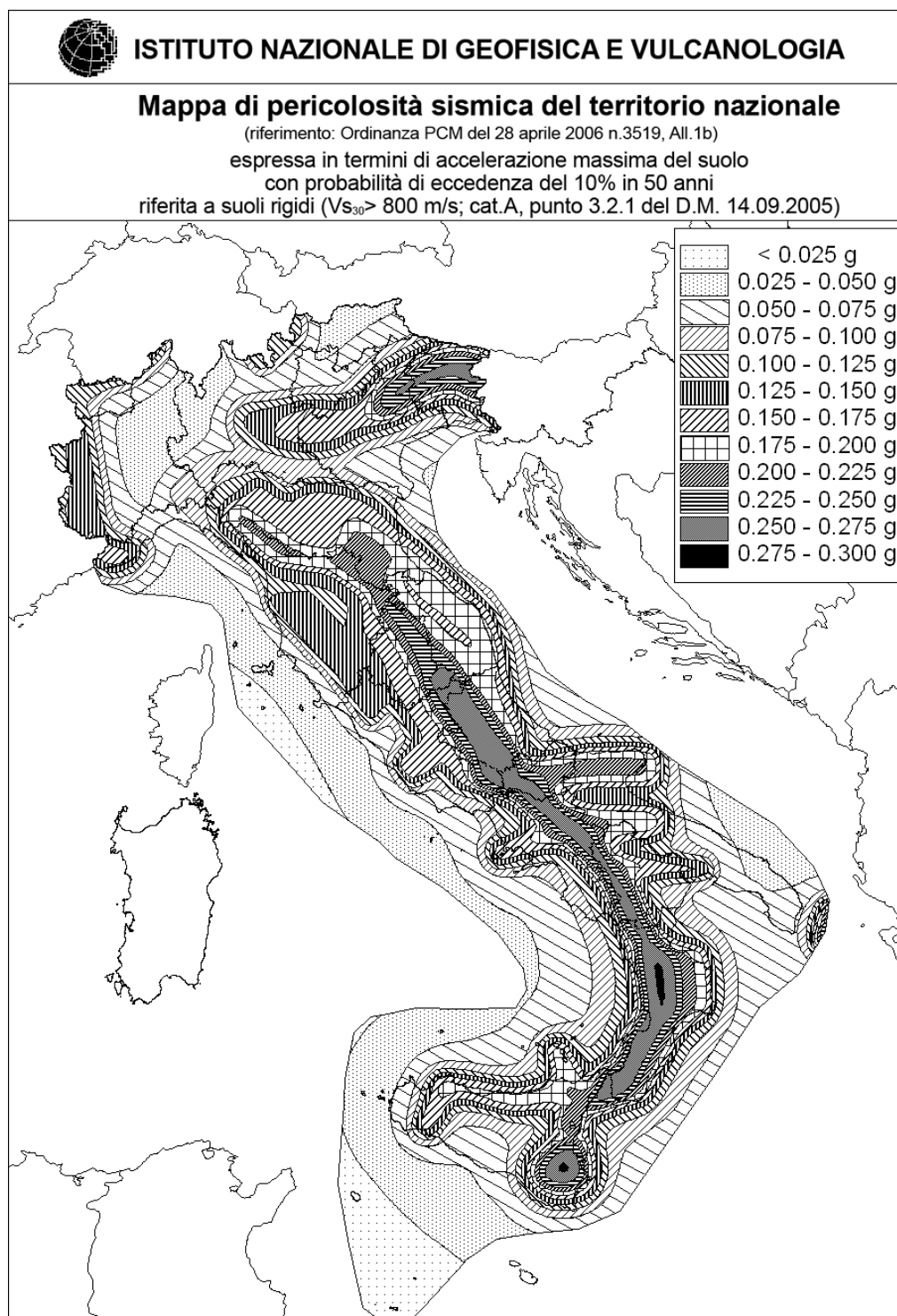


Figura 5.4 – Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale italiano (fonte: Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia)



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale

(riferimento: Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n.3519, All.1b)

espressa in termini di accelerazione massima del suolo
con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni

riferita a suoli rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s; cat.A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005)

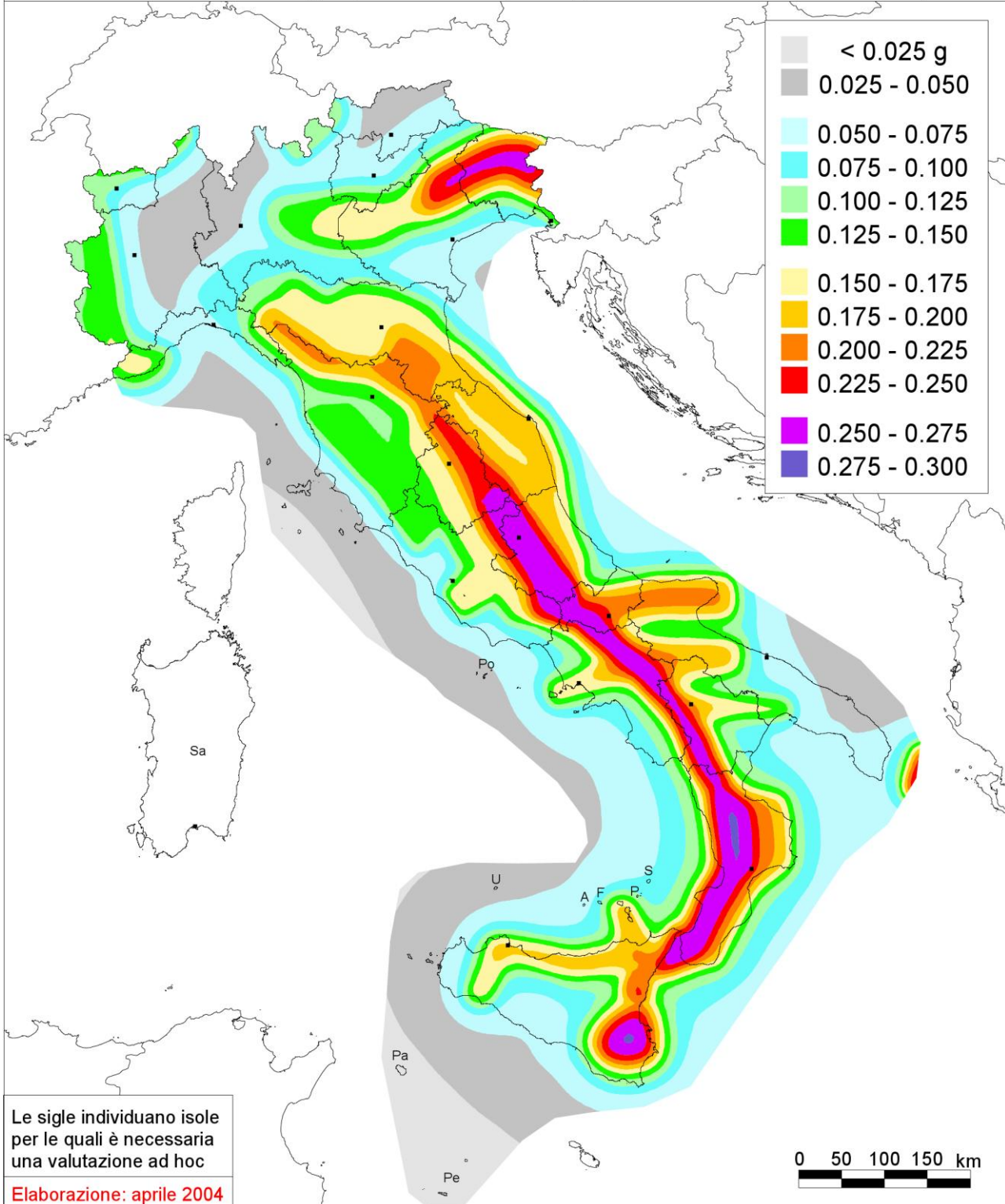


Figura 5.5 – Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale italiano, elaborata sulla base dei dati della mappa in Figura 5.4 (fonte: Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia)

5.4 SOTTOFONDO MARINO E SUBSIDENZA

Durante la fase gestionale dell'indagine geofisica, condotta utilizzando come fonte di energizzazione l'*airgun*, è previsto l'utilizzo di strumentazione posta ad una profondità massima di 50 metri dalla superficie del mare. Questa fase non prevede interazione con il fondo marino e non determina nessuna modifica all'assetto geologico strutturale del sottosuolo, né alle caratteristiche chimico-fisiche dei sedimenti marini.

Inoltre, durante lo svolgimento dell'attività non è prevista l'estrazione di nessun tipo di materiale, sia esso liquido, solido o gassoso, ciò determina l'assenza di interazioni in grado di generare fenomeni di subsidenza nel sottofondo marino dell'area oggetto di istanza o delle zone limitrofe.

5.5 SALUTE PUBBLICA

L'area oggetto di studio si colloca nella parte settentrionale del Mar Ionio, all'interno del "golfo di Taranto", quel tratto di mare compreso tra Punta Meliso di Santa Maria di Leuca (LE) e Punta Alice. La linea di base che lo racchiude è lunga 60 miglia marine e bagna le coste di tre regioni: Calabria, Basilicata e Puglia.

Per quanto riguarda i possibili impatti sulla salute pubblica, è opportuno precisare che durante lo svolgimento della campagna di acquisizione sismica non si produrranno emissioni di radiazioni ionizzanti e/o non ionizzanti, pertanto non si prevede alcun rischio per la popolazione costiera, la quale non sarà esposta ad alcun tipo di interferenza in grado di determinare effetti sulla salute umana.

5.6 AMBIENTE IDRICO MARINO

L'impatto sull'ambiente marino acquatico è da considerarsi pressoché nullo, in quanto l'attività in progetto non prevede l'approvvigionamento idrico e non sono previsti scarichi né di acqua, né di reflui legati all'attività di acquisizione sismica.

5.7 RIFIUTI

Per quanto riguarda il trattamento dei rifiuti prodotti dalle attività in oggetto, si farà riferimento a quanto disposto dalla Convenzione MARPOL 73/78 (MARitime POLLution) che detta le linee guida sulla prevenzione dell'inquinamento provocato da navi ed i relativi annessi. Questa convenzione internazionale per la prevenzione dell'inquinamento da navi, è la combinazione di due precedenti trattati internazionali: il Protocollo 1973, che inglobava la normativa precedente denominata OILPOL del 1954 e la Conferenza TSPP 1978 (Tanker Safety Pollution Prevention).

Tale Convenzione, che nel tempo ha subito numerose modifiche ed integrazioni finalizzate ad una maggiore tutela e conservazione dell'ambiente marino, riguarda disposizioni inerenti l'inquinamento prodotto dalle navi sia nelle operazioni di routine, sia in maniera accidentale da qualsiasi sostanza ritenuta inquinante. La MARPOL, pertanto, rappresenta la principale convenzione internazionale operante ad opera della salvaguardia dell'ambiente marino. In quanto alle tempistiche, la convenzione (al Dicembre 2001) è stata ratificata da 161 nazioni aderenti all'IMO, mentre in Italia, tale norma è stata recepita dalle leggi 462/80 (Marpol '73) e 438/82 (TSPP '78).

La struttura della MARPOL si compone di 20 articoli e 6 annessi. Gli annessi, a loro volta, sono suddivisi in capitoli. Il protocollo del 1978 contiene delle modifiche rispetto al testo originale del 1973 seguite all'International Conference on Tanker Safety Pollution and Prevention (TSPP '78) che rende obbligatorio quanto contenuto negli annessi I e II.

Oltre alle norme per la prevenzione dall'inquinamento da rifiuti, acque da scarico, oli minerali, sostanze nocive, ecc., gli annessi stabiliscono l'esistenza di zone speciali nelle quali, per le loro caratteristiche (scarsa circolazione, mari chiusi, ecc.), richiedono l'adozione di metodi obbligatori per la prevenzione dell'inquinamento.

Ciascun annesso, come mostrato in Tabella 5.3, riguarda una specifica tipologia di inquinamento o di rifiuto prodotto e che può potenzialmente prodursi dalle attività svolte da una nave.

ANNESSO	SOGGETTO	ENTRATA IN VIGORE
I	Norme per l'inquinamento da oli minerali	02/10/1983
II	Norme per la prevenzione dell'inquinamento da sostanze liquide nocive trasportate alla rinfusa	06/04/1987
III	Norme per la prevenzione dell'inquinamento da sostanze inquinanti trasportate per mare in imballaggi	01/07/1992
IV	Norme per la prevenzione dell'inquinamento da liquami scaricati dalle navi	27/09/2003
V	Norme per la prevenzione dall'inquinamento da rifiuti solidi scaricati dalle navi	31/12/1988
VI	Norme per la prevenzione dell'inquinamento atmosferico di SOx e NOx da scarichi dei motori marini	19/05/2005

Tabella 5.3 – Elenco degli annessi di cui si compone la convenzione MARPOL 73/78 e relative tipologie di inquinanti
(fonte: www.spazioinwind.libero.it)

Si ricorda comunque che l'attività proposta non prevede la produzione di rifiuti.

5.8 IMPATTI IN ATMOSFERA

Si ritiene che le attività oggetto del presente studio, possano provocare impatti trascurabili sulla qualità dell'aria, considerato che non vi sono punti emissivi fissi e che l'unico impatto in atmosfera può derivare dalle emissioni prodotte dalla nave sismica e dalla nave di appoggio, assimilabili alle emissioni dei pescherecci che transitano abitualmente nella zona.

La gestione degli impianti a bordo che determinano i gas di scarico sarà effettuata in conformità alla normativa vigente e con l'Annesso VI della Convenzione MARPOL, dettagliatamente descritta nel paragrafo precedente.

L'Annesso VI regola le seguenti emissioni:

- 1) sostanze che influenzano lo strato di ozono nell'atmosfera (gas refrigeranti e /o antincendio);
- 2) ossidi di azoto e di zolfo presenti nei gas di scarico dei motori a combustione interna;
- 3) componenti organici volatili (VOC) provenienti dalla zona del carico di navi cisterna;
- 4) emissioni da inceneritori.

A bordo della nave sismica e di quella di appoggio, saranno quindi regolarmente controllati i fumi di scarico per l'efficienza dei sistemi di combustione ed acquisite le necessarie certificazioni di conformità alle emissioni di inquinanti atmosferici.

Si ricorda che l'attività di acquisizione dei dati avrà una durata di circa 6 settimane, pertanto gli impatti generati da emissioni in atmosfera sono di carattere temporaneo, strettamente legato alla durata delle operazioni ed alla posizione della nave.

5.9 OCCUPAZIONE DELLO SPECCHIO D'ACQUA

L'occupazione dello specchio d'acqua è un fattore d'impatto a durata limitata nel tempo dal momento che al termine delle operazioni, si provvederà al recupero dell'area indagata ed alla restituzione dell'originaria destinazione d'uso, rimuovendo tutte le attrezzature al termine della sessione di indagine. Inoltre, l'impatto potenziale durante la fase di acquisizione è estremamente ridotto, dato che le attrezzature presentano modeste dimensioni, salvo la nave che comunque è assimilabile al traffico marittimo di pescherecci e traghetti presente nell'area.

5.9.1 Interferenza con il traffico marittimo e le attività di pesca

Durante le attività di indagine sismica, in base alle norme di sicurezza sulla navigazione, sarà interdetta la navigazione lungo le rotte che verranno comunicate alle competenti Autorità marittime. L'interferenza che si potrebbe generare con il traffico marittimo presente nel Golfo Ionico, è comunque di carattere temporaneo e trascurabile, visto il fatto che le rotte marittime principali sono localizzate verso il porto di Taranto, al di fuori dell'area oggetto di indagine sismica.

La sicurezza della navigazione è garantita da opportuni regolamenti nel Codice della Navigazione; infatti, le attività di prospezioni sismiche e le ricerche scientifiche in genere sono comunicati periodicamente con diversi sistemi dall'Istituto Idrografico della Marina, e pubblicati sul Fascicolo Avvisi ai Naviganti, che ha lo scopo di far conoscere agli utenti tutte le notizie, sia di carattere temporaneo che definitivo, riguardanti la sicurezza della navigazione.

Per quanto concerne le interferenze con le attività di pesca, legate alla diminuzione del pescato, in bibliografia i risultati sono controversi. Alcuni studi, seppur non rilevando effetti a breve termine sulla distribuzione orizzontale degli organismi, hanno indicato cambiamenti nella distribuzione verticale, con la tendenza a rimanere a profondità maggiori per alcune specie di pesci, ed una diminuzione nella densità di aggregazione all'interno dell'area soggetta a prospezione (Slotte et al. 2004, La Bella et al., 1996). Ciò nonostante, lo studio condotto nel Mar Adriatico da La Bella et. al non ha rilevato differenze significative nel numero di catture prima e dopo il survey sismico.

Al fine di ridurre al minimo le interferenze indotte dalle attività in progetto con la navigazione, inclusa quella finalizzata alla pesca, è prevista la suddivisione dell'area indagata in zone che verranno analizzate di volta in volta in successione. Inoltre, durante l'acquisizione, il proponente fornirà alle Capitanerie di Porto aventi giurisdizione sulla zona oggetto di indagine un calendario settimanale delle operazioni che verranno svolte e delle zone che saranno interessate dall'attività proposta. Sarà inoltre presente un rappresentante locale che si occuperà di mantenere i contatti con le autorità coinvolte.

Inoltre, con lo scopo di limitare al più possibile qualsiasi eventuale interferenza tra l'attività proposta e le attività di pesca presenti nell'area, Shell si impegna ad effettuare il rilievo sismico esclusivamente al di fuori dei periodi di maggiore attività riproduttiva delle specie maggiormente commercializzate, corrispondenti al periodo primaverile.

5.10 IMPATTI SU ECOSISTEMI FLORA E FAUNA

L'obiettivo di questo capitolo è l'analisi e la stima degli eventuali impatti che l'attività in progetto potrebbe provocare su ecosistemi, flora e fauna. A questo scopo si è deciso di utilizzare una metodologia in grado di fornire una valutazione il più oggettiva possibile delle implicazioni del progetto, rappresentata dalla matrice ambientale di Leopold. Si evidenzia che, oltre alla quantificazione degli impatti potenziali, sono stati tenuti in considerazione vari fattori, quali:

- la reversibilità, per valutare se l'impatto causerà alterazioni più o meno permanenti allo stato ambientale;
- la durata dell'impatto sulla matrice ambientale, ossia quanto l'alterazione prodotta sullo stato ambientale permanga anche dopo la conclusione dei lavori;
- la scala spaziale, cioè l'area massima di estensione in cui l'azione che crea l'impatto ha influenza sull'ambiente;
- l'evitabilità di un'azione specifica;
- la mitigabilità dell'impatto, ossia la possibilità di ammortizzare gli impatti anche in maniera parziale attraverso interventi di mitigazione o col tempo.

5.10.1 Matrice di Leopold – breve descrizione

Lo scopo della matrice di Leopold è l'analisi e la stima, qualitativa e quantitativa, delle alterazioni e/o modificazioni di una singola componente ambientale o all'ambiente nel suo complesso che gli interventi sopra descritti potrebbero provocare.

Di seguito viene fornito un elenco schematico delle caratteristiche del metodo della matrice di Leopold.

MATRICE DI LEOPOLD	
Descrizione	Il metodo della matrice di Leopold consiste nella creazione di una tabella di corrispondenza (equivalente a una checklist bidimensionale) che permette di confrontare le azioni previste nel progetto e che possono avere ripercussioni sull'ambiente con le caratteristiche (fisiche-chimiche, biologiche e sociali-culturali) dell'ambiente stesso.
Vantaggi	La possibilità di ottenere una visualizzazione immediata, attraverso una rappresentazione grafica, degli impatti potenziali rispetto a ciascuna componente ambientale.
Procedura di compilazione	La matrice utilizzata per valutare l'impatto ambientale delle attività previste è stata compilata secondo le indicazioni fornite nell'articolo "A procedure for evaluating Environmental Impact" (Leopold Luna B. <i>et al.</i> , 1971). Secondo quanto indicato dagli autori, la matrice viene sviluppata riportando in colonne le azioni previste nel progetto e in righe le componenti ambientali (riunite in tre categorie principali) che possono essere interessate, in modo tale da riuscire a valutare gli eventuali impatti mediante le intersezioni che si creano tra lo stato ambientale e le azioni proposte.
Valutazione quantitativa degli impatti	<p>La procedura illustrata dal citato articolo consiste nell'individuare all'interno della matrice tutte le possibili intersezioni tra righe e colonne che indicano interazioni tra le attività progettuali e le componenti ambientali. Ad ogni intersezione viene quindi assegnato un valore di una scala scelta per poter ottenere una valutazione quantitativa del probabile impatto. Ad ogni casella corrispondente una probabile interazione ed è caratterizzata da due numeri:</p> <ul style="list-style-type: none"> - il primo numero corrisponde alla magnitudine dell'impatto, cioè a quello che nell'articolo precedentemente citato viene definito "magnitude"; - il secondo numero indica la rilevanza dell'impatto ("importance", come definita nel citato articolo). <p>Attraverso la sommatoria dei valori assegnati è possibile ottenere una stima globale dei probabili effetti di interazione tra le azioni previste nel progetto e le componenti ambientali.</p>

Tabella 5.4 – Descrizione delle caratteristiche del metodo della matrice di Leopold.

5.10.2 Descrizione ed esposizione delle matrici impiegate

Gli indicatori che compongono la matrice nel caso di questo progetto sono stati scelti in modo che la soggettività della valutazione fosse ridotta al minimo. Nelle colonne delle azioni sono state riportate le azioni previste durante le varie fasi di della campagna di acquisizione sismica. Al fine di ottenere una più completa visualizzazione degli impatti che si possono produrre sulle componenti ambientali durante le attività di acquisizione sismica è stata creata una matrice che comprende gli effetti delle operazioni descritte in questo studio e che verranno realizzate nell'intera area oggetto di istanza (Tabella 5.5).

La scelta di operare le valutazioni dei possibili impatti ambientali con questa metodologia permette non solo di avere un quadro più chiaro delle interazioni attività/ambiente, ma consente anche di evidenziare se, eventualmente, una delle fasi presenti più criticità rispetto alle altre. Sono state quindi prese in considerazione le possibili interazioni tra le attività previste nel progetto e i cosiddetti "ricettori di impatto". Essi corrispondono a tutti gli elementi in cui è stato scomposto il sistema ambientale circostante che possono subire modificazioni causate dalle attività sopra citate che si trovano nelle immediate vicinanze dell'area che diverrà oggetto di rilievo sismico. I ricettori di impatto sono stati suddivisi in tre categorie (fisico-chimiche, biologiche e socio-culturali), che a loro volta sono state suddivise in altre sottocategorie. Lo scopo principale della scomposizione dell'ambiente in sottoelementi è la possibilità di poter evidenziare il livello al quale agiscono le diverse attività del progetto. La scelta degli indicatori nel caso della matrice

analizzata in questo lavoro è stata indirizzata dall'esigenza che la soggettività della valutazione fosse ridotta al minimo. In generale si può affermare che i principali ricettori nel caso di questo progetto siano le acque marine superficiali e profonde (si è scelta questa suddivisione in funzione delle correnti che circolano nell'area oggetto di istanze e nel suo intorno), la flora e la fauna, il paesaggio, gli ecosistemi, il patrimonio storico-culturale e le attività di pesca. Si ricorda che non verranno eseguite operazioni di qualsiasi natura all'interno del perimetro delle aree protette. In seguito alla scelta delle componenti della matrice, sono state esaminate le possibili interazioni tra le azioni previste nel programma dei lavori e le componenti ambientali interessate. In corrispondenza di ogni eventuale interazione, è stata proposta la valutazione quantitativa dell'interazione, utilizzando i criteri spiegati in Tabella 5.4.

Nel caso in cui non siano previste probabilità di interazione tra una data azione e una componente ambientale, la casella non viene compilata. Dopo la compilazione della matrice si è proceduto alla somma dei valori presenti nelle righe e nelle colonne, in modo tale da riuscire a ottenere una visione d'insieme degli effetti che ogni fase in cui è stato scomposto il programma potrebbe produrre sull'ambiente e, a seguire, è stato fornito un breve commento delle interazioni previste.

Il fatto che tutte le azioni previste dal progetto avranno carattere limitato nel tempo, reversibile al cessare delle attività di acquisizione sismica e che verranno impiegate tutte le tecniche al fine della prevenzione dei rischi e degli impatti, giustifica i numeri bassi attribuiti alle caselle corrispondenti alla "rilevanza dell'impatto".

MATRICE DI LEOPOLD APPLICATA A TUTTA LA ZONA OGGETTO DI STUDIO													
				AZIONI PREVISTE NEL PROGETTO									
				Stendimento e rimozione cavi e idrofoni		Energizzazione		Movimento nave per posizionamento		Nave di appoggio		TOTALE	
				max 10/10	max 10/10	max 10/10	max 10/10	max 10/10	max 10/10	max 10/10	max 10/10	(max 40/40-40/40)	
COMPONENTI AMBIENTALI E SOCIALI	Fisico-chimiche	Acqua	Correnti marine superficiali	1/10	1/10	1/10	1/10	1/10	1/10	1/10	1/10	4/40	4/40
			Correnti marine profonde	1/10	1/10	2/10	1/10	1/10	1/10	1/10	1/10	5/40	4/40
		Atmosfera	Qualità dell'aria	-	-	-	-	1/10	1/10	-	-	1/40	1/40
	Biologiche	Flora	Vegetazione acquatica marina	-	-	1/10	1/10	-	-	-	-	1/40	1/40
			Specie tutelate	2/10	1/10	2/10	1/10	1/10	1/10	2/10	1/10	7/40	4/40
		Fauna	Mammiferi marini	2/10	1/10	4/10	3/10	2/10	1/10	2/10	1/10	10/40	6/40
			Tartarughe	2/10	1/10	2/10	2/10	2/10	1/10	2/10	1/10	8/40	5/40
			Fauna ittica	2/10	1/10	2/10	2/10	2/10	1/10	2/10	1/10	8/40	5/40
			Specie tutelate	2/10	1/10	2/10	2/10	2/10	1/10	2/10	1/10	8/40	5/40
			Squali	2/10	1/10	2/10	2/10	2/10	1/10	2/10	1/10	8/40	5/40
			Altri animali	2/10	1/10	2/10	2/10	2/10	1/10	2/10	1/10	8/40	5/40
	Ecosistemi	Qualità degli ecosistemi	-	-	-	-	1/10	1/10	-	-	1/40	1/40	
	Socio-culturali	Attività commerciali	Attività di pesca	2/10	1/10	4/10	2/10	2/10	1/10	-	-	8/40	4/40
		Percezione del paesaggio	Aspetto del paesaggio	1/10	1/10	-	-	1/10	1/10	1/10	1/10	3/40	3/40
TOTALE (max 140/140-140/140)			19/140	11/140	24/140	19/140	20/140	13/140	17/140	10/140			

Tabella 5.5 - Matrice di Leopold applicata all'intera area oggetto di studio. Le caselle evidenziate in verde indicano un impatto nullo (meno del 10% del valore massimo raggiungibile), mentre le caselle evidenziate in giallo indicano un impatto minimo (di carattere temporaneo e reversibile).

Inoltre, si può evincere che:

- Lo stendimento e la rimozione dei cavi e degli idrofoni ad essi connessi prevede l'utilizzo di una nave appositamente attrezzata a cui è connessa la fonte di energizzazione (*airgun*) il cui scopo è di trascinare i cavi a cui sono collegati gli idrofoni. Questa nave seguirà un percorso a griglia per coprire in modo sistematico l'area da indagare. Questa fase non prevede interazione con il fondo marino in quanto i cavi e gli idrofoni saranno posti ad una profondità massima di 50 metri dalla superficie, mentre interazioni con la fauna sono possibili ma comunque a impatto basso e limitate nel tempo. Infatti l'unico disturbo è legato alla presenza di questi cavi che rappresentano oggetti estranei all'ambiente ma che stazioneranno per un periodo molto breve nella zona oggetto di indagine. L'unico fattore di rischio per la fauna marina, documentato dalla società inglese Ketos Ecology, è quello legato all'intrappolamento di tartarughe marine nella boa di coda, posizionata alla fine del cavo sismico. Pertanto, al fine di evitare l'intrappolamento accidentale di tartarughe marine nelle apparecchiature di rilievo sismico, verranno utilizzati dei dispositivi metallici da applicare alla struttura della boa di coda. Si sottolinea inoltre che alla fine della campagna di rilevamento ogni elemento appartenente a questa attrezzatura operativa verrà rimosso dall'ambiente marino.
- L'attività di energizzazione rappresenta una perturbazione acustica che porterà ad un'interazione temporanea con l'ambiente. Infatti le frequenze utilizzate saranno intorno a 100 Hz, valori che non influiscono permanentemente sulla fauna presente. Per comprendere al meglio gli effetti dell'*airgun* sulla fauna ittica e cetacea presente sono stati esaminati alcuni studi svolti in varie parti del mondo.
 - Per quanto riguarda la fauna ittica, ed in particolare i **pesci adulti**, dallo studio condotto dagli autori Santulli et al. nel 1999 e da Hassel et al nel 2004 svolti in una parte dei mari europei, si può dedurre che la prima reazione degli animali all'emissione sonora dell'*airgun* è cosiddetto "*C-start response*", cioè l'inarcamento del corpo del pesce a formare una "*C*". Questa è la prima reazione unita alla fuga dalla fonte sonora, che non sempre avviene in modo evidente. In ogni caso al termine dell'emissione sonora il comportamento degli esemplari ritorna quello pre-operazioni sismiche. Questo dato è parzialmente confermato dallo studio di condotto dall'Institute of Marine Research (Hassel et al.,2003;2004) che conferma la fuga e il "*C-start response*" come prima reazione della fauna ittica, ma afferma inoltre che a seguito della cessazione delle emissioni il comportamento dei pesci torna alla normalità. Inoltre, dallo studio condotto da Eni Agip in collaborazione con il Dipartimento di Biologia dell'Università di Ferrara sugli effetti dell'*airgun* sulla fauna ittica, è stato possibile dedurre che i danni causati dall'*airgun* su esemplari presenti nelle immediate vicinanze dalla sorgente non sono mortali fatto salvo per quegli esemplari affetti da patologie pregresse. Su esemplari sani i risultati riguardano solo lo spavento causato dall'energizzazione, che può condurre all'allontanamento, e che diminuisce di intensità all'aumentare della distanza fra l'animale e la fonte. Tutti questi studi inoltre concordano sul fatto che le reazioni sono diverse per specie diverse e per contesti ambientali diversi, ma in generale l'*airgun* non ha effetti nocivi sul comportamento abituale (alimentazione, testimoniata dalla mancata variazione del contenuto dello stomaco, e riproduzione) e sulla salute della fauna ittica composta da esemplari adulti. L'unico rischio potenziale quindi, risulta essere quello legato all'allontanamento dalle aree di deposizione delle uova durante il periodo della riproduzione.
 - Per quanto riguarda **uova, larve e pesci allo stadio giovanile** si fa riferimento allo studio condotto da Dalen e collaboratori nel 1996, nel quale si afferma che la mortalità delle larve, uova o esemplari giovani non è direttamente collegata agli effetti dell'*airgun*, e che comunque, qualora sia presente una mortalità, è assimilabile alla normale percentuale di mortalità rilevata in condizioni normali. Tale considerazione è stata confermata anche dall'esperimento di Payne et al. (2009), volto a monitorare eventuali effetti a breve termine dell'*airgun* su uova fecondate e larve di alcune specie, sottolineando l'assenza di differenze significative in termini di mortalità negli organismi esposti rispetto ai controlli durante i primi 4 giorni di esposizione. Ciò nonostante, altri dati disponibili in letteratura sembrano indicare che la mortalità di uova e larve di pesci si verifichi solo quando queste ultime si trovano a brevi distanze dalla sorgente sismica (Kostyuchenko, 1973).

- Per quanto concerne i cetacei ed i **mammiferi marini**, è stato assegnato un valore più alto all'interno della casella corrispondente nella matrice, in quanto i cetacei risultano essere il soggetto più sensibile ad un potenziale rischio acustico in ambiente marino. Questi ultimi, infatti, si orientano e comunicano grazie a suoni in specifiche frequenze. Per la descrizione dei potenziali impatti sui cetacei si rimanda al paragrafo 5.10.3. Disturbi più evidenti sono relativi anche in questo caso allo spavento causato dall'energizzazione che induce gli animali ad allontanarsi dalle zone interessate dalle indagini. Inoltre può esserci una momentanea interferenza con le frequenze che questi usano per le comunicazioni fra i vari membri del branco. Il valore assegnato alla rilevanza è leggermente minore, dovuto alla reversibilità dell'impatto, che termina una volta terminata l'energizzazione. Inoltre, verranno attuate opportune misure di mitigazione per tutelare i mammiferi marini eventualmente presenti nelle vicinanze dell'area oggetto di indagine, oltre alla presenza di un incaricato all'avvistamento a bordo della nave che avrà il compito di monitorare costantemente il mare in modo da poter bloccare le energizzazioni in caso di avvistamento di cetacei all'interno della zona di esclusione.
- Per quanto riguarda le **tartarughe marine** non sono presenti sufficienti studi per poter delineare un quadro generale esaustivo, infatti, i risultati di monitoraggi effettuati durante prospezioni sismiche hanno evidenziato risultati controversi. Ciò nonostante diversi autori riportano un numero maggiore di avvistamenti di tartarughe marine nei periodi in cui non sono previste attività sismiche (Weir, 2007; Houser et al., 2008).
- Relativamente all'interazione con le **attività di pesca**, sono stati attribuiti valori più alti per quanto riguarda la "magnitudine" dell'impatto, dovuto al fatto che durante l'attività di energizzazione, in base alle norme di sicurezza sulla navigazione, le navi e le imbarcazioni di qualsiasi genere non impegnate nelle prospezioni dovranno mantenersi ad una distanza di sicurezza dall'unità che effettua i rilievi. Si ricorda, comunque, che le azioni previste dal progetto avranno carattere limitato nel tempo, che risultano reversibili al cessare delle attività di acquisizione sismica e che verranno impiegate tutte le tecniche al fine della prevenzione dei rischi e degli impatti, questo giustifica il valore più basso attribuito alla casella corrispondente alla "rilevanza dell'impatto".
- Infine, per quanto riguarda la **flora**, gli impatti sono pressoché nulli.
- Movimento della nave a scopo posizionamento dei cavi. In questa fase il disturbo che si verrà a creare sarà relativo soprattutto alla presenza della nave stessa e al rumore provocato dai motori che la alimentano. In generale la fauna presente tende ad allontanarsi salvo ritornare nell'area una volta che il disturbo creato dalla presenza della nave sia svanito. Quindi si tratta di un impatto temporaneo e assolutamente reversibile. Come per il resto del traffico marittimo esiste anche il rischio di collisione con mammiferi marini, ed in particolare il Capodoglio e la Balenottera comune. Infatti, l'esigenza di emergere per respirare e l'enorme mole di questi mammiferi marini, che ne rallenta i tempi di reazione ed i movimenti, rendono queste due specie più soggette alle collisioni con le navi. Al fine di minimizzare questo rischio sarà sempre presente un osservatore a bordo che controlli di non avere Cetacei in rotta di collisione e che possa avvertire tempestivamente il capitano per effettuare le opportune manovre per evitare l'animale.
- Navi appoggio: durante l'acquisizione sarà presente una nave di appoggio che avrà lo scopo di accertare il corretto funzionamento dei cavi e il corretto stendimento degli stessi, oltre a supportare la nave per qualsiasi problema possa riscontrare. L'impatto sarà, dunque, limitato al rumore dei motori e alla presenza della nave stessa ed assolutamente reversibile, in quanto una volta terminata l'acquisizione l'area verrà sgomberata da tutte le attrezzature e restituita allo scopo originario.

In conclusione quindi, dall'analisi della matrice riportata in Tabella 5.5, si può evincere che gli impatti che si verificheranno sono estremamente bassi e del tutto reversibili. Infatti, essi riguardano soprattutto la fauna marina presente, che tende ad allontanarsi dalla fonte del disturbo durante l'azione di energizzazione, ma che ritorna alla condizione originaria al termine di questa fase. Non si conoscono variazioni per quanto riguarda il tipo di alimentazione, le modalità con cui viene effettuata e la riproduzione e deposizione delle uova.

5.10.3 Impatti sui cetacei

L'esposizione al rumore può produrre una ampia gamma di effetti sui mammiferi marini. Un suono a basso livello può essere udibile dagli animali senza produrre alcun effetto visibile. Aumentando il livello il suono può disturbare gli animali ed indurre l'allontanamento o altre modifiche del comportamento. Se gli animali per qualunque ragione non possono evitare una fonte di rumore, possono essere esposti a condizioni acustiche capaci di produrre effetti negativi, che possono andare dal disagio e stress fino al danno acustico vero e proprio con perdita di sensibilità uditiva, temporanea o permanente.

I tipi principali di inquinamento da rumore sono l'inquinamento acuto e puntuale, prodotto in una posizione per un periodo definito di tempo, per esempio un test sonar o un'esplorazione geofisica, mentre l'altro è l'inquinamento diffuso e continuo, ad esempio quello dovuto al traffico navale, somma di un grande numero di fonti in continuo movimento. Il traffico navale è un esempio di inquinamento diffuso che può riguardare aree molto ampie. Il rumore da traffico navale può essere ridotto abbassando il rumore irradiato dai motori e dalle eliche, e modificando le rotte di navigazione per evitare le aree sensibili come le aree di riproduzione e di alimentazione nonché le rotte di migrazione. L'inquinamento acuto sembra essere più facilmente gestibile per minimizzare gli effetti di rumore irradiato, questo può essere ottenuto scegliendo attentamente le aree e i periodi più adatti per condurre operazioni potenzialmente dannose, evitando quindi le aree di maggior densità e gli habitat critici. Inoltre, durante le operazioni, è necessario attuare una costante verifica che nessun animale sia nell'area di maggior irradiazione o vi si stia avvicinando. Questo può essere conseguito combinando ad esempio l'osservazione visuale con l'ascolto dei suoni subacquei emessi dagli animali (www-3.unipv.it/cibra).

Analizzando in dettaglio i tipi di effetti sugli organismi acquatici, ed in particolare sui mammiferi marini, legati all'esposizione al rumore di origine antropica, possono esserne individuati diversi tipi: fisiologici, comportamentali, percettivi, cronici oppure possono generare effetti indiretti (Tabella 5.6).

Impatto	Tipo di danno
Fisiologico	
Non uditivo	<ul style="list-style-type: none"> • Danni ai tessuti corporei (emorragie interne, rottura del tessuto polmonare) • Embolia (e altri sintomi legati alla malattia da decompressione)
Uditivo	<ul style="list-style-type: none"> • Danni al sistema uditivo (rottura della finestra ovale o rotonda alla soglia dell'orecchio interno che può risultare letale; rottura del timpano) • Effetti vestibolari (vertigini, disorientamento, perdita dell'equilibrio) • Diminuzione permanente della capacità uditiva (PTS: innalzamento permanente del livello di soglia) • Diminuzione temporanea della capacità uditiva (TTS: innalzamento temporaneo del livello di soglia)
Legato allo stress	<ul style="list-style-type: none"> • Vitalità compromessa degli individui • Soppressione del sistema immunitario e maggiore vulnerabilità a malattie • Diminuzione del tasso riproduttivo
Comportamentale	<ul style="list-style-type: none"> • Spiaggiamento • Interruzione di comportamenti abituali (alimentazione, riproduzione, etc.) • Perdita di efficienza nell'accoppiamento (richiami meno efficienti) e nell'alimentazione (immersioni meno produttive) • Antagonismo nei confronti di altri animali • Allontanamento dall'area (a breve o lungo termine)

Percettivo	<ul style="list-style-type: none"> • Mascheramento dei segnali acustici necessari alla comunicazione con gli altri membri della stessa specie • Mascheramento di altri suoni biologicamente importanti, come quelli emessi dai predatori • Interferenza con la capacità di ecolocalizzazione
Cronico	<ul style="list-style-type: none"> • Impatti cumulativi e sinergici • Ipersensibilità al rumore • Assuefazione al rumore (gli animali rimangono nelle vicinanze di livelli di suono dannosi)
Effetti indiretti	<ul style="list-style-type: none"> • Degradazione della qualità e della disponibilità di habitat • Disponibilità ridotta di prede

Tabella 5.6 - Potenziale impatto del rumore in ambiente marino (Fonte: Jasny et al., 2005).

A seconda del livello del suono, i mammiferi marini possono essere soggetti a condizioni acustiche capaci di produrre disagio o stress, fino ad arrivare, in caso di superamento del livello di soglia, al trauma acustico vero e proprio, che si manifesta come innalzamento della soglia di sensibilità che corrisponde ad una perdita di sensibilità uditiva (temporaneo, TTS, o permanente, PTS).

Per valutare il possibile impatto comportamentale e fisiologico sui mammiferi marini derivante dall'attuazione dell'attività di prospezione sismica tramite *airgun*, sono stati condotti diversi studi, disponibili in bibliografia. Alcuni dei citati studi evidenziano un allontanamento dei cetacei dalle zone di prospezioni sismiche, rilevando una diminuzione della diversità di specie concomitante all'aumento del numero di prospezioni geofisiche (Evans et al., 1996; Parente et al. 2007).

La categoria più esposta a rischi potrebbe essere quella dei cetacei che utilizzano per le loro comunicazioni suoni a bassa frequenza, in quanto percepiscono maggiormente la propagazione dei suoni prodotti dagli *airgun* (Lanfredi et al., 2009).

Con lo scopo di migliorare le misure da adottarsi in caso di investigazioni geosismiche, il National Marine Fishery Service, l'agenzia responsabile della gestione delle risorse marine viventi della nazione e del loro habitat, ha adottato dei criteri di sicurezza standard in termini di limiti massimi di esposizione per diverse categorie di mammiferi marini. Per la descrizione ed analisi dei limiti acustici per la tutela dei mammiferi marini si rimanda al paragrafo 5.2.1, in cui è stato elaborato un modello matematico in grado di determinare la distanza entro la quale si raggiunge il livello di esposizione massimo.

5.11 VALUTAZIONE DI INCIDENZA SU AREE PROTETTE S.I.C. – Z.P.S.

L'attività proposta, dettagliatamente descritta nel capitolo 3 di questo studio ambientale, non interesserà in alcun modo le aree a qualsiasi titolo protette per scopi di tutela ambientale, siano esse aree di ripopolamento, aree marine protette, aree archeologiche marine, aree di nidificazione delle tartarughe o siti Rete Natura 2000.

Tuttavia, al fine di identificare e valutare eventuali impatti che potrebbero incidere anche parzialmente e/o indirettamente sui Siti di Importanza Comunitaria (SIC) o sulle Zona di Protezione Speciale (ZPS) presenti nelle aree limitrofe, sono state analizzate in dettaglio quelle più vicine all'area in istanza, le cui descrizioni sono riportate nell'allegato 4.

5.11.1 Valutazione degli impatti potenziali

Per valutare la possibile interazione tra le varie attività di progetto e gli habitat presenti nei siti Rete Natura 2000 più vicini all'area di istanza, sono state compilate le relative matrici ambientali. Come riportato nella descrizione dei Siti (vedi allegato 4), gli habitat della maggior parte di essi sono habitat di entroterra o di ambienti costieri terrestri che non risentiranno in alcun modo dell'attività proposta, le cui operazioni verranno effettuate in mare, a notevole distanza dalle stesse.

Infatti, come detto in precedenza, i metodi di indagine basati sull'acquisizione sismica si basano sui fenomeni di riflessione e rifrazione di onde elastiche che hanno un rapido decadimento spaziale, generate da una sorgente artificiale ad aria compressa direzionata verso il basso.

Pertanto, per la compilazione delle matrici ambientali sono stati considerati esclusivamente gli habitat marini dei siti di importanza comunitaria (SIC) posti a mare, nelle vicinanze dell'area oggetto della campagna di acquisizione sismica proposta (Figura 5.1).

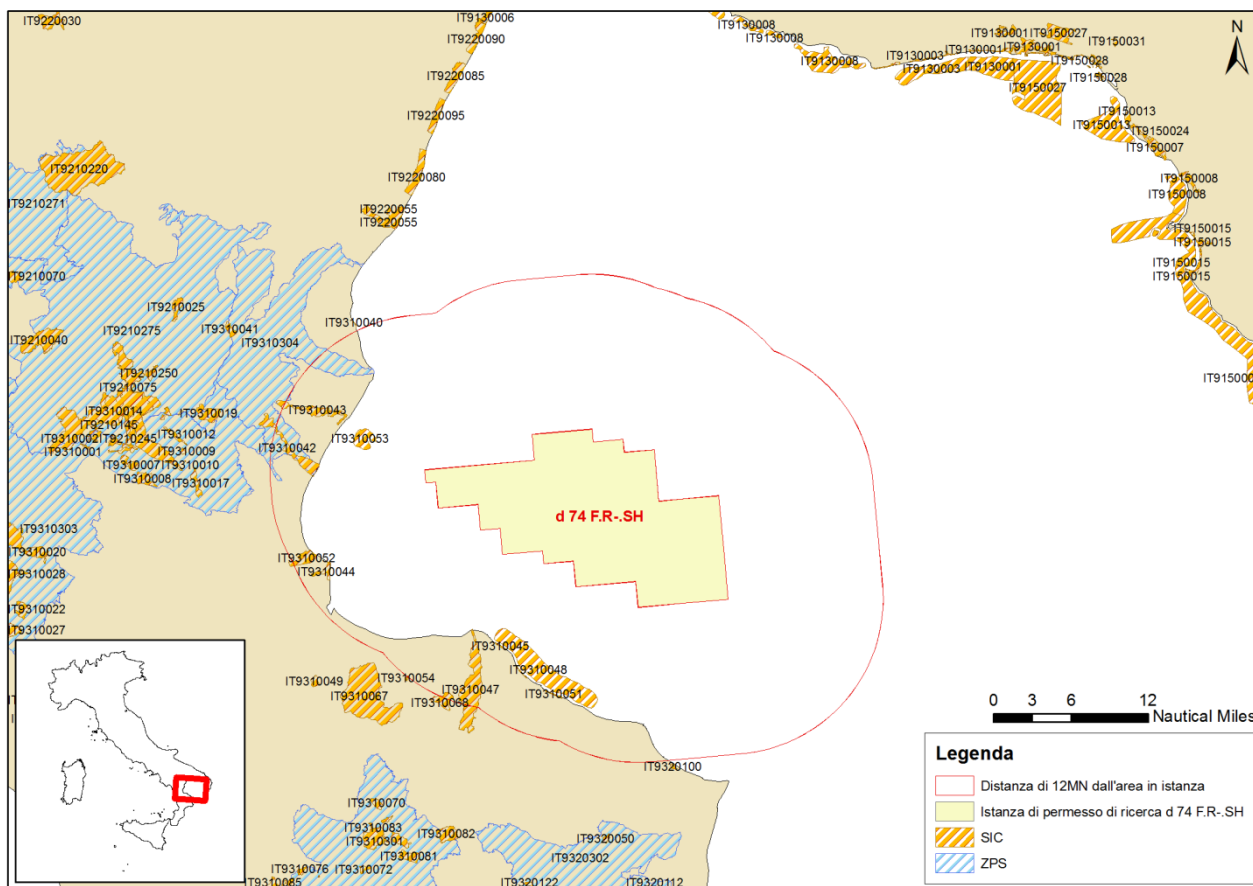


Figure 5.1 – Aree SIC e ZPS presenti nel Golfo Ionico. La circonferenza in rosso indica una distanza di 12 miglia nautiche dal perimetro esterno dell'area in istanza.

Le aree prese in considerazione per la valutazione di incidenza, sono i Siti di importanza Comunitaria "Secca di Amendolara" (IT 9310053) e "Fondali Crosia-Pietrapaola-Cariati" (IT 9310048), e l'unico habitat di riferimento è il 1120, corrispondente alle Praterie di Posidonia (*Posidonium oceanicae*).

La *Posidonia oceanica*, come descritto nel paragrafo 4.6.6, è una specie endemica del Mediterraneo dove forma estese praterie tra la superficie ed i 40 metri di profondità, per lo più sui fondali mobili (fangosi e sabbiosi), e i suoi rizomi che hanno la capacità di crescere sia in verticale che in orizzontale, si intrecciano strettamente fra loro, formando con il sedimento intrappolato dalle foglie, una sorta di terrazze sottomarine, chiamate "mattes", alte anche diversi decimetri.

Grazie al GIS disponibile sul sito del Servizio Difesa Mare del Ministero dell'Ambiente (Figura 5.6), è possibile osservare come la *Posidonia* presente nell'area SIC sopra citata sia di tipo "Posidonia su roccia".

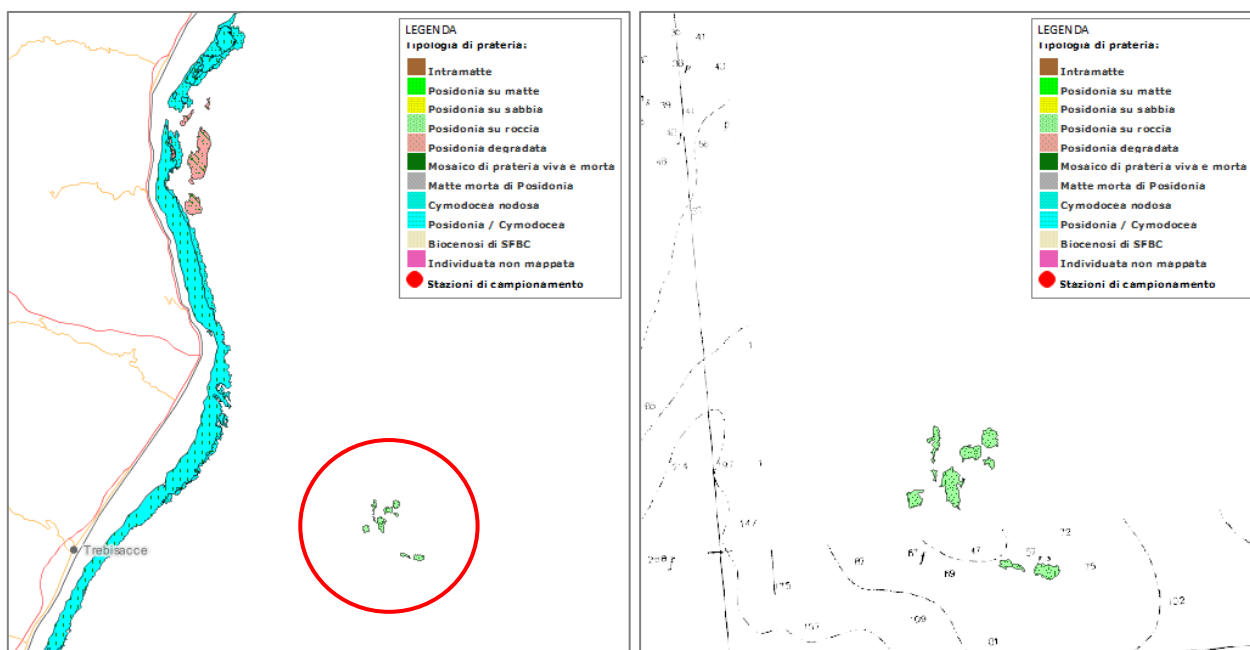


Figura 5.6 - Mappature delle praterie di *Posidonia Oceanica* in corrispondenza della SIC IT9310053 (indicata dal cerchio rosso), a destra un'ingrandimento di tale area (fonte: www.sidimar.tutelamare.it)

Come si può evincere dalla matrice ambientale applicata all'habitat presente nelle aree SIC (Tabella 5.7), gli impatti derivanti dalle azioni previste sono estremamente bassi. Questo è dovuto al fatto che l'unica azione del progetto che interessa tale area è quella legata alla fase di energizzazione; infatti le attività di stendimento e rimozioni di cavi e geofoni, di posizionamento della nave sismica e quelle relative alla nave di appoggio, svolgendosi a notevole distanza, non influenzeranno minimamente tale area SIC, se non per la componente visuale, relativamente alla percezione del paesaggio.

Per quanto riguarda la colonna relativa all'azione di energizzazione, i valori rimangono comunque piuttosto bassi, vista la distanza dalla fonte, la scarsa probabilità di interazione tra le azioni previste e la flora e la fauna presenti, e considerando il carattere di ridotta durata e di completa reversibilità delle azioni. È importante notare che nella compilazione della matrice non è stato aumentato il valore della riga corrispondente alla vegetazione marina acquatica, ma è stata compilata la riga delle "specie tutelate" di flora. Questa scelta è stata dettata dalle indicazioni fornite nell'articolo precedentemente citato (Leopold Luna B. *et al.*, 1971) in cui viene specificato come, trovandosi in presenza di una caratteristica ambientale che viene descritta da più di una casella della matrice, debba venir compilata solo una delle caselle che la descrivono, per evitare un falso aumento della stima degli impatti.

In conclusione quindi, dall'analisi della matrice riportata in Tabella 5.7, si può evincere che gli impatti che si verificheranno relativamente all'habitat associato alle Praterie di *Posidonia* sono estremamente bassi e del tutto reversibili. Infatti, essi riguardano soprattutto alcuni comportamenti della fauna marina presente, che tendono ad allontanarsi durante l'azione di energizzazione, ma che ritornano alla condizione originaria al termine di questa fase. Questo potrebbe influire temporaneamente sulle attività di pesca presenti nella zona dell'area protetta, ma l'impatto risulta comunque limitato, dovuto anche alla distanza dalla fonte di disturbo, oltre che di carattere temporaneo e del tutto reversibile.

MATRICE DI LEOPOLD APPLICATA ALL'HABITAT 1120 (Praterie di Posidonia, <i>Posidonium oceanicae</i>)														
				AZIONI PREVISTE NEL PROGETTO										
				Stendimento e rimozione cavi e idrofoni		Energizzazione		Movimento nave per posizionamento		Nave di appoggio		TOTALE		
				max 10/10	max 10/10	max 10/10	max 10/10	max 10/10	max 10/10	max 10/10	max 10/10	max 40/40 - 40/40		
COMPONENTI AMBIENTALI E SOCIALI	Fisico-chimiche	Acqua	Correnti marine superficiali	-	-	1/10	1/10	-	-	-	-	1/40	1/40	
			Correnti marine profonde	-	-	1/10	1/10	-	-	-	-	1/40	1/40	
		Atmosfera	Qualità dell'aria	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Biologiche	Flora	Vegetazione acquatica marina	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			Specie tutelate	-	-	1/10	1/10	-	-	-	-	1/40	1/40	
		Fauna	Mammiferi marini	-	-	1/10	1/10	-	-	-	-	1/40	1/40	
			Tartarughe	-	-	1/10	1/10	-	-	-	-	1/40	1/40	
			Fauna ittica	-	-	2/10	1/10	-	-	-	-	2/40	1/40	
			Specie tutelate	-	-	1/10	1/10	-	-	-	-	1/40	1/40	
			Squali	-	-	1/10	1/10	-	-	-	-	1/40	1/40	
			Altri animali	-	-	1/10	1/10	-	-	-	-	1/40	1/40	
	Ecosistemi	Qualità degli ecosistemi	-	-	-	-	-	-	-	-	1/40	1/40		
	Socio-culturali	Attività commerciali	Attività di pesca	-	-	2/10	1/10	-	-	-	-	2/40	1/40	
		Percezione del paesaggio	Aspetto del paesaggio	1/10	1/10	1/10	1/10	1/10	1/10	1/10	1/10	4/40	4/40	
TOTALE (max 140/140 - 140/140)			1/140	1/140	13/140	11/140	1/140	1/140	1/140	1/140				

Tabella 5.7 - Matrice di Leopold applicata all'Habitat 1120 (Praterie di Posidonia Oceanica). Le caselle evidenziate in verde indicano un impatto nullo (meno del 10% del valore massimo raggiungibile), mentre le caselle evidenziate in giallo indicano un impatto minimo (di carattere temporaneo e reversibile)

5.12 IMPATTI CUMULATIVI CON ALTRI PIANI O PROGETTI

Lo scopo del presente paragrafo è quello di analizzare l'eventuale impatto cumulato determinato dalla sovrapposizione o interferenza di più attività presenti nella stessa area.

L'indagine geofisica proposta, subordinata all'ottenimento del titolo minerario rilasciato con decreto da parte del Ministero dello Sviluppo Economico, è un'attività esclusiva, che potrà essere svolta all'interno dell'area solamente da Shell. Nel Golfo Ionico, Shell ha presentato anche un'altra istanza di permesso di ricerca di idrocarburi, denominata "d73 F.R.-SH" e confinante con il lato orientale dell'area oggetto di questo studio. Una volta ottenuta la titolarità dei permessi di ricerca, Shell condurrà su ogni area una campagna di prospezione geofisica 3D, come previsto dai programmi lavori. Per minimizzare qualsiasi interferenza o impatto cumulativo dovuto alla simultaneità delle operazioni all'interno dei due blocchi adiacenti, è prevista l'esecuzione del rilevamento impiegando un'unica nave di acquisizione e quindi un'unica sorgente acustica. Pertanto è da escludersi ogni possibilità di sovrapposizione di effetti dovuti alla generazione contemporanea di più segnali acustici nelle due aree contigue "d74 F.R.-SH" e "d73 F.R.-SH".

Si ricorda che l'attività proposta si configura come attività di carattere temporaneo e sarà cura del proponente mantenere una costante comunicazione con le capitanerie di porto e le amministrazioni coinvolte, fornendo agli organi competenti un calendario settimanale delle operazioni che verranno svolte e delle zone che saranno interessate dall'attività proposta ed informarsi sull'eventuale presenza di attività di rilievo geofisico in aree limitrofe.

Al momento della redazione di questo studio, per quanto riguarda i titoli minerari presenti nelle zone limitrofe all'area oggetto di istanza di permesso di ricerca, è possibile notare la presenza di diversi blocchi (Figura 5.7), le cui informazioni principali sono riportate nella Tabella 5.8.

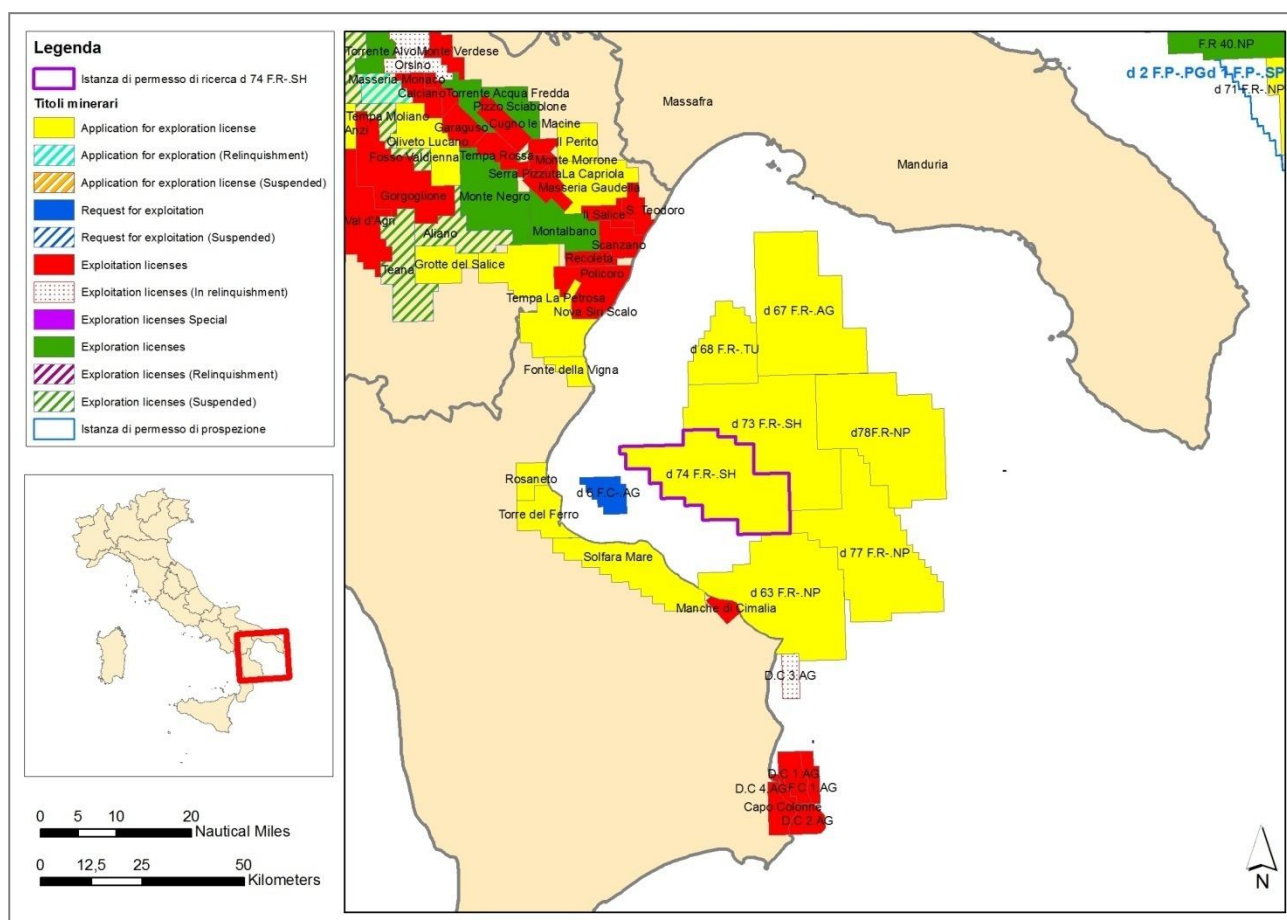


Figura 5.7 – Localizzazione dell'area oggetto di istanza di permesso di ricerca idrocarburi "d 74 F.R.-SH", con indicazione dei titoli minerari presenti nelle zone limitrofe.

Nome	Operatore	Tipo di titolo	Conferimento	Stato	Note
d 73 F.R.-SH	Shell Italia E&P	Istanza di permesso di ricerca in mare	-	In corso valutazione ambientale	-
d 77 F.R.-NP	Northern Petroleum Ltd.	Istanza di permesso di ricerca in mare	-	Istruttoria pre-CIRM	-
d 63 F.R.-NP	Northern Petroleum Ltd.	Istanza di permesso di ricerca in mare	-	In corso di rigetto	-
d 6 F.C.-AG	ENI	Istanza di concessione di coltivazione in mare	-	In corso valutazione ambientale	-

Tabella 5.8 - Caratteristiche dei titoli minerari presenti nelle zone limitrofe all'area del permesso di ricerca idrocarburi "d 74 F.R.-SH" (fonte: unmig.sviluppoeconomico.gov.it).

I primi tre blocchi, circostanti l'area in oggetto, sono ancora nella fase di istanza, pertanto lo svolgimento di qualsiasi attività nelle predette aree rimane subordinato all'ottenimento del permesso di ricerca emanato con decreto da parte del Ministero dello Sviluppo Economico, che ne assegna la titolarità alla compagnia proponente. Nel caso in cui uno o più titoli minerari vengano rilasciati in tempo utile per effettuare i lavori nello stesso periodo in cui si svolgerà l'attività di prospezione geofisica proposta, il proponente si impegna a prendere contatti con il possibile altro operatore per redigere un cronoprogramma delle operazioni che ne escluda la simultaneità. Per quanto riguarda il quarto blocco elencato in tabella, si tratta di un'istanza di concessione di coltivazione in mare, per cui non sono previste attività di indagine sismica in tale area.

Si precisa che l'attività di rilievo geosismico proposta da Shell non verrà effettuata in concomitanza con altre attività dello stesso tipo, evitando la contemporanea presenza di indagini geofisiche in aree limitrofe, con lo scopo di limitare e/o evitare qualsiasi impatto cumulativo che potrebbero subire le componenti ambientali. Uno studio di Gordon et al. (1998), inoltre, evidenzia come prospezioni geofisiche multiple sarebbero in grado di interrompere rotte migratorie e disturbare zone di alimentazione chiave dei cetacei.

Considerando l'aspetto tecnico legato alla presenza di più navi per il rilievo geosismico in zone limitrofe, è opportuno sottolineare che le diverse energizzazioni creerebbero problemi alla propagazione del segnale acustico, generando delle interferenze tra i segnali (effetti di risonanza, amplificazione del rumore, etc.) e rendendo di fatto il rilievo non attendibile.

Pertanto, sarà cura del proponente, in seguito alla implementazione del Decreto Ministeriale, effettuare la verifica dei titoli minerari nell'intorno significativo, al fine di redigere un cronoprogramma delle attività che ne escluda la simultaneità.

Per quanto riguarda l'impatto cumulativo che potrebbe verificarsi con altri tipi di attività antropiche che generano rumore come, ad esempio, traffico navale, ricerca scientifica, pesca o piattaforme di estrazione petrolifera, risulta di difficile valutazione in quanto ancora poco compreso. Ciò nonostante si ritiene che il limite spaziale e temporale delle suddette attività sia tale da rendere trascurabile la comparsa di eventuali effetti cumulativi (Irish Department of Communication, Energy and Natural Resources, 2007).

6 MITIGAZIONI

Nel caso di questa relazione, il termine “mitigazione” viene utilizzato con l’accezione di “azione attuata al fine di non danneggiare l’ambiente”. Si ricorda che non verranno effettuate operazioni all’interno delle aree protette, anche se, per completezza, quelle più vicine all’area oggetto di indagine sono state dettagliatamente descritte in questo studio.

L’attività che verrà svolta si configura come attività di cantiere temporaneo mobile, in quanto l’attrezzatura è montata su un’apposita nave che si sposterà all’interno dello specchio di mare di interesse per compiere le operazioni di rilievo sismico. Queste operazioni comprendono lo stendimento dei cavi su cui sono montati gli idrofoni e il posizionamento della sorgente di energia (*airgun*). Al termine delle operazioni di raccolta dei dati sismici non verrà lasciata alcuna attrezzatura nello specchio di mare indagato, e la nave e l’attrezzatura rientreranno in porto.

Con lo scopo di ridurre al minimo gli impatti derivanti dall’attività di prospezione geofisica sull’ambiente nel suo complesso, verranno adottate opportune misure di mitigazione per la tutela dei cetacei e delle tartarughe marine e per ridurre l’interferenza con le attività di pesca, dettagliatamente descritte nei paragrafi successivi.

Per quanto riguarda la tutela della fauna marina nel suo complesso, Shell si impegna ad effettuare il rilievo sismico al di fuori dei periodi riproduttivi delle principali specie ittiche, in modo da ridurre al minimo e/o evitare qualsiasi eventuale interferenza tra l’attività proposta e le attività di riproduzione delle principali specie ittiche, le quali risultano concentrate nel periodo primaverile, con un picco massimo nel mese di Maggio.

6.1 LINEE GUIDA PER LA TUTELA DEI MAMMIFERI MARINI

A livello nazionale ed internazionale sono state sviluppate diverse linee guida o raccomandazioni sulle possibili misure di mitigazione da adottare nel corso di attività che introducono rumore in ambiente marino. Essendo l’aspetto ambientale maggiormente sensibile alle operazioni di indagine sismica proposte rappresentato dai mammiferi marini eventualmente presenti nelle vicinanze del rilievo sismico, al fine di ridurre al minimo le interferenze dell’attività proposta, sono state analizzate le linee guida maggiormente riconosciute a livello internazionale, di seguito riportate.

6.1.1 Linee guida emanate dal JNCC – Joint Natural Conservation Committee

Il JNCC è un organismo internazionale rappresentato dal comitato scientifico del governo britannico per la conservazione della natura. Le misure di mitigazione indicate nelle linee guida (JNCC, 2010) sono normalmente adottate in ambito internazionale e sono state redatte con lo scopo di minimizzare i possibili impatti dell’*airgun* sulla fauna marina in generale e sui mammiferi marini in particolare.

Di seguito sono descritte in dettaglio le misure precauzionali suggerite da tali linee guida.

- Consultare la bibliografia disponibile per determinare la probabilità di incontrare mammiferi marini nell’area interessata e valutare eventuali considerazioni di carattere stagionale da prendere in esame. Quando possibile, pianificare la prospezione in modo da evitare mammiferi marini durante la stagione riproduttiva o durante lo svezzamento.
- Munirsi di personale qualificato e con esperienza per ricoprire il ruolo di Marine Mammal Observer a bordo nave. L’attività sismica deve essere svolta durante le ore diurne; tuttavia è ammessa l’operatività durante le ore notturne qualora si disponga di un sistema di monitoraggio acustico passivo.
- Cercare di ridurre l’intensità delle emissioni sonore e le alte frequenze del rumore prodotto dagli *airgun*.
- Almeno 30 minuti prima dell’attivazione della sorgente sismica, l’osservatore a bordo nave (MMO) deve verificare l’assenza di mammiferi marini in un raggio di 500 metri. In acque profonde ($\geq 200\text{m}$), la ricerca deve essere estesa a 60 minuti in quanto potrebbero essere presenti specie, quali gli zifidi

e il capodoglio, note per compiere immersioni profonde e prolungate. Per consentire una tempistica più adeguata delle operazioni in acque profonde, la ricerca di mammiferi marini può cominciare prima della fine di ciascuna linea sismica (a sorgente sismica ancora attiva). Se un mammifero marino viene avvistato a sorgente sismica attiva, l'osservatore non deve far altro che monitorare la situazione. Il *soft start* all'inizio di ciascuna linea sismica deve essere invece ritardato di 20 minuti qualora mammiferi marini vengano avvistati a sorgente sismica spenta.

- Gli MMO sono responsabili del reporting a fine attività, che deve necessariamente includere le seguenti informazioni: numero identificativo del survey sismico, data e luogo del survey, numero e volume di ciascun *airgun*, caratteristiche dell'*array* di *airgun*, numero e tipo di imbarcazione utilizzate, durata del *soft start*, problemi incontrati durante il survey e/o in caso di avvistamento cetacei avvistamenti di mammiferi marini (schede standard), procedure messe in atto in caso di avvistamenti durante le prospezioni.
- Qualora mammiferi marini fossero avvistati all'interno dell'area di sicurezza (500 metri), l'attivazione della sorgente sismica deve essere ritardata fino a quando gli animali risultano allontanati. Agli animali deve essere lasciato il tempo necessario per allontanarsi in seguito all'ultimo avvistamento (almeno 20 minuti). In questo caso, il monitoraggio acustico passivo può essere determinante nel rilevare la presenza di mammiferi marini.
- Il raggiungimento dell'intensità e frequenza operativa deve essere raggiunto tramite *soft start*, ossia un periodo di tempo in cui gli *airgun* cominciano a sparare in maniera blanda fino al raggiungimento della piena potenza operativa. Per eseguire correttamente un *soft start*: Le emissioni sonore devono essere gradualmente (viene attivato prima l'*airgun* di dimensioni inferiori e mano a mano sono aggiunti gli altri) con un *start up* a bassa energia che deve protrarsi per almeno 20 minuti in maniera da permettere l'allontanamento dei mammiferi marini presenti nelle vicinanze.
- Il *soft start* deve essere effettuato ogni volta che vengono attivati gli *airgun* a prescindere dalla presenza di mammiferi marini nell'area. Per minimizzare l'introduzione di ulteriore rumore in ambiente marino, il *soft start* non deve essere protratto per più di 40 minuti. Evitare spari oltre quelli strettamente necessari per le normali operazioni. Qualora durante il survey si fossero interrotti gli spari per un periodo pari o superiore a 10 minuti, prima di riattivare gli *airgun* deve essere effettuata una ricerca di mammiferi marini e un *soft start* completo di 20 minuti. Dopo un'interruzione degli spari, di qualsiasi durata, deve essere effettuato un controllo visivo per assicurarsi dell'assenza di mammiferi marini nel raggio di 500 metri. Qualora fosse rilevata la presenza di un mammifero marino, le operazioni devono essere ritardate come descritto sopra.
- A seconda del volume degli *airgun* coinvolti e del tempo necessario alla nave per iniziare una nuova linea sismica, si è tenuti ad attuare o meno lo spegnimento della sorgente. Nel caso in cui gli *airgun* continuano a sparare viene aumentato l'intervallo di tempo tra due spari successivi (Shot Point Interval).
- Il monitoraggio acustico deve essere utilizzato per rilevare la presenza di mammiferi marini prima di effettuare la tecnica del *soft start*, soprattutto in aree dove è nota la presenza di specie sensibili difficili da avvistare. Fortemente consigliato come strumento di mitigazione durante le ore notturne o in condizioni di scarsa visibilità o quando le condizioni meteo marine rendono difficili gli avvistamenti. Tuttavia, risulta essere meno preciso del monitoraggio visivo nel determinare la distanza a cui si trovano i mammiferi marini rispetto all'*array* di *airgun*.

6.1.2 Linee guida emanate da ACCOBAMS

Il Centro Interdisciplinare di Bioacustica di Pavia (CIBRA) ha redatto una serie di raccomandazioni e linee guida volte a minimizzare l'impatto delle attività che generano rumore sulla fauna marina, per conto dell'ACCOBAMS, uno strumento di cooperazione per la conservazione della biodiversità marina, ed in particolare dei cetacei, nel Mediterraneo e nel Mar Nero.

Di seguito verranno elencate in dettaglio le misure precauzionali suggerite da tali linee guida.

- Consultare banche dati e bibliografia sulla distribuzione spaziale e stagionale di Cetacei, evitando aree chiave per i cetacei, aree marine protette e aree chiuse (es. baie, golfi).
- Durante la fase di pianificazione dell'evento, tenere conto dell'eventuale concomitanza di altre attività umane potenzialmente rumorose, sia connesse all'evento stesso, sia indipendenti.
- Modellare il campo acustico generato in relazione alle condizioni oceanografiche e alle caratteristiche della sorgente, per stabilire le distanze di propagazione, e quindi le EZ (Exclusion Zone).
- Utilizzare sempre la minima potenza della sorgente utile al conseguimento degli obiettivi.
- Gli MMO devono essere personale competente e provvisto di adeguato background in materia. In caso di impossibilità di reperire tutto il personale con comprovata esperienza, assicurarsi che almeno la maggior parte di esso lo sia.
- Assicurare monitoraggio visivo e acustico passivo (PAM Passive Acoustic Monitoring) con team specializzati di osservatori e bioacustici al fine di assicurare che non siano presenti cetacei nella EZ almeno per 30 minuti prima di avviare le sorgenti acustiche. Le osservazioni, acustiche e visive, devono proseguire durante tutta l'attività di emissione.
- Nel caso di prima accensione della sorgente (*Ramp up*), essa deve essere attivata alla potenza minima e successivamente incrementata di non più di 6 dB ogni 5 minuti fino al raggiungimento della potenza desiderata.
- Nel caso in cui un animale o un gruppo di essi sia presente o entri nella EZ durante i 30 min di osservazione precedenti all'attivazione della sorgente, attendere nuovamente 30 minuti.
- Nel caso in cui un animale o un gruppo di essi entri o stia per entrare nella EZ di 180db re 1 μ Pa, l'MMO deve tempestivamente richiedere la diminuzione dell'intensità della sorgente o la cessazione della stessa.
- Prevedere che l'equipaggiamento per il monitoraggio visivo includa idonei binocoli o big eyes
- Le registrazioni acustiche andrebbero effettuate per tutto il periodo in cui la sorgente è attiva e comunque per tutto il periodo in cui l'array è in mare e operativo.
- Adattare la sequenza di linee di survey tenendo conto di ogni prevedibile movimento degli animali all'interno dell'area delle operazioni ed evitando di bloccare rotte di fuga. Nel caso di operazioni in prossimità di golfi e insenature, procedere sempre dall'interno verso l'esterno e mai viceversa.
- Le sorgenti ad alta potenza dovrebbero possibilmente essere interrotte durante la notte, durante altri periodi con scarsa visibilità e durante condizioni di trasmissione in superficie favorevole, in quanto il monitoraggio delle EZ risulta compromesso.
- Cessare le emissioni ogni volta che all'interno dell'area monitorata siano osservate aggregazioni di specie vulnerabili (quali capodogli o zifidi).

6.1.3 Rapporto di valutazione e mitigazione dell'impatto acustico in mare, redatto da ISPRA

L'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) ha redatto un rapporto tecnico sulla valutazione e mitigazione dell'impatto acustico dovuto alle prospezioni geofisiche nei mari italiani, indicando una serie di *best practices* da integrare nelle linee guida esistenti, precedentemente descritte.

Fase di pianificazione

- la scelta dell'area da indagare non può prescindere dalle schede informative inerenti ai mammiferi marini che popolano i nostri mari;
- è opportuno programmare il survey sismico in maniera da evitare il periodo riproduttivo delle principali specie ittiche al fine di evitare effetti negativi sul numero di uova disponibili;

- considerazione di effetti cumulativi che potrebbero verificarsi per la presenza di altre attività impattanti nella stessa area di mare dove è svolta l'indagine geofisica o in una zona adiacente.

Fase di attività

- riduzione dell'intensità dell'emissione sonora e del numero di *airgun*;
- soft start prolungato: da un minimo di 30 minuti ad un massimo di 60 minuti;
- zona di esclusione più ampia dove prevedere l'immediata riduzione dell'intensità della sorgente (*power down*) o la cessazione della stessa (*shut down*) in presenza di mammiferi marini;
- considerazione di un valore soglia del rumore inferiore per evitare non solo danni fisiologici ma anche disturbi comportamentali alla fauna acquatica;
- monitoraggio acustico passivo (PAM) da utilizzare in condizioni di scarsa visibilità e comunque da affiancare costantemente a quello visivo;
- verifica sul campo dei livelli di rumore e delle reali distanze di propagazione per constatare l'efficacia dell'estensione dell'area di sicurezza;

Fase post-survey

- Gli MMO (*Marine Mammals Observers*) presenti a bordo nave sono tenuti a spedire a MATTM e ISPRA copia del report di fine attività che comprenda come minimo le seguenti informazioni: data e luogo del survey, caratteristiche dell'*array* di *airgun*, numero e volume di ciascun *airgun*, numero e tipo di imbarcazioni utilizzate, durata del soft start, avvistamenti di mammiferi marini, procedure messe in atto in caso di avvistamenti, problemi incontrati durante il survey e/o in caso di avvistamento cetacei.

6.2 MITIGAZIONI A TUTELA DEI CETACEI

Tenendo in considerazione le linee guida esaminate nei paragrafi precedenti e la modellazione della propagazione del livello acustico generato dall'*array* di *airgun*, è possibile definire il raggio della zona di esclusione (ZE) pari a 500 metri, distanza di sicurezza entro la quale si raggiunge il livello di esposizione massimo per i cetacei, proposto dal National Marine Fishery Service. Ad una distanza superiore ai 500 metri dal centro dell'*array*, infatti, il livello acustico è inferiore a 165 dB rif. 1uP/Hz @ 1m, valore molto prossimo alla soglia al di sotto della quale i mammiferi marini non avvertono disturbo e decisamente inferiore a alla soglia di esposizione proposte dalla pubblicazione di Sounthall.

Pertanto, per la mitigazione degli impatti sui mammiferi marini eventualmente presenti nell'area in esame, verranno adottate le seguenti misure di mitigazione:

- Prima dell'inizio dell'acquisizione si attenderà un periodo di tempo di 30 minuti nei quali verrà effettuato un monitoraggio visivo da parte di un osservatore qualificato MMO (Marine Mammals Observer) a bordo della nave, che provvederà ad accertare l'assenza di cetacei e mammiferi marini nella zona di esclusione, ossia in un raggio di 500 m dal centro dell'*array* di *airgun*. In acque profonde la ricerca sarà estesa a 60 minuti in quanto potrebbero essere presenti specie, quali gli zifidi e il capodoglio, note per compiere immersioni profonde e prolungate. In caso di avvistamento di individui appartenenti alla famiglia degli Zifidi il tempo di osservazione sarà aumentato a 120 minuti.
- Implementazione soft start: l'adozione di questa particolare strumentazione tecnica consente di raggiungere gradualmente l'intensità di lavoro necessaria agli *airgun*, in modo da arrivare alla frequenza e intensità operative stabilite solo dopo aver effettuato un incremento del livello acustico del segnale in un intervallo di tempo di circa venti minuti. L'operazione di *soft start* verrà eseguita nuovamente ad ogni interruzione della prospezione di durata superiore ai cinque minuti. Al termine dell'acquisizione di ogni linea gli spari verranno interrotti per riprendere solo all'inizio della nuova linea da acquisire, come da indicazione del JNCC. Inoltre, verranno utilizzati i livelli di potenza più bassi possibile, per ridurre eventuali interferenze con la fauna presente.

- Presenza di osservatori a bordo, addetti all'avvistamento di cetacei, mammiferi e altre specie marine sensibili. Le attività di avvistamento di mammiferi marini e cetacei verranno eseguite solo da personale qualificato MMO (*Marine Mammals Observer*) in grado di riconoscere le specie sensibili e soprattutto appartenenti ad enti accreditati per quanto concerne l'argomento. Inoltre, in caso di scarsa visibilità o acquisizioni notturne, sarà valutato il possibile utilizzo del protocollo PAM (*Passive Acoustic Monitoring*) con il quale si provvederà ad una ricerca acustica oltre che visiva di eventuali esemplari di mammiferi nell'area indagata. La tecnologia PAM è composta da idrofoni che vengono posizionati nella colonna d'acqua, grazie alla quale i suoni vengono processati utilizzando un apposito programma per l'identificazione dei vocalizzi dei cetacei. Ogni operazione verrà effettuata come da indicazioni del JNCC, la linea guida ufficiale per la minimizzazione degli impatti sui mammiferi.
- Azioni da condurre in caso di avvistamento e/o presenza di cetacei. In caso gli addetti all'avvistamento accertino la presenza di cetacei o mammiferi marini sensibili, l'attività verrà bloccata e posticipata fino a venti minuti dall'allontanamento degli animali (ultimo avvistamento). A seguito di ogni avvistamento gli addetti saranno tenuti a compilare un rapporto (*report post-survey*) che rimarrà a disposizione degli organismi competenti, quali il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, l'ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale) e l'ICRAM (Istituto Centrale per la Ricerca Scientifica e Tecnologica Applicata al Mare). Nel rapporto verranno riportati i seguenti dati: data e localizzazione dell'avvistamento, tipologia e metodi di utilizzo degli *airgun* impiegati, numero e tipo di imbarcazioni impiegate, registrazione di utilizzo dell'*airgun* (inclusi il numero di *soft start* e le osservazioni prima dell'inizio delle operazioni di rilievo), numero di mammiferi avvistati (dettagliando l'osservazione con l'utilizzo di schede standard) e note di ogni osservatore presente a bordo.

E' importante sottolineare che, per ricoprire il ruolo di osservatore - Marine Mammal Observer (MMO) e di tecnico per il PAM (monitoraggio acustico passivo), verrà impiegato personale tecnico altamente specializzato.

6.3 MITIGAZIONI ATTE AD EVITARE L'INTRAPPOLAMENTO DI TARTARUGHE

Come misura di mitigazione ambientale attuata al fine di evitare l'intrappolamento accidentale di tartarughe marine nelle apparecchiature di rilievo sismico, verranno utilizzati dei dispositivi metallici da applicare alla struttura della boa di coda della nave sismica, recependo le direttive presentate nello studio "*Reducing the fatal entrapment of marine turtles in towed seismic survey equipment*" condotto dalla società inglese Ketos Ecology.

Tale studio, pubblicato nel 2007, ha delineato il problema della mortalità accidentale di tartarughe marine in seguito all'incagliamento nelle boe di coda delle navi sismiche, formulando alcune raccomandazioni per minimizzare il problema attraverso l'uso del "*Turtle guards*", un dispositivo montato nella parte anteriore della boa di coda sismica (fonte: www.ketosecology.co.uk).

L'attrezzatura sismica in cui potrebbe incagliarsi la tartaruga marina, come precedentemente accennato, è la boa di coda, un galleggiante fissato all'estremità di ogni cavo sismico (Figura 6.1, a sinistra), che viene utilizzato per monitorare l'ubicazione dei cavi, grazie a riflettori radar e Global Positioning System (GPS).

Con l'applicazione di barre metalliche alla struttura che sostiene la boa di coda (Figura 6.1, a destra), è possibile eliminare il rischio di intrappolamento e di mortalità delle tartarughe con tempi e costi minimi.



Figura 6.1 – A sinistra: esempio di Boa di coda, fissata all'estremità del cavo sismico (fonte: www.jamstec.go.jp). A destra: esempio di dispositivo che esclude la possibilità di intrappolamento delle tartarughe marine, la struttura aggiunta è evidenziata con un cerchio rosso (fonte: www.ketosecology.co.uk).

6.4 MITIGAZIONI DELLE INTERFERENZE CON ATTIVITÀ DI PESCA

Per le operazioni di indagine sismica oggetto di questo studio ambientale, sono previste due tipologie di mitigazione degli impatti sull'attività di pesca.

La prima riguarda i contatti che verranno presi con i pescatori al fine di implementare la comunicazione e ridurre gli impatti tra la campagna di acquisizione sismica e le attività di pesca.

La seconda tipologia di mitigazione si avvale della suddivisione dell'area da indagare secondo una griglia composta da maglie; l'acquisizione delle linee sismiche risulta sistematica e l'occupazione dello specchio d'acqua si riduce notevolmente, considerando il fatto che si occupa una sola zona per volta, coincidente ad una maglia della griglia.

Inoltre, onde evitare eventuali interferenze con le attività di riproduzione delle specie ittiche di interesse commerciale, le attività di rilievo sismico verranno effettuate al di fuori dei periodi riproduttivi delle principali specie, corrispondenti al periodo primaverile.

7 SINTESI NON TECNICA

❖ QUADRO DI RIFERIMENTO PROGETTUALE

L'area in istanza, denominata "d 74 F.R.-SH", ha un'estensione di 617,8 km² ed è ubicata nella porzione settentrionale del Mar Ionio, al largo delle coste della Calabria e, più distanti, delle coste della Basilicata, ricadendo quasi interamente all'interno della zona marina "F". Il punto più a Nord del blocco in oggetto si trova a circa 12 miglia nautiche da Capo Spulico, la parte più orientale dista circa 8 miglia marine da Trebisacce, mentre il punto più a Sud dista circa 14 miglia da Punta Alice. La profondità delle acque varia da un minimo di circa 150 metri, nella parte nord-occidentale, fino ad un massimo di circa 900 metri, nella parte sud-orientale dell'area in istanza.

Il rilievo geofisico 3D in progetto è un'indagine che mira a comprendere l'estensione e la natura delle strutture geologiche presenti nella zona del Golfo Ionico. L'area di ricerca presenta tutte le potenziali caratteristiche geo-minerarie per poter essere considerata di notevole interesse, pertanto, viene proposta un'indagine geofisica che, attraverso l'acquisizione e l'interpretazione dei dati registrati in superficie relativi alle differenti proprietà fisiche delle rocce, consenta di ottenere un'immagine del sottosuolo e di verificare l'eventuale presenza di strutture idonee al contenimento di idrocarburi. Le attività in oggetto si configurano come attività di cantiere temporaneo, non si prevedono quindi opere permanenti.

Lo scopo dell'attività proposta nell'area in istanza è quello di estendere e completare la copertura geofisica già esistente e di definire l'estensione del bacino sedimentario, l'ubicazione della "roccia madre" degli idrocarburi e l'estensione massima di migrazione degli stessi, attraverso l'analisi dei dati che verranno ricavati utilizzando le più moderne tecnologie.

Il principale obiettivo esplorativo nell'area in istanza di permesso e nelle zone limitrofe è rappresentato dagli idrocarburi liquidi e gassosi nei livelli porosi e fratturati dei carbonati della piattaforma Apula, in sedimenti meso-cenozoici principalmente localizzati nelle trappole strutturali.

Nonostante l'area su cui sarà effettuata l'esplorazione sia ancora da definire nei dettagli, Shell si prefigge la realizzazione di un rilievo geofisico 3D mediante l'acquisizione totale di circa 620 km² di linee sismiche. L'esatta ubicazione delle linee e la lunghezza complessiva del rilievo sono subordinate alla qualità dei dati disponibili ed alla fase di interpretazione dei dati 2D già in possesso.

Il programma lavori prevede per l'acquisizione dei dati una durata totale di 6 settimane. La nave che effettuerà i rilievi sarà supportata da una nave di appoggio che avrà il compito di controllare le attrezzature trainate, verificare le condizioni ambientali, risolvere qualsiasi problema logistico e far fronte alle richieste da parte della nave che effettua il sondaggio. Durante l'acquisizione, Shell Italia E&P fornirà settimanalmente agli organi competenti un calendario aggiornato delle operazioni che verranno svolte e delle zone interessate dall'attività. Sarà inoltre presente un rappresentante locale che si occuperà di mantenere i contatti con le autorità coinvolte.

Dal punto di vista dell'inquadramento geologico-regionale, l'area in istanza di permesso di ricerca ricade nella porzione meridionale della Catena Appenninica, un sistema di faglie e sovrascorrimenti prodotto dall'interazione di sedimenti appartenenti sia a domini di placca continentale europea sia a quelli africani.

➤ Tecnologie adottate nella prospezione geofisica offshore

I metodi di indagine basati sulla riflessione e rifrazione delle onde elastiche generate da una sorgente artificiale di onde, sono i più impiegati nel campo della prospezione geofisica finalizzata alla ricerca d'idrocarburi. La velocità di propagazione dipende dal tipo di roccia attraversata. La registrazione e il successivo esame dell'onda di ritorno in superficie permettono di compiere un'indagine indiretta sulla natura, sulla geometria e sulla profondità degli orizzonti attraversati, anche a grande distanza dalla superficie, in funzione della strumentazione e della conformazione del sottosuolo.

Le tecniche d'indagine offshore che saranno utilizzate per lo svolgimento della campagna di prospezione nell'area in istanza prevedono l'utilizzo dell'*air-gun* come sorgente d'energia. Si tratta di una sorgente

pneumatica di onde acustiche che genera onde a bassa frequenza grazie alla creazione di bolle d'aria compressa nell'acqua.

Gli air-gun sono progettati per generare la maggior parte della loro energia sonora a frequenze minori di 180 Hz, l'air-gun singolo genera una frequenza di 5-200 Hz mentre un gruppo di air-gun (array) arriva a generare una frequenza di 5-150 Hz. Le onde che vengono generate hanno un rapido decadimento spaziale, l'energia infatti tende a diminuire con il quadrato della distanza. L'energia generata da una batteria di air-gun è concentrata verso il basso, esattamente lungo la verticale della sorgente di energia, pertanto l'onda acustica che si misura esternamente all'asse dell'array risulta sostanzialmente inferiore a quella rilevata lungo la verticale.

In questa fase non è possibile riportare in via del tutto definitiva le caratteristiche degli air-gun che verranno utilizzati, a causa del fatto che esse sono tuttora da definirsi da parte del contrattista che si occuperà del rilievo. Si è deciso, pertanto, di procedere riportando i valori caratteristici di alcuni array, ricavati da dati bibliografici precisando che seppur indicativi, non si discosteranno molto da quelli usati durante la campagna di acquisizione geosismica. È opportuno precisare che, prima dell'inizio dei lavori esecutivi, le autorità competenti verranno informate della configurazione finale.

L'attrezzatura per la registrazione delle onde elastiche è costituita da due elementi principali:

- l'idrofono, un trasduttore elettroacustico utilizzato per rilevare onde elastiche assimilabili alle onde acustiche e determinare la direzione della loro sorgente. L'idrofono converte le onde acustiche in segnali elettrici. Gli idrofoni, anche grazie allo sviluppo delle moderne tecniche di trasformazione dell'onda sonora in segnale elettronico, consentono di captare anche suoni emessi a grandi distanze;
- un cavo, detto anche "streamer", che ha la funzione di permettere il traino degli idrofoni opportunamente distanziati e di trasmettere i segnali rilevati dalle apparecchiature di registrazione posizionate a bordo della nave. A causa del vento, delle correnti marine e dell'azione della marea il cavo sismico si trova generalmente su un tracciato non rettilineo rispetto alla direzione di navigazione. Gli streamer possono rilevare valori molto bassi di energia riflessa che viaggia dalla sorgente energizzante attraverso lo strato d'acqua fino al fondo del mare e negli strati sottostanti, tornando quindi in superficie grazie ai sensori di pressione (idrofoni) ad esso collegati. Gli idrofoni convertendo i segnali di pressione riflessi in segnali elettrici, consentono che vengano digitalizzati e trasmessi attraverso lo streamer fino al sistema di registrazione che si trova sulla nave dove i dati acquisiti vengono registrati su un nastro magnetico. Una boa di coda viene fissata all'estremità di coda dello streamer e al di sopra è fissato un riflettore radar per il controllo dell'allineamento del cavo stesso rispetto alla direzione di movimento della nave.

Le moderne navi per l'acquisizione dei dati geofisici sono costruite con lo scopo di avere differenti funzionalità tra cui gli alloggi per l'equipaggio, gli strumenti, un mini eliporto e scorta di carburanti per garantire autonomia per un lungo periodo al natante. Il capitano è il responsabile della sicurezza a bordo della nave e ha l'ultima parola sulle operazioni e le manovre della medesima. All'interno della nave per l'acquisizione dei dati ha sede la sala di controllo e registrazione, in cui sono immagazzinati tutti i dati rilevati dagli idrofoni, dalle bussole magnetiche, dai sistemi di posizionamento. In questa sala vengono anche gestiti gli air-gun e tutte le apparecchiature di servizio. Un'area della nave accoglie i motori e i compressori che forniscono le pressioni richieste (intorno a 2000 psi) agli array di air-gun. I compressori sono capaci di ricaricare gli air-gun rapidamente e in modo continuo, permettendo agli array di essere caricati ogni 10-15 secondi circa, mentre l'impulso dura un tempo brevissimo (2 millisecondi). Il numero di persone che compongono l'equipaggio di questo tipo di navi può raggiungere le cinquanta unità.

La nave preposta ad effettuare i rilievi verrà supportata da una o due navi d'appoggio che avranno il compito di controllare le attrezzature trainate, verificare le condizioni ambientali e risolvere qualsiasi problema logistico o far fronte alle eventuali richieste da parte della nave principale.

Per quanto riguarda le modalità operative, la motonave percorrerà l'area oggetto di indagine in modo da comporre una griglia formata da rotte parallele che si intersecano a 90°. La motonave si muoverà ad una

velocità costante compresa tra i 4 e i 6 nodi trainando sia la sorgente di energia (*air-gun*) sia il cavo di ricezione delle onde elastiche di ritorno (*streamer*). Il terminale dello streamer sarà segnalato da una boa provvista di riflettore radar e di luce intermittente bianca. Ad intervalli prestabiliti, sarà liberato un volume di aria la cui pressione sarà scelta in funzione dell'obiettivo ma soprattutto al fine di arrecare il minor disturbo possibile agli organismi marini eventualmente presenti in prossimità del singolo rilievo.

Per la campagna di prospezione proposta, Shell si riserva di fornire le specifiche tecniche definitive una volta individuati e definiti i rapporti con i contraenti, nonché effettuata la scelta delle navi per il rilievo geofisico e di appoggio da utilizzare. Tuttavia è possibile fornire un range dimensionale dei parametri che interesseranno la campagna. Si prevede di utilizzare un numero di cavi da traino compreso tra 1 e 12, di lunghezza tra i 6 e gli 8 km, posizionati ad una profondità tra i 12 e i 50 metri, a cui sono collegati gli idrofoni. L'iniezione di aria compressa avverrà attraverso degli elementi meccanici divisi in gruppi "array" (ca. 5080 cu), ciascuno dei quali opererà in una gamma di frequenze compresa tra 5-200 Hz, posti alla profondità di 8-12 m.

Le attività di prospezione oggetto di questa istanza, determinano la produzione di impulsi (onde elastiche) la cui propagazione nell'acqua risulta estremamente limitata nel tempo. L'occupazione dello specchio d'acqua è quindi un fattore di impatto e durata limitata nel tempo, dal momento che al termine delle operazioni la perturbazione della superficie marina cesserà completamente. Pertanto non si riscontra, al momento, nessuna opera di ripristino necessaria per la tipologia di attività proposta e per l'ambiente in cui verrà eseguita.

➤ **Descrizione delle eventuali operazioni di perforazione**

Solo qualora gli studi svolti nella fase operativa di ricerca confermassero l'esistenza di strutture rocciose idonee ad ospitare accumuli di idrocarburi economicamente sfruttabili cioè la contemporanea presenza del sistema roccia-madre, roccia-serbatoio, roccia di copertura e trappola, Shell procederà alla perforazione di un pozzo esplorativo all'interno dell'area in oggetto la cui profondità finale sarà determinata dalle caratteristiche geologiche riscontrate. Si specifica comunque che l'eventuale fase di perforazione dovrà, in ogni caso, essere sottoposta ad una nuova procedura di VIA.

L'esecuzione di un pozzo con scopi esplorativi ha la finalità di indagare gli obiettivi stratigrafici e/o strutturali messi in evidenza dai rilievi geofisici eseguiti in precedenza per verificare la presenza d'idrocarburi (gas o petrolio), stimarne la qualità e la quantità.

Gli impianti per la perforazione di un pozzo esplorativo in mare sono installazioni che cercano di ricreare le stesse condizioni operativo-ambientali presenti sulla terraferma. In essi, infatti, devono essere presenti, oltre agli alloggi per il personale, gli spazi dove alloggiare anche le attrezzature necessarie alla perforazione.

Qualora per il permesso di istanza di ricerca in oggetto le operazioni di ricerca dovessero avere esiti positivi, per le eventuali operazioni di perforazione verranno effettuate attraverso uno dei seguenti impianti:

- Piattaforma semisommersibile: sono considerate a tutti gli effetti dei natanti, proprio per la loro capacità di galleggiare e navigare abbastanza agevolmente. Questi mezzi sono muniti di eliche, alimentate da motori elettrici. Tali apparecchi sono definiti "thrusters", ossia generatori di spinta, che servono a contrastare le correnti marine e i venti di superficie, i quali porterebbero il mezzo alla deriva. Infatti con i thrusters, il mezzo può operare in posizionamento satellitare dinamico e riuscire a rimanere perfettamente sulla verticale del pozzo, senza l'ausilio di ancore.
- Nave da perforazione: le navi da perforazione possono navigare autonomamente e, come le piattaforme semisommersibili, per mantenere la posizione dello scafo sulla verticale del pozzo utilizzano ancore, cavi e catene oppure il posizionamento satellitare dinamico con propulsori. Nella carena delle navi è ricavata un'apertura attraverso la quale passano le aste e le tubazioni di rivestimento dei pozzi. Essa è ancor oggi il mezzo migliore per perforare pozzi esplorativi in aree remote, lontane dai punti di rifornimento, perché su di essa si può caricare tutto il materiale necessario alla perforazione di un pozzo anche particolarmente impegnativo. Le navi di

perforazione ancorate si possono utilizzare fino a profondità dell'ordine di circa 1000 m, mentre per profondità superiori si utilizzano navi a posizionamento dinamico (posizionamento tramite il sistema satellitare GPS); queste ultime sono oggi capaci di operare in acque profonde anche 3000 metri.

Per quanto concerne le tecniche di perforazione comunemente utilizzate, si elencano di seguito i principali elementi che costituiscono l'impianto per il funzionamento di un pozzo:

- Torre di perforazione (struttura composta da travi in acciaio la cui funzione è di sostenere le pulegge e che contiene la batteria di perforazione);
- Sottostruttura (su cui poggiano argano, tavola rotary e torre);
- Vasche fanghi (per la miscelazione e lo stoccaggio) e pompe fanghi;
- Attrezzatura di perforazione (aste e scalpello);
- Generatori.

La perforazione del pozzo avverrà tramite un sistema rotativo che trasmette il moto di rotazione dalla superficie fino allo scalpello, fissato all'estremità di una batteria di aste tubolari. Gli elementi che producono il moto di rotazione sono:

- Tavola Rotary: piattaforma girevole recante inferiormente una corona dentata, trasmette il moto rotatorio alla batteria e allo scalpello e ha la funzione di tenere sospesi i tubi e le aste durante le manovre;
- Asta motrice: asta tubolare di sezione quadrata o esagonale, appesa alla testa di iniezione, che passa attraverso la tavola rotary trasmettendole la rotazione;
- Batteria d'aste: composta da aste di forma circolare che si distinguono in normali e pesanti (queste ultime vengono montate subito al di sopra dello scalpello in modo da generare un'adeguata spinta sullo stesso);
- Testa di iniezione: permette il pompaggio dei fanghi all'interno della batteria di perforazione mentre è in rotazione.

Per quanto riguarda le attività conclusive, nel caso in cui l'esito del sondaggio risulti positivo e vengano intercettate zone di accumulo di idrocarburi economicamente sfruttabili, si passerà al completamento del pozzo. Questa attività comprende l'insieme delle operazioni necessarie a consentire la messa in produzione del pozzo in condizioni di sicurezza. Per verificare il reale rendimento dei livelli produttivi individuati, successivamente alla perforazione e al completamento del pozzo, verranno effettuate delle prove di erogazione di breve durata. Questi test vengono eseguiti per valutare la portata di erogazione dal pozzo in funzione delle diverse aperture delle valvole di flusso e il tempo di risalita della pressione statica di testa pozzo, al fine di ricavare informazioni sulla capacità del reservoir. Il gas prodotto verrà analizzato dall'impianto di prova e smaltito attraverso la fiaccola. Nel caso le prove di produzione diano esito negativo (e quindi il pozzo risulti sterile o scarsamente produttivo) si procederà alla chiusura mineraria del pozzo. Verranno ripristinate le condizioni idrauliche iniziali al fine di isolare i fluidi di strato in modo da evitare l'inquinamento delle acque superficiali.

Al fine di salvaguardare l'ambiente circostante da tutti quegli eventi incidentali che potrebbero perturbare il suo naturale stato, verranno messe in atto, durante la fase di allestimento della postazione una serie di tecniche di prevenzione dei rischi ambientali attraverso l'utilizzo di elementi che possano ridurre i rischi connessi alle attività di cantiere.

❖ QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE

Le regioni che si affacciano sull'area oggetto di questa istanza, Calabria, Basilicata e Puglia, viste le loro posizioni geografiche, sono generalmente caratterizzate da un clima tipicamente mediterraneo, nonostante taluni settori interni presentino spiccate anomalie.

Il vento dominante sul bacino del Mar Ionio è costituito dai flussi meridionali provenienti dal 3° quadrante; nel periodo invernale è significativo il flusso proveniente da Nord-Ovest e da Nord-Est che ruota a Nord affacciandosi sulla parte settentrionale del Mar Ionio.

Le correnti marine del settore settentrionale del Mar Ionio in cui afferisce l'istanza in oggetto, sono caratterizzate dalla presenza di una circolazione ciclonica (antioraria) secondo la quale la corrente scende lungo le coste pugliesi con direzione S-O verso le coste orientali calabresi e della Sicilia principalmente a partire dai mesi più freddi (Gennaio, Febbraio e Marzo), per poi risalire con direzione N-E nei mesi primaverili-estivi (Maggio, Giugno e Luglio). Questo movimento rotazionale appare più definito nei mesi di Luglio e Settembre.

All'interno dell'area in cui verranno realizzate le attività di prospezione non sono presenti aree vincolate o a qualsiasi titolo protette per scopi di tutela ambientale, come:

- aree marine protette;
- siti di importanza comunitaria (SIC);
- zone di protezione speciale (ZPS);
- aree di ripopolamento;
- aree marine archeologiche.

Per quanto riguarda la flora della provincia oceanica, che è la parte in cui ricade l'area oggetto di istanza, è rappresentata prevalentemente da plancton.

Per ciò che concerne la fauna, si possono trovare molto frequentemente bivalvi, naselli, seppie, pesci spada, scampi, tonni, polpi e sardine. Queste sono solo alcune delle tipologie di fauna presenti, le più note proprio perché di uso quotidiano. Queste specie, assieme a molte altre descritte in dettaglio, vengono pescate con varie tecniche nell'intera area del golfo settentrionale del Mar Ionio.

Per quanto riguarda i periodi riproduttivi delle specie ittiche dei mari italiani, uno studio effettuato dall'Istituto Zooprofilattico Sperimentale dell'Abruzzo e del Molise, ha evidenziato come il periodo di maggiore attività riproduttiva delle specie più commercializzate sia la primavera e specificatamente, il mese di maggio.

Per quanto riguarda la pesca, la cattura media annua nel nord-ovest del Mar Ionio (Crotone, Taranto e Gallipoli) è pari a circa il 3% dell'intera produzione italiana. Nella parte nord-occidentale del Mar Ionio, la pesca avviene dalle acque costiere fino a 700-750 m di profondità. Le più importanti risorse demersali sono rappresentate dalla triglia di fango (*Mullus barbatus*) sulla piattaforma continentale, dal nasello (*Merluccius merluccius*), dal gambero rosa mediterraneo (*Parapenaeus longirostris*) e dall'aragosta norvegese (*Nephrops norvegicus*) in un ampio range batimetrico, e da gamberi rossi di acque profonde (*Aristeus antennatus* e *Aristaeomorpha foliacea*) sul pendio. Gallipoli, Taranto, Crotone e Reggio Calabria sono sede delle attività di pesca più importanti del nord-ovest del Mar Ionio, anche se con una diversa distribuzione dello sforzo di pesca. Le statistiche ufficiali nazionali (IREPA, 2008) riportano a Crotone la percentuale più alta delle grandi navi di stazza lorda, con il 44%, a Reggio Calabria il 21%, mentre una percentuale inferiore di pescherecci da traino opera a Gallipoli (24%) e Taranto (11%).

Il porto commerciale più vicino all'area oggetto di istanza risulta essere quello di Taranto. La rotta principale per raggiungerlo è localizzata nella parte orientale del Golfo ionico, e non si sovrappone all'area oggetto di indagine.

La cetofauna identificata nel settore biogeografico del Mar Ionio, in cui ricade l'area oggetto dell'istanza, annovera esemplari appartenenti a 11 specie, ma solo 6 di queste (*Balaenoptera physalus*, *Physeter catodon*, *Ziphius cavirostris*, *Delphinus delphis*, *Grampus griseus*, e *Tursiops truncatus*) sono considerate presenti, anche se non in modo regolare. L'unica specie presente regolarmente nell'area è la *Stenella coeruleoalba*. L'osservazione di esemplari delle rimanenti 4 specie (*Balaenoptera acuto rostrata*, *Globicephala melas*, *Orcinus Orca* e *Monachus monachus*) è considerata un evento raro ed occasionale, ciò significa che queste specie generalmente non si riproducono in questo mare, ma vi possono stanziare per alcuni periodi.

Le specie di tonno maggiormente presenti nello Ionio settentrionale sono due, il Tonno rosso (*Thunnus Thynnus*) ed il Tonno bianco (*Thunnus alalunga*).

La tartaruga *Caretta caretta* è la tartaruga marina più comune del Mar Mediterraneo e l'unica a riprodursi lungo le coste meridionali italiane. Le aree predilette per la nidificazione sono limitatissime a causa dello sviluppo del turismo costiero e balneare. In Italia, i principali siti di alimentazione e nidificazione di *Caretta caretta* sono stati identificati in Campania e lungo la fascia costiera ionica di Basilicata e Calabria, unitamente al sito di riproduzione presente sull'Isola di Lampedusa. Si ricorda che le attività di rilievo geofisico verranno effettuate a notevole distanza dalla costa, pertanto non ci sarà interferenza con le aree di deposizione delle uova da parte di questa specie marina, il cui habitat è sottocosta.

La biocenosi dell'area marina della parte settentrionale del Mar Ionio appare molto variegata a causa della diversità delle coste che caratterizzano i fondali dell'intera area, dalla Puglia meridionale, alla Basilicata e fino alle coste orientali calabresi. La presenza delle biocenosi risulta strettamente correlata alla profondità del fondale su cui si sviluppano; infatti, essendo organismi foto sintetici sono limitati alla zona fotica, in cui la luce solare è sufficientemente forte da sostenere la fotosintesi. Il limite della zona fotica, per quanto riguarda il Mar Ionio si trova a 200 m di profondità. Un'attenzione particolare è riservata alle praterie di Posidonia oceanica che è stata dichiarata specie protetta, dovuto al suo importante ruolo nell'ecosistema del Mediterraneo. Considerando il fatto che l'area in cui verranno effettuate le attività di rilievo geofisico presenta una profondità minima delle acque di 150 metri, si può escludere qualsiasi tipo di interferenza tra l'attività preposta e la *Posidonia Oceanica*, le cui praterie si trovano tra la superficie ed i 40 metri di profondità.

❖ IMPATTI POTENZIALI

L'attività in oggetto determina la produzione di impulsi (onde elastiche) la cui propagazione nell'acqua risulta estremamente limitata nel tempo. Si tratta in ogni caso di effetti di breve durata e che non arrecano impatti negativi permanenti. Infatti gli eventuali impatti termineranno al cessare delle attività.

Considerando i potenziali impatti che le emissioni sonore prodotte durante le prospezioni geosismiche possono provocare sulla fauna marina, e tenendo conto che i cetacei utilizzando per le loro comunicazioni suoni a bassa frequenza percepiscono maggiormente la propagazione dei suoni prodotti dagli *airgun*, potrebbero quindi essere la categoria più esposta a rischi. Al fine di valutare l'impatto ambientale dell'attività proposta, è stato elaborato un modello matematico in grado di determinare la distanza entro la quale si raggiunge il livello di esposizione massimo consigliato dal National Marine Fishery Service. Il modello di propagazione del segnale acustico evidenzia come il segnale perda rapidamente di intensità mano a mano che ci si allontani dalla sorgente, maggiormente lungo la direzione ortogonale alla linea di navigazione, per effetto del movimento della nave. Il livello di pressione acustica è pari a 165 dB re 1mPa a circa 450 metri dall'*array* nella direzione ortogonale, e a circa 500 metri nella direzione parallela. Pertanto il valore del livello di esposizione per i cetacei proposto dal National Marine Fishery Service, di 180 dB rif. 1uP/Hz @ 1m, non viene superato in un raggio superiore a 500 metri dal centro dell'*array*.

Per quanto riguarda il rischio sismico, si ricorda le operazioni in progetto non produrranno alcun tipo di movimento tellurico.

Durante la fase gestionale dell'indagine geofisica, condotta utilizzando come fonte di energizzazione l'*airgun*, è previsto l'utilizzo di strumentazione posta ad una profondità massima di 50 metri dalla superficie del mare. Questa fase non prevede interazione con il fondo marino e non determina nessuna interazione con l'assetto geologico strutturale del sottosuolo e con le caratteristiche chimico-fisiche dei sedimenti marini. Inoltre, durante lo svolgimento dell'attività non è prevista l'estrazione di nessun tipo di materiale, sia esso liquido, solido o gassoso, ciò determina l'assenza di interazioni in grado di generare fenomeni di subsidenza nel sottofondo marino dell'area oggetto di istanza o delle zone limitrofe.

Durante lo svolgimento della campagna di acquisizione geofisica, che avverrà a notevole distanza dalla costa, non si produrranno emissioni di radiazioni ionizzanti e/o non ionizzanti, pertanto non si prevede

alcun rischio per la popolazione costiera, la quale non sarà esposta ad alcun tipo di interferenza in grado di determinare effetti sulla salute pubblica.

L'impatto sull'ambiente idrico marino è da considerarsi pressoché nullo, in quanto l'attività in progetto non prevede l'approvvigionamento idrico e non sono previsti scarichi né di acqua, né di reflui legati all'attività di acquisizione geofisica.

L'attività prevista non prevede la produzione di rifiuti. Per quanto riguarda il trattamento dei rifiuti prodotti dalla nave, si farà riferimento a quanto disposto dalla Convenzione MARPOL 73/78 (MARitime POLLution) che detta le linee guida sulla prevenzione dell'inquinamento provocato da navi ed i relativi annessi.

Per quanto riguarda gli impatti in atmosfera si ritiene che le attività oggetto del presente studio, possano provocare impatti trascurabili sulla qualità dell'aria, considerato che non vi sono punti emissivi fissi e che l'unico impatto in atmosfera può derivare dalle emissioni prodotte dalla nave per l'acquisizione dei dati e dalla nave di appoggio, assimilabili alle emissioni dei pescherecci che transitano abitualmente nella zona. La gestione degli impianti a bordo che determinano i gas di scarico sarà effettuata in conformità alla normativa vigente e con l'Annesso VI della Convenzione MARPOL. A bordo della nave per l'acquisizione dei dati e di quella di appoggio, saranno quindi regolarmente controllati i fumi di scarico per l'efficienza dei sistemi di combustione ed acquisite le necessarie certificazioni di conformità alle emissioni di inquinanti atmosferici. Si ricorda che l'attività di acquisizione dei dati avrà una durata di circa 6 settimane, pertanto gli impatti generati da emissioni in atmosfera sono di carattere temporaneo, strettamente legato alla durata delle operazioni ed alla posizione della nave.

L'occupazione dello specchio d'acqua è un fattore di impatto e durata limitata nel tempo dal momento che al termine delle operazioni si provvederà al recupero dell'area indagata ed alla restituzione dell'originaria destinazione d'uso, rimuovendo tutte le attrezzature al termine della sessione di indagine. Inoltre, l'impatto potenziale durante la fase di acquisizione è estremamente ridotto, dato che le attrezzature presentano modeste dimensioni, salvo la nave che comunque è assimilabile al traffico marittimo di pescherecci e traghetti presente nell'area.

Durante le attività di prospezione geofisica, in base alle norme di sicurezza sulla navigazione, sarà interdetta la navigazione lungo le rotte che verranno comunicate alle competenti Autorità marittime. L'interferenza che si potrebbe generare tra l'attività proposta ed il traffico marittimo presente nel Golfo Ionico, è comunque di carattere temporaneo e trascurabile, considerando il fatto che la sicurezza della navigazione è garantita da opportuni regolamenti nel Codice della Navigazione. Infatti, le attività di prospezioni geofisiche e le ricerche scientifiche in genere, sono comunicati periodicamente con diversi sistemi dall'Istituto Idrografico della Marina, e pubblicati sul Fascicolo Avvisi ai Naviganti, che ha lo scopo di far conoscere agli utenti tutte le notizie, sia di carattere temporaneo che definitivo, interessanti la sicurezza della navigazione.

Per l'analisi e la stima, qualitativa e quantitativa, delle alterazioni e/o modificazioni di una singola componente ambientale o dell'ambiente nel suo complesso che gli interventi previsti possono provocare attraverso i vari fattori di perturbazione, si è deciso di utilizzare una metodologia in grado fornire una valutazione il più oggettiva possibile delle implicazioni del progetto, rappresentata dalla matrice ambientale di Leopold.

La matrice ambientale di Leopold compilata per l'area oggetto di studio indica che gli impatti che si verificheranno sono estremamente bassi e del tutto reversibili. Infatti, essi riguardano soprattutto la fauna marina presente, che tende ad allontanarsi dalla fonte del disturbo durante l'azione di energizzazione, ma che ritorna alla condizione originaria al termine di questa fase. Non si conoscono variazioni sulla fauna marina determinate dall'attività in oggetto sul tipo di alimentazione, le modalità con cui viene effettuata e la riproduzione e deposizione delle uova. Analizzando in dettaglio la matrice si può evincere che:

- Lo stendimento e la rimozione dei cavi e degli idrofoni non prevede interazione con il fondo marino in quanto i cavi e gli idrofoni saranno posti ad una profondità massima di 50 metri dalla superficie, mentre interazioni con la fauna sono possibili ma comunque a impatto basso e limitate nel tempo. L'unico disturbo è infatti legato alla presenza di questi cavi che rappresentano oggetti estranei all'ambiente ma che stazioneranno per un periodo molto breve nella zona oggetto di indagine.

L'unico fattore di rischio per la fauna marina, documentato dalla società inglese Ketos Ecology, è quello legato al possibile intrappolamento di tartarughe marine nella boa di coda, posizionata alla fine del cavo per l'acquisizione dei dati. Si sottolinea inoltre che alla fine della campagna di rilevamento ogni elemento appartenente a questa attrezzatura operativa verrà rimosso dall'ambiente marino.

- L'attività di energizzazione rappresenta una perturbazione acustica che porterà ad un'interazione temporanea con l'ambiente. Infatti le frequenze utilizzate saranno intorno a 100 Hz, valori che non influiscono permanentemente sulla fauna presente.

Per quanto riguarda la fauna ittica, ed in particolare i pesci adulti, diversi studi concordano sul fatto che le reazioni sono diverse per le diverse specie e per contesti ambientali diversi, ma in generale l'*airgun* non ha effetti nocivi sul comportamento abituale (alimentazione, testimoniata dalla mancata variazione del contenuto dello stomaco, e riproduzione) e sulla salute della fauna ittica composta da esemplari adulti. L'unico rischio potenziale quindi, risulta essere quello legato all'allontanamento dalle aree di deposizione delle uova durante il periodo della riproduzione.

Per quanto riguarda uova, larve e pesci allo stadio giovanile alcuni dati disponibili in letteratura sembrano indicare che la mortalità di uova e larve di pesci si verifichi solo quando queste ultime si trovano a brevi distanze dalla sorgente energizzante.

I mammiferi marini, risultano essere il soggetto più sensibile ad un potenziale rischio acustico in ambiente marino. La categoria più esposta a rischi potrebbe essere quella dei cetacei che utilizzano per le loro comunicazioni suoni a bassa frequenza, in quanto percepiscono maggiormente la propagazione dei suoni prodotti dagli *airgun*. Disturbi più evidenti sono relativi anche in questo caso allo spavento causato dall'energizzazione che induce gli animali ad allontanarsi dalle zone interessate dalle indagini. Inoltre può esserci una momentanea interferenza con le frequenze che questi usano per le comunicazioni fra i vari membri del branco. Verranno attuate opportune misure di mitigazione (tra cui il cosiddetto soft start) per tutelare i mammiferi marini eventualmente presenti nelle vicinanze dell'area oggetto di indagine, oltre alla presenza di un incaricato all'avvistamento a bordo della nave che avrà il compito di monitorare costantemente il mare in modo da poter bloccare le energizzazioni in caso di avvistamento di cetacei all'interno della zona di esclusione.

Per quanto riguarda le tartarughe marine non sono presenti sufficienti studi per poter delineare un quadro generale esaustivo. I risultati di monitoraggi effettuati durante prospezioni geofisiche hanno evidenziato risultati contrastanti. Ciò nonostante diversi autori riportano un numero maggiore di avvistamenti di tartarughe marine nei periodi in cui non sono previste attività di prospezione geofisica.

Relativamente all'interazione con le attività di pesca, durante l'attività di energizzazione, in base alle norme di sicurezza sulla navigazione, le navi e le imbarcazioni di qualsiasi genere non impegnate nelle prospezioni dovranno mantenersi ad una distanza di sicurezza dall'unità che effettua i rilievi. Si ricorda, comunque, che le azioni previste dal progetto avranno carattere limitato nel tempo, che risultano reversibili al cessare delle attività di acquisizione dei dati e che verranno impiegate tutte le tecniche al fine della prevenzione dei rischi.

Infine, per quanto riguarda la flora, gli impatti sono pressoché nulli.

- Movimento della nave a scopo posizionamento dei cavi. In questa fase il disturbo che si verrà a creare sarà relativo soprattutto alla presenza della nave stessa e al rumore provocato dai motori che la alimentano. In generale la fauna presente tende ad allontanarsi salvo ritornare nell'area una volta che il disturbo creato dalla presenza della nave sia svanito. Quindi si tratta di un impatto temporaneo e assolutamente reversibile. Come per il resto del traffico marittimo esiste anche il rischio di collisione con mammiferi marini, ed in particolare il Capodoglio e la Balenottera comune. Infatti, l'esigenza di emergere per respirare e l'enorme mole di questi mammiferi marini, che ne rallenta i tempi di reazione ed i movimenti, rendono queste due specie più soggette alle collisioni con le navi. Al fine di minimizzare questo rischio sarà sempre presente un osservatore a bordo che

controlli di non avere Cetacei in rotta di collisione e che possa avvertire tempestivamente il capitano per effettuare le opportune manovre per evitare l'animale.

- Navi appoggio: l'impatto sarà limitato al rumore dei motori e alla presenza della nave stessa e sarà quindi assolutamente reversibile, in quanto una volta terminata l'acquisizione l'area verrà sgomberata da tutte le attrezzature e restituita allo scopo originario.

Per identificare e valutare eventuali impatti che potrebbero incidere anche parzialmente e/o indirettamente su aree protette SIC/ZPS, sono state compilate le matrici ambientali relative agli habitat protetti presenti nei siti di importanza comunitaria (SIC) "Fondali Crosio-Pietrapaola-Cariati" e "Secca di Amendolara", più vicini all'area in istanza. L'unico habitat di riferimento è il 1120, corrispondente alle Praterie di Posidonia (*Posidonium oceanicae*). Come si può evincere dalla matrice ambientale applicata all'habitat, gli impatti derivanti dalle azioni previste sono estremamente bassi. Questo è dovuto al fatto che l'unica azione del progetto che interessa tale area è quella legata alla fase di energizzazione; infatti le attività di stendimento e rimozioni di cavi e geofoni, di posizionamento della nave per i rilevamenti geofisici e quelle relative alla nave di appoggio, svolgendosi a notevole distanza, non influenzeranno minimamente tale area SIC, se non per la componente visuale, relativamente alla percezione del paesaggio. Per quanto riguarda la colonna relativa all'azione di energizzazione, i valori rimangono comunque decisamente bassi, vista la distanza dalla fonte, la scarsa probabilità di interazione tra le azioni previste e la flora e la fauna presenti, e considerando il carattere di ridotta durata e di completa reversibilità delle azioni.

Gli eventuali impatti cumulativi derivanti da attività simili sono stati valutati analizzando i titoli minerari nelle zone limitrofe all'area oggetto di studio. Tutti i blocchi circostanti sono ancora nella fase di istanza, pertanto lo svolgimento di qualsiasi attività nelle predette aree rimane subordinato all'ottenimento del permesso di ricerca emanato con decreto da parte del Ministero dello Sviluppo Economico, che ne assegna la titolarità alla compagnia proponente. Si precisa che l'attività di rilievo geofisico proposta da Shell non verrà effettuata in concomitanza con altre attività dello stesso tipo, evitando la contemporanea presenza di attività di indagini geofisiche in aree limitrofe con lo scopo di limitare e/o evitare qualsiasi interferenza o sovrapposizione. Inoltre, è opportuno sottolineare che le diverse energizzazioni creerebbero problemi alla propagazione del segnale acustico, generando delle interferenze tra i segnali e rendendo di fatto il rilievo non attendibile. Pertanto, sarà cura del proponente, in seguito alla implementazione del Decreto Ministeriale, prendere contatti con le amministrazioni locali per fornire, settimanalmente, il cronoprogramma delle operazioni ed informarsi sull'eventuale presenza di attività di rilievo geosismico nelle aree sopra descritte. Per quanto riguarda l'impatto cumulativo che potrebbe verificarsi con altri tipi di attività antropiche che generano rumore come, ad esempio, traffico navale, ricerca scientifica, pesca o piattaforme di estrazione petrolifera, risulta di difficile valutazione in quanto ancora poco compreso. Ciò nonostante si ritiene che il limite spaziale e temporale delle suddette attività sia tale da rendere trascurabile la comparsa di eventuali effetti cumulativi.

Per ridurre il possibile impatto con le attività di pesca presenti nell'area, le operazioni di acquisizione verranno effettuate suddividendo l'area indagata in zone, analizzate in successione, previa comunicazione dell'occupazione di una determinata zona alle Capitanerie di Porto aventi giurisdizione sulla zona oggetto di indagine. In questo modo si riduce notevolmente la superficie dello specchio d'acqua occupata. Inoltre, onde evitare eventuali interferenze con le attività di riproduzione delle specie ittiche di interesse commerciale, le attività di rilievo geosismico verranno effettuate al di fuori di tali periodi.

❖ MITIGAZIONI

Con lo scopo di ridurre al minimo gli impatti derivanti dall'attività di prospezione geofisica sull'ambiente nel suo complesso, verranno adottate opportune misure di mitigazione per la tutela dei cetacei e delle tartarughe marine e per ridurre l'interferenza con le attività di pesca. Per quanto riguarda la tutela della fauna marina nel suo complesso, Shell si impegna ad effettuare la prospezione geosismica al di fuori dei periodi riproduttivi delle principali specie ittiche, in modo da ridurre al minimo e/o evitare qualsiasi eventuale interferenza tra l'attività proposta e le attività di riproduzione delle principali specie ittiche, le quali risultano concentrate nel periodo primaverile, con un picco massimo nel mese di Maggio. A livello

nazionale ed internazionale sono state sviluppate diverse linee guida o raccomandazioni sulle possibili misure di mitigazione da adottare nel corso di attività che introducono rumore in ambiente marino. Essendo l'aspetto ambientale maggiormente sensibile alle operazioni di prospezione geosismica proposte rappresentato dai mammiferi marini eventualmente presenti nelle vicinanze delle operazioni, al fine di ridurre al minimo le interferenze dell'attività proposta, sono state analizzate le linee guida maggiormente riconosciute a livello internazionale.

➤ **Mitigazioni a tutela dei cetacei**

Per la mitigazione degli impatti sui mammiferi marini eventualmente presenti nell'area in esame, verranno adottate le seguenti misure di mitigazione:

- Prima dell'inizio dell'acquisizione si attenderà un periodo di tempo di 30 minuti nei quali verrà effettuato un monitoraggio visivo da parte di un osservatore qualificato MMO (Marine Mammals Observer) a bordo della nave, che provvederà ad accertare l'assenza di cetacei e mammiferi marini nella zona di esclusione, ossia in un raggio di 500 m dal centro dell'*array* di *airgun*. In acque profonde la ricerca sarà estesa a 60 minuti in quanto potrebbero essere presenti specie, quali gli zifidi e il capodoglio, note per compiere immersioni profonde e prolungate. In caso di avvistamento di individui appartenenti alla famiglia degli Zifidi il tempo di osservazione sarà aumentato a 120 minuti.
- Implementazione *soft start*: l'adozione di questa particolare strumentazione tecnica consente di raggiungere gradualmente l'intensità di lavoro necessaria agli *airgun*, in modo da arrivare alla frequenza e intensità operative stabilite solo dopo aver effettuato un incremento del livello acustico del segnale in un intervallo di tempo di circa venti minuti.
- Presenza di osservatori a bordo, addetti all'avvistamento di cetacei, mammiferi e altre specie marine sensibili. Le attività di avvistamento di mammiferi marini e cetacei verranno eseguite solo da personale qualificato MMO (*Marine Mammals Observer*) in grado di riconoscere le specie sensibili e soprattutto appartenenti ad enti accreditati per quanto concerne l'argomento. Inoltre, in caso di scarsa visibilità o acquisizioni notturne, sarà valutato il possibile utilizzo del protocollo PAM (*Passive Acoustic Monitoring*) con il quale si provvederà ad una ricerca acustica oltre che visiva di eventuali esemplari di mammiferi nell'area indagata.
- In caso gli addetti all'avvistamento accertino la presenza di cetacei o mammiferi marini sensibili, l'attività verrà bloccata e posticipata fino a venti minuti dall'allontanamento degli animali (ultimo avvistamento). A seguito di ogni avvistamento gli addetti saranno tenuti a compilare un rapporto (*report post-survey*) che rimarrà a disposizione degli organismi competenti, quali il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, l'ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale) e l'ICRAM (Istituto Centrale per la Ricerca Scientifica e Tecnologica Applicata al Mare).

➤ **Mitigazioni atte ad evitare l'intrappolamento di tartarughe**

Come misura di mitigazione ambientale attuata al fine di evitare l'intrappolamento accidentale di tartarughe marine nelle apparecchiature di rilievo geofisico, in particolare nelle eliche poste sulle boe di coda degli streamer, verranno utilizzati dei dispositivi metallici da applicare all'elica presente sulla struttura della boa di coda dei cavi, recependo le direttive presentate nello studio "*Reducing the fatal entrapment of marine turtles in towed seismic survey equipment*" condotto dalla società inglese Ketos Ecology.

➤ **Mitigazioni delle interferenze con attività di pesca**

Per le operazioni di prospezione geosismica oggetto di questo studio ambientale, sono previste due tipologie di mitigazione degli impatti sull'attività di pesca. La prima riguarda i contatti che verranno presi con i pescatori al fine di implementare la comunicazione e ridurre gli impatti tra la campagna di acquisizione dei dati e le attività di pesca. La seconda tipologia di mitigazione si avvale della suddivisione dell'area da indagare secondo una griglia composta da maglie; l'acquisizione dei dati risulta sistematica e l'occupazione dello specchio d'acqua si riduce notevolmente, considerando il fatto che si occupa una sola zona per volta, coincidente ad una maglia della griglia. Inoltre, onde evitare eventuali interferenze con le

attività di riproduzione delle specie ittiche di interesse commerciale, le attività verranno effettuate al di fuori dei periodi riproduttivi delle principali specie, corrispondenti al periodo primaverile.

8 BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

- AGIP, 1997 – Temperature sotterranee. F.lli Brugora, Segrate, 1390 pp.
- Alvarez W., 1976 – A former continuation of the Alps. *Bull. Geol. Soc. Am.*, 87: 891-896.
- Amodio Morelli L., Bonardi G., Colonna V., Dietrich D., Giunta G., Ippolito F., Liguori V., Lorenzoni S., Paglionico A., Perrone V., Piccarreta G., Russo M., Scandone P., Zanettin-Lorenzoni E. & Zuppetta A., 1976 – L'Arco Calabro-peloritano nell'orogene appenninico-maghrebide. *Mem. Soc. Geol. It.*, 17: 1-60.
- André P. and Doucet S., 1991 - Rospo mare field – Italy, Adriatic Sea, *Stratigraphic Traps II*, AAPG Treatise Petrol, Atlas Oil Gas Fields, 29-54.
- Balduzzi A., Casnedi R., Crescenti U., Tonna M., 1982 - Il Plio-Pleistocene del sottosuolo del bacino lucano (Avanfossa Appenninica). *Geologica Romana*, 21, 89-111.
- Barbanti R. e Poulain P.M., 2007 “Misure di temperatura e salinità nel Mar Mediterraneo mediante profilatori lagrangiani (2000-2006)” - ISTITUTO NAZIONALE di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale - Rel. 2007/21-OGA 6 SIRE.
- Ben-Avraham Z., Boccaletti M., Cello G., Grasso M., Lentini F., Torelli L. & Tortorici L. (1990) - Principali domini strutturali originatisi dalla collisione continentale neogenico-quadernaria nel Mediterraneo centrale. *Mem. Soc. Geol. It.*, 45: 453-462.
- Ben Avraham Z. & Nur A., 1982 – The emplacement of ophiolites by Collision. *J. Geoph. Res.*, 87: 3861-67.
- Bonardi G., Amore F.O., Ciampo G., Miconnet P. & Perrone V., 1988 – Il Complesso Liguride Auct.: stato delle conoscenze e problemi aperti sulla sua evoluzione pre-appenninica ed i suoi rapporti con l'Arco Calabro. *Mem. Soc. Geol. It.*, 41: 17-35.
- Boullin J.P., 1984 – Nouvelle interpretation de la liason Apennin-Maghrebides en Calabre: consequences sur la palaéogéographie téthysienne entre Gibraltar et les Alpes. *Rev. Géol. Dyn. Géol. Phys.*, 25: 321-338.
- Bousquet J.C., 1962 – Age de la série des diabases-porphyrites (roches vertes du flysch calabro lucanien, Italie méridionale). *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 7: 712-718.
- Bousquet J.C., 1973 – La tectonique récente de l'Apennin calabro-lucanien dans cadre géologique et géophysique. *Geol. Romana*, 12: 1-103.
- Brichetti P. & Fracasso G., 2007 – Ornitologia Italiana 4. Apodidae-Prunellidae. Oasi Alberto Perdisa Editore, Bologna: 442 pp.
- Carannante G., Esteban M., Milliman J., Simone L. (1988) - Carbonate facies as paleolatitude indicators: problems and limitations. *Sediment. Geol.*, 60, 333-346.
- Catalano S., Monaco C., Tortorici L., Paltrinieri W. & Steel N., 2004 – Neogene-Quaternary tectonic evolution of the Southern Apennines. *Tectonics*, 23: TC2003, doi: 10.1029/2003TC001512.
- Cello G., Guerra I. & Tortorici L. 1982 – Geometry of the neotectonics stress field in southern Italy: geological and seismological evidences. *J. Struct. Geol.*, 4: 385-393.
- Cello G., Invernizzi C. & Mazzoli S., 1996 – Structural signature of tectonic processes in the Calabrian Arc, southern Italy: evidence from the oceanic-derived Diamante-Terranova unit. *Tectonics*, 15 (1): 187-200.
- Cello G., Tortorici L., Martini N. & Paltrinieri W., 1989 – Structural styles in the frontal zones of the Southern Apennines, Italy: an example from the Molise district. *Tectonics*, 8: 753-768.
- Channel J.E.T., D'Argenio B. & Horvath F., 1979 – Adria, the African Promotory in Mediterranean Paleogeography. *Earth Sciences Review*, 15: 213-292.

- Ciaranfi N., D'Alessandro A., Girone A., Maiorano P., Marino M., Soldani D. & Stefanelli S., 2001 - Pleistocene sections in the Montalbano Jonico area and the potential GSSP for Early - Middle Pleistocene in the Lucania Basin (Southern Italy). *Memorie di Scienze Geologiche*, 53, 67-83.
- Ciaranfi N., Marino M., Sabato L., D'Alessandro A., De Rosa R., 1996 - Studio geologico stratigrafico di una successione infra e mesopleistocenica nella parte sudoccidentale della Fossa Bradanica (Montalbano Jonico, Basilicata). *Boll. Soc. Geol. It.*, 115, 379-391.
- Cramp S. and C. M. Perrins, 1994. *Handbook of the Birds of Europe, the Middle East and North Africa. The Birds of the Western Palearctic*, vol. VIII. Crows to Finches. Oxford University Press, Oxford.
- Cramp S. and C. M. Perrins, 1994. *Handbook of the Birds of Europe, the Middle East and North Africa. The Birds of the Western Palearctic*, vol. IX. Buntings and New World Warblers. Oxford University Press, Oxford.
- Critelli S., 1991 – Evoluzione delle mode detritiche delle successioni arenitiche terziarie dell'Appennino meridionale. *Mem. Soc. Geol. It.*, 47: 55-93.
- Critelli S., 1993 – Sandstone detrital modes in the Paleogene Liguride Complex, accretionary wedge of the southern Apennines (Italy). *J. Sedimentary Petrology*, 63: 464-476.
- Critelli S. & Le Pera E., 1995 – Tectonic evolution of the southern Apennines thrust-belt (Italy) as reflected in modal compositions of Cenozoic sandstone. *The J. of Geology*, 103: 95-105.
- Critelli S. & Monaco C., 1993 – Depositi vulcanoclastici nell'Unità del Flysch calabro-lucano (Complesso Liguride, Appennino Meridionale). *Boll. Soc. Geol. It.*, 112: 121-132.
- Dalen J., Ona E., Soldal A. V., Sætre R., 1996 - Seismic investigations at sea; an evaluation of consequences for fish and fisheries. Institute of Marine Research, *Fisken og Havet*, 9: 26 pp. (In Norwegian; English summary).
- Dewey J.F., Helman M.L., Turco E., Hutton D.H.W. & Knott S.D., 1989 – Kinematics of the western Mediterranean. In: M.P. Coward, D. Dietrich & R.G. Park (Ed.), "Alpine Tectonics", Geological Society London Special publication, 45: 265-283.
- Dickinson W.R. & Seely D.R., 1979 – Structure and stratigraphy of fore-arc regions. *Am. Ass. Petr. Geol. Bull.*, 63: 2-31.
- Dietrich D. & Scandone P., 1972 – The position of the basic and ultrabasic rocks in the tectonic units of the Southern Apennines. *Atti Accad. Pontaniana, Napoli*, 21: 61-75.
- Doulcet A., Cazzola C. and Marinelli S., 1990 - Il campo di Rospo Mare: un esempio di paleokarst petrolifero, *Mem. Soc. Geol. It.*, 45, 783-789.
- Esteban M., Klappa C.F., 1983 - Subaerial exposure environment. In: Scholle, P.A., Bebout, D.G., Moore, C.H. (Eds.), *Carbonate Depositional Environments*. *Mem. Am. Assoc. Pet. Geol.* 33, 1-54.
- Finetti I., Lentini F., Carbone S., Catalano S., Del Ben A., 1996 - Il Sistema Appennino Meridionale - Arco Calabro - Sicilia nel Mediterraneo Centrale: Studio Geologico Geofisico. *Boll. Soc. Geol. It.*, 115, 529-559.
- Gambini R., Tozzi M., 1996 - Tertiary geodynamic evolution of the Southern Adria microplate. *Terra Nova*, 8, 593-602.
- Ghisetti F. & Vezzani L., 1983 – Structural Map of Mt. Pollino (Southern Italy). Scala 1:50.000, S.EL.CA., Firenze. Note illustrative sul retro.
- Guerrera F., Martin-Algarra A. & Perrone V., 1993 – Late Oligocene-Miocene syn-/late-orogenic succession in Western and Central Mediterranean Chains from the Betic Cordillera to the Southern Apennines. *Terra Nova*, 5: 525-544.
- Haccard D., Lorenz C. & Grandjaquet C., 1972 – Essai sur l'évolution tectogénétique de la liaison Alpes-Appennines (de la Ligurie à la Calabre). *Mem. Soc. Geol. It.*, 11: 309-381.

- Hassel A., Knutsen T., Dalen J., Løkkeborg S., Skaar K., Østensen Ø., Haugland E. K., Fonn M., Høines Å., Misund O. A., 2003 - Institute of Marine Research, Fisker og Havet. Vol.4. 2003. Reaction of sandeel to seismic shooting: a field experiment and fishery statistics study. 63 pp.
- Hippolyte J.C., Angelier J. & Roure F., 1994b – A major geodynamic change revealed by Quaternary stress patterns in the Southern Apennines (Italy). *Tectonophysics*, 230: 199-210.
- Hippolyte J.C., Angelier J., Roure F. & Casero P. 1994a – Piggyback basin development and thrust belt evolution: structural and paleostress analyses of the Plio-Quaternary basins in the Southern Apennines. *J. Struct. Geol.*, 16: 159-173.
- Hsu K.J., 1968 – Principles of melanges and their bearing on the Franciscan-Knoxville paradox. *Bull. Geol. Soc. Amer.*, 79, 1063-1074.
- Knott S.D., 1987 – The Liguride Complex of Southern Italy – a Cretaceous to Paleogene accretionary wedge. *Tectonophysics*, 142: 217-226.
- Knott S.D., 1994 – Structure, kinematics and metamorphism in the Liguride Complex, southern Apennines, Italy. *J. Struct. Geol.*, 16: 1120-1207.
- Lanzafame G., Spadea P. & Tortorici L., 1978 – Provenienza ed evoluzione dei Flysch cretacico-eocenici della regione calabro-lucana. II: relazioni tra ofioliti e Flysch calabro-lucano. *Ofioliti*, 3: 189-210.
- Lanzafame G., Spadea P. & Tortorici L., 1979a – Mesozoic ophiolites of Northern Calabria and Lucanian Apennine (Southern Italy). *Ofioliti*, 4: 173-182.
- Lanzafame G., Spadea P. & Tortorici L., 1979b – Relazioni stratigrafiche tra ofioliti e Formazione del Frido nella Calabria settentrionale e nell'Appennino Lucano. *Ofioliti*, 4: 313-330.
- Lentini F., Carbone S., Catalano S., Grasso M., 1995: Principali lineamenti strutturali della Sicilia nord-orientale. *Studi Geol. Camerti, Volume Speciale (1995/2)*, 319-329.
- Lentini F., Catalano S., Carbone S., 1996 - The external thrust system in Southern Italy: a target for petroleum exploration, *Petroleum Geoscience* 2, 333-342.
- Lentini F., Carbone S., Di Stefano A., Guarnieri P., 2002 - Stratigraphical and structural constraints in the Lucanian Apennines (southern Italy): tools for reconstructing the geological evolution, *Journal of Geodynamics* 34, 141-158.
- Maiorano P., Sion L., Carlucci R., Capezzuto F., Giove A., Costantino G., Panza M., D'Onghia G., Tursi A., 2010 – The Demersal faunal assemblage of the north-western Ionian Sea (central Mediterranean): current knowledge and perspectives. *Chemistry and Ecology*, Vol. 26, 219-240.
- Marcucci M., Conti M. & Spadea P., (1987) – Radiolarian association in cherts from Timpa delle Murge (Lucanian Apennine, Italy). *Ofioliti*, 12: 411-414.
- Marquez M.R., 1990. *FAO Species Catalogue*. Vol. 11: Sea turtles of the world. An annotated and illustrated catalogue of sea turtle species known to date. *FAO Fisheries Synopsis*. No. 125, 11. Rome, FAO: 81 pp.
- Merlini S., Cantarella G., Doglioni C., 2000. On the seismic profile Crop M5 in the Ionian Sea, *Bollettino della Società Geologica Italiana* 119, 227-236.
- Monaco C., Tansi C., Tortorici L., De Francesco A.M. & Morten L., 1991 – Analisi geologico strutturale dell'Unità del Frido al Confine calabro-lucano (Appennino meridionale). *Mem. Soc. Geol. It.*, 47: 341-353.
- Monaco C. & Tortorici L., 1994 – Evoluzione geologico-strutturale dell'Appennino calabro-lucano. In: F. Ghisetti, C. Monaco, L. Vezzani, "Strutture ed evoluzione del settore del Pollino (Appennino calabro-lucano)", Guida all'Escursione, Gruppo Italiano Geologia Strutturale: 8-50.
- Monaco C., Tortorici L. & Paltrinieri W., 1998 – Structural evolution of the Lucanian Apennines, southern Italy. *J. Struct. Geol.*, 20: 617-638.

- Moore D. G., 1967 – Reflection Profiling studies of the California Continental Borderland: Structure and Quaternary turbidites Basins. Geol. Soc. of Am., Special paper 107, pp. 77-92, Boulder, Colorado.
- Mostardini F. & Merlini S., 1986 – Appennino centro-meridionale. Sezioni geologiche e proposta di modello strutturale. Mem. Soc. Geol. It., 35: 177-202.
- Nicolai C., Gambini R., 2007, Structural architecture of the Adria platform-and-basin system. Boll. Soc. Geol. It., Spec. Volume No. 7, pp. 21-37.
- Notarbartolo Di Sciara G. & Demma M., 1997. Guida dei mammiferi marini nel Mediterraneo. 2 nd ed. Franco Muzzio ed., Padova: 227 pp.
- Ogniben L., 1969 – *Schema introduttivo alla geologia del confine calabro-lucano*. Mem. Soc. Geol. Ital., 8, 453-763.
- Ogniben L., 1973 – Schema geologico della Calabria in base ai dati odierni. Geol. Romana, 12: 243-585.
- Pacchiarotti E., 1984 – Attività di ricerca di idrocarburi nei mari italiani. Soc. Geol. It., pp. 287-301.
- Panza G., Raykova R.B., Carminati E., Doglioni C., 2007 - Upper mantle flow in the western Mediterranean. Earth and Planetary Science Letters 257, 200-214.
- Parotto M., Cavinato G. P., Di Luzio E., Miccadei E., Patacca E., Scandone P., Bigi S. and Nicolich R.; 2004: Geological interpretation of the CROP 11 seismic line between the Adriatic coast and the Tiber Valley. In: ITALIA 2004 - 32nd International Geological Congress, Florence (Italy), Abstracts volume, pp. 228.
- Patacca E. & P. Scandone (1989). Post-Tortonian mountain building in the Apennines. The role of the passive sinking of a relic lithospheric *slab*. In "The lithosphere in Italy", Boriani *et al.* (eds.). Accademia Nazionale dei Lincei, Roma, 80, 157-176.
- Patacca E., Scandone P., 2001 - Late thrust propagation and sedimentary response in the thrust-belt-foredeep system of the southern Apennines (Pliocene-Pleistocene) . In: Vai, G.B., Martini, I.P. (Eds.), Anatomy of an Orogen: the Apennines and Adjacent Mediterranean Basins, 401-440.
- Relazione tecnico-scientifica sulla Rete Natura 2000 mare in Italia - MATTM-DPN, Società Italiana di Biologia Marina, 2009.
- Ricchetti G., Ciaranfi N., Luperto Sinni E., Monelli F., Pieri P., 1988 - Geodinamica ed evoluzione sedimentaria e tettonica dell'avampaese apulo. Memorie della Società Geologica Italiana 41, 57-82.
- Rossi S. & Gabbianelli G., 1978 – Geomorfologia del Golfo di Taranto. Boll. Soc. Geol. It., 97, 423-437, 13 ff. 1 tab., 3 tavv.
- Santulli A., Modica A., Messina C., Ceffa L., Curatolo A., Rivas G., Fabi G. & D'Amelio V., 1999 - Biochemical responses of European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) to the stress induced by off shore experimental seismic prospecting. Mar. Pollut. Bull., 38:1105-1114.
- Scandone P., 1967, Studi di geologia lucana: la serie Calcareo-Silico-Marnosa e i suoi rapporti con l'Appennino calcareo - Boll. Soc. Naturalisti in Napoli 76; 301-474.
- Scandone P., 1972 - Studi di geologia lucana: la carta dei terreni della serie calcareo-silico-marnosa e note illustrative. Bollettino Società Naturalisti Napoli 81, 225-300.
- Scandone P., 1979 – Origin of the Tirrenian Sea and Calabrian Arc. Boll. Soc. Geol. It., 98: 27-34.
- Scandone P., 1982 – Structure and evolution of the Calabrian Arc. Earth Evolution Sciences, 3: 172-180.
- Selli R., 1962 – Il Paleogene nel quadro della geologia dell'Italia centro-meridionale. Mem, Soc. It., 3: 737-789.
- Southall et al, 2007, Marine Mammal Noise Exposure Criteria: Initial Scientific Recommendations. Aquatic Mammals, volume 33, N. 4, pagine 411-522.
- Spadea P., 1968 – Pillow-lavas nei terreni alloctoni dell'Appennino lucano. Atti Acc. Gioiemia Sci. Nat. Catania, 6: 105-142.

- Spadea P., 1982 – Continental crust rocks associated with ophiolites in Lucanian Apennine (Southern Italy). *Ofioliti*, 2: 501-522.
- Tortorici L., 1983 – Lineamenti Geologico-Strutturali dell'Arco Calabro-Peloritano. *Rend. SIMP*, 38: 927-940.
- Tortorici L., Monaco C., Tansi C. & Cocina O., 1995 – Recent and active tectonics in the Calabrian arc (Southern Italy). *Tectonophysics*, 243: 37-55.
- Turrini C., Rennison P., 2004 - Structural style from the Southern Apennines' hydrocarbon province—An integrated view. In: McClay K.R. (Ed.), *Thrust tectonics and hydrocarbon systems: AAPG Memoir 82*, 558 – 578.
- Sella M., Turci C., Riva A., 1988 - Sintesi geopetrolifera della Fossa Bradanica (avanfossa della catena appenninica meridionale). *Mem. Soc. Geol. It.*, 41, 87-107.
- Selli R. & Rossi S., 1975 – The main geologic features of the Ionian Sea. *Rapp. Comm. Int. Mer. Médit.*, 23, 4°, pp. 115-116, Monaco.
- Southall et al, 2007, *Marine Mammal Noise Exposure Criteria: Initial Scientific Recommendations*. *Aquatic Mammals*, volume 33, N. 4, pagine 411-522.
- Van Dijk J.P., Bello M., Brancaleoni G.P., Cantarella G., Costa V., Frixia A., Golfetto F., Merlini S., Riva M., Toricelli S., Toscano, C., and Zerilli, A., 2000 - A new structural model for the northern sector of the Calabrian Arc. *Tectonophysics*, 324, 267-320.
- Van Dijk J.P., Bello M., Toscano C., Bersani A. and Nardon S., 2000 - Tectonic model and 3D fracture network analysis of Monte Alpi (Southern Apennines). *Tectonophysics*, 324, 203-237.
- Vezzani L., 1968a – Studio stratigrafico della Formazione delle Crete Nere (Aptiano-Albiano) al Confine calabro-lucano. *Atti Acc. Gioienna Sci. Nat. Catania*, 6: 189-222.
- Vezzani L., 1968b – Rapporti tra ofioliti e formazioni sedimentarie nell'area compresa tra Viggianello, Francavilla sul Sinni, Terranova di Pollino e San Lorenzo Bellizzi. *Atti Acc. Gioienna Sci. Nat. Catania*, 6: 109-144.
- Vezzani L., 1969 – La formazione del Frido (Neocomiano-Aptiano) tra il Pollino ed il Sinni. *Geol. Romana*, 8: 129-176.
- Westaway R., 1993 – Quaternary uplift of Southern Italy. *Jl. Geophys. Res.*, 98: 21741-21772.

SITOGRAFIA

<ftp.dpn.minambiente.it/Cartografie/Natura2000>

ancona.ismar.cnr.it

mammiferimarini.unipv.it

vnr.unipg.it/habitat/

www.acsonline.org

www.aptbasilicata.it

www.archeomar.it

www.biologiamarina.eu/Mar_Ionio.html

www.conisma.it

www.consiglioregionale.calabria.it

www.consittico.it

www.digital.iien-italia.eu

www.gfcm.org
www.infrastruttureprim.com
www.irepa.org
www.isleofbarra.com
www.iucnredlist.org
www.ig.utexas.edu
www.jacopogilbertoblog.ilsole24ore.com
www.jamstec.go.jp
www.mareografico.it
www.marina.difesa.it
www.masseriaccappuccini.it
www.minambiente.it
www.nauticexpo.it
www.nordcapital.com
www-odp.tamu.edu
www.oilonline.com
www.pescaleggero.it
www.pescapuglia.it
www.petroleumgeophysics.com
www.protezionecivile.gov.it
www.quindici-molfetta.it
www.regione.basilicata.it
www.retegeofisica.it
www.riservaditorreguaceto.it
www.sibm.it
www.sidimar.tutelamare.it
www.siripro.it
www.tutelamare.it
www.voyagesphotosmanu.com
www.zonanucleare.com
www-3.unipv.it/cibra/edu_noise_ita.html